

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION
 MÓDULO UNO
 "MOVIMIENTO DE TIERRAS Y EXCAVACIONES"
 DEL 6 AL 10 DE JUNIO DE 1994.

| FECHA | HORARIO | T E M A | PROFESORES |
|--------------|---------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Lunes 06 | 9:00 a 9:30 | INAUGURACION | Ing. Rafael Aburto Valdés |
| | 9:30 a 11:30 | Geología | Ing. Mariano Ruiz Vázquez |
| | 11:30 a 14:00 | Planeación | Ing. Ernesto Mendoza Sánchez |
| | 14:00 a 15:00 | C O M I D A | |
| | 15:00 a 19:00 | Excavaciones | Ing. Héctor Sangines García |
| Martes 07 | 9:00 a 14:00 | Equipo de construcción | Ing. Ernesto Bernal Velasco |
| | 14:00 a 15:00 | C O M I D A | |
| | 15:00 a 19:00 | Equipo de Construcción | Ing. Ernesto Bernal Velasco |
| Miércoles 08 | 9:00 a 11:00 | Reemplazo de equipo | Ing. Ernesto Mendoza Sánchez |
| | 11:00 a 14:00 | Compactación | Ing. Federico Alcaraz Lozano |
| | 14:00 a 15:00 | C O M I D A | |
| | 15:00 a 19:00 | Explotación de rocas | Ing. Federico Alcaraz Lozano |
| Jueves 09 | 9:00 a 14:00 | Técnicas modernas de trituración | Ing. Pedro Luis Benítez Esparza |
| | 14:00 a 16:00 | C O M I D A | |
| | 16:00 a 19:00 | Técnicas modernas de trituración | Ing. Pedro Luis Benítez Esparza |
| Viernes 10 | 9:00 a 13:00 | Control de obras | Ing. Jorge H. de Alba Castañeda |
| | 13:00 a 15:00 | C O M I D A | |
| | 15:00 a 18:00 | VISITA A EQUIPOS NACIONALES, S.A. | |

ING. RAFAEL ABURTO VALDES
 Coordinador

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION
MODULO I MOVIMIENTO DE TIERRAS

Del 6 al 10 de junio de 1994
DIRECTORIO DE PROFESORES

1. Ing. Rafael Aburto Valdes
Director General
Grupo Infran
Av. Coyoacan 1878 piso 11
Col. Acacias
03240 México, D.F.
2. Ing. Federico Alcaraz Lozano
Director General
Grupo Ingenieria Integral, S.A.C.V.
Ana Ma. Mier 10
Col. Del Valle
03100 México, D.F.
3. Ing. Pedro Luis Benitez Esparza
Gerente Técnico
Eq. de Construcción e Industria, S.A.C.V.
Autp. México-Querétaro 3065-A
54000 Tlalnepantla, Edo. de México
4. Ing. Ernesto Bernal Velazco
Director General
Ctro. de Información y Actualización
de Conocimientos, A.C.
Emiliano Zapata 73
Cerro Del Judio
10310 México, D.F.
5. Ing. Humberto de Alba Castañeda
Administrador, Director General
Const. Superv. y Control, S.A.
Tamaulipas 61-C
Col. Del Valle
03100 México, D.F.
6. Ing. Arturo Flores Aldape
Director General
Tec. de sistemas Constructivos, S.A.C.V.
Cerrada de San Fco. 6-202 piso 2
Col. Condesa
03100 México, D.F.
7. Ing. Ernesto Mendoza Sánchez
Gerente General
Compexa, S.A. C.V.
Cruz del Sur 81
Col. Prado Churubusco
04230 México, D.F.
8. Ing. Mariano Ruíz Vázquez
9. Ing. Héctor Sangines García

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: V Curso Internacional de Construcción Módulo I Movimiento de Tierras
 FECHA: Del 6 al 10 de junio de 1994.

| CONFERENCISTA | DOMINIO DEL TEMA | USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES | COMUNICACION CON EL ASISTENTE | PUNTUALIDAD |
|---------------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------|
| Ing. Rafael Aburto Valdes | | | | |
| Ing. Federico Alcaraz Lozano | | | | |
| Ing. Pedro L. Benitez Esparza | | | | |
| Ing. Ernesto Bernal Velazco | | | | |
| Ing. Humberto de Alva Castañeda | | | | |
| Ing. Arturo Flores Aldape | | | | |
| Ing. Ernesto Mendoza Sánchez | | | | |
| Ing. Mariano Ruíz Vázquez | | | | |
| Ing. Héctor Sangines García | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

| | |
|--|--|
| ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL CURSO | |
| GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL CURSO | |
| ACTUALIZACION DEL CURSO | |
| APLICACION PRACTICA DEL CURSO | |

EVALUACION DEL CURSO

| CONCEPTO | CALIF. |
|--|--------|
| CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO | |
| CONTINUIDAD EN LOS TEMAS | |
| CALIDAD DEL MATERIAL DIDACTICO UTILIZADO | |
| | |

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿LE AGRADO SU ESTANCIA EN LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA?

| | |
|----|----|
| SI | NO |
|----|----|

SI INDICA QUE "NO" DIGA PORQUE.

2.- MEDIO A TRAVES DEL CUAL SE ENTERO DEL CURSO:

| | | | | | | | |
|---------------------------|--|----------------------|--|----------------------|--|---------------|--|
| PERIODICO EXCELSIOR | | FOLLETO ANUAL | | GACETA UNAM | | OTRO MEDIO | |
| PERIODICO EL UNIVERSAL | | FOLLETO DEL CURSO | | REVISTAS TECNICAS | | | |

3.- ¿QUE CAMBIOS SUGERIRIA AL CURSO PARA MEJORARLO?

4.- ¿RECOMENDARIA EL CURSO A OTRA(S) PERSONA(S)?

| | | | |
|----|--|----|--|
| SI | | NO | |
|----|--|----|--|

5.- ¿QUE CURSOS LE SERVIRIA QUE PROGRAMARA LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

6.- OTRAS SUGERENCIAS:

**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION
MODULO I MOVIMIENTO DE TIERRAS
Del 6 al 10 de junio de 1994
DIRECTORIO DE ASISTENTES**

1. Ismael Angulo Solano
Aux. de Residencia de Construcción y Puentes
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Margen Derecho Río Nuevo s/n
Boulevard Lazaro Cárdenas
Mexicali, Baja California Norte
21389 B.C.N.
Tel. 61 43 63

2. Filemón Muciño García
Gerente
F.M. Constructores, S.A. de C.V.
Carr. México-Toluca 3004
Col. El Molino
05720 México, D.F.
Tel. 570 88 91

3. Miguel Angel Paredes Zambrano
Supervisor de Planos y Programas de Obra
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Coord. General de Planeacion, Centro Nacional
S.C.T.
Tel. 628 84 74

4. Ing. Apolonio Tlascaltech Sánchez
Residente de Obra
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Dirección General de Carreteras Federales
Col. Nápoles
03810 México, D.F.
Tel. 682 85 66



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION
Del 6 al 10 de junio de 1994.**

M O D U L O : I

MOVIMIENTO DE TIERRA

G E O L O G I A

M. EN I. MARIANO RUIZ VAZQUEZ

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO I. RECOMENDACIONES

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 1. DATOS GEOLOGICOS REQUERIDOS

CAPITULO 1. DATOS GEOLOGICOS REQUERIDOS

1.1 INTRODUCCION

TABLA DE DATOS GEOLOGICOS REQUERIDOS

CAPITULO 1. DATOS GEOLOGICOS REQUERIDOS

1.1 INTRODUCCION

Es la información necesaria para determinar la factibilidad de construcción de una obra civil, y que a su vez contribuye a realizar un estudio geotécnico.

Dicha información comprende:

| | |
|------------------|--|
| Litología | naturaleza, características texturales y propiedades; |
| Discontinuidades | fallas, fracturas y juntas, con determinación de forma, frecuencia y relleno; |
| Estratigrafía | origen, espesor, distribución y posición en la secuencia de las distintas unidades litológicas presentes |
| Geomorfología | evolución de las formas y su relación con otros fenómenos y accidentes. Topografía; |
| Hidrología | flujo de agua superficial y subterránea, composición y niveles; |

| | |
|---|---|
| Geodinámica Externa | fenómenos de erosión y movimiento en masa del terreno (solifluxión, "creep" y deslizamientos) |
| Geodinámica Interna | vulcanismo, focos sísmicos |
| Materiales de construcción | agregados, enrocamiento y arcillas, con determinación - de calidad y volumen |
| Modificaciones del medio natural debidas a la acción del hombre | cortes, vaciado y llenado de presas, terraplenes |

Los datos geológicos son necesarios primero cuando se seleccione en gabinete un sitio para construcción, es decir, en la etapa de anteproyecto; enseguida, en la etapa que corresponde a la definición de las características geotécnicas del sitio de construcción, tanto en el reconocimiento preliminar como durante los estudios detallados; luego, en la etapa de construcción de la obra, y finalmente estando la obra en operación.

En el anteproyecto los datos geológicos se obtienen de fotografías aéreas, de planos y de toda la información existente.

En el reconocimiento preliminar y en los estudios de detalle, los datos geológicos provendrán de levantamientos, perforaciones, pozos, socavones, prospección geofísica y de la construcción misma.

Para garantizar el éxito en la obtención de los datos geológicos es necesario contar con técnicos experimentados para los trabajos de campo, y propiciar durante todas las etapas de la exploración geológica una íntima colaboración entre el geólogo, el geotécnico y el proyectista.

TABLA I.1 Datos geológicos requeridos

| DATOS GEOLOGICOS | TIPO DE OBRA | | | | | | | | | | |
|---|--------------|------|-------------------------|----------------------------|---------------|----------------------|-------|--------|--------|--------------|-------------|
| | PRESA | | OBRA DE INTENSIFICACION | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | VIA TERRESTRE | LINEA DE TRANSMISION | CANAL | FUENTE | PUERTO | AFORO PUERTO | CIMENTACION |
| | CORTINA | VASO | | | | | | | | | |
| 1. LITOLOGIA | | | | | | | | | | | |
| 1.1 SUELOS | | | | | | | | | | | |
| Espesor en metros | E | | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Extensión | RE | R | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE |
| Clasificación | RE | R | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE |
| Composición | E | | EC | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Textura | E | | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Estructura | EC | | E | EC | E | EC | E | E | E | EC | EC |
| Porosidad | E | | E | E | E | E | E | E | E | EC | EC |
| Permeabilidad | E | E | E | EC | E | E | EC | E | E | EC | EC |
| 1.2 ROCAS | | | | | | | | | | | |
| Profundidad roca sana | EC | | | EC | E | E | E | E | E | E | E |
| Clasificación | RE | R | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE |
| Textura | RE | | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE |
| Estructura | RE | | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE |
| Porosidad | RE | R | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE |
| Permeabilidad | REC | R | RE | RE | RE | RE | EC | E | E | EC | EC |
| Recuperación | E | | E | RE | E | E | EC | E | E | E | E |
| Indice de calidad de la roca (R.Q.D.) | E | | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| 2. DISCONTINUIDADES | | | | | | | | | | | |
| 2.1 FALLAS Y JUNTAS (DIACLASAS) | | | | | | | | | | | |
| Presencia | RE | R | RE | RE | REC | R | RE | RE | RE | R | R |
| Tipo | RE | R | RE | RE | RE | R | R | RE | RE | R | R |
| Frecuencia | E | | EC | EC | EC | R | E | EC | E | R | EC |
| Rumbo y echado | REC | RE | REC | REC | REC | R | P | REC | RE | R | R |
| Características | | | | | | | | | | | |
| —Amplitud | RE | E | REC | REC | REC | | REC | REC | RE | R | REC |
| —Relleno | RE | E | REC | REC | REC | | RE | RE | RE | R | REC |
| —Paredes | RE | | REC | REC | REC | | RE | RE | RE | R | REC |
| 2.2 PLIEGUES | | | | | | | | | | | |
| Presencia | RE | RE | RE | REC | R | RE | RE | RE | R | R | R |
| Intensidad | REC | RE | RE | REC | REC | RE | RE | RE | R | R | R |
| Tipo | REC | RE | RE | REC | REC | E | RE | RE | R | R | R |
| Rumbo | REC | RE | RE | REC | REC | E | RE | RE | R | R | R |
| 2.3 DISCORDANCIAS | | | | | | | | | | | |
| Tipo | RE | RE | REC | REC | REC | | RE | RE | | | |
| Magnitud | RE | RE | REC | REC | REC | | RE | RE | | | |
| 2.4 CAMBIOS DE FACIES | EC | E | EC | EC | EC | | E | E | E | E | E |
| 3. ESTRATIGRAFIA | | | | | | | | | | | |
| Formaciones o unidades litológicas | R | R | RE | RE | RE | R | RE | RE | E | RE | E |
| Espesores | RE | R | E | E | E | E | E | E | EC | RE | E |
| Distribución | RE | R | RE | RE | RE | P | RE | RE | RE | RE | E |
| Posición en la secuencia entre diferentes unidades | REC | R | EC | EC | R | | RE | RE | E | E | E |
| Ambientes de depósito | RE | | E | E | R | | E | E | E | E | E |
| 4. GEOMORFOLOGIA | | | | | | | | | | | |
| Génesis de las formas del relieve | RE | RE | R | RE | R | | R | R | R | | |
| Evolución de las formas del relieve | RE | RE | R | RE | R | | R | RE | RE | | |
| Interrelación de las formas del relieve con otros accid. | REC | RE | REC | REC | REC | R | RE | RE | RE | RE | RE |
| Topografía | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | RE | R | RE | R |
| Características | RE | R | RE | R | RE | RE | R | RE | R | RE | R |
| 5. HIDROLOGIA | | | | | | | | | | | |
| 5.1 FLUJO DE AGUA SUPERFICIAL | R | R | R | RE | RECO | | RE | RE | RE | R | RE |
| 5.2 ACUÍFEROS | | | | | | R | | | | | |
| Niveles piezométricos | ECO | ECO | ECO | ECO | ECO | | ECO | E | O | ECO | E |
| Artesianismo y manantiales | RE | RE | RE | RE | RE | | RE | E | O | RE | E |
| Composición del agua | E | | EC | E | E | | E | E | E | E | E |
| Temperatura del agua | E | | EC | E | E | | E | E | E | E | E |
| Flujo de agua subterráneo | EC | E | ECO | ECO | EC | | EC | EC | ECO | E | ECO |
| 6. GEODINAMICA EXTERNA | | | | | | | | | | | |
| Erosión e intemperismo | REO | RE | RECO | REC | RECO | RE | RECO | RECO | RECO | RE | OC |
| Transporte | RE | RE | RE | RE | RE | R | R | RE | RE | R | P |
| acumulación | | | | | | | | | | | |
| movimiento en masa del terreno | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R |
| —Soliflucción | E | E | EC | ECO | ECO | E | ECO | EC | EC | R | RECO |
| —Creep (flujo plástico) | E | E | EC | ECO | ECO | E | ECO | EC | EC | R | RECO |
| —Deslizamientos | E | E | EC | ECO | ECO | E | ECO | EC | EC | R | RECO |
| —Avalanchas | E | E | EC | ECO | ECO | E | ECO | EC | EC | R | RECO |
| Perturbaciones ciclónicas | R | E | E | ECO | ECO | R | R | R | R | R | R |
| 7. GEODINAMICA INTERNA | | | | | | | | | | | |
| Vulcanismo | R | R | RE | R | R | | R | R | R | R | R |
| Sismicidad y focos sísmicos | R | R | R | R | R | | R | R | R | R | R |
| Esfuerzos tectónicos | R | R | RE | R | R | | R | R | R | R | R |
| Terrano expansivo o estruible | E | | E | E | E | | E | E | E | E | E |
| Terrano explosivo | | | E | E | E | | | | | | |
| Presencia de gases o vapores y gradiente geotérmico | | | EC | EC | EC | | | | | | |
| 8. MATERIALES DE CONSTRUCCION | | | | | | | | | | | |
| Agregados | R | | R | R | R | R | R | R | R | R | R |
| Enrocamientos | R | | R | R | R | R | R | R | R | R | R |
| Suelos finos | R | | R | R | R | R | R | R | R | R | R |
| Calidad de los materiales | E | | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| Volumen de los materiales | E | | E | E | E | E | E | E | E | E | E |
| 9. MODIFICACIONES DEL MEDIO NATURAL DEBIDAS A LA ACCION DEL OBRA | CO | CO | CO | CO | CO | CO | CO | CO | CO | CO | CO |

Datos geológicos que deben obtenerse

- (R) en la selección del sitio y en el RECONOCIMIENTO preliminar
- (E) durante la EXPLORACION del sitio de construcción
- (C) en la etapa de CONSTRUCCION de la obra
- (O) durante la OPERACION de la obra

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO II. COMENTARIOS

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO I. DATOS GEOLOGICOS REQUERIDOS

CAPITULO 1. DATOS GEOLGGICOS REQUERIDOS

| | | |
|-------|--|---|
| 1.1 | INTRODUCCION | 1 |
| 1.1.1 | LITOLOGIA | 2 |
| 1.1.2 | DISCONTINUIDADES | 2 |
| 1.1.3 | ESTRATIGRAFIA | 3 |
| 1.1.4 | GEOMORFOLOGIA | 4 |
| 1.1.5 | HIDROLOGIA | 4 |
| 1.1.6 | GEODINAMICA EXTERNA | 5 |
| 1.1.7 | GEODINAMICA INTERNA | 6 |
| 1.1.8 | MATERIALES DE CONSTRUCCION | 6 |
| 1.1.9 | MODIFICACIONES DEL MEDIO NATURAL DEBIDAS A LA ACCION DEL HOMBRE | 7 |
| 1.2 | REFERENCIAS | 8 |
| 1.3 | BIBLIOGRAFIA | 8 |

CAPITULO 1. DATOS GEOLOGICOS REQUERIDOS

1.1 INTRODUCCION

A continuación se describen algunos términos relacionados con la tabla de datos geológicos requeridos. Esta tabla se elaboró con la idea de que el usuario sepa qué información se debe obtener durante la prospección en sus diversas etapas y proporcione al geotécnico, al proyectista o al constructor, la información necesaria para la realización de sus trabajos y en la toma de decisiones.

Se consideró en ella el tipo de obra por construir y las necesidades o exigencias impuestas al terreno por la obra misma, de tal manera que la información o datos geológicos recabados contribuyan a la realización de un buen estudio geotécnico que llevará a tener una prolongada vida útil de la obra y un mínimo de problemas durante su construcción y operación.

La omisión de alguno o algunos datos geológicos puede llevar a una interpretación o resultados equivocados en el estudio geotécnico, al retraso en la construcción o al encarecimiento de la obra y en ciertos casos al fracaso de la misma.

1.1.1 LITOLOGIA

Comprende tanto los suelos como las rocas. Los primeros son aquellos agregados naturales de partículas minerales que pueden ser disgregados por agentes mecánicos tales como agitación en agua, y las segundas los agregados naturales de partículas minerales unidas firmemente por fuerzas cohesivas permanentes (ref. 1)

La determinación del tipo de suelo o roca no debe quedarse en la simple clasificación de campo, sino verificarse en el laboratorio, pues podrían existir, particularmente en las rocas, algunos elementos invisibles cuya presencia sea de interés (p ej: cementación con carbonatos en arenas). La textura es resultado de la forma, tamaño y acomodo de los elementos (granos, cris-tales y restos orgánicos) que constituyen el material; ejemplos: equigranular, fanerítica, inequigranular porfirítica, clástica, no clástica. La estructura se refiere a los rasgos mayores que se presentan en un macizo rocoso; ejemplos: vesicular, fluidal, foliada, estratificada, laminada, esquistosa y clivada.

En ocasiones se observan otros rasgos que se encuentran localizados sólo en partes de los macizos rocosos y que no son una característica general; ejem-plo de ellos son pliegues de arrastre, estilolitas, marcas de oleaje, etc, que también pueden influir en el comportamiento del macizo rocoso.

Los datos relativos a la permeabilidad tanto de suelos como de rocas, se ob-tienen mediante pruebas u observaciones, preferentemente de campo (Tema 3, capítulo 4, inciso 4.6 de esta sección).

1.1.2 DISCONTINUIDADES

Después de la naturaleza de los materiales, el conocimiento de las disconti-nuidades (fallas, fracturas, diversos tipos de juntas, estratificación, la-minación y foliación), se puede considerar entre los datos más importantes para determinar el comportamiento de un suelo o macizo rocoso.

B. II

Cuando existan fallas se deben conocer las características del material en la zona de falla, producto de la falla misma o emplazado posteriormente (material brechado, arcilloso, permeable, impermeable, resistente o no resistente), se debe conocer también la magnitud del afallamiento y su edad en relación con otras unidades litológicas que no han sido afectadas. En lo que respecta a su edad y en relación con el aspecto sísmico, hay fallas menos importantes que otras; por ejemplo, una falla mesozoica en general es menos importante que una del Holoceno o Reciente, pues estas últimas pueden ser activas.

Deben quedar establecidas la separación, echado y dirección de los diversos sistemas de fracturas, así como las características del relleno, o la ausencia del mismo.

Habrá que señalar si los planos de discontinuidad presentan alteración o si son lisos, alabeados y rugosos (con estrías o relices).

Las discordancias, son accidentes estructurales que revisten singular importancia, tanto porque representan en sí una zona de debilidad alterada o permeable, como porque pueden corresponder a dos unidades litológicas totalmente diferentes, equivalentes a una falla en cuanto a permeabilidad y deformabilidad diferencial.

1.1.3 ESTRATIGRAFIA

Los datos recabados permitirán establecer una columna geológica que ayude a determinar la relación que existe entre las distintas unidades litológicas o formaciones presentes y su distribución local y regional.

Se debe mencionar el nombre de las unidades o formaciones existentes y se dará su definición, para facilitar la comunicación entre geólogos y geotécnicos.

En algunos casos será aconsejable conocer el ambiente de depósito de los materiales donde se construya la obra; por ejemplo: terrenos pantanosos, deltaicos, aluviales, arrecifales, lacustres, etc., que presentarán cambios de facies muy marcados y que condicionarán el programa de exploración requerido.

1.1.4 GEOMORFOLOGIA

Dentro de este tema cabe mencionar que los datos relativos a la génesis de las formas del relieve o geomorfogena incluyen los fenómenos o secuencia de eventos que dieron lugar en las formas del relieve. Así, el análisis de la evolución de estas formas conduce al conocimiento de su historia.

La interrelación de las formas del relieve con otros accidentes incluye la presencia de fallas y fracturas y la influencia de las discontinuidades en el modelado de la región; por ejemplo: escarpes producto de fallas regionales, alineamiento de arroyos o ríos debido a la dirección de las fracturas y fallas, o alineamiento de formas positivas o negativas, es decir, de elevaciones o de depresiones.

1.1.5 HIDROLOGIA

Flujo de agua en la superficie del terreno. Las obras en que es particularmente importante el conocimiento del flujo de agua superficial son los puentes, presas y vías terrestres, por los problemas destructivos que les puede ocasionar.

En múltiples casos en los que se cuestiona la estabilidad del medio o las dificultades impuestas durante la construcción de la obra y después de la misma, se necesitará la información relativa a la presencia de agua subterránea, determinando: dirección y velocidad del flujo, composición, presión y niveles piezométricos. Así, en taludes, obras subterráneas o cortes en carreteras o cimentaciones, la presencia de agua puede provocar, entre otras cosas, inestabilidad, alteración y deformación.

1.1.6 GEODINAMICA EXTERNA

Corresponde a la actividad de los agentes modificadores del medio natural que se desarrollan externamente a la corteza terrestre (agua, viento, temperatura, nieve). Por ejemplo, fluctuaciones cíclicas de temperatura pueden congelar y descongelar el agua presente en los poros de las rocas o en las grietas de las mismas, lo que finalmente las debilitará. La actividad pluvial acentuada de ciertas zonas es determinante en cuanto a la resistencia de los materiales y a la estabilidad del medio.

La resistencia al intemperismo y a la abrasión puede ser determinada por simple observación de campo y/o por pruebas de laboratorio (Tema 3, cap 4, inciso 4.2 de esta sección).

En vertedores, obras de toma y túneles de desfogue puede presentarse el fenómeno de erosión regresiva o remontante. Al variar las condiciones naturales del gradiente de una corriente por construcción de un bordo, el río incrementará aguas arriba su actividad erosiva, tendiendo a recuperar su equilibrio original; de modo semejante, en la construcción de un puerto la alteración de las corrientes puede provocar una mayor actividad erosiva sobre el litoral.

Aguas arriba de los vasos de almacenamiento se pueden desarrollar deltas originados por la variación del gradiente de la corriente. En los puertos, las corrientes costeras que se generan por la incidencia diagonal de las olas en la costa provocará además de erosión, azolvamiento del canal de acceso al puerto y del puerto mismo.

Los datos acerca del fenómeno del movimiento en masa del terreno: rápido (avalanchas y deslizamientos) y lento ("creep" y soliflucción), incluyen tanto los vestigios de su existencia en épocas pasadas como la posibilidad de su ocurrencia futura debida a la modificación del medio realizada por el hombre.

Otro dato que debe recabarse es la dirección de vientos dominantes e intensidad y frecuencia de las perturbaciones ciclónicas, dada la importancia que éstas tendrán en relación con la erosión e inestabilidad de las zonas que se estudian.

1.1.7 GEODINAMICA INTERNA

Corresponde a los datos de aquellos agentes modificadores del medio natural que se originan en la superficie y bajo ella, como pueden ser: la frecuencia e intensidad de sismos, los terrenos expansivos y las rocas explosivas (popping rock).

Se señalará la existencia de rocas o materiales que puedan presentar el fenómeno de expansión debido a su avidez de agua. Algunas rocas expansivas perjudiciales a las obras son las anhidritas y las rocas bentónicas.

En ciertos casos será necesario considerar la posible presencia del fenómeno de roca explosiva (popping rock) que se produce cuando las rocas están o han estado sometidas a una *deformación elástica intensa debida posiblemente a la permanencia de presiones horizontales, dejadas por fenómenos de plegamientos tectónicos no disipados o debida a otras causas no bien definidas aún*

(ref. 2)

En regiones volcánicas pueden presentarse gases tóxicos durante la construcción de las obras subterráneas. En otras regiones la composición y clasificación de los materiales pueden anticipar la aparición de este fenómeno; por ejemplo: emanaciones de gas carbónico en trabajos sobre rocas calcáreas. En regiones afectadas por fenómenos intrusivos o en regiones volcánicas, el gradiente geotérmico es con frecuencia más elevado.

1.1.8 MATERIALES DE CONSTRUCCION

Se debe considerar la existencia y localización de los materiales que son necesarios para la construcción de la obra, así como la utilización de los ma

B.11

teriales removidos en una obra, ya sea como enrocamientos o como agregados.

Para enrocamientos se analizarán: composición, alterabilidad, resistencia a la erosión, densidad, etc.

En los agregados se considerará principalmente su composición, densidad y adherencia.

Los suelos finos podrán ser extraídos de bancos de rocas lutíticas, vegas de ríos, tobas volcánicas arcillosas, depósitos lacustres, y otros, lo que le dará características definidas al material requerido.

Para determinar el volumen de materiales utilizables en la construcción es necesario recabar la información que lleve a definir la geometría del depósito (topografía, y perforaciones o pozos a cielo abierto).

1.1.9 MODIFICACIONES DEL MEDIO NATURAL DEBIDAS A LA ACCION DEL HOMBRE

La acción del hombre es un factor geológico que interesará para todo tipo de obra civil bajo dos aspectos importantes:

El primero en la constatación de las modificaciones aportadas al medio natural por la acción pasada del hombre y que muchas veces es difícil de diferenciar de los fenómenos naturales en los que no tiene que ver la acción del hombre. De este tipo se puede pensar en fenómenos de inestabilidad reactivados por la acción humana (rellenos en carreteras, taludes constituidos con desechos de minas, cortes, etc), derrumbes o asentamientos provocados por extracción de minerales o agua, variación del nivel freático debido al bombeo desmedido, etc.

El segundo aspecto se aboca a la previsión de posibles modificaciones causadas por la presencia o desarrollo de obras futuras, es decir, acción futura del hombre y el cual es un problema más delicado y más difícil en su predic

ción a priori, debido a que dependerá de las medidas adoptadas en la obra y de las condiciones en donde se emplazará la misma. Dentro de este aspecto se puede pensar en situaciones como: asentamientos posibles de las cimentaciones, mapeo de zonas de inestabilidad potencial, cambio en las condiciones hidrológicas de la región (en el caso de bordos, presas o pozos de bombeo) y posibles zonas de disolución de materiales, o contaminación de aguas.

1.2 REFERENCIAS

- 1 Terzaghi, K. y Peck, R.B, "Soil mechanics in engineering practice", - 2a. ed, John E Wiley, Inc, Nueva York 1967, p 4
- 2 Juárez Badillo, E y Rico, A, "Mecánica de suelos", Tomo II 2a ed, - - LIMUSA, México 1973

1.3 BIBLIOGRAFIA

Fookes, P G, "Planning and stages of site investigation", Engineering Geology-Elsevier Publishing Company, Vol 2, No 2, Amsterdam 1967, - - pp 81-106

Terzaghi, K, "Mechanics of landslides", Berkey Volume 1950

Sharpe, C F Stewart, "Landslides and related phenomena". Columbia University Press, Nueva York 1938

S A R H, "Manual para proyectos de pequeñas obras hidráulicas para riego y abrevadero. Instructivo de campo", Colegio de Posgraduados, - Chapingo, México 1977

Krinine, D P, y Judd, W R, "Principles of engineering geology and geotechnics", McGraw-Hill Book Company, Inc. International Student Edition, Nueva York 1957

American Geological Institute, "Dictionary of geological terms", Dolphin Books, Doubleday E Company, Inc, Nueva York 1962

Billings, M P, "Geología estructural", EUDEBA, 4a ed, Argentina 1974

Sane Jouand, R, "La cartographie géotechnique en France", Ministère de L'équipement, París, Francia 1972

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO I. RECOMENDACIONES

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 2. CLASIFICACION DE SUELOS Y ROCAS

* Tomo Único

CAPITULO 2. CLASIFICACION DE SUELOS Y ROCAS

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1 | INTRODUCCION | 1 |
| 2.2 | CLASIFICACION DE SUELOS | 2 |
| 2.3 | CLASIFICACION DE ROCAS | 2 |
| 2.3.1 | CLASIFICACION DE MUESTRAS OBTENIDAS EN EL RECONOCIMIENTO GEOLOGICO SUPERFICIAL | 2 |
| 2.3.2 | CLASIFICACION DE NUCLEOS DE ROCA | 13 |
| 2.3.2.1 | Indice de calidad de la roca.ROQ | 13 |
| 2.3.2.2 | Indice de estabilidad de la roca | 13 |
| 2.3.3 | CLASIFICACION INGENIERIL | 14 |
| 2.3.3.1 | Descripción de la roca | 14 |
| 2.3.3.2 | Clasificación del intemperismo en las rocas | 15 |
| 2.3.3.3 | Discontinuidades | 16 |
| 2.3.3.4 | Espaciamiento de discontinuidades | 16 |
| 2.3.3.5 | Resistencia | 17 |
| 2.4 | REFERENCIAS | 17 |

CAPITULO 2. CLASIFICACION DE SUELOS Y ROCAS .

2.1 INTRODUCCION

Considerándose fundamental para toda obra de ingeniería conocer el tipo de materiales localizados en el área en estudio, sus propiedades y características, en este capítulo se tratará lo referente a la clasificación tanto de suelos como de rocas.

La tabla I.1 que para la clasificación de suelos se presenta, corresponde al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, ref 1).

En la tabla I.2 para la clasificación de las rocas, se presentan las mas comunes de ellas, encontradas en la corteza terrestre y agrupadas según su origen en: Rocas Igneas, Sedimentarias y Metamórficas. En la primera parte de la tabla se muestra, además del nombre de la roca, la composición y características texturales y estructurales esenciales para la identificación preliminar del material. En la segunda parte de esta tabla se dan los valores de las propiedades índices y mecánicas de algunas de las rocas enlistadas, que han sido tomadas de la referencia 2. Finalmente, completa la tabla una se -

rie de notas sobre ciertos materiales que no aparecen en la lista de rocas y que pueden ser importantes debido a su abundante distribución y la estrecha relación que tienen con la clasificación de las rocas en el campo.

2.2 CLASIFICACION DE SUELOS

Es conveniente acompañar la clasificación hecha con base en la tabla del SUCS con:

- las curvas granulométricas, los límites de consistencia del material;
- las relaciones volumétricas y gravimétricas del suelo; y una identificación manual y visual del mismo.

Para la identificación manual y visual del suelo se presenta un registro tipo (fig I.1) en el que se recomienda calificar los siguientes conceptos:

- para la fracción gruesa: color, tono, olor, textura, lustre, tamaño de los granos, forma de granos, dureza de los granos, materia orgánica, otros suelos, humedad, cementación, estructura, desintegrabilidad en agua, compacidad, origen geológico, nombre geológico y nombre típico.

- para la fracción fina: color, tono, olor, textura de la muestra, lustre de la muestra, materia orgánica, otros suelos, humedad, desintegrabilidad en agua, consistencia, origen geológico, nombre geológico y nombre típico.

Se dan además en las tablas I.3 a I.16 algunos ejemplos de los calificativos que pueden utilizarse para la descripción del suelo.

2.3 CLASIFICACION DE ROCAS

2.3.1 CLASIFICACION DE MUESTRAS OBTENIDAS EN EL RECONOCIMIENTO GEOLOGICO - SUPERFICIAL

El uso adecuado de la tabla de clasificación de rocas, que se presenta en este capítulo, permitirá al usuario efectuar una primera clasificación de campo de los materiales que se pueden encontrar en el sitio que se explora y definir de esta manera una distribución tentativa de los mismos en el área estudiada.

Para la identificación de una roca en el campo es de capital importancia con

TABLA 1.2. Clasificación de las (características y propiedades)

| TIPO DE ROCA | ROCA | COMPOSICION | TEXTURA | ESTRUCTURA | COLOREDAD | DENSIDAD (g/cm ³) | POSICION (n.º) | RESISTENCIA COMPRESION (% kg/cm ²) | RESISTENCIA A LA TENSION (% kg/cm ²) | RESISTENCIA AL CORTE (% kg/cm ²) | INFORMACION COMPLEMENTARIA | | | | |
|---------------|---|--|--|---|---|--|-----------------|--|--|--|----------------------------|---|---------|---|---------|
| IGNEAS | VOLCANICAS o EXTRUSIVAS | Riolita | 1,2,4 | (1) SiO ₂ (cuarzo) | Afanítica a porfirítica | A veces fluidal | Clara | 2.4-2.6 | 4-5 | 1500-3000 | 150-300 | Las rocas volcánicas incluyen además porfiríticas y subvolcánicas como: cenizas (no cementadas), lapilli, bombas, aglomerado, ignimbrita, obsidiana. Su composición es variable y depende del magmá que le da origen. Su textura puede ser granular, arcillosa o vítrea. Llegan a observarse estratificados e incluso forman de estructuras anticlinales o sinclinales. | | | |
| | | Dacita | 1,3,5 | (2) KAlSi ₃ O ₈ (ortoclasa) | Afanítica a porfirítica | Derrames lávicos | Clara | 2.2-2.3 | 10-15 | 1500-3000 | 100-300 | | 200-600 | | |
| | | Traquita | 2,5 | (3) CaAl ₂ O ₄ -NaAlSi ₃ O ₈ (plagioclasas) | Afanítica a porfirítica | Derrames lávicos gruesos y cortos Vesicular, amigdaloidal en coladas | Grisácea | | | | | | | | |
| | | Andesita | 3,5 | (4) Silicatos ferro-magnesianos | Afanítica a porfirítica | Grandes cuerpos intrusivos (batolitos) | Clara a moteada | 2.6-2.9 | 0.5-1.5 | 1000-2500 | 70-250 | | 140-500 | | |
| | | Basalto | 6,7,3 | | Afanítica | Cuerpos intrusivos | Moteada | 2.7-3.05 | 0.1-0.5 | 1000-3500 | 150-350 | | 250-600 | | |
| | PLUTONICAS o INTRUSIVAS | Granito | 1,2,4 | (5) Micas (biotita y muscovita) | Fanerítica | Cuerpos intrusivos pequeños | Clara | | | | | | | 2.7-3.05 | 0.1-0.5 |
| | | Granodiorita | 1,3,5 | | Fanerítica | Cuerpos intrusivos | Clara | | | | | | | | |
| | | Sienita | 2,5 | Fanerítica | Cuerpos intrusivos | Gris a oscura | 2.6-3.1 | 0.1-0.2 | 1500-3000 | 150-300 | 250-600 | | | | |
| | | Diorita | 3,5 | (6) Anfóboles y piroxenas | Afanítica & diabásica | Oscura | | | | | | | | | |
| | | Diabasa | 6,7,3 | (7) Olivino | Fanerítica | Cuerpos intrusivos | Oscura | | | | | | | | |
| Gabro | 6,7,3 | | | | | | | | | | | | | | |
| SEDIMENTARIAS | CLASTICAS o MECANICAS | Conglomerado | Más del 25% de fragmentos de roca arredondados > 2 mm de diámetro | Lúdicea. Fragmentos > 2 mm de diámetro | Estratificación gruesa cuerpos lenticulares y relleno de cauces | Variable | 2.0-2.6 | 5-25 | 200-1700 | 40-250 | 80-400 | Otras rocas de textura lúdicea o granular, son las breccias de sal y lutitas, que tienen a constituir cuerpos o estratificación conglotable. Existen además depósitos de cuarcas, fluoroclastos y arenas. | | | |
| | | Arenisca | Cuarzo, feldespato, fragmentos de roca, micas, calcita, minerales arcillosos, minerales pesados, siderita, dolomita y colofano | Arenácea. Fragmentos de 1/16 a 2 mm de diámetro | Estratificación cruzada, ondulada, graduada, masiva y laminar | Clara | | | | | | | | | |
| | | Limolita | Lutita | Minerales arcillosos, micas arcillosas, clorita e hidróxidos de hierro. | Lutácea. Fragmentos menores a 1/256 mm de diámetro. | Estratificación delgada | Clara | 2.0-2.4 | 10-30 | 50-1000 | 20-100 | | 30-300 | | |
| | NO CLASTICAS organicas y quimicas | NO CLASTICAS organicas y quimicas | Caliza | Minerales carbonatados (calcita, dolomita, etc) con trazas de silicatos, feldespatos y minerales arcillosos | Densa, masiva, de grano fino, cristalina, porosa u oolítica | Masiva, estratificada, nodular | Clara a oscura | 2.2-2.6 | 5-20 | 300-2500 | 50-250 | | 100-500 | Rocas de origen químico de textura cristalina como la yeso y otros, son originados por procesos hidrotermales. De donde corresponden a depósitos de manantiales. Otros cuerpos que solo en determinados lugares llegan a ser de importancia relevante, son las sales de potasio y el azufre que junto con la salita (NaCl) tienen una elevada solubilidad (su presencia en algunos casos corresponden a corales salinos). | |
| | | | Marga | Calcita y minerales arcillosos | Cristalina, de grano fino | Estratificación delgada y laminar | Grisácea | 2.5-2.6 | 1-5 | 300-2500 | 150-250 | | 50-500 | | 20-50 |
| | | | Creta | CaCO ₃ (foraminíferos) | Granular cristalina | Estratificada | Blanca | | | | | | | | |
| | | | Tufa | CaCO ₃ (calcita) | Cristalina porosa | Reticular | Clara | | | | | | | | |
| | | | Travertino | CaCO ₃ (calcita) | Cristalina | Capas, estalactitas, gotas, vetas, estalagmitas | Clara | | | | | | | | |
| | | | Coquina | Fósiles de calcita | Biofragmentada | Arrecifal | Clara | | | | | | | | |
| | | | Dolomia | Ca(Mg,Fe)(CO ₃), Dolomita | Cristalina y sacaroídica | Estratificada, vetas y masas irregulares | Clara | | | | | | | | |
| Yeso | | | NaCl (Halita) | Cristalina | Lenticular, estratificada y en vetas | Blanca | | | | | | | | | |
| Anhidrita | | | CaSO ₄ ·2H ₂ O | Cristalina | Vetas y lentes paralelos o cruzando los estratos | Blanca | | | | | | | | | |
| Caliche | | | CaSO ₄ | Cristalina | Lenticular, en vetas o estratificadas | Blanca | | | | | | | | | |
| Pedernal | CaCO ₃ | Granular | Estratificada nodular, bandeada | Ejers o ortoclasa | 2.5-2.7 | 0.1-0.5 | 1000-2500 | 70-200 | 150-300 | | | | | | |
| Fosforita | SiO ₂ (cuarzo, ópalo y calcidonia) | Microcristalina | Clara a oscura | | | | | | | | | | | | |
| Carbón | P ₂ O ₅ (apatita) | Criptocristalina | Masiva, estratificada u oolítica | Parda | | | | | | | | | | | |
| | C, H, O, N, S | Criptocristalina | Estratificada, bandeado | Negra | | | | | | | | | | | |
| METAMORFICAS | FOLIADAS | Pizarra | Cuarzo, micas, clorita | foliación perfecta, cruzada o azarrosa | Foliado | Gris a oscura | 2.6-2.7 | 0.1-0.5 | 1000-2500 | 70-200 | 150-300 | | | | |
| | | Filita | Cuarzo, micas, clorita, sericita y otros | intermedia entre pizarrosa y esquistosa | Foliada | Parda a grisácea | | | | | | | | | |
| | | Esquisto | Micas, piroxenos, clorita, cuarzo calcita, feldespatos | Esquistosa | Foliada | Gris a oscura | | | | | | | | | |
| | | Gneiss | Cuarzo, feldespatos, mica, hornblenda, granate | Bandeada (gneissica) | Foliada | Moteada | 2.6-3.0 | 0.5-1.5 | 500-2500 | 50-200 | | | | | |
| | NO FOLIADAS | Hornfels | Mica, granate, piroxenos, cuarzo, feldespatos y carbonales | Afanítica, hornfésica | No foliada | Clara a oscura | 2.6-2.7 | 0.1-0.5 | 1500-3000 | 100-300 | 200-600 | | | | |
| | | Quarcita | Cuarzo, granate, mica, silliminita | Granoblástica | No foliada | Clara | 2.6-2.7 | 0.5-2.0 | 1000-2500 | 70-200 | | | | | |
| | Mármol y Starn | Calcita, dolomita, diópsida, y silicatos de calcio y olivino | Granoblástica | No foliada | Clara a oscura | 2.6-2.7 | 0.5-2.0 | 1000-2500 | 70-200 | | | | | | |

no foliada, etc.

TABLA 1.1 Clasificación de suelos

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)

INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

| PRINCIPALES TIPOS | PROCEDIMIENTOS DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Se excluyen los particulares mayores de 7.6 cm (3/4") y se basan las fracciones en pesos estimados) | SIMBOLOS DEL GRUPO (s) | NOMBRES TÍPICOS | INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS | CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO | PROCEDIMIENTOS DE IDENTIFICACION PARA SUELOS FINOS O FRACCIONES FINAS DE SUELO EN EL CAMPO | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|---|--|---|--|--|--|---|--|--|--|---|
| SUELOS DE PARTICULAS GRANULAS Más de la mitad del material que pasa la malla No. 200 (4) | GRAVAS Límite de fracción gruesa en el estado húmedo de la malla No. 4 (Fracción gruesa) | GW | Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con pocos finos o ninguna | Se ve el nombre típico, midiérase los porcentajes correspondientes de grava y arena, tamaño máximo, distribución característica de la superficie y diámetro de las partículas gruesas; nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y símbolo entre paréntesis | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ mayor de } 4; C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$ | Estos procedimientos se ejecutan con la fracción que pasa la malla No. 40 (aproximadamente 0.3 mm). Para fines de clasificación en el campo, si no se usó la malla se cuentan a mano las partículas gruesas que interfieren con las pruebas | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | GP | Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con pocos finos o ninguna | Para los suelos mal graduados, requiérase información sobre distribución, características, permeabilidad, condiciones de humedad y consistencias de estado | No satisface todos los requisitos de gradación para GW | Después de quitar los particulares mayores que la malla No. 40, prepárese una muestra de suro número igual a D ₅₀ del, aproximadamente; si es necesario, añábase suficiente agua para convertir un suelo suave pero no pegajoso | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | GM | Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo | Para los suelos mal graduados, requiérase información sobre distribución, características, permeabilidad, condiciones de humedad y consistencias de estado | Límites de plasticidad abajo de la línea A a I _p menor de 4 | Arriba de la línea A con I _p entre 4 y 7 con casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ARENAS Más de la mitad de fracción gruesa para la malla No. 4 | ARENAS LIMPAS (Fracción gruesa) | SW | Arenas bien graduadas, arenas con grava, con pocos finos o ninguna | Para los suelos mal graduados, requiérase información sobre distribución, características, permeabilidad, condiciones de humedad y consistencias de estado | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ mayor de } 6; C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$ | Después de quitar los particulares mayores que la malla No. 40, prepárese una muestra de suro número igual a D ₅₀ del, aproximadamente; si es necesario, añábase suficiente agua para convertir un suelo suave pero no pegajoso | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | SP | Arenas mal graduadas, arenas con grava, con pocos finos o ninguna | Para los suelos mal graduados, requiérase información sobre distribución, características, permeabilidad, condiciones de humedad y consistencias de estado | No satisface todos los requisitos de gradación para SW | Después de quitar los particulares mayores que la malla No. 40, prepárese una muestra de suro número igual a D ₅₀ del, aproximadamente; si es necesario, añábase suficiente agua para convertir un suelo suave pero no pegajoso | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | SM | Arenas limosas, mezclas de arena y limo | Para los suelos mal graduados, requiérase información sobre distribución, características, permeabilidad, condiciones de humedad y consistencias de estado | Límites de plasticidad abajo de la línea A a I _p menor de 4 | Arriba de la línea A y con casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad en un estado húmedo que pasa la malla No. 200 (4) | ARENAS CON FINOS (Fracción gruesa) | PROCEDIMIENTOS DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA No. 40 | | | EJEMPLO: Una muestra con 70% de grava de tamaño grueso expuesta, y 15% de partículas medias, arena gruesa de 1 mm de partículas intermedias y subdominantes, y 15% de limo no más de 0.075 mm de tamaño en estado seco; compacta y húmeda en el laboratorio usual (SM) | RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Consistencia al estado seco) | TENACIDAD (Consistencia seca en estado húmedo) | | | | | | | | | |
| | | LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor de 50 | ML | Limos arcillosos, limos de arena, limos arcillosos de arcilla, arcillas ligeramente plasticas | | | | Limos de arena, limos de arena y arcilla, limos arcillosos de arcilla, limos arcillosos de arena, limos arcillosos de arena y arcilla, limos arcillosos de arena y arcilla, limos arcillosos de arena y arcilla | Límite de plasticidad menor de 15 | Límite de plasticidad menor de 15 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | CL | Arcillas, arcillas de limo o arena, arcillas arcillosas, arcillas arcillosas de arena, arcillas arcillosas de arena y arcilla, arcillas arcillosas de arena y arcilla | Límite de plasticidad mayor de 15 | Límite de plasticidad mayor de 15 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | OL | Limos arcillosos y arcillas arcillosas arcillosas de limo arcillosos |
| LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50 | SM | Limos arcillosos, limos arcillosos o arcillosos, limos arcillosos | Para los suelos mal graduados, requiérase información sobre distribución, características, permeabilidad, condiciones de humedad y consistencias de estado | Límite de plasticidad mayor de 15 | Límite de plasticidad mayor de 15 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | CH | Arcillas arcillosas de limo arcillosos de limos arcillosos | Límite de plasticidad mayor de 15 | Límite de plasticidad mayor de 15 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | DH | Arcillas arcillosas de limo o arena arcillosas, limos arcillosos de plasticidad media | Límite de plasticidad mayor de 15 | Límite de plasticidad mayor de 15 | | | |
| SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS | Partes muy orgánicas del suelo, por estimación, espesas, de coloración oscura, por el material fibroso | PI | Suelos de alta materia orgánica | Para los suelos mal graduados, requiérase información sobre distribución, características, permeabilidad, condiciones de humedad y consistencias de estado | Límite de plasticidad mayor de 15 | Límite de plasticidad mayor de 15 | | | | | | | | | | |

MOJILIDAD DEL AGUA
(Reacción al estado)

Después de quitar los particulares mayores que la malla No. 40, prepárese una muestra de suro número igual a D₅₀ del, aproximadamente; si es necesario, añábase suficiente agua para convertir un suelo suave pero no pegajoso.

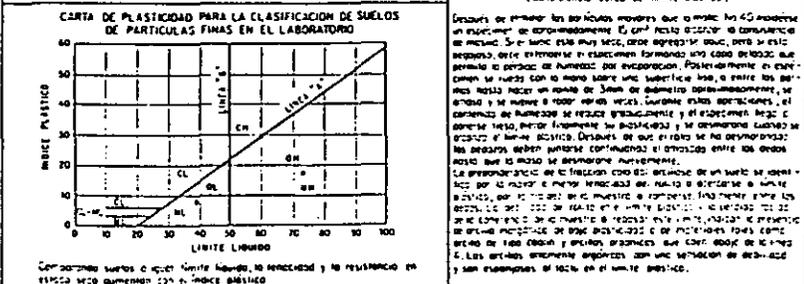
Conservar la muestra en la palma de la mano y apretar horizontalmente, quedando expuestas a la acción de su peso una o varias veces. Una reacción plástica comienza en la aparición de agua en la superficie de la muestra, lo que cambia rápidamente una consistencia de sujeción a su límite líquido. Cuando la muestra se aparta entre los dedos, el agua y el limo desaparecen de la superficie, la muestra se vuelve lisa y, finalmente, se aprieta y se desmenuza. La reacción de la muestra al agua durante el apriete, y de la desmenuzación durante el apriete, se ve para determinar el carácter de los finos en un suelo.

Los suelos limosos muy finos con la reacción más rápida y plástica, mientras que los arcillosos pobres no tienen reacción. Los limos orgánicos, tales como el limo orgánico de roca, con una reacción rápida moderada.

RESISTENCIA EN ESTADO SECO
(Consistencia al estado seco)

Después de quitar los particulares mayores que la malla No. 40, prepárese una muestra de suro número igual a D₅₀ del, aproximadamente; si es necesario, añábase suficiente agua para convertir un suelo suave pero no pegajoso.

Una vez resistencia en seco es característica de los suelos del grupo CH, SM, y arcillas arcillosas de limo arcillosos. Los suelos limosos y los limos tienen aproximadamente la misma resistencia, pero pueden distinguirse por el modo de pulverizar el espécimen seco. El espécimen se pulveriza granular mientras que el limo tiende a ser la formación suave de la arena.



1. Clasificaciones de tierras - en los suelos de acuerdo con las características de sus grutas se designa como limo con símbolos, por ejemplo: GM - Gravas mal graduadas con contenido arcilloso.
 2. Todos los tamaños de los mallas son los U.S. Standard.

| FRACCION GRUESA | | | | FRACCION FINA | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|----------------------------|---------|----------------------------------|------------------|---|-------------|----|---------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | | |
| Color | | | | Color | | | | | | |
| Tono | | | | Tono | | | | | | |
| Olor | | | | Olor | | | | | | |
| Textura muestra | | | | Textura muestra | | | | | | |
| Lustre muestra | | | | Lustre muestra | | | | | | |
| Tamaño máx granos | | | | Materia orgánica | | | | | | |
| Forma granos | | | | Otros suelos | | | | | | |
| Dureza granos | | | | Humedad | | | | | | |
| Materia orgánica | | | | Desintegrabilidad en agua | | | | | | |
| Otros suelos | | | | Consistencia | | | | | | |
| Humedad | | | | Origen geológico | | | | | | |
| Cementación | | | | Nombre geológico | | | | | | |
| Estructura | | | | Nombre típico | | | | | | |
| Desintegrabilidad en agua | | | | Otros conceptos y observaciones: | | | | | | |
| Compacidad | | | | | | | | | | |
| Origen geológico | | | | | | | | | | |
| Nombre geológico | | | | | | | | | | |
| Nombre típico | | | | | | | | | | |
| Grueso () | Grava () | BIEN GRADUADA () | | GW | SW | <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px;"></div> | | | | |
| | | MAL GRADUADA () | | GP | SP | | | | | |
| | Arena () | CON FINOS NO PLASTICOS () | | GM | SM | | | | | |
| | | CON FINOS PLASTICOS () | | GC | SC | | | | | |
| Fino () | DILATANCIA | | RAPIDA | LENTA | MUY LENTA | | NULA | CH | CL | |
| | TENACIDAD | | ALTA | MEDIA | LIGERA | | NULA | MH | ML | |
| | RESISTENCIA | MUY ALTA | ALTA | MEDIA | LIGERA | | NULA | OH | OL | |
| Observaciones: | | | | | | | | | | |
| ① | ② | | ③ | | | | | | | |
| DESCRIPCION Y CLASIFICACION | OBRA | | X= | | FECHA MUESTREO | | No. MUESTRA | | LABORATORISTA | |
| | SONDEO | | Y= | | FECHA PRUEBA LAB | | TRAMO | | REVISO | |
| | OPERADOR | | Z= de a | | TIPO DE MUESTRA | | OTROS DATOS | | HOJA / | |

FIG. I.1 Registro para la descripción y clasificación visual y manual

TABLA 1.2. Clasificación de rocas (características y propiedades)

Es probable que esta parte no se reproduzca con buena calidad.

| TIPO DE ROCA | RPM | COMPOSICION | | TEXTURA | ESTRUCTURA | OPACIDAD | DENSIDAD (g/cm ³) | POROSIDAD (%) | RESISTENCIA COMPRESION (kg/cm ²) | RESISTENCIA A LA TENSION (kg/cm ²) | RESISTENCIA AL CONTE (kg/cm ²) | INFORMACION COMPLEMENTARIA | | |
|---|--|--|---|--|---|--|-------------------------------|---------------|--|--|--|--|---------|--|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| VOLCANICAS o EXTRUSIVAS | Riolita | 1,2,4 | (1) SiO ₂ (cuarzo) | Afanítica a porfirítica | A ve fluidal | Clara | 2,4-2,6 | 4-5 | 1500-3000 | 150-300 | | Las rocas volcánicas incluyen además pirróclásticas y no pirróclásticas como: cenizas (no cementada), lapilli, brechas, aglomerados, lapilli, andesitas. Su composición es variable y depende del magma que le da origen. Su textura puede ser granular, vesicular o vítreas. Llegan a observarse estratificados e inclusive formas de estructuras anticlinales o sinclinales. | | |
| | Dacita | 1,3,5 | (2) KAlSi ₃ O ₈ (ortoclasa) | Afanítica a porfirítica | Derrames lávicos | Clara | | | | | | | | |
| | Traquita | 2,5 | | Afanítica a porfirítica | Derrames lávicos | Clara | | | | | | | | |
| | Andesita | 3,5 | (3) CaAl ₂ O ₄ -NaAlSi ₃ O ₈ (plagioclasas) | Afanítica a porfirítica | Derrames lávicos gruesos y cortos | Grisácea | 2,2-2,3 | 10-15 | | | | | | |
| | Basalto | 6,7,3 | | Afanítica | Vesicular, amigdaloidal en coladas | Oscura | 2,8-2,9 | 0,1-1,0 | 1500-3000 | 100-300 | 200-600 | | | |
| | PLUTONICAS o INTRUSIVAS | Granito | 1,2,4 | (4) Silicatos ferro-magnesianos | Fanerítica | Grandes cuerpos intrusivos (batolitos) | Clara a moteada | 2,6-2,9 | 0,5-1,5 | 1000-2500 | 70-250 | | 140-500 | Rocas plutónicas de textura fanerítica que tiene un desarrollo cristalinico muy importante con dentro del grupo de las peridotitas, y llegan a constituir desde cuerpos tabulares hasta grandes intrusivos. Ocasionalmente presentan minerales de grano como: berilo, micas, cristal de cuarzo, etc. |
| | | Granodiorita | 1,3,5 | (5) Micas (biotita y muscovita) | Fanerítica | Cuerpos intrusivos | Clara | | | | | | | |
| Sienita | | 2,5 | | Fanerítica | Cuerpos intrusivos pequeños | Clara | | | | | | | | |
| Diorita | | 3,5 | (6) Anfíboles y piroxenas | Fanerítica | Cuerpos intrusivos | Gris a oscura | | | | | | | | |
| Diabasa | | 6,7,3 | | Afanítica a diabásica | Diques y mantos | Oscura | 2,7-3,05 | 0,1-0,5 | 1000-3500 | 150-350 | 250-600 | | | |
| Gabro | 6,7,3 | (7) Olivino | Fanerítica | Cuerpos intrusivos | Oscura | 2,8-3,1 | 0,1-0,2 | 1500-3000 | 150-300 | | | | | |
| CLASTICAS o MECANICAS | Conglomerado | Más del 25% de fragmentos de roca arredondados > 2 mm de diámetro | | Rudicea. Fragmentos > 2 mm de diámetro | Estratificación gruesa cuerpos lenticulares y relleno de cauces | Variable | | | | | | Otras rocas de textura rudicea o granular, son las brechas de talud y lomas, que llegan a constituir cuerpos o depósitos de extensión considerable. Existen además depósitos de caudales, fluvio-glaciares y lahars. | | |
| | Arenisca | Cuarzo, feldespato, fragmentos de roca, micas, calcita, minerales arcillosos, minerales pesados, sílice, dolomita y colofano | | Arenicea. Fragmentos de 1/16 a 2 mm de diámetro | Estratificación cruzada, ondulada, graduada, masiva y laminar | Clara | 2,0-2,6 | 5-25 | 200-1700 | 40-250 | 80-400 | | | |
| | Litolita | Minerales arcillosos, micas arcillosas, clorita e hidróxidos de hierro. | | Luticea. Fragmentos menores a 1/256 mm de diámetro. | Estratificación delgada | Clara | | | | | | | | |
| | Lutita | | | Luticea. Fragmentos menores a 1/256 mm de diámetro. | Laminación característica, fisil, concreciones bolsas de lodo | Gris a oscura | 2,0-2,4 | 10-30 | 50-1000 | 20-100 | 30-300 | | | |
| NO CLASTICAS organicas y químicas | Caliza | Minerales carbonatados (calcita, dolomita, etc) con trazas de silicatos, feldespatos y minerales arcillosos | | Densa, masiva, de grano fino, cristalina, porosa u onílica | Masiva, estratificada, nodular | Clara a oscura | 2,2-2,6 | 5-20 | 300-2500 | 50-250 | 100-500 | Rocas de origen químico de textura cristalina como la yeso y cuerpos volcánicos de calcita, son originados por procesos hidrotermales. Pueden corresponder a depósitos de minerales. Otros cuerpos que solo se determinan luego llegan a ser de importancia relevante, son las sales de potasio y el azufre que junto con la salita (NaCl) tienen una elevada solubilidad (su presencia en algunos casos corresponde a aguas salinas). | | |
| | Marga | Calcita y minerales arcillosos | | Cristalina, de grano fino | Estratificación delgada y laminar | Grisácea | | | | | | | | |
| | Creta | CaCO ₃ (foraminíferos) | | Granular cristalina | Estratificada | Blanca | | | | | | | | |
| | Tufa | CaCO ₃ (calcita) | | Cristalina porosa | Reticular | Clara | | | | | | | | |
| | Travertino | CaCO ₃ (calcita) | | Cristalina | Capas, estalactitas, gotas, vetas, estalagmitas | Clara | | | | | | | | |
| | Coquina | Fósiles de calcita | | Biofragmentada | Arrecifal | Clara | | | | | | | | |
| | Dolomia | Ca(Mg,Fe)(CO ₃), Dolomita | | Cristalina y sacaroídica | Estratificada, vetas y masas irregulares | Clara | 2,5-2,6 | 1-5 | 300-2500 | 150-250 | | | | |
| | Sal | NaCl (Halita) | | Cristalina | Lenticular, estratificada y en vetas | Blanca | | | | | | | | |
| | Yeso | CaSO ₄ · 2H ₂ O | | Cristalina | Vetas y lentes paralelos o cruzando los estratos | Blanca | | | | | | | | |
| | Anhidrita | CaSO ₄ | | Cristalina | Lenticular, en vetas o estratificadas | Blanca | | | | | | | | |
| | Caliche | CaCO ₃ | | Granular | Estratificada nodular, bandeada | Elera a grisácea | | | | | | | | |
| | Pedernal | SiO ₂ (cuarzo, ópalo y calcedonia) | | Microcristalina | Estratificada, nodular o en saculitos | Clara a oscura | 2,5-2,7 | | | | | | | |
| | Fosforita | P ₂ O ₅ (apatita) | | Criptocristalina | Masiva, estratificada u onílica | Parda | | | | | | | | |
| Carbón | C, H, O, N, S | | Criptocristalina | Estratificada, bandeado | Oscura | | | 50-500 | 20-50 | | | | | |
| METAMORFICAS | FOLIADAS | Pizarra | Cuarzo, micas, clorita | | Foliación perfecta, cruce ro pizarroso | Foliado | 2,6-2,7 | 0,1-0,5 | 1000-2000 | 70-200 | 150-300 | | | |
| | | Filita | Cuarzo, micas, clorita, sericita y otros | | Intermedia entre pizarrosa y esquistosa | Foliada | | | | | | | | |
| | | Esquisto | Micas, piroxenos, clorita, cuarzo calcita, feldespatos | | Esquistosa | Foliada | | | | | | | | |
| | Gneiss | Cuarzo, feldespatos, mica, hornblenda, granate | | Bandeada (gneissica) | Foliada | | | | | | | | | |
| | NO FOLIADAS | Hornfels | Mica, granate, piroxenos, cuarzo, feldespatos y carbonatos | | Afanítica, hornfésica | No foliada | | | | | | | | |
| Cuarcita | Cuarzo, granate, mica, silimnita | | Granoblástica | No foliada | Clara | 2,6-2,7 | 0,1-0,5 | 1500-3000 | 100-300 | 200-600 | | | | |
| Mármol y Skarn | Calcita, dolomita, diópsida, y silicatos de calcio y olivino | | Granoblástica | No foliada | Clara a oscura | 2,6-2,7 | 0,5-2,0 | 1000-2500 | 70-200 | | | | | |

TABLA I.3 Colores y tonos

| Color | Tono |
|------------|-------------|
| gris | grisáceo |
| café | |
| amarillo | amarillento |
| rojo | rojizo |
| negro | negruzco |
| verde | verdoso |
| blanco | blancuzco |
| anaranjado | anaranjado |
| azul | |
| pardo | parduzco |

TABLA I.4 Olores

| |
|----------|
| a tierra |
| orgánico |
| ninguno |
| a azufre |

TABLA I.5 Textura de la muestra

| |
|----------|
| lisa |
| grumosa |
| fibrosa |
| sacarosa |
| terrosa |

TABLA I.6 Lustre de la muestra

| |
|--------------------|
| brillante o vítreo |
| opaco |
| grasoso |
| aperlado |

TABLA I.7 Tamaño de los granos (ref.3)

| Nombre | Límites de tamaño | Ejemplo |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Boleo | 305mm. (12 plg) o mayores | Mayor que una pelota de balón-cesto |
| Canto rodado | 76mm. (3 plg) a 305 mm. (12 plg) | Naranja a sandía |
| Grava gruesa | 19mm (3/4plg) a 76 mm. (3 plg) | Uva a naranja |
| Grava fina | 4.76mm. (M.N° 4) a 19 mm. (3/4plg) | Chícharo a uva |
| Arena gruesa | 2mm (M.N°10) a 4.76mm. (M.N° 4) | Sal de cocina |
| Arena mediana | 0.42mm (M.N°40) a 2 mm.. (M.N°10) | Azúcar |
| Arena fina* | 0.074mm (M.N°200)a 0.42mm (M.N°20) | Azúcar en polvo |
| Finos | Menores que 0.074 mm (M.N°200) | |

* Las partículas menores que la arena fina no se pueden distinguir a simple vista a una distancia de 20 cm.

TABLA I.8 Forma de los granos (ref 3)

| | | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|---|
| acicular (forma de aguja) | | | | |
| plana | | | | |
| | | | | |
| 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
| | | | | |
| 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | .3 .4 .4 .5 .5 .4 Partículas redas |
| equidimensional (forma de esfera) | | | | |
| r = redondez | | | | |

Nota: Si las partículas son equidimensionales deberá anotarse el valor de su redondez (r) que se encuentra comparando la muestra con las figuras; el valor correspondiente de r se encuentra en la parte inferior de cada cuadro

TABLA I.9 Dureza de los granos

| | |
|-----------|---|
| muy suave | pueden desintegrarse con presión de los dedos índice y pulgar |
| suave | pueden rayarse con la uña |
| dura | pueden rayarse con navaja |
| muy dura | difícilmente se rayan con navaja |
| durísima | no se rayan con la navaja |

TABLA I.10 Humedad

| |
|----------|
| seco |
| húmedo |
| mojado |
| saturado |

TABLA I.11 Cementación, reacción al ácido clorhídrico (ref.4)

| |
|------------|
| nula |
| apreciable |
| fuerte |

TABLA I.12 Estructura

| |
|---------------------|
| estratificada |
| fracturada |
| fisurada |
| tallada |
| superficie de falla |

TABLA I.13 Desintegrabilidad en agua

| |
|-------------------------------|
| no desintegrable |
| desintegrable lentamente |
| desintegrable muy rápidamente |

TABLA I.14 Compacidad (suelos gruesos) (ref.5) modificada

| Compacidad relativa | Número de golpes (SPT*) |
|---------------------|----------------------------|
| muy suelta | < 4 |
| suelta | 4-10 |
| media | 10-30 |
| densa | 30-50 |
| muy densa | > 50 |

* Prueba de penetración estandar

TABLA I.15 Consistencia (suelos finos) (ref.6)

| Consistencia | Número de golpes (SPT*) | Prueba simplificada |
|--------------|-------------------------|---|
| Muy blanda | <2 | Fácilmente penetrable con el puño (varios centímetros) |
| Blanda | 2-4 | Fácilmente penetrable con el pulgar (varios centímetros) |
| Media | 4-8 | Puede ser penetrado con el pulgar con un esfuerzo moderado (varios centímetros) |
| Dura | 8-15 | Fácilmente marcada con el pulgar pero penetrado sólo con gran esfuerzo |
| Muy dura | 15-30 | Fácilmente marcada con la uña del pulgar |
| Durísima | > 30 | Marcada con dificultad con la uña del pulgar |

* Prueba de penetración estándar

TABLA I.16 Clasificación de suelos según su origen
(ref 4 modificada)

| ORIGEN GEOLOGICO | PROCESO DE FORMACION | NATURALEZA DE LOS DEPOSITOS | GRANULOMETRIA TIPICA |
|---------------------------------|---|--|---|
| Residual | Suelo intemperizado en el lugar de la roca madre con poca o ninguna alteración por transporte | Casti invariable, con la profundidad llega a ser más compacto y menos intemperizado. Pueden tener capas alternadas duras y blandas o estratificación de la roca madre si la intemperización es incompleta. | El producto de intemperización completa es arcilla cuyo tipo depende del proceso de intemperización y de la roca madre, además de la cantidad de partículas de sílice resistente. El suelo en etapa intermedia refleja la composición de la roca madre. |
| Aluvial | Materiales transportados y redepositados por la acción del agua | Generalmente con estratificación pronunciada. Los depósitos de río típicos consisten de material fino de origen reciente sobreyaciendo en un estrato de material grueso de la etapa joven del desarrollo del río | Rango de arcilla lacustre o marina muy fina a grava muy gruesa, cantos rodados y boleos en abanico aluvial o depósitos de terraza |
| Glacial | Materiales transportados y redepositados por hielo glacial o agua de glaciares | La estratificación varía mucho de acuerdo con el depósito, de morrenas heterogéneas a till finamente estratificado limo(varvado) y arcilla en lagos glaciales | Till y morrena tienen típicamente granulometría amplia de arcilla a boleos |
| Loesico | Suelo transportado por viento sin redepositación subsecuente | En el loes, la estratificación horizontal no se distingue o no existe excepto si hay horizontes intemperizados. Frecuentemente tienen estructura secundaria de grietas verticales, juntas y perforaciones de raíces | La granulometría más uniforme de los suelos. El rango del loes es de limo arcilloso a arena fina limosa. Las arenas de las dunas generalmente tienen limo y arcilla de medianos a finos. |
| Orígenes geológicos secundarios | Materiales transportados por el viento y redepositados | Materiales arenosos y arena limosos con estratificación cruzada depositados en regiones desérticas, semidesérticas y en el litoral | Color pardo con una granulometría muy uniforme, que constituye en algunos casos espesores considerables |
| | Suelos orgánicos formados en el lugar por crecimiento y putrefacción de plantas | Los depósitos de turba se forman en depresiones correspondientes a zonas de asentamiento o de topografía irregular, deltas, antiguos cauces, esteros, planicies de inundación fluvial y bordes de lagos. En ellos no se define estratificación | De colores oscuros, las turbas divididas finamente son producto de descomposición avanzada en presencia del aire. La turba fibrosa ha estado siempre sumergida |
| | Cenizas y pómez depositadas por acción volcánica | Frecuentemente asociadas con flujos de lava y lodo o quizá mezclados con sedimentos no volcánicos | Típicamente partículas de tamaño de limo con restos volcánicos, más grandes. La intemperización y redepositación producen arcilla altamente plástica |
| | Materiales precipitados o evaporados de soluciones con alto contenido de sales | Incluye algunas variedades como oolitas precipitadas de calcio en aguas marinas o evaporitas formadas en lagos de playa bajo condiciones áridas | Pueden formar suelos cementados o rocas sedimentarias blandas incluyendo yeso, anhidrita o caliche |

tar con un buen ejemplar de roca "sana" de regular tamaño (15 x 10 x 5 cm); entendiéndose por roca "sana" a aquella roca fresca en la que se pueda observar con claridad las características texturales y estructurales y que no presente evidencias de alteración. Se puede ver a simple vista si existe esta zona de alteración en la roca por un cambio en la coloración de la misma, y si el martillo se clava debido a la suavidad que en la roca ha producido la alteración. Algunas rocas tienen apariencia sana al ser observadas macroscópicamente pero cuando se estudian al microscopio presentan a veces alteración o microfracturamiento. En algunas ocasiones puede ser que la zona de alteración sea muy amplia y que el afloramiento no sirva para hacer una buena clasificación, en cuyo caso será conveniente buscar otro afloramiento cercano que pueda ser de utilidad para este fin.

Debe completarse la observación con la identificación de algunos de los minerales que constituyen a la roca auxiliándose de una navaja, una lupa y un poco de HCl diluido.

Con esta serie de apreciaciones se puede clasificar tentativamente la muestra, para más tarde, si es necesario, hacer un estudio petrográfico de la misma en el laboratorio.

Otro aspecto de suma importancia lo constituye la forma de llevar a cabo el muestreo y el registro que de él se debe hacer para los estudios que se harán más adelante en el laboratorio y la presentación de los resultados obtenidos en el campo.

Es por esto que se debe seguir la rutina que a continuación se menciona, siempre que se tome una muestra de roca en el campo:

Se debe localizar con todo cuidado el sitio del cual se ha tomado una muestra. Esto puede hacerse en un mapa o en una fotografía aérea del lugar que se estudia, marcando el punto con el número de serie de la muestra, que incluirá la inicial del apellido del colector, el año y un número progresivo. Con este mismo número de serie se marcará la muestra que se guarda en una bolsa junto con una boleta de descripción de la muestra, la cual contendrá además del número de serie correspondiente la fecha, el nombre de la localidad, el nombre del colector, una breve descripción del afloramiento, la formación, su edad y el estudio requerido para el ejemplar (fig I.2).

Además, toda esta información deberá quedar registrada en la libreta de campo, en la cual se dará un mayor detalle a las apreciaciones hechas por el colector, incluyendo rasgos estructurales del afloramiento, alteración del mismo, y otros aspectos que pudieran ser de importancia en el estudio del sitio.

También se recomienda tomar algunas fotografías del lugar muestreado y que - ayudarán posteriormente para aclarar más las observaciones hechas en el campo y hacer más objetivas las descripciones de los materiales clasificados, - así como las estructuras de las que estas rocas forman parte.

| C F E | | |
|------------------------------------|----------------|-------------------|
| Fecha _____ | Colector _____ | No de Serie _____ |
| Localidad _____ | | |
| Descripción del afloramiento _____ | | |
| _____ | | |
| _____ | | |
| _____ | | |
| Formación _____ | Edad _____ | |
| Estudio requerido _____ | | |

FIG. I.2 Boleta de registro para muestra de rocas

2.3.2 CLASIFICACION DE NUCLEOS DE ROCA

Gran parte de la exploración de los sitios elegidos para el emplazamiento de obras civiles, requerirá además de la clasificación superficial de las rocas, la clasificación de los núcleos obtenidos mediante barriles muestreadores - usados en los sondeos exploratorios. En este caso la clasificación de la roca deberá hacerse con base en sus características, usando para ello la tabla de clasificación de las rocas y añadiendo algunos parámetros que se mencionan a continuación a fin de tener un concepto ingenieril de los materiales encontrados.

2.3.2.1 Índice de calidad de las rocas, R Q D (Rock Quality Designation)

Una de las características útiles y frecuentemente utilizadas en la clasificación de núcleos rocosos es el R Q D, propuesto por Deere et al (1966); consiste en la relación que existe entre la suma de la longitud de las fracciones iguales o mayores de 10 cm y el total de la longitud del núcleo recuperado. En el caso de rocas sedimentarias o metamórficas estratificadas este índice no es tan exacto como en el caso de las ígneas, calizas con estratificación gruesa, areniscas y en general rocas masivas.

Es fundamental que exista una adecuada vigilancia durante la perforación y extracción de los núcleos a fin de evitar fracturamientos y pérdidas por deficiencia en el manejo y proceso de perforación lo que puede conducir a información falsa acerca de la calidad de las rocas.

2.3.2.2 Índice de estabilidad de la roca

Otro parámetro que conviene utilizar durante la clasificación de núcleos de roca a fin de disponer de una idea de la calidad de ella es el índice de estabilidad propuesto por Ege, J.R. (1968). Este índice se obtiene sumando diversos factores en la forma indicada a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Número índice} = & 0.1 \times \text{núcleo perdido (longitud perforada menos el total} \\ & \text{de núcleo recuperado)} = \text{número de fracturas por pie} + 0.1 \\ & \times \text{núcleo roto (fragmentos menores de 7.5 cm de longitud)} + \\ & \text{grado de intemperización del material (graduado de 1 a 4} \\ & \text{para no alterado hasta fuertemente intemperizado)} + \text{grado} \end{aligned}$$

de dureza del material (graduada de 1 a 4 para muy dura a suave.

Con base en el número índice se ha podido definir una clasificación del grado de calidad de las rocas mediante una escala entre 1 y 10, donde 1 es una roca incompetente con un número índice mayor que 18 y 10 corresponde a una roca buena cuyo número índice es menor que 8.

2.3.3 CLASIFICACION INGENIERIL

2.3.3.1 Descripción de la roca

A través del tiempo se han desarrollado diversas formas y metodologías para la clasificación de las rocas de acuerdo con sus características ingenieriles, con el propósito de unificar los diferentes criterios, actualmente utilizados se define a continuación un sistema basado en la descripción de la roca que toma en cuenta determinadas propiedades mecánicas, a fin de que la clasificación que de ella resulte sea más significativa para propósitos de ingeniería, que aquella basada en la mineralogía y textura de los materiales. Se propone para ello la siguiente secuencia (ref 10)

- a. Estado de Intemperismo
- b. Estructura
- c. Color
- d. Tamaño de los granos (tamaño de las partículas predominantes)
 - d1. Textura
 - d2. Estado de alteración
 - d3. Estado de cementación
- e. Resistencia del material
 - e1. Minerales predominantes
- f. Nombre de la roca

A continuación se presentan 3 ejemplos de aplicación de la secuencia anterior.

| | <u>Ejemplo 1</u> | <u>Ejemplo 2</u> | <u>Ejemplo 3</u> |
|-----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| a. | Fresca | Moderadamente intemperizada | Completamente intemperizada |
| b. | Foliada | Estratificación gruesa | Bandeada muy finamente |
| c. | Gris oscura | Color crema | Grisáceo |
| d. | Grueso | Grano medio | Muy grueso |
| d1. | | | Porfirítica |
| d2. | | | Caolinitizada |
| d3. | | | |
| e. | Muy resistente | Resistente | Débil |
| e1. | Hornblenda | Dolomita | Turmalina |
| f. | GNEISS | CALIZA | GRANITO |

2.3.3.2 Clasificación del intemperismo en las rocas

Se propone el siguiente criterio:

- (F) Fresco.- ausencia visible de intemperismo
- (FW) Tenuemente intemperizado.- intemperismo limitado a la superficie de - discontinuidades importantes
- (SW) Débilmente intemperizado.-desarrollado sobre las superficies de discontinuidad abierta, y débil en la roca
- (MW) Moderadamente intemperizado.-extendido a lo largo de todo el macizo rocoso, pero sin que la roca sea quebradiza
- (HW) Altamente intemperizado.-extendido en todo el macizo rocoso y la roca parcialmente quebradiza
- (CW) Completamente intemperizado.-roca totalmente descompuesta y quebradiza, pero conservando la textura y estructura originales
- (RS) Suelos residuales.- suelo que conserva la textura original, pero se ha alterado totalmente la estructura y mineralogía.

Este esquema se ha adaptado ya que originalmente se pensó para granitos.

En rocas con un alto contenido de arcillas, los materiales pueden presentar una característica de plasticidad antes que mostrarse quebradizos, por lo que habrá que ser cuidadosos en el caso de que existan tales materiales.

2.3.3.3 Discontinuidades

El registro de fracturas y el RQD no dan información acerca de la orientación, tipo e importancia relativa de las discontinuidades presentes. La orientación puede mostrarse gráficamente en el registro por medio de algún símbolo especial (ver capítulo B.1.4). También se deben hacer los comentarios necesarios acerca de estas vetas y discontinuidades, relativos al tipo, orientación, frecuencia, relleno, grado de amplitud y rasgos superficiales.

2.3.3.4 Espaciamiento de discontinuidades

El espaciamiento de las discontinuidades en macizos rocosos se puede apreciar por una simple observación de campo.

En rocas sedimentarias la estratificación puede ser una discontinuidad dominante. En este caso se propone la siguiente clasificación:

| DESCRIPCION | SEPARACION DE PLANOS DE ESTRATIFICACION | CLASIFICACION DE SUELO |
|-----------------------|--|---------------------------|
| Estratos muy gruesos | > 2 m | |
| Estratos gruesos | 0.6 a 2 m | Boleos |
| Estratos medianos | 0.2 a 0.6 m | |
| Estratos delgados | 60mm a 0.2 m | Guijarros |
| Estratos muy delgados | 20mm a 60 mm | Grava gruesa |
| Estratos laminares | 6mm a 20 mm | Grava mediana |
| Laminación delgada | < 6mm | Grava fina y arena |

La escala de las características de fracturamiento general de una roca es normalmente de un grado mayor que la de estratificación; y por tanto el sistema definido puede no tener aplicación directa para la separación del fracturamiento.

En rocas ígneas y metamórficas, la separación de las discontinuidades (foliación, coladas de lava, etc.) puede describirse haciendo una adaptación de la escala de espaciamiento de estratos, pudiendo tener el calificativo de cerrados o muy cerrados para lo que correspondiera a laminación, y laminación delgada.

2.3.3.5 Resistencia

Se propone a continuación una escala de resistencia basada en pruebas de com presión simple.

| RESISTENCIA MN/m ² (1 MN/m ² = 146 lb/in ²) | TERMINO DESCRIPTIVO |
|--|---------------------------|
| < 1.25 | muy débil |
| 1.25 a 5 | débil |
| 5 a 12.5 | moderadamente débil |
| 12.5 a 50 | moderadamente resistente |
| 50 a 100 | resistente |
| 100 a 200 | muy resistente |
| > 200 | extremadamente resistente |

Cualquier roca con una resistencia menor de 1.25 MN/m² se considerará como suelo.

Esta escala está basada en la ref 11.

Puede tenerse una idea inicial de la resistencia del material en el campo - con pruebas simples usando un martillo o una navaja.

2.4 REFERENCIAS

1. U S Army Engineers Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, "The Unified Soil Classification System", Technical Memorandum No 3 - 357 prepared for Office of the Chief of Engineers, Volume I, March - 1953 .
2. Attewell, P.B. and Famer, I.W., "Principles of engineering geology" , Chapman and Hall Ltd, London, 1976
3. Sowers, G.B. y Sowers, G.F., "Introducción a la mecánica de suelos y - cimentaciones", Limusa-Wiley, 1972
4. ASTM Designation D2488-69 "Standard recommended practice for descrip - tion of soils" (Visual Manual Procedure) Reapproved 1975

5. Terzaghi, R., and Peck, R.B., "Soil mechanics and engineering practice," John Wiley & Sons, Inc, 1967
6. Malcev, A "Interpretation of standard spoon penetration for testing", The Economic Use of Soil Testing in site investigation, Birmingham, - 1964
7. Department of the Navy, "Design manual, soil mechanics foundations on earth structures", NAVFAC dm-7, 1971
8. Deere, D.U. et al "Design of surface and near-surface construction in rock", Proceedings 8th Symposium Rock Mechanics, Minnesota, 1967, pp. 237-302.
9. Ege, J.R. "Stability index for underground structures in granitic rocks in Nevada Test-Site", Mem. geol. soc. Am., 1968, No 110, pp 185-198
10. Geological Society Engineering Group, Working Party Report on "The - logging of rock cores for engineering purposes", Q.Jl. Engng. Geol., Printed in Great Britain, 1970, Vol 3, pp 1-24
11. Deere, D.U. and Miller, R.P., "Engineering classification and index - properties for intact rock", Technical Report no. AFWL-Tr. Air Force Weapone Lab., Kirtland Air Force Base, New Mexico 1966, pp 65-116

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO I. RECOMENDACIONES

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 3. INFORMACION GEOLOGICA EXISTENTE

*Tomo Único

CAPITULO 3. INFORMACION GEOLOGICA EXISTENTE

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1 | INTRODUCCION | 1 |
| 3.2 | FUENTES DE INFORMACION GEOLOGICA | 2 |
| 3.3 | PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE MEXICO Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS GEOLOGICAS | 6 |
| 3.3.1 | BAJA CALIFORNIA | 6 |
| 3.3.2 | CORDILLERAS SEPULTADAS | 11 |
| 3.3.3 | SIERRA MADRE OCCIDENTAL | 16 |
| 3.3.4 | SIERRAS Y CUENCAS | 19 |
| 3.3.5 | MESA CENTRAL | 22 |
| 3.3.6 | SIERRA MADRE ORIENTAL | 24 |
| 3.3.7 | PLANICIE COSTERA DEL GOLFO | 28 |
| 3.3.8 | EJE NEOVOLCANICO | 31 |
| 3.3.9 | SIERRA MADRE DEL SUR | 34 |
| 3.3.10 | TIERRAS ALTAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA | 39 |
| 3.3.11 | YUCATAN | 43 |
| 3.4 | REFERENCIAS | 47 |
| 3.5 | BIBLIOGRAFIA | 49 |

CAPITULO 3. INFORMACION GEOLOGICA EXISTENTE

3.1 INTRODUCCION

Este capítulo se presenta en dos partes fundamentales relacionadas con la información geológica existente en nuestro país.

En la primera parte se incluye una recopilación de las instituciones, asociaciones y dependencias gubernamentales que cuentan con información de tipo geológico-geotécnico accesible que puede resultar de utilidad para el ingeniero.

En la segunda parte se ha elaborado una síntesis de los principales aspectos geológicos estudiados y propuestos para diversas regiones de la República por diversos autores.

Complementan este capítulo una amplia bibliografía de las diferentes regiones; un mapa de las provincias fisiográficas en relación con la división política y una tabla que ubica las principales formaciones geológicas dentro de las provincias fisiográficas y su edad estimada.

3.2 FUENTES DE INFORMACION GEOLOGICA

Las fuentes de información que enseguida se mencionan, cuentan con informes o publicaciones de contenido temático muy variado, algunos son de carácter confidencial, pero la mayor parte está al alcance de empresas o instituciones, particularmente si éstas son oficiales.

DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional)

Cuenta con la información cartográfica y aerofotográfica base para estudios de anteproyecto de casi la totalidad del país. Información que se encuentra en: cartas de climas en escala 1:500 000; cartas topográficas en escalas 1: 50 000 y 1:250 000; cartas geológicas (litológico-estructurales) en escala 1:50 000; y cartas geológicas escala 1:250 000; cartas de uso del suelo, edafológicas y de uso potencial en escala 1:50 000; además de la gama de fotografías aéreas a color y en blanco y negro existentes en escalas 1:25 000, 1:35 000, 1:50 000, 1:70 000 y 1:90 000, y las fotografías Landsat que cubren la República Mexicana. Tiene esta dependencia también cartas urbanas en escalas 1:5 000 y 1:10 000, cartas aeronáuticas y climatológicas en escala 1:250 000 y 1:1 000 000; y cartas turísticas en escala 1:1 000 000. Complementan esta amplia gama de material gráfico, los datos contenidos en: informes de campo, puntos de verificación, catálogos numéricos, fichas de población y banco de datos, de la propia dependencia. Está en elaboración la carta geohidrológica de la República Mexicana, escala 1: 250 000.

C F E (Comisión Federal de Electricidad)

En la C F E existen informes en el Departamento de Geología y Minería, tanto de carácter local como regional relativos a estudios geotécnicos, geohidrológicos y de geotermia. Todos ellos tienen como objetivo proporcionar datos para obras relacionadas con la generación de energía eléctrica.

C R M (Consejo de Recursos Minerales)

Reune estudios sobre yacimientos metálicos y no metálicos que incluyen amplia información acerca de la geología general, de muy diversas partes del país. Principalmente trabajos de exploración minera y reconocimientos geológicos realizados por su personal técnico.

S A R H (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos)

En esta institución existen informes en las distintas oficinas que a continuación se mencionan:

Subdirección de Geología.- Esta efectúa los estudios geológicos necesarios e indispensables para la construcción de obras hidráulicas.

Archivo del Consultivo Técnico.-Reune la mayor parte de los informes que se generan en esta Secretaría, algunos sobre Geotécnica, otros sobre Geohidrología y algunos mas de carácter geológico general.

La Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas.- Tiene en sus archivos informes geológicos y geofísicos relativos exclusivamente a alumbramientos de aguas subterráneas. Discuten desde luego estos informes, además de la litología y cartografía correspondiente, la estratigrafía, los principales rasgos estructurales, los gastos obtenidos en los pozos y manantiales y valores de los niveles hidrostáticos y piezométricos.

La Dirección General de Pequeñas Obras.- Tiene informes relativos a estudios geotécnicos de sitios para la construcción de presas, también estudios geohidrológicos como los mencionados anteriormente y algunos mas sobre trabajos de perforación.

La Dirección de Ingeniería Experimental.- Cuenta con el laboratorio de Mecánica de Suelos que tiene particularmente estudios relativos a esta disciplina, a mecánica de rocas y a bancos de materiales para construcción.

S A H O P (Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas)

En esta Institución, el Departamento de Geotécnica y la Dirección General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, son las oficinas donde se encuentran estudios geotécnicos y geológicos.

En el Departamento de Geotecnia hay estudios que se refieren tanto a construcción de carreteras, túneles y puentes como a bancos de materiales para la construcción de terraplenes.

En la Dirección General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, los estudios son particularmente de aspecto geohidrológico, local y regional.

En ambas oficinas además de estudios geológicos se cuenta también con estudios geofísicos.

S C T (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

En esta Dependencia la Dirección General de Obras Marinas, reúne los estudios de carácter geotécnico y de evolución de la costa en puertos, así como de aprovechamiento de materiales de construcción.

PEMEX (Petróleos Mexicanos)

El Archivo de las Gerencias de Exploración y Construcción posee informes de carácter local y regional (geológicos y geofísicos) con fines de exploración petrolera y de construcción de obras civiles.

Instituto de Geología (UNAM)

Cuenta con la biblioteca más importante del país, donde existen además de los trabajos e investigaciones propios del Instituto, prácticamente la totalidad de ejemplares de boletines de diversas sociedades científicas, nacionales y extranjeras, relacionadas con las Ciencias Geológicas. Estos -

boletines incluyen artículos tanto de carácter local como regional de distintos lugares de México y el contenido temático es muy variado, dependiendo de la Sociedad que les da origen.

De los trabajos propios de la institución o de estudios realizados por sus investigadores, destacan los planos regionales de muy diversos lugares, escala 1:100 000 y otras a escalas mayores, por ejemplo: cartas tectónicas y - cartas geológicas estatales .

Instituto de Geología y Metalurgia de S L P

Estudios geológicos regionales de estado de San Luis Potosí

Instituto de Geofísica (UNAM)

Boletines con información sísmica del país, y estudios geofísicos de carácter local.

Instituto de Ingeniería (UNAM)

Investigaciones y estudios relacionados con la geotécnica.

I M P (Instituto Mexicano del Petróleo)

Trabajos muy especializados aunque algunos tienen información geológica general.

I N E N (Instituto Nacional de Energía Nuclear)

Informes geológicos locales y generales para fines de exploración de uranio.

I P N (Instituto Politécnico Nacional)

Tesis profesionales de geología y geofísica.

Facultad de Ingeniería (UNAM)

Tesis profesionales de Ingeniería Geológica y Geofísica.

Sociedades y Asociaciones que tienen en algunas de sus publicaciones, artículos sobre geología local y general, a veces en relación con la geotécnica:

Sociedad Geológica Mexicana

Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos
(Geomimet)

Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros

Geological Society of America

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos

Sociedad Mexicana de Mecánica de Rocas

Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica

Sociedad Latino Americana de Geotecnia

West Texas Geological Society

New Mexico Geological Society

3.3 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE MEXICO Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

Este capítulo presenta una breve descripción de las provincias fisiográficas de México (E Raisz, 1964), su localización, principales formaciones geológicas, tipos de rocas que prevalecen y rasgos geológico-estructurales principales de cada una de estas regiones.

3.3.1 BAJA CALIFORNIA

Esta provincia está constituida por la totalidad de la Península de Baja California, dividida a su vez en las subprovincias del Delta del Río Colorado y del Llano de la Magdalena (tierras bajas).

La forma un bloque alargado de 1300 km. de longitud, angosto de 100 km. de ancho promedio y que se puede dividir en 3 sub bloques montañosos, cuyas - alturas máximas disminuyen de N a S. La pendiente es suave hacia el Océa - no Pacífico y abrupta hacia el Golfo de California.

"De los tres bloques montañosos, el del norte es en gran parte el batolito granítico de San Pedro Mártir, que aflora desde la frontera norte y que - pierde gradualmente altura hasta las Sierras de Calmalli y Purificación, - próximas al paralelo 28°, donde queda sepultado por materiales volcánicos - de la Formación Comondú." (ref. 1)

"El bloque montañoso medio forma poco menos de la mitad E de la parte sur - de la Península; constituye su espinazo montañoso la Sierra la Giganta, que se inicia al norte en la Sierra de San Borja y termina en el Istmo de la - Paz, donde pierde altura y desaparece al iniciarse el batolito granítico - de la región de El Cabo." (ref. 1)

"El tercer bloque montañoso forma el extremo sur de la península y, a seme - janza del bloque montañoso de la porción norte, está formado por los últi - mos afloramientos hacia el sur del batolito granítico. Su orientación es - casi N-S y en ambos lados está limitado por una serie de fallas. El lími - te occidental del batolito es abrupto y con pendientes fuertes. El falla - miento causó la elevación de la masa ígnea y la depresión del bloque conti - guo." (ref. 1)

"Casi todos los ríos de esta provincia, siguen una dirección aproximada - E-W, tienen un desarrollo medio de 50 km. y su curso es en general recto, en especial cerca de la desembocadura". (ref. 1)

La mitad norte de la Península, en términos generales, está constituída - por rocas ígneas intrusivas graníticas cretácicas, con angostas llanuras - costeras a ambos lados, cubiertas por rocas sedimentarias y volcánicas, ex - cepto el gran Delta del Río Colorado que está cubierto por depósitos alu - viales de espesor desconocido. El batolito granítico ocupa las cuatro - -

quintas partes de esta mitad y en su superficie se nota una regular cantidad de aparatos volcánicos y derrames ígneos de rocas ácidas (riolitas) y básicas (andesitas y basaltos), además de encontrarse algunos manchones de rocas metamórficas del Cretácico inferior y aún más antiguas. Al occidente de este cuerpo hay rocas metamórficas cretácicas (cuarcitas, pizarras, gneiss y esquistos), cubiertas en parte, discordantemente por rocas del Cretácico superior (lutitas, limolitas, areniscas y calizas) y del Cenozóico (conglomerados, arcillas, arenas, gravas y cenizas volcánicas), formando la angosta llanura costera del Pacífico con inclinación general al Poniente. (ref. 1 y 2)

"La mitad sur de la península se puede dividir en tres subregiones: Sierra la Giganta, la Subcuenca de Vizcaíno-Purísima Iray y la Región del Cabo. - La Sierra de la Giganta ocupa la parte media oriental de la mitad sur de la Península. Las Sierras de San Borja y la Giganta se encuentran compuestas esencialmente por la acumulación de materiales piroclásticos y rocas efusivas del Mioceno superior. Esta serie con un espesor total de más de 1200 m, fue nombrada Formación Comondú (Arnold Heim, 1922) constituida por tobas, arenas tobáceas y lavas riolíticas y andesíticas que cubren tanto a rocas graníticas (Sta. Rosalía, Loreto) como a formaciones sedimentarias marinas del Mioceno y del Eoceno (lutitas, areniscas y calizas), representadas por las formaciones Tortugas, San Ignacio, San Raymundo, La Zorra, Zacarías, Ba teque, Tepetate y Sepultura, con echados generalmente al poniente. El límite oriental de esta sierra es abrupto por fallamientos normales que forman el límite occidental de la fosa tectónica conocida como Golfo de California. (ref. 1, 2 y 3)

La Subcuenca de Vizcaino-Purísima-Iray se encuentra hacia la mitad occidental de esta parte de la Península donde existen dos cuencas sedimentarias del Cenozoico, formadas por depresiones del Sinclinal Californiano de edad Mesozoica. Rocas de esta misma edad aparecen formando parte de los bordes occidentales de las cuencas Terciarias, encontrándose afloramientos de lutitas, areniscas, limolitas, calizas y algunas riolitas andesitas y cuarcitas en Punta Eugenia y en las Islas Margarita y Magdalena. (ref. 1 y 3)

La Región del Cabo se localiza en el límite de la Península, en la que se encuentra aflorando por afallamiento un "Horst" granítico alargado con dirección NS, donde se pueden observar rocas metamórficas (cuarcitas, pizarras y gneiss), asociadas con rocas graníticas. Sobre su límite oriental y descansando discordantemente, se presentan algunas formaciones marinas del Mioceno y Plioceno depositadas sobre el bloque caído del batolito antes mencionado. (ref. 1 y 2)

"Como ya se ha dicho la Península de Baja California constituye una unidad geológica cuya forma es la de un gran bloque alargado y angosto. Este bloque está afallado longitudinalmente y separado del continente por el Golfo de California." (ref 1)

El bloque peninsular está afectado por numerosas fallas regionales y locales, normales, inversas, de transcurrancia y escalonadas que complican su interpretación. La mayor parte de las observadas, tiene un rumbo que varía hasta 45° con la dirección general de la línea de costa con echados casi verticales." (ref. 1 y 2)

"Los peñascos abruptos del lado oriental del pico más alto que corresponde a la sierra de San Pedro Mártir marcan aparentemente la línea de fallas que se extiende hacia el Sureste." (ref. 1)

"Las líneas principales de debilidad en la costa occidental parecen tener la misma tendencia. Los contornos submarinos, también, muestran esta línea estructural, lo que hace suponer la existencia de un abrupto acantilado submarino fuera de la costa, al norte, que si se proyectara pasaría por la parte occidental del desierto de Santa Clara. Los contornos del fondo del mar, a lo largo del lado occidental de la mitad sur de la Península acusan otro acantilado submarino que se extiende en una dirección más al este que el eje mismo de la Península." (ref. 1)

La ladera oriental de la Península es corta e inclinada. Los acantilados submarinos son característicos y comunes de la costa, describiéndose esta la

dera como uno o varios escarpes de falla. Algunas evidencias de esto pueden ser el Canal de Ballenas, el alineamiento de islas cercanas a la costa, las sierras largas y angostas del noreste de la Península separadas por valles profundos y los contornos submarinos; estos rasgos permiten pensar - que esta costa oriental de la Península está rodeada por una zona de fallas con dirección al SE y que su elevación se debe a movimientos a lo largo de ellas. (ref. 1)

A medida que se acerca a la costa occidental, las capas de rocas se vuelven más desordenadas; los fenómenos de fallas aparecen más frecuentemente y en algunos lugares de la costa afloran los granitos. Hacia la región - del Cabo Occidental, se puede observar un gran número de fallas con poco - desplazamiento; una línea de picos graníticos que se inicia en la Isla de - Cedros y que reaparece a intervalos más allá de la Bahía Magdalena; fuera de la Punta Eugenia, los contornos submarinos muestran un acantilado que - cae mil doscientos metros en una distancia menor a los trescientos metros. La existencia de una posible zona de fallas hacia la porción occidental de la Península es la única explicación adecuada a esta serie de fenómenos. - (ref. 1)

Se puede observar también en esta Provincia una tendencia general a formar grandes plegamientos (anticlinales y sinclinales) de forma alargada cuyos - ejes muestran una dirección preferencial NW - SE. Esta tendencia se puede notar tanto hacia su borde oriental en Bahía de la Concepción y al pie de la Sierra la Giganta y en la porción occidental en la región de Bahía Magdalena y San Fernando. (ref. 1)

En esta provincia lo extremo del clima al congelar y descongelar el agua atrapada en los intersicios de las rocas influye de manera definitiva en - la rápida intemperización de las mismas especialmente las de textura granu - lar, formando suelos residuales producto de la alteración mecánica princi - palmente de los granitos.

Subprovincia del Delta del Río Colorado.- Colinda al oeste con la Sierra - de Juárez, constituída principalmente por rocas metamórficas (cuarcitas y

pizarras) y rocas ígneas intrusivas (granitos) y al este con el desierto de Sonora.

En esta subprovincia se puede diferenciar una zona drenada por el río Nuevo que desagua hacia la cuenca cerrada del Mar Salton y la zona drenada por el río Colorado que desemboca en el Golfo de California en cuyo delta se encuentran numerosas dunas. (ref. 4)

En la zona de Mexicali afloran sedimentos del Cuaternario que se depositaron en un ambiente lagunar, considerados como de origen fluvio-lacustre diferentes de los encontrados al oriente de esta subprovincia, ya que en esta área prevalecen sedimentos arenosos de origen fluvial. (ref. 4 , Mexicali)

El fenómeno tectónico más importante que afecta la región es la Falla de San Andrés que corre en dirección SE-NW. Originada durante los movimientos orogénicos del Terciario existiendo con seguridad paralelas a este accidente, otras fallas que afectan a las rocas del basamento del valle sobre las que se encuentran los depósitos de relleno. Es esta una de las zonas sísmicas de la Provincia de Baja California.

Es probable que las rocas que afloran en la Sierra de Juárez formen el basamento de valle. Aparentemente son Mesozoicas metamorfozadas por intrusiones ácidas de principios del Terciario. (ref. 4)

3.3.2 CORDILLERAS SEPULTADAS

Esta provincia, dividida en las subprovincias; Desierto de Sonora, Sierras de Piamonte, los Deltas y Costa Sinaloa-Nayarit, se ubica al NW de la República Mexicana y comprende parte de los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit. "Se caracteriza porque hacia el este, las montañas se hacen más elevadas con pendientes muy leves y se extienden a lo largo de toda la costa, desde Sonora hasta Nayarit. Esta región que presenta montañas asimétricas, geológicamente muy complejas, se hace más angosta y menos árida hacia el sur." (ref. 4)

La estratigrafía general incluye algunas rocas precámbricas, que afloran - al Sureste de Caborca, al Noroeste de Altar y al Este de Benjamín Hill en el Estado de Sonora, observándoseles también en el estado de Sinaloa en la parte baja de la Sierra en una franja ininterrumpida paralela a la costa. - La litología es muy variada pues se observan esquistos sericíticos, cloríticos y cuarcíferos (Formación Esquistos Pinal), rocas volcánicas, intrusiones ígneas y sedimentos no metamorfizados, como lutitas, calizas y dolomías, del Grupo Altar.

También existen en la provincia, rocas paleozoicas. En Sonora, las cadenas montañosas del norte, están constituídas en su mayor parte por cuarcitas, lutitas, areniscas, conglomerados, rocas metavolcánicas, intrusiones graníticas y sedimentos marinos, representados por las Formaciones: Cuarcita Capote, Abrojos, Proveedora, Puerto Blanco, Complejo Sonobari, Puertecitos, Represo, Tigre, Monos, Tren y otras. En el área de Sinaloa se encuentran rocas de esta edad en la misma franja donde aparecen las de edades -- precámbricas; las de la formación San José de Gracia las representan.

El Mesozoico aflora al oeste y suroeste de Bacanora y al oeste y noreste de Hermosillo. Comprende rocas clásticas, lechos compuestos por areniscas, lutitas, calizas, carbones, y conglomerados cubiertos por lavas y atravesados por intrusiones graníticas (Formaciones Barranca, Cintura, Morita, Palmar y Grupo Cabullona). En Sinaloa el área de afloramiento de rocas pertenecientes a esta edad es muy limitada. (ref. 1)

Las capas sedimentarias mesozoicas de la parte del estado de Sonora, están muy intrusionadas por granito el cual en varios lugares afecta a las rocas volcánicas del Terciario.

El Cenozoico se caracteriza por abundantes intrusiones graníticas y efusiones andesíticas, riolíticas y algunas basálticas, así como por rocas sedimentarias continentales y conglomerados de la Formación Baucarit, y areniscas y lutitas rojas de las Formaciones Trincheras y Nogales. En el área de Sonora las intrusiones graníticas y granodioríticas constituyen cadenas

montañosas que presentan una orientación preferencial NW-SE y se localizan en mayor proporción al norte del Estado. En Sinaloa estas rocas intrusivas afloran por lo general en partes topográficamente poco elevadas dando lugar a lomas de pendiente suave. Cabe señalar que en ciertos lugares las rocas intrusivas se encuentran profundamente alteradas por la acción de la intemperie y al producto resultante de esta alteración localmente se le denomina " Tucuruguay ".

Al Cuaternario corresponden gravas, arenas, limos y arcillas en depósitos de piamonte aluviales, fluviales, eólicos, transicionales, de playa y de barra.

Debido a la sucesión de tobas y riolitas, suelen presentarse deslizamientos en las laderas sobre todo de las porciones accidentadas de esta provincia.

Los rasgos estructurales predominantes en la región están relacionados con la Orogenia Laramide de principios del Terciario.

"En Sonora se observan plegamientos intensos, fallas normales (con predominio en la mitad sur del estado), fallas inversas y cabalgaduras (en la mitad norte), que levantaron y hundieron bloques con orientación NNW-SSE. El fracturamiento de las rocas se acentúa cerca de los contactos con el granito. En los bloques hundidos se han encontrado rellenos aluviales de varios cientos de metros de espesor." (ref. 1)

"Las fallas y fracturas coinciden en general con los tramos muy rectos que se encuentran a lo largo de los ríos y arroyos de la zona paralelos a la costa correspondiendo al alineamiento general del sistema de la Falla San Andrés. Estas líneas corresponden también con los sistemas de fracturas que se observan en las rocas de las series riolíticas." Los sistemas principales de fracturas y fallas en la región, se manifiestan según las direcciones N 75°W, N 10°E, N 20°W y N 50°E, existiendo algunos otros sistemas de menor importancia por lo que no pueden considerarse de carácter regional. (ref. 1)

En general se considera la provincia como una zona de baja sismicidad, exceptuando la región costera donde, debido a la cercanía con el sistema de la Falla San Andrés y la zona de subducción de la Placa de Cocos, la sismicidad es un poco mayor. En esta región, sobretodo en las áreas desérticas es notorio el fenómeno de la alteración e intemperización de las rocas debida al congelamiento y descongelamiento de agua atrapada en los poros y fracturas del material producto de las variaciones extremas en el clima.

Subprovincia del Desierto de Sonora.- "Es una franja de aproximadamente 550 km. de longitud por 200 km. de anchura. Se localiza hacia la mitad occidental del estado del mismo nombre. Está constituida por montañas de dirección NNW - SSE, rodeadas de amplios abanicos y planicies aluviales, semejando islas que emergen de los aluviones, esta característica es lo que le dá nombre a la Provincia." (ref. 1)

"Las corrientes de esta porción, forman un modelo dendrítico rectangular parcialmente integrado, con arroyos que se pierden en el aluvión, para volver a aparecer aguas abajo. La mayoría de los ríos principales presenta cursos entrelazados manifestando la naturaleza permeable de los suelos así como la granulometría arenosa y gravosa predominante". (ref. 1)

"Hacia la esquina NW de Sonora, en el Desierto de Altar, la morfología de planicies aluviales, se ve algo modificada por la presencia de depósitos eólicos que constituyeron médanos a lo largo de una franja de 130 km. de longitud por 40 km. de anchura." (ref. 1)

"Las direcciones de los arroyos principales NNW - SSE junto con la forma de las serranías, sugieren que la última deformación de los materiales del área, fué ocasionada por las fallas normales paralelas al Golfo de California, las que a su vez hundieron y elevaron bloques de rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas que parecen estar sostenidas por un Batolito granítico de grandes dimensiones que forma la raíz de las montañas de la región." (ref. 1)

Subprovincia de Los Deltas.- "Tiene 150 km. de longitud por 50 km. de anchura. Está formada por los deltas de los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte, hacia la esquina sur del Estado de Sonora. Es una fértil llanura, en la cual los ríos antes mencionados pierden su caudal por infiltración a lo largo de sus cauces divagantes; se observan también muchos meandros abandonados y secciones de arroyos muy onduladas que representan los cauces de antiguos ramales que distribuyeron la carga de los ríos por sus deltas." (ref. 1)

"Hacia las orillas extremas, los deltas están modificados por la acción de las olas y corrientes litorales que han construido barras arenosas que a veces, propician la formación de pequeñas bahías, lagunas, esteros y áreas pantanosas." (ref. 1)

Subprovincias de Sierras de Piamonte.- Localizada en el borde occidental de la Sierra Madre Occidental y en el límite de esta provincia con la propia de Sierras Sepultadas. Sobresalen en ella montañas cuyas cotas sobre el nivel del mar aumentan hacia el oriente. En esta región predominan las andesitas y las rocas metamórficas, entre las que se observan en ocasiones algunas rocas ígneas intrusivas.

"Tanto en esta subprovincia, como hacia el este, en el cuerpo principal de la Sierra Madre Occidental, afloran también en áreas extensas rocas de naturaleza granítica y granodiorítica (oriente de Choix y curso superior del río San Lorenzo)." (ref. 1)

Las rocas andesíticas forman lomeríos de pendientes no muy acentuadas y que generalmente ocupan las porciones topográficamente más elevadas, mientras que en las partes de los valles se observan cuerpos intrusivos ácidos que presentan lomeríos mas bien bajos con pendientes muy suaves y afectados por un drenaje dendrítico. (ref. 1)

"Acercándose a los límites con la llanura costera, los afloramientos de las andesitas disminuyen dejando lugar a rocas metamórficas y graníticas. Esta última unidad presenta un drenaje muy intenso y forma lomas de regu -

lar altura con pendientes por lo común suaves." (ref. 1)

Subprovincia de la Llanura Costera.- La Llanura Costera, señalada en el mapa como Costa de Sinaloa y Nayarit; "generalmente plana, es muy estrecha - ensanchándose solo un poco en la proximidad del Río Fuerte. En esta subprovincia se observan pequeñas lomas en las que afloran depósitos clásticos - continentales y otras de mayor altura formadas por rocas andesíticas del - Oligoceno y Plioceno o por granitos del Terciario inferior. El drenaje en esta región es escaso y está controlado por los ríos principales que la - - atraviesan." (ref. 1)

Cerca de la costa en el área de Mazatlán, se localiza la zona de subducción de la Placa de Cocos, La Placa de Norteamérica y la Placa del Pacífico, por lo que la zona presenta alta actividad sísmica debida a la cantidad de energía que se libera ocasionada por el choque de placas cercano a la costa.

3.3.3 SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Dividida en las subprovincias de Meseta de Riolita, Mesetas con Cuencas y Sierras Alargadas. Es un espectacular conjunto montañoso de orientación - NNW - SSE que se extiende con esta dirección desde la frontera con los Estados Unidos hasta la provincia denominada Eje Neovolcánico (en las cercanías de la ciudad de Guadalajara) . La limitan al poniente la provincia - de Cordilleras Sepultadas y al oriente las provincias de la Mesa Central, Sierras y Cuencas y la subprovincia de las Sierras Atravesadas. Ocupa - parte de los Estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, -- Aguascalientes, Jalisco y Nayarit.

Está constituída predominantemente por rocas volcánicas de composición riolítica y algunas andesíticas y basálticas, en muchos lugares se aprecian - montañas donde afloran rocas intrusivas, metamórficas y sedimentarias mesozoicas y paleozoicas (granitos, granodioritas, cuarcitas, filitas, piza -- rras, esquistos, gneisses, y algunas calizas, lutitas y areniscas).

Se encuentra formando parte de la zona de sismicidad poco frecuente (pene - sísmica) de la Carta Sísmica de la República Mexicana, desarrollada por J. Figueroa. (ref. 5)

Subprovincia de la Meseta de Riolita.-Comprende una masa compacta de altas planicies y cordilleras disectada profundamente por los ríos que han labrado impresionantes cañones largos y estrechos, con laderas que forman altos cantiles. En el Estado de Chihuahua se le conoce localmente con el nombre de Sierra Tarahumara." Está cubierta por potentes secuencias de rocas volcánicas terciarias, predominantemente riolitas, tobas y tobas soldadas y de composición intermedia. Los basaltos no son abundantes y los intrusivos terciarios y rocas sedimentarias pre-terciarias están expuestos solo en algunas partes. Las coladas de riolita se encuentran localmente falladas y plegadas, con algunas evidencias del distrofismo regional profundo del - - área.

"En la porción situada al norte del paralelo 28° las máximas elevaciones - (2750 a 3103 m) se presentan en la parte más oriental de la provincia. Los escarpes de las sierras en esta parte son hasta de 1500 m. cerca de Carretas y 2300 m. cerca de la Laguna de los Mexicanos. En el área de la frontera entre Chihuahua y Sonora las cimas de las sierras no surgen por encima los 2750 m. y las tierras altas están generalmente por debajo de los -- 2450 m." (ref. 6)

Las principales corrientes que drenan esta parte de la sierra son el Río - Papigochic y Bavispe que a su vez son tributarios del sistema Aros-Yaqui - que desemboca en el Golfo de California.

Los grandes valles que dividen las sierras y planicies de esta provincia - reflejan la dirección estructural general de la sierra NNW-SSE.

En Sonora esta provincia ocupa la mitad oriental del Estado, extendiéndose por el este hacia el borde oeste de Chihuahua.

"Hacia la parte occidental de esta provincia, las altas montañosas son asimétricas, reducen considerablemente los escarpes en las laderas y, generalmente, las vertientes orientales tienen una pendiente mayor que las occidentales." (ref. 1)

En su porción Noroccidental la Sierra Madre Occidental está constituida - por: rocas ígneas intrusivas, como granitos y granodioritas y rocas volcánicas que varían de riolitas a andesitas; les siguen las sedimentarias continentales (lutitas, areniscas y conglomerados), tanto del Terciario (Fm. Baucarit) como del Triásico-Jurásico, que contiene carbón y grafito (Fm. - Barranca); por último aparecen las rocas sedimentarias marinas como areniscas, calizas, lutitas y dolomías Paleozoicas y Mesozoicas (Fm. Palmar y -- Grupo Bisbee) sobre rocas metamórficas (esquistos y gneisses) del Precámbrico y Paleozoico inferior representadas por el (Complejo Sonobari). (ref. 1)

"Los ríos principales escurren de norte a sur y de sur a norte, paralelamente a los ejes de la sierra, con tributarios casi perpendiculares a ellas. Los meandros de los ríos, así como los cruces de las sierras son muy forzados, lo que sugiere un control debido a fallas normales más o menos recientes." (ref. 1)

En la parte que abarca los Estados de Sinaloa y Durango, se caracteriza esta región por una extensa meseta, que presenta una altitud superior a los 2000 m., en la que se observan lomeríos que sobresalen poco sobre el nivel general de la altiplanicie. Las rocas que afloran son de origen volcánico, dentro de las que predominan se encuentran las de composición ácida de tipo riolítico; estas presentan en general una posición subhorizontal y - están cortadas por profundos ríos entre ellos el Presidio, Sinaloa, Fuerte y Piaxtla. El drenaje es paralelo y se han desarrollado en correspondencia con fracturas o fallas que dejan al descubierto gran parte de la formación riolítica la cual degrada hacia los cauces de los ríos en forma escalonada. En los límites de esta subprovincia con la subprovincia de Sierras de Piamonte, se observan una serie de escalones que bajan con pendien

tes muy pronunciadas hacia la costa. (ref. 1)

Subprovincias de Sierras Alargadas.- Localizada al NNW de la Provincia, - abarca una pequeña porción del estado de Sonora. Está formada por cuerpos batolíticos como el de la Sierra de Moctezuma y Oposura, cuerpos graníticos y riolíticos como la Sierra de Nacozari, granitos de la Sierra de Las Mesteñas y Batamote, calizas de la Sierra de Cabullona, y riolitas de la Sierra de Cumpas, todas ellas de formas alargadas y separadas por valles - relativamente angostos.

Las principales rocas volcánicas de esta región son del tipo riolítico (tobas y coladas de lava). Se presentan además algunas rocas cretácicas y paleozoicas al norte de la subprovincia.

Existen algunas zonas con profunda alteración hidrotermal. La actividad - sísmica es prácticamente nula en esta área y son característicos en ella - los grandes tajos a cielo abierto como Cananea y Nacozari ("La Caridad").

Subprovincias de Mesetas con Cuencas.- Participa de la morfología de las - dos provincias donde se encuentra ubicada. (Cuencas y Sierras y Sierra Madre Occidental).

Los valles en esta región están constituidos por materiales terciarios y cuaternarios (tobas, arenas, gravas y limos).

Sus partes altas están constituidas por mesetas con lavas riolíticas e intrusivos graníticos como el de la Sierra del Nido. Hacia el sur, en Aguascalientes y Zacatecas se presentan andesitas del Cretácico-Terciario.

3.3.4 SIERRAS Y CUENCAS

También denominada Altiplanicie Mexicana Septentrional, Mesa Central Septentrional, Llanuras Boreales, Altiplanicie Septentrional, Meseta Central del Norte y Región de los Bolsones. (Tamayo 1962; Vivó 1948) (Ordóñez, 1936, - 1942; Almada 1945; Ed. Porrúa, 1965). (ref. 6)

Localizada al Centro Norte de la República Mexicana abarca parte de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango. Limitada por la provincia de la Sierra Madre Occidental al poniente y al oriente y sur por la provincia de la Sierra Madre Oriental. Se divide en la subprovincia de Sierras y Cuencas y Mesetas de Coahuila. En su porción norte se caracteriza por ser una superficie desértica, en la que emergen aisladas sierras plegadas y falladas que separan amplias llanuras formadas por depósitos marinos y lacustres. Existen en esta parte de la provincia rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Las Sierras de Juárez y Muleros están constituídas por rocas sedimentarias (calizas, areniscas, lutitas y arcillas) con algunos afloramientos de rocas ígneas y metamórficas. Las llanuras o bolsones están constituidos principalmente por material sedimentario con muy escasas calizas y lutitas y particularmente por arcillas, gravas y arenas, que fueron depositadas en grandes espesores durante el período Terciario y el Reciente.

La dirección de las sierras en esta área tiene un rumbo general N 45°W que guarda cierto paralelismo con la Sierra Madre Occidental.

Sus rasgos principales son una serie de bloques montañosos aislados, basculados y fallados, formando escarpes constituídos en su mayoría por rocas sedimentarias de edad Cretácica, (Fms. Buda, del Río, Cuesta del Cura, Indidura, Caracol, Parras y Difunta), excepción hecha de algunas sierras cuyas rocas pertenecen a otros períodos.

En la región Oriental del Edo. de Chihuahua existen amplias llanuras donde se forman cuencas internas o bolsones.

Otro rasgo importante lo constituye, las sierras aisladas de geomorfología escabrosa y forma alargada, que presentan un flanco de pendiente fuerte y otro casi siempre en escarpa inaccesible. (Sierra del Hueco, Sierra Perdida).

Una gran cantidad de las estructuras que han sido cartografiadas en la parte centro-septentrional de Chihuahua, son pligues con dirección general NNW-SSE. (ref. 7)

El caracter tectónico de las estructuras cuyas expresiones topográficas - constituyen la provincia de Sierras y Cuencas de Coahuila es de dos tipos: El primero consiste en pliegues anticlinales alargados, relativamente an - gustos, tales como la Sierra de la Gavia al N de Saltillo y la Sierra de - los Pájaros Azules al NW de Lampazos; el segundo está caracterizado por - una forma de anticlinal dómico, cuyo prototipo fisiográfico y estructural puede considerarse el de la Sierra de las Mitras, inmediatamente al W de - la ciudad de Monterrey. (ref. 8)

"La naturaleza de estos elementos que fueron poco deformados, contrasta de modo notable con el intenso plegamiento de la Sierra Madre Oriental." - - (ref. 8)

"Muchos de estos anticlinales alargados o dómicos de la Provincia, han si - do atacados por la erosión, causando la típica topografía de "Potrero" del Noroeste de México. Todos ellos son amplias estructuras dómicas cuyos ejes buzan comunmente con echados hasta de 55° o 60°." (ref. 8)

"Se ha considerado que esta peculiaridad estructural de las estructuras d^ó - micas características del Noreste de México es debida a la deformación - - plástica e intrusión del yeso que fue depositado originalmente en un ambien - te lacustre. Esta intrusión desarrolló un levantamiento de las estructuras por lo que los flancos están a menudo tan resquebrajados por fallas y jun - tas resultantes del ascenso vertical del yeso que la solución subsecuente y el redepósito del carbonato de calcio, ha borrado casi completamente los - rasgos primarios, tales como planos de estratificación y otras característi - cas sedimentarias en las calizas que los constituyen." (ref. 8)

Al Sureste de esta provincia se localiza la subprovincia geológica de la - Cuenca de Parras. Los elementos tectónicos que pueden verse en esa área - consisten en pliegues anticlinales, sinuosos y alargados de flancos abrup - tos cuyas longitudes de ondulación son mucho más cortas que en los pliegues correspondientes a la Sierra Madre Oriental que la limita al Sur. (ref. 8)

"Los elementos anticlinales están generalmente muy inclinados o recostados

hacia el N. Los sedimentos superficiales del plegamiento de la Cuenca de Parras son de fines del Cretácico Superior y han sido asignados a la potente Formación Difunta."

La Formación Difunta generalmente se manifiesta en el paisaje con una coloración rojiza y está constituida por areniscas, conglomerados, calizas conglomeráticas, lutitas arenosas y lutitas, sobreyaciendo a la Formación Caracol (tobas volcánicas con algo de novaculitas y pequeñas cantidades de arenisca). El plegamiento fué debido en parte a las fuerzas laramídicas dirigidas de S a N y en parte representan posiblemente plegamientos de acomodamiento. (ref. 8)

3.3.5 MESA CENTRAL

Localizada en el centro de la República Mexicana, está limitada al Norte y Oriente por la Sierra Madre Oriental, al Sur por el Eje Neovolcánico y al Poniente por la Sierra Madre Occidental. Tiene una altitud media de 2000 metros sobre el nivel del mar, abarca parte de los Estados de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco y Guanajuato. Topográficamente se presenta como una sucesión de llanuras de distintos niveles, limitadas por nevaduras volcánicas cuyo desagüe es el Sistema Lerma Santiago y rodeado de relieve alto en general.

Los rellenos de la zona baja alcanzan espesores pequeños y los lagos someros son frecuentes en el área. Los rasgos estructurales de origen tectónico son escasos en la provincia. (ref. 9)

En la porción Sur contrastando con la más al Norte, existen numerosas unidades orográficas destacando la Sierra Gorda y la Sierra de Guanajuato; la primera localizada en la región NE del territorio de Guanajuato corre de NW a SE y la segunda, constituida por un anticlinal joven, alargado y fallado en grandes bloques que se levantan abruptamente de los valles que lo rodean casi en el centro del estado de Guanajuato, su dirección es también NW-SE y está limitada por amplias llanuras como la del Bajío, Dolores Hidalgo, Ibarra, Ocampo y San Felipe.

La estratigrafía general de la región es como sigue: La formación más profunda son lutitas, que en algunos sitios se han metamorfizado a pizarras; sobre estas descansa una zona de transición de lutita calcárea a caliza arcillosa a los que sobreyacen los conglomerados rojos de Guanajuato compuestos por fragmentos de basaltos, dioritas, riolitas, esquistos y calizas; - sobre este conglomerado se encuentra la Formación Losero formada por areniscas estratificadas concordantes al conglomerado; sobre estas areniscas descansa una formación de riolitas, tobas y brechas riolíticas denominada Formación Pingüico; cubierta a su vez por una unidad constituida por andesitas, tobas y brechas andesíticas denominada Formación Calderonas; sobre la que aparece la Formación Chichíndaro compuesta por riolitas recientes y pórfidos con grandes cristales de cuarzo. (ref. 9)

Son característicos en esta área los diques de composición andesítica y riolítica, y un gran cuerpo intrusivo granítico al NW de Guanajuato y que se extiende en dirección al SW. (ref. 9, Gto)

El sistema de fallas más importante en la región son las fallas de tipo normal con dirección NW-SE y echado al SW entre las que existen algunas mineralizadas. Existe otro sistema más o menos perpendicular a éste y de menor importancia. (ref. 9) Las fracturas se pueden clasificar en dos sistemas de dirección semejante al de las fallas mencionadas. Los diques tienen un rumbo general N 52° E con echado al SE.

Hacia el límite de esta provincia con el eje neovolcánico en el área de Irapuato, se presenta un extenso depósito aluvial en el ancho valle de La Bajada limitado por formaciones de basalto y de calizas y lutitas al norte y noreste de esta ciudad, al este se encuentran areniscas y conglomerados y al sureste brechas volcánicas (ref. 9 Irapuato)

La llanura del Bajío, está constituida principalmente por una sucesión de suelos aluviales y rocas volcánicas (brechas, tobas y derrames lávicos) de composición variable entre basaltos y riolitas, con predominancia de andesitas en la parte inferior y de riolitas en la superior.

El origen de esta provincia está ligado a la Orogénesis de las sierras que la limitan por lo que su elevación se inició vigorosamente desde fines del Cretácico, debida a los plegamientos y depresiones del oriente y las corrientes de lava, resultado de la actividad volcánica de la Sierra Madre Occidental y la Cordillera Neovolcánica; recibió posteriormente materiales de las series eruptivas del Cenozoico, de suerte que el relieve que presenta en la actualidad en general es reciente. (ref. 9, Salamanca)

"El Valle de San Luis, también llamado de Tangamanga, está limitado al este por los macizos calizos de la Sierra de Alvarez, al sur por los lomeríos aluviales del Valle de Villa de Reyes, al oeste por las prominencias ríolíticas de las Sierras de San Miguelito, El Manzano y Mezquitic, y al norte por los lomeríos andesíticos del Valle de Aqualulco y por la Sierra de Villa Hidalgo; las calizas se originaron en el Cretácico Inferior, en tanto que las formaciones aluviales y volcánicas datan de las épocas Pleistoceno y Reciente del período Cuaternario. Estos depósitos aluviales en el Valle, cubren a las rocas ígneas extrusivas y ríolíticas del Cenozoico Medio." - (ref. 9, San Luis Potosí)

En su porción norte, formada por el NE del estado de Zacatecas y el NW del de San Luis Potosí, la Provincia está constituida por una extensa planicie con algunas pequeñas sierras (Sierra del Bozal y Sierra del Catorce) y grandes extensiones áridas cubiertas con materiales Terciario-Cuaternarios - - constituidos por gravas, arenas y arcillas del relleno de los valles. A todo lo largo de esta llanura se presentan pequeños lomeríos bajos formados por rocas Cretácicas (en el Estado de San Luis Potosí) o por rocas volcánicas Cenozoicas (basaltos y andesitas en el área correspondiente al Estado de Zacatecas).

3.2.5 SIERRA MADRE ORIENTAL

Localizada en la porción centro oriental de la República Mexicana, se extiende con un rumbo NNW-SSE desde las cercanías del Big Bend en Texas hasta las inmediaciones de Jalapa donde se ve limitada por el Eje Neovolcánico. -

En su porción central esta Provincia muestra una faja adyacente que corre hacia el oeste hasta la región de Nazas en el estado de Durango, conectándose con la Sierra Madre Occidental. Abarca parte de los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz. Es un imponente conjunto montañoso caracterizado por profundas barrancas y cañones, y en su parte central por prominentes montañas.

Sus zonas de rocas intensamente plegadas, afalladas y amplias estructuras sinclinales y anticlinales en conjunto, están orientadas de norte a sur y ocasionalmente están afectadas por grandes fallas de tipo inverso.

Predominan en toda la provincia rocas mesozóicas de origen sedimentario representadas por calizas, margas, lutitas, limolitas y areniscas. En ciertos lugares la secuencia sedimentaria está afectada por pequeños cuerpos intrusivos de composición granítica ó granodiorítica ó cubierta por rocas volcánicas andesíticas y basálticas.

En muy escasos lugares aparecen afloramientos de rocas paleozóicas y precámbricas como en Peregrina, Tamps. y la región norte de Molango, Hgo.

La cruzan numerosos ríos en los que se encuentran sitios que reúnen características geológicas y morfológicas aceptables para establecer aprovechamientos hidroeléctricos.

Por lo abrupto de las montañas y la naturaleza de los materiales es común observar fenómenos de estabilidad de taludes. Se divide esta provincia en cuatro subprovincias: Sierras del Norte; Sierras atravesadas, Sierra alta y Sierras Bajas (ref. 10)

Subprovincia de las Sierras del Norte.- Localizada al noroeste de la República. Las Sierras que la constituyen forman principalmente amplias estructuras alargadas y muy irregulares. "Hacia el N y NE de Monterrey, las estructuras suavemente plegadas y quizá normalmente afalladas (Sierra de Pica

chos, Sierra de Sabinas-Lampazos, Sierra de Peyotes, Serranía del Burro), se encuentran en contraste con los elementos intensamente deformados de la provincia de Sierras y Cuencas." (ref. 8)

En esta subprovincia se presenta mayor vulcanismo que las otras partes de la Provincia sobre todo en la parte norte, y la actividad intrusiva también se manifiesta con mayor profusión a lo largo de toda la Subprovincia.

Los valles que separan las cordilleras son generalmente amplios, constituyendo bolsones (Bolsón de Monclova). En la región al norte de Monclova se encuentran los depósitos de carbón en sedimentos del cretácico (Formación Olmos; areniscas, lutitas y limolitas). (ref. 8)

Son característicos los potreros formados por la erosión de grandes estructuras anticlinales de esta región.

Subprovincia de las Sierras Atravesadas.- Formada por una serie de sierras alineadas en dirección E-W (Sierras de Parras y de Jimulco), que van desde Saltillo hasta Torreón y Nazas, donde su alineación vuelve a ser NE-SE (Sierra del Rosario), separadas entre sí por valles de fondo plano y paredes muy empinadas (Valle de Agua Nueva, Bolsón de San Carlos, Laguna de Viesca).

Las Sierras generalmente están compuestas por sedimentos mesozoicos (calizas en su mayoría) y atravesadas por numerosos cañones; las montañas alcanzan alturas comprendidas entre 1500 y 2800 msnm; los valles, constituidos por grandes espesores de sedimentos terciarios y cuaternarios (gravas, arenas y limos), producto de la intemperización de las sierras que los bordean. La litología en la Subprovincia la forman: rocas del Triásico, constituidas por lavas interstratificadas con lutitas, limolitas y areniscas rojas de la Formación Nazas; sobre las que se yacen lutitas carbonosas y areniscas de grano fino de las Formaciones Zuloaga y la Casita de edad Jurásica; el Cretácico lo constituyen areniscas, calizas y lutitas de las Formaciones la Mula, Barril Viejo, Cuesta del Cura, Parras, Patula, Indidura, Caracol, y -

las series Coahuileana y Comancheana, etc.; el Terciario está representado por conglomerados constituídos con materiales de los mencionados anteriormente, además de algunas brechas volcánicas como basaltos y riolitas (Formación Ahuichila); además de gravas y arenas de la Formación Santa Inés; y el Cuaternario lo constituyen los aluviones de espesor desconocido y abanicos aluviales al pie de las sierras y en el fondo de los valles. (ref. 9 Torreón y Durango)

Subprovincia de la Sierra Alta.- Forman esta subprovincia cordilleras de caliza que constituyen grandes anticlinales con flancos escarpados, atravesados a su vez con profundos cañones y gargantas. Hacia el sur la altura de estas cordilleras disminuye. En algunos lugares se presenta el fenómeno de carsticidad, debido a la disolución de las rocas calcáreas. A todo lo largo de la subprovincia, la transición a las tierras bajas de la costa es repentina, debido a que no existen abanicos en esta parte. (ref. 10)

"Lo más notable de la deformación que puede observarse en esta subprovincia es el abrupto cambio en el rumbo tectónico regional en el área de Monterrey, donde la dirección NNW de la sierra voltea hacia Saltillo en un apretado manojito de pliegues estrechamente arqueados y convexos hacia el NE." (ref. 8) En esta subprovincia se presentan rocas desde el precámbrico gneisses y esquistos de la Formación Granjero cerca de Cd. Victoria, Tamaulipas y esquistos Huiznopala cerca de Molango, Hgo. Las rocas paleozóicas están representadas por cuarcitas, calizas, dolomías, lutitas, areniscas y gneisses (Formaciones Naranjal, la Yerba, la Presa, Guacamaya, Vicente Guerrero, Cañón de Caballeros, Calnalli y Serie Matzizi), todas en localidades restringidas de los estados de Tamaulipas, Hidalgo y Puebla. La mayor parte de las rocas que constituyen estas sierras son calizas, dolomías, margas, lutitas y areniscas del Mesozóico siendo las más numerosas las calizas (Formaciones La Casita, Pimienta, la Gloria, Cupido, Aurora, el Doctor, Tamaulipas Superior e Inferior, etc.). Hacia la porción suroeste de la provincia se localizan extensas áreas cubiertas por materiales volcánicos de tipo riolítico, andesítico y basáltico, sobre todo en el estado de Hidalgo y noroeste del estado de Puebla, principalmente representados por el Grupo

Pachuca.

Subprovincias de las Sierras Bajas.- Constituída por una serie de sierras paralelas a las de la subprovincia de la Sierra Alta que la limita al oriente, sus rasgos estructurales son semejantes, Únicamente su altura es un poco menor ya que su base tiene un promedio de 1800 m. sobre el nivel del mar. (ref. 48) Los valles son un poco más amplios que en la Sierra Alta y se encuentran rellenos de aluviones que bajan de las sierras. La transición hacia la Provincia de la Mesa Central a la cual limitan hacia el oriente - es imperceptible la mayoría de las veces. (ref. 10)

Las rocas que la constituyen son en general las mismas de la subprovincia adyacente con un dominio de calizas y calizas arcillosas y valles rellenos por gravas y arenas; sin embargo esta subprovincia, presenta una mayor - - abundancia de rocas volcánicas tales como: riolitas, dacitas, andesitas y basaltos, principalmente en las zonas cercanas al Eje Neovolcánico (Estados de Querétaro y San Luis Potosí).

3.3.7 PLANICIE COSTERA DEL GOLFO

Esta Provincia se extiende desde Florida hasta Yucatán y está limitada hacia el litoral del Golfo de México por una serie de lagunas. Al norte y al sur de Veracruz la planicie costera está cortada respectivamente, por el eje volcánico y por el Macizo de los Tuxtlas encontrándose además limitada al poniente por la Sierra Madre Occidental. La parte plana es en ciertos lugares una faja relativamente angosta. (ref. 10)

En distintos lugares bordeando el litoral, aparecen los siguientes materiales todos ellos de edades cuaternarias: Dunas (arenas y arenas limosas); - depósitos de playa y de barra (arena y arenas limosas); y depósitos aluviales (arenas y arcillas en alternancia). Tierra adentro alejándose de la costa, se observan afloramientos del Terciario que forman lomeríos y ocasionalmente se encuentran formaciones del Cretácico cerca de los límites - de esta Provincia con la correspondiente a la Sierra Madre Oriental. Al -

norte de la Provincia se observa una topografía plana con pendiente muy suave hacia el Golfo de México; con pequeñas ondulaciones que definen áreas bajas de drenaje deficiente que permanecen inundadas buena parte del año. En las cercanías de la costa existen también gran número de marismas y esteros sujetos a la variación de las mareas. (ref. 9)

Los sedimentos Terciarios en esta Provincia incluyen conglomerados, arenas arcillas, lutitas, limolitas y areniscas cuyas edades van del Eoceno al Plioceno, encontrándose burdamente orientados paralelamente a las costas del Golfo de México, de forma tal que sus edades son menores a medida que se acercan al litoral; presentan también un echado regional característico con dirección hacia la costa, siendo notorio el engrosamiento de las formaciones en esa misma dirección.

Tectónicamente la región presenta pocas deformaciones (plegamientos). Las más notables ocurren en su parte occidental y se manifiestan en los sedimentos del Eoceno allí expuestos, cuyos ejes estructurales se muestran sensiblemente paralelos a los pliegues de la Sierra Madre Oriental. El aflamamiento tiene un rumbo general N-S y es de tipo normal con su bloque oriental caído. Dichos rasgos se formaron al parecer a fines del Eoceno y principios del Oligoceno. (ref. 9 Reynosa)

De estas fallas en el área de Reynosa se han distinguido dos tipos: de postdepósito y de crecimiento; las primeras son importantes debido a los numerosos bloques afallados que presentan y las segundas fueron contemporáneas al depósito, los sedimentos aquí presentan una tendencia a doblarse hacia el plano de falla produciendo pliegues anticlinales. (ref. 9 Reynosa)

En la parte centro norte de la Provincia (área de Ciudad Victoria, Tampico y norte del estado de Veracruz), las rocas que se presentan desde el borde occidental hacia el oriente de la planicie del golfo están integradas por sedimentos que van del Jurásico al Reciente, siendo su estructura geológica relativamente simple en comparación con la de la Sierra Madre Oriental. Las rocas, están representadas por: calizas, lutitas, limolitas areniscas

y yesos del Jurásico (Formaciones La Joya, Novillo, Olvido y La Casita); - calizas, margas, lutitas, limolitas y dolomías del Cretácico (Formaciones - San Felipe, El Abra, Tamabra, Tamaulipas, Méndez, Cárdenas, etc.); arenis - cas, lutitas, calizas, arenas, arcillas y conglomerados del Terciario (For - maciones Vicksburg, Catahoula, Alazán, Chapopote, Aragón, Midway, Tuxpan, - etc.) y conglomerados, gravas, arenas arcillas y caliches del Cuaternario - (Formaciones Reynosa, Lissie, Goliad, Acatlapa, etc).

Tectónicamente la región es semejante en sus condiciones a la parte norte de la Provincia. Hay que hacer notar sin embargo la presencia al NE del - estado de Veracruz y SE del estado de Tamaulipas de una gran extensión de rocas cretácicas productoras de hidrocarburos en la llamada "Faja de Oro" - constituida por calizas arrecifales de la costa del Golfo de México.

En el área sur y sureste de esta Provincia predominan las tierras bajas y pantanosas con algunos lomeríos. Se presentan también cauces temporales, - albardones naturales y semilunares, meandros abandonados y lagunas de po - ca profundidad, todos rasgos característicos de una llanura de inundación, en su etapa senil dentro del Ciclo Geomórfico de erosión. También es ob - servable en esta zona la existencia del cordón litoral del que se ha habla - do con anterioridad producto de los depósitos de mares someros y fluctua - ciones en el nivel del mar. (ref. 4, Coatzacoalcos, Veracruz y Villahermo - sa)

Las rocas que afloran en esta parte de la provincia son principalmente de edad Terciario a Reciente, constituídas por arenas de grano grueso y fino interestratificadas con arcillas, lechos fosilíferos, areniscas, conglome - rados y depósitos clásticos de grano fino y gravas (Formaciones Filisola, Paraje Solo, Agueguexquite, Cedral, Encarnación, Encajonado, Amate, Zarga - zal, etc.), de orígenes tanto marinos como aluviales, lacustres, palustres y continentales.

El ambiente marino, la humedad y el clima favorecen el intemperismo químico que ataca tanto a las rocas jóvenes como a las antiguas.

Como estructuras sepultadas son características de ésta área los domos salinos que se presentan semejando columnas aisladas de sal o en forma de masas intrusivas de gran extensión. "Por disolución de la sal o por su explotación, pueden quedar cavidades debajo del casquete, que pueden ocasionar hundimientos de tipo graben en una gran extensión. La Laguna de Tabasqueño, parece ser un ejemplo de hundimiento por disolución" Estos domos suelen ir asociados con la existencia de azufre y de petróleo. (ref. 4 Coatzacoalcos)

Tres grandes fallas de la corteza terrestre que cruzan el territorio del Estado de Veracruz y se internan en el Golfo de México precisamente al norte de Coatzacoalcos, se consideran como estructuras de importancia en la región conocidas como las fallas Zacamboxo y Clarión, que corren aproximadamente paralelas en el sentido W-E, y la probable falla del Istmo de Tehuantepec que cruza a éste en el sentido S-N. A ella se han asociado los epicentros que han generado los sismos de mayores consecuencias en la región. - - (ref. 4 Coatzacoalcos, ref. 5, ref. 11)

3.3.8 EJE NEOVOLCANICO

Forma una amplia franja que cruza toda la República Mexicana de este a oeste, abarcando parte de los estados de Veracruz, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Morelos, Michoacán, Jalisco, Nayarit y Colima y la totalidad del estado de México, Tlaxcala y Distrito Federal.

Caracterizada por una altiplanicie situada a más de 2000 metros sobre el nivel del mar, de la que sobresalen numerosos cerros de varios cientos de metros de altura. La mayoría de estos representan aparatos volcánicos con sus respectivas lavas, brechas y cenizas, cuya composición litológica va desde rocas basálticas a riolíticas. Las emisiones lávicas tienen edades que varían desde el Plioceno tardío hasta el Reciente, observándose gran variedad en su estado de erosión. Entre los cerros volcánicos se abren llanuras y cuencas que están formadas en gran parte por rellenos aluviales o lacustres que contienen gran variedad de rocas mezcladas con cenizas volcánicas. (ref. 10)

Los principales fenómenos en esta provincia están representados por las fallas y fracturas que acompañan a las emisiones volcánicas. La dirección principal del fracturamiento regional es aproximadamente E-W.

Hacia el noroeste de la Provincia, cerca de su límite con la Sierra Madre Occidental y las Sierras Sepultadas, se observa gran actividad volcánica que ha dado origen a mesetas de basalto, tobas y conos de composición media a básica (andesitas y basaltos). Las rocas sedimentarias en esta área forman solo pequeños manchones dentro de la masa ígnea y son de dos clases principalmente: Las antiguas rocas sedimentarias de origen continental o costero (areniscas, lutitas y calizas del Cretácico) y las del Terciario, posiblemente del Mioceno o Plioceno de origen piro clástico que cubren un área mucho mayor que los sedimentos antiguos. En la región de Colima, el eje baja hasta el Océano Pacífico en una franja angosta de lavas y brechas riolíticas y andesíticas. (ref. 4 , Colima)

Las fracturas y fallas en toda esta porción de la provincia tienen una orientación aproximada NE-SW sensiblemente paralelas a los arroyos y ríos de la región.

La región al este del estado de Jalisco, el sur del estado de Guanajuato, el norte del estado de Michoacán y el poniente del estado de México forma lo que se ha definido como Zona de Fosas Tectónicas por Manuel Alvarez Jr. "Caracterizada por la presencia de derrames basálticos, volcanes y lagos cuya morfología sugiere la idea de estar situados en Fosas Tectónicas. Las riolitas andesitas y traquitas cubiertas por basalto, forman las montañas; mientras que los valles en un principio fueron cuencas lacustres profundas que se rellenaron de material fluvial derivado de las montañas y cenizas volcánicas más recientes." Los lagos más importantes que se han formado en estas Fosas son el de Chapala y el de Cuitzeo.

Las rocas que constituyen en general la región son series volcánicas constituidas de lavas y brechas riolíticas, traquíticas, andesíticas y basálticas (serie Characharándaro), conglomerados, lutitas y tobas (grupo Balsas) y

aluviones del Cenozoico y Reciente. Lutitas, areniscas, calizas y dolomías (Formaciones Malpaso, Xochicalco, Morelos y Angao) del Cretácico y algunas rocas Paleozóicas o Mesozóicas metamórficas cerca de su límite con la Sierra Madre del Sur en la región de Valle de Bravo, Angangeo y Tlalpujahua.

En la región centro oriental de esta provincia se encuentra el Valle de Toluca, el Valle de México y el Valle de Puebla. El primero de ellos constituye la meseta más elevada de la República con una altitud promedio de 2650 m. sobre el nivel del mar. Los otros dos descienden en altura a medida que se acercan a la costa del Golfo de México. (ref. 9, Toluca)

Las grandes cuencas lacustres que ocupaban extensas zonas de los valles de México y Toluca, preexistentes a tres épocas de vulcanismo del Terciario, fueron casi en su totalidad rellenas por productos cineríticos (andesíticos y basálticos) procedentes de las citadas series de erupciones volcánicas. Durante períodos de escasa actividad volcánica, en los cuales la alteración y erosión de las rocas fueron acompañadas de lluvias abundantes, se produjeron los rellenos aluviales que aparecen depositados en los valles o en los cauces de los ríos. (ref. 9, Toluca)

Las principales rocas que constituyen esta región son lavas, tobas, brechas y aglomerados de tipo andesítico y basáltico elementos de las formaciones características de la región (Formación Tarango, Series Xochitepec, Ixtaccíhuatl, Ajusco, Tilzapotla, Zempoala, Tepoztlán y Chichinautzin); arenas, arcillas, limos y gravas de las Formaciones Atotonilco, Tacubaya, Becerra, Barrilaco, Tolotzingo; algunas rocas sedimentarias en el área de Puebla y manchones en el estado de México tales como margas; limolitas y areniscas (Formación Chilpancingo); lutitas, areniscas y calizas (Formaciones Méndez, Acuitlapan, Mexcala, Xochicalco, Zapotitlán, San Juan Raya, Miahuatepec y Cipiapa) todas estas de edad Cretácica. (ref. 12)

En esta región la dirección preferencial de las fallas y fracturas sigue siendo la E-W característica de la provincia.

Esta provincia está considerada como una zona sísmica o de sismicidad fre -

cuenta en la República Mexicana (ref. 5)

En su porción más oriental cerca de la ciudad de Jalapa la planicie elevada del eje neovolcánico desciende formando la región denominada vertiente, caracterizada por sucesiones de coladas de lavas basálticas y cenizas volcánicas. Este declive llega a dividir a la Planicie Costera del Golfo, bajando así hasta el nivel del mar. (ref. 4 , Jalapa)

Subprovincia de los Tuxtlas.- Separado de esta provincia un poco más al sur y a un nivel más bajo se encuentra el Macizo de los Tuxtlas, consistente de una serie de volcanes de poca altura drenados radialmente, de los cuales - las elevaciones más importantes son el Volcán San Martín (1,658 m.) y el - Vigía de Santiago (800 m.) P.K. Stahelin consideró a este macizo como un - basamento de diorita con extrusiones superpuestas de andesitas y basaltos.

Esta subprovincia se puede considerar casi totalmente cubierta por depósitos piroclásticos y derrames de lava volcánica sobre los que aparecen algunas ventanas de sedimentos marinos Terciarios (Formaciones La Laja, Depósito, Encanto, Concepción Superior e Inferior y Filisola), que corresponden a formas estructurales anticlinales.

El volcanismo en la región ha contribuido a la formación de las lagunas de Catemaco y Zontecomoapan y a numerosos lagos-cráteres.

La distribución de los sedimentos así como su comportamiento tectónico, reflejado en las estructuras antes mencionadas parecen indicar que son el resultado de esfuerzos combinados de Orogenias y levantamientos. (ref. 13)

3.3.9 SIERRA MADRE DEL SUR

Incluye toda la región montañosa al sur del eje neovolcánico desde la porción sur del estado de Nayarit hasta Tehuantepec en el estado de Oaxaca, - abarcando parte de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Morelos, Puebla, Oaxaca y Veracruz. Se ha dividido en seis subpro-

vincias que son: la Meseta del Norte, La Cuenca del Balsa-Mezcala, la Vertiente Sur, la Meseta de Oaxaca, Sierra del NE y la planicie Costera del Pacífico. (ref. 10)

Consiste principalmente de metasedimentos del paleozóico representados por esquistos, cuarcitas, gneiss y mármoles, que en muchos lugares están cubiertos por depósitos continentales (conglomerados, gravas, arenas y areniscas) y marinos (lutitas, limolitas y calizas) del Mesozóico y Terciario. Hay pocos volcanes, pero grandes áreas cubiertas por materiales piroclásticos - - (NW de Guerrero, S de Michoacán y S de Morelos y SE de la ciudad de Oaxaca). (ref. 10)

"En general la región es una serie de cuencas en forma de platillo, con depresiones centrales drenadas por los ríos San Pedro, Tepalcatepec, Balsas - Mezcala, Verde y Tehuantepec, que las separan en subcuencas." (ref. 10)

La sismicidad de esta provincia es alta. Se encuentra en la zona que Figueroa describe como de sismicidad frecuente en su Carta Sísmica de la República Mexicana. (ref. 5)

Subprovincia de la Meseta del Norte.- Ubicada en la porción noroccidental - de la provincia abarca parte de los estados de Colima, Jalisco y Nayarit. - Formada por una serie de sierras cortadas por profundos cañones constituida en su mayoría por rocas metamórficas Paleozóicas (gneiss, esquistos, cuarcitas, mármoles y filitas) e intrusivas Mesozóicas (granitos en la sierra de Vallejo y sierra del Parnaso); no faltando partes en las que aparecen sedimentos marinos del cretácico (calizas, margas y lutitas), coronados por depósitos clásticos continentales (conglomerados, arenas, arcillas), localizados cerca de la ciudad de Colima y Puerto Vallarta. En la zona costera, las calizas, lutitas y margas de edad Cretácica se ven afectadas por las intrusiones y movimientos tectónicos dando lugar a zonas de rocas metamórficas.

Los ríos de la región presentan una dirección de escurrimiento NE-SW o N-S, que puede ser el reflejo de fallas profundas con esta misma orientación. - (ref. 4 Colima, Manzanillo)

Subprovincia de la Cuenca Balsas-Mezcala.- Orientada ESE-WNW, se extiende en esta dirección unos 650 km., limitada al norte y poniente por el Eje Neovolcánico, al sur por la subprovincia de la Vertiente del Sur y al oriente por la subprovincia de la Meseta de Oaxaca, abarca parte de los estados de Colima, Michoacán, Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca.

Su forma en general es alargada un poco más ancha hacia el este, cerca de su límite con la Meseta de Oaxaca. (ref. 10) Formada por profundos y sinuosos valles a lo largo de los cuales los ríos Balsas, Mezcala y Tepalcatepec han ido labrando las sierras en algunas partes hasta de 3000 m. (Sierra Madre del Sur), dándole a esta cuenca una topografía muy abrupta. (ref. 10)

Los cerros formados por calizas y conglomerados muestran generalmente un aspecto redondeado con un drenaje ampliamente espaciado. Los formados por lutitas, areniscas, limolitas y rocas ígneas tienen un aspecto anguloso y su drenaje está bien desarrollado. En general se puede decir que la región está en una etapa de madurez en lo referente a su morfología. (ref. 4 y 14)

Afloran en la región rocas desde el Paleozoico, representadas por los Esquistos Taxco; Series volcánicas del Triásico; tobas y brechas andesíticas de la Serie Taxco viejo; calizas, areniscas, lutitas, pizarras y filitas de las Formaciones Acahuizotla, Chimeco, Grupo Teconcoyuca y Grupo Consuelo al NE de la subprovincia; calizas, lutitas y areniscas de Cretácico en las Formaciones Xochicalco, Morelos, Cuautla, Mezcala, Acuitlapan y depósitos sedimentarios Terciarios constituídos por lutitas, arenas, conglomerados, lavas andesíticas y dacíticas elementos constitutivos de las Formaciones Sabana Grande, Cuernavaca, Balsas, Chilpancingo, Series Agua de Obispo y Papagayo; además se pueden observar algunos intrusivos graníticos y granodioríticos cerca de los límites entre Guerrero y Michoacán. (ref. 4, 3, 15 y 14)

En presencia de rocas calcáreas las formas cársticas son abundantes, fenómeno observable claramente en la región cercana a Chilpancingo en la zona de la laguna de Tixtla y áreas vecinas, lo mismo que en la cuenca del río

Anacuzac y en la zona de Iguala. (ref. 4)

Subprovincia de la Meseta de Oaxaca.- Localizada al oeste de la Provincia, abarca casi todo el estado de Oaxaca y la parte SE del estado de Puebla. - Constituye una meseta zurcada por gran cantidad de ríos hacia sus orillas y un valle central (Valle de Oaxaca) en su parte alta. (ref. 10). Afloran en esta subprovincia rocas metamórficas del Precámbrico (gneisses, esquistos, mármoles y granitos); rocas metamórficas del Paleozóico (pizarras, esquistos, gneisses, cuarcitas y filitas) representadas por la Formación Tíñú, Esquistos Taxco y Complejo Xolapa; areniscas, lutitas, calizas, limolitas y conglomerados del Mesozóico (Formaciones Huizachal, Todos Santos, -- Acahuizotla, Chimeco, Grupo Consuelo y Tecocoyunca, Cipiapa, Tilaltongo, - etc.), areniscas y lutitas Terciarias (Formaciones Yanhuatlán, Cuicatlán, - Huahuapan. etc.), tobas y lavas andesíticas Terciarias (Serie Agua de Obispo) y depósitos clásticos continentales terciarios y cuaternarios (gravas, arenas y arcillas). (ref. 3, 4 y 16)

La cuenca de Oaxaca se ubica a 1500 m. sobre el nivel del mar aproximadamente y presenta un drenaje controlado por el río Atoyac mismo que desemboca en el Océano Pacífico como río Verde. (ref. 4 y 16)

La orientación de elementos tectónicos en el área concuerda con las direcciones principales de toda la Provincia mostradas por el Dr. Zoltan de Cserna, en sus mapas referentes a esta región (N 20°W y E-W). (ref. 4)

Subprovincia de las Sierras del NE.- Se extiende desde las cercanías de la ciudad de Córdoba hasta Tehuantepec, al borde nororiental de la subprovincia de la meseta de Oaxaca. (ref. 10)

Estas sierras no están conectadas con las de la Sierra Madre Oriental y a diferencia de esta, son un conjunto montañoso más bajo y angosto, que descienden directamente hacia la Meseta de Oaxaca. Los pliegues que las constituyen, están cruzados por numerosos ríos que corren de NE a SW (ref. 10), manifestando así las dos direcciones características del fracturamiento en la región una NW-SE y otra NE-SW. (ref. 4 Córdoba Orizaba)

Las rocas que afloran en esta subprovincia están constituídas por calizas, margas y lutitas del Cretácico (Formaciones Chimeco, Cipiapa, Petlalcingo y Tilaltongo), depósitos clásticos continentales (arenas, areniscas, arcillas y cenizas volcánicas de la Formación Yanhuitlán) y en el fondo de los ríos depósitos aluviales. Se pueden encontrar además algunos lugares con depósitos de rocas volcánicas de tipo andesítico y basáltico. (ref. 4 Córdoba, Orizaba y ref. 17)

Subprovincia de la Vertiente Sur.- Localizada al sur de la subprovincia de la Cuenca del Balsas-Mezcala, abarca parte de los estados de Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Está formada por una angosta franja de montañas que corren paralelas a la costa del Pacífico y que en algunas ocasiones surgen directamente del Océano interrumpiendo la angosta subprovincia de la Llanura Costera del Pacífico. (ref. 10)

Está constituída por rocas metamórficas del Paleozóico: esquistos, gneisses y mármoles hacia el borde occidental y en los alrededores de Acapulco (Complejo Xolapa); rocas precámbricas metamórficas; esquistos y gneisses en los límites de los estados de Guerrero y Oaxaca; calizas, lutitas, limolitas y areniscas del Mesozóico (Grupo Consuelo, Formaciones Chinameca, Todos Santos y Mogoñé); y rocas intrusivas (granitos y granodioritas) y volcánicas (lavas, tobas y brechas basálticas y andesíticas) del Cenozóico localizadas cerca de la costa en los límites de los estados de Guerrero y Michoacán. (ref. 4 Acapulco y Truchas, 15 y 18)

Cerca del puerto de Acapulco se localiza un tronco granítico que interrumpe la Planicie Costera en esta parte. (ref. 15, 18, 4)

Subprovincia de la Planicie Costera del Pacífico.- Es una estrecha franja de tierra localizada al sur de la República Mexicana. Va de la desembocadura del río Balsas en el límite entre los estados de Guerrero y Michoacán, hasta la desembocadura del río Verde en el estado de Oaxaca. Esta planicie se observa interrumpida algunas veces por las montañas de la subprovincia de la Vertiente Sur que descienden hasta el Océano.

Está constituída principalmente por rocas cenozóicas (boleos, gravas, arenas gruesas y finas, limos y arcillas), formando depósitos litorales, aluviales y deltáicos y depósitos eólicos en forma de dunas. (ref. 9, Truchas)

Paralela a esta costa a unos 50 km. mar adentro se localiza la Trinchera - México-Mesoamericana, la cual bordea todo el litoral al S y SW de México, aproximadamente con un rumbo N 60°- 70°W. Parece ser esta gran estructura - la responsable de la presión en dirección ascendente de la corteza, produciendo tensiones a lo largo de los ejes horizontales que permiten el desarrollo de fallas y fracturas. De esta forma aún cuando no se aprecien fallas geológicas de importancia en esta región, estas deben estar presentes dado los constantes movimientos sísmicos que se registran en ella, lo que indica a su vez la inestabilidad propia de la zona. (ref. 15, 4, Acapulco, 19)

Estas características son aplicables a toda la provincia en general y más particularmente a las cercanas a las costas del Océano Pacífico.

3.3.10 TIERRAS ALTAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA

Localizada al sureste de la República Mexicana. Se encuentra limitada al norte por las Provincias de la Planicie Costera del Golfo y Yucatán, al poniente por la Provincia de la Sierra Madre del Sur y al sur por el Océano Pacífico, internándose en la República de Guatemala. Abarca parte de los estados de Oaxaca, Veracruz, Tabasco y casi la totalidad del estado de Chiapas.

Raisz en su división de Provincias Fisiográficas la subdivide en cinco subprovincias: la Planicie Costera, la Sierra de Chiapas, la Depresión Central, los Altos (Meseta de Chiapas) y las Sierras Plegadas.

Morfológicamente constituye una estrecha planicie costera con un gran número de lagunas litorales, al norte de la cual se levanta una sierra abrupta en la que sobresalen los picos del volcán Tacaná y del volcán Tajumulco en

la frontera misma con Guatemala que forma la Sierra de Chiapas; siguiendo en la misma dirección, encontramos una cuenca alargada formada por el río Grijalva que se ha denominado Depresión Central; más al norte el terreno vuelve a subir para formar una amplia meseta en donde son notables los profundos cañones como el cañón del Sumidero, labrados en rocas calcáreas; y finalmente hacia el límite norte de la Provincia se encuentra la zona de Sierras Plegadas llamada localmente Sierra Lacandona constituida por rocas deformadas y cortadas profundamente que forman un manejo de montañas interrumpidas por valles muy estrechos. (ref. 20)

En esta provincia se encuentran rocas paleozóicas constituidas por granitos intrusivos de la Sierra de Chiapas y calizas, dolomías, lutitas, areniscas, esquistos y filitas de las formaciones Santiago, Yodoñé, Santa Rosa, Grupe-ra, Vainilla y Paso Hondo, en la región de Chicomuselo cerca de la frontera con Guatemala; lutitas, areniscas, limolitas, calizas y dolomías del Mesozoico de las Formaciones Todos Santos, Chinameca, Cantela, San Ricardo, Sierra Madre, San Cristóbal, distribuidas sobre la Depresión Central y parte este de la Meseta de Chiapas y de las Sierras Plegadas; sedimentos terciarios constituidos por lutitas, limolitas, areniscas, margas, calizas y conglomerados de las Formaciones El Bosque, Soyaló, Jolho, Mompuyil, Simojovel, en la Meseta de Chiapas y parte de las Sierras Plegadas; y depósitos clásticos del Cuaternario, gravas, arenas, limos y arcillas en la Planicie Costera y en los valles de los ríos que corren por la Provincia. (ref. 20, 21, 4, Tuxtla Gtz.)

De acuerdo a la Carta Sísmica de la República Mexicana, esta provincia queda comprendida en la Zona Sísmica de México, con una alta frecuencia en sismos producidos en la región. (ref. 22, 5)

La dirección principal de las deformaciones y fracturamientos sigue el mismo patrón NW-SE que presentan las Sierras Plegadas al norte de la Provincia y las intrusiones graníticas de la Sierra de Chiapas al sur de la Provincia. Paralela más o menos a esa dirección se encuentran los grandes accidentes estructurales que controlan el comportamiento de la provincia. (ref. 19)

"Levantamientos geológicos, gravimétricos y sismológicos realizados por PEMEX, han permitido identificar tres grandes fallas del basamento en esta área: una al borde de la Sierra Madre del Sur y paralela a la Depresión Central de Chiapas; otra en el borde Este de la Depresión Central de Chiapas en la línea que une las poblaciones de Chiapa de Corzo, Acoba y V. Carranza; y una transversal en la línea aproximada con las poblaciones de San Cristóbal, V. Carranza y Chicomuselo. La edad de estas grandes rupturas es precretácica y se piensa que deben estar asociadas con el movimiento inicial de las placas, o sea el Rift del Atlántico." (ref. 20)

Subprovincia de la Planicie Costera.- Es una estrecha faja que corre paralela a la costa en dirección NW-SE, más ancha al noroeste y limitada por gran cantidad de lagunas litorales y esteros. Limitada la N y NE por la Sierra de Chiapas al W por la Subprovincia de la Meseta de Oaxaca al sur por el Golfo de Tehuantepec y al SE por Guatemala. Destacan en su litoral la Laguna Superior e Inferior y el Mar Muerto, tres grandes lagunas litorales.

Los depósitos que la constituyen son principalmente Cuaternarios de tipo litoral, aluvial y eólico, formados por arenas, gravas, limos y arcillas. Hacia el noroeste existen algunos manchones de rocas volcánicas de tipo andesítico y basáltico de edad Cenozóica. (ref. 3)

Subprovincia de la Sierra de Chiapas.- Se localiza al NNE de la Planicie Costera es una gran estructura que se levanta abruptamente de las tierras bajas, presentando un alineamiento de NW-SE. Los ríos que la cortan siguen una orientación aproximadamente perpendicular a esta dirección, descendiendo hacia el Océano Pacífico, o hacia la Depresión Central (Cuenca del Grijalva). (ref. 20, 21)

Son importantes en esta sierra los volcanes Tacaná y Tajumulco en la frontera con Guatemala, el primero de los cuales alcanza una altura de 4000 m. sobre el nivel del mar. (ref. 20)

La subprovincia está constituida por un gran batolito granítico paleozóico

que aflora para formar la sierra, algunas rocas volcánicas de tipo basáltico se pueden encontrar al sureste de esta región. (ref. 3)

La dirección estructural principal de la subprovincia está dada por la dirección de la intrusión que la constituye (NW-SE). (ref. 19)

Subprovincia de la Depresión Central.- Es una faja de terreno prácticamente plana que se extiende desde la frontera con la República de Guatemala hacia el NW y termina cerca de los límites con el estado de Oaxaca. Esta depresión corresponde a un sinclinatorio donde afloran principalmente rocas cenozoicas (conglomerados, lutitas, areniscas, limolitas) de las Formaciones Soyaló y el Bosque, que debido a su poca resistencia a la erosión han permitido que con el tiempo el río Grijalva haya ido modelando un amplio valle, -- plano en su mayor parte. (ref. 20)

La altura de esta Depresión Central varía desde 500 msnm en Guatemala, descendiendo gradualmente hasta alcanzar 400 msnm en la ciudad de Chiapa de Corzo localizada en el límite oriental del valle con las elevaciones frontales de la Sierra de Chiapas. A partir de esta población el terreno sube paulatinamente hasta unos 20 km. al NW de Tuxtla Gutiérrez donde alcanzan alturas máximas de 950 msnm. (ref. 20, 21). La dirección estructural principal en esta región corresponde con la que se manifiesta en toda la Provincia, es decir, NW-SE representada por algunas fallas y fracturas importantes y el eje del sinclinatorio que constituye la subprovincia misma. (ref. 19 20)

Subprovincia de los Altos (meseta de Chiapas).- Formada por una amplia meseta limitada al norte por las Sierras Plegadas y al sur por la Depresión Central. Los ríos han labrado profundos cañones como el del Sumidero al NE de Tuxtla Gutiérrez. Está constituida por rocas sedimentarias cretácicas, calizas, lutitas, limolitas y areniscas (Formaciones Todos Santos, Chinameca, -- Sierra Madre Inferior, Cantela, etc.); lutitas, limolitas y areniscas del Terciario (Formaciones el Bosque, Soyaló, Simojovel, etc.); rocas volcánicas del Cenozoico (lavas y tobas andesíticas y basálticas) y terrazas del -

Cuaternario constituídas por conglomerados, tobas y arenas. (ref. 19 , 3 y 20)

La dirección de fracturas y fallas está dada por los alineamientos de las estructuras en general NW-SE como en toda la Provincia. (ref. 19)

Subprovincia de Sierras Plegadas.- Ubicada al norte de la Provincia hacia el límite de ésta con la Planicie Costera del Golfo y la Provincia de Yucatán. Consiste de un apretado manajo de sierras fuertemente deformadas, tanto como la Sierra Madre Oriental, cuyos pliegues se van suavizando hacia el NE. Desciende bruscamente hacia la Planicie Costera en el estado de Tabasco. Los ríos principales siguen la dirección de las sierras (NW-SE), y los valles que estos forman son en su mayoría estrechos y alargados. (ref. 10) Su porción oriental está constituída por rocas mesozóicas (calizas, lutitas, limolitas y areniscas) de las formaciones Chinameca, San Ricardo y Sierra Madre Inferior y su parte occidental principalmente por rocas terciarias (lutitas, areniscas y conglomerados) de las formaciones Soyaló, el Bosque, Mompuyil, Ixtapa, Simojovel y otras. (ref. 3 y 20). El alineamiento de las grandes estructuras que la forman marca la dirección estructural más importante que corre con rumbo NW-SE. (ref. 19)

3.3.11 YUCATAN

Se ubica en la península de Yucatán que comprende los estados de Yucatán, Quintana Roo y parte de Campeche. Está dividida en tres subprovincias: la de Llanuras con Dolinas al norte de la península, la Plataforma de Yucatán al SSW de la misma y la Costa Baja hacia el SE de la Provincia. Es una unidad geológica constituída por sedimentos calcáreos marinos del Cenozóico -- que van del Paleoceno al Reciente y que descansan sobre formaciones plegadas pertenecientes al Cretácico. Constituye una extensa planicie que forma parte de la provincia geográfica de la Llanura del Golfo y del Caribe, con características morfológicas y estructurales bastante uniformes. Los sedimentos calcáreos han dado lugar a una gran plataforma con elevaciones sobre el nivel del mar generalmente bajas, siendo la máxima la correspondiente a la

Sierra Yucateca, con una altitud de 126 m. Dicha plataforma se extiende - bajo las aguas del Golfo de México con una pendiente muy reducida, para formar el Banco de Campeche. (ref. 23)

"Los rasgos fisiográficos más notables que se pueden observar en esta región son del tipo cárstico y corresponden a un estado de erosión intermedio dentro del ciclo geomorfológico. En las calizas existen cavidades y conductos de disolución que varían desde pequeños poros hasta amplias cavernas. El colapso de los techos de las cavernas ha dado lugar a numerosas depresiones redondeadas (dolinas) grandes y pequeñas. A las formas cársticas que resultan del colapso de la frágil corteza de roca caliza, dejando al descubierto el manto de agua subterránea se les denomina localmente "cenotes" (ref.23)

"La superficie de la roca está formada con pocas excepciones, por una capa muy compacta cuyo espesor varía de 0 a 4 metros, alcanzando en ocasiones espesores mayores." (ref. 23)

En gran número de cortes de caminos, bancos de materiales y otras excavaciones se observa un material friable y blanquecino, llamado "sahcab" que es una roca calcárea no consolidada; también se le da este nombre a algunas calizas y coquinas cretosas de consistencia análoga a la mencionada; el espesor promedio de este material es de 2 a 4 metros; se encuentra generalmente subyaciendo a la capa superficial de caliza compacta y descansando sobre calizas suaves; en algunos sitios aparece interestratificado con delgadas capas de caliza; en otras partes aparece superficialmente, como ocurre en una vasta región al sureste de la Península. En algunas zonas de Campeche, aparece una arcilla plástica y parcialmente seca, denominada localmente "acalche", la cual se encuentra generalmente sobre formaciones de materiales calcáreos. (ref. 23)

A lo largo de la costa norte de la península, desde el extremo occidental hasta cabo Catoche, es notable la existencia de un cordón litoral angosto, separado de tierra firme por ciénegas, marismas y lagunas pantanosas de aguas salobres que forman una angosta franja de tierra. Una configuración

semejante se observa en algunas partes de la costa oriental como en las porciones situadas entre cabo Catoche y Cancún o entre Tulum y Chetumal. "Las islas frente a esta parte de la península (Isla Mujeres, Cozumel, Contoy, - Barra del Chinchorro), se formaron por arrecifes que deben haberse desarrollado durante la última época glacial cuando el mar tenía un nivel 80 m. inferior al actual." (ref. 23 y 9)

La isla de Cancún corresponde a una segunda barra costera de más reciente - formación a partir de depósitos postarrecifales, estratificados y derivados de los arrecifes que integran esta porción del continente, así como por depósitos de limos y arenas superficiales de espesor raquíptico, que cubren a los depósitos marinos. (ref. 9 , Cancún)

"Los cordones litorales mencionados están constituídos por una sobreestructura de antiguas dunas de arena cementadas, contra los que se acumula actualmente arena. Bajo estas formaciones arenosas se presenta un horizonte de roca caliza correspondiente a la prolongación de la plataforma hacia el fondo marino. Esta condición se observa a lo largo de toda la costa de la Península." (ref. 23)

"Los rasgos morfológicos de la Península de Yucatán en general parecen estar íntimamente relacionados con la orientación NNE-SSW, de la costa oriental, la cual se supone formada por una falla, que a diferencia de las costas norte y oeste, desciende bruscamente a una profundidad de varios centenares de metros. La Laguna de Bacalar, los bloques escalonados entre Soh Laguna y el norte de Belice así como la costa occidental de la Bahía de Cozumel, tienen la misma orientación del afallamiento en este sentido NNE-SSW. Por otro lado las ondulaciones de la Sierra de Yucatán y de la región de Bolonchén se muestran perpendiculares a esta orientación dando así la apariencia de ser plegamientos debidos a un movimiento tectónico en el sentido - - NNE-SSW." (ref. 23)

"Se ha supuesto que los rasgos que se presentan con dirección NNE-SSW son - anteriores a los correspondientes con dirección ENE-WSW dado que éstas últi

mas estan bien marcadas en la topografía de la provincia." (ref. 24)

"Se pueden distinguir otros dos grupos de estructuras en la Península que coinciden con las orientaciones predominantes de los conductos de disolución. Uno con orientación casi N-S y otro con rumbo aproximado N 70° E, a los que pertenece la línea de contacto entre las formaciones del Eoceno y las más recientes, las actuales costas del oeste y norte, la isobata de 10 brazas. y la gran plataforma submarina conocida como Sonda o Banco de Campeche." (ref. 23)

En la Península de Yucatán no existen corrientes superficiales, debido a que la alta permeabilidad de las calizas provoca una rápida filtración del agua hacia el nivel freático. La erosión producida por el agua forma conos de disolución en la superficie, conductos y cavernas subterráneas a través de las cuales el agua fluye con un gradiente prácticamente paralelo al relieve casi horizontal del terreno. El sentido del flujo es radial, del centro de la península hacia las costas; la existencia de manantiales de agua dulce cerca de la costa y aún en el mar corroboran esta afirmación." (ref. 23)

En el aspecto sísmico, la Península queda comprendida dentro de la zona asísmica de la República Mexicana (ref. 5)

Las rocas que constituyen la Provincia son todas de tipo calcáreo, diferenciadas entre sí por características locales y por sus edades.

Se encuentran algunas evaporitas del Cretácico; calizas estratificadas y masivas y algunos yesos del Eoceno-Paleoceno de las Formaciones Chichén-Itzá, distribuidas en casi toda la subprovincia de la plataforma de Yucatán, y parte SE de la ciudad de Mérida en las Llanuras con Dolinas; calizas, calizas arenosas, coquinas, dolomías y algunos yesos en las formaciones Carrillo Puerto, Estero Franco y Bacalar, que afloran en toda la parte oriente de la península hasta la frontera con Belice y al Norte excepto en la estrecha franja constituida por los sedimentos cuaternarios, coquinas y calizas denominadas "Sahcab".

3.4 REFERENCIAS

- 1 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, "El noroeste. Tema I. Geología", VII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Guadalajara 1974, - Tomo I
- 2 Mina U., F., "Bosquejo geológico de la parte sur de la península de Baja California", Excursión A-7, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956
- 3 López Ramos, E. y Hernández S.M., S., "Carta geológica de la República Mexicana", 4a edición, Instituto de Geología, UNAM, México, 1976, escala 1:2 000 000
- 4 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos "Información general acerca del subsuelo de 17 ciudades de México", VIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Guanajuato, 1976, Tomo II,

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Coatzacoalcos-Minatitlán, Ver. | Montañez, Luis |
| Colima, Col. | Silva, C., Esquivel, R. |
| Córdoba, Ver. | Esquivel, Raúl |
| Chilpancingo, Gro. | León T., José L. |
| Jalapa, Ver. | Esquivel., Raúl |
| Manzanillo, Col. | Montañez, L. et al |
| Mexicali, BCN | Santoyo, E., Montañez, L. |
| Oaxaca, Oax. | León T., J.L. |
| Orizaba, Ver. | Esquivel, R. |
| Puebla, Pue. | Auvinet, Gabriel |
| Tijuana, BCN | Santoyo E., Montañez, L. |
| Tuxtla Gutiérrez, Chis. | Espinosa, L. |
| Veracruz, Ver. | Esquivel, R. |
| Villahermosa, Tab. | Espinosa, L. |
- 5 Figueroa, J., "Carta sísmica de la República Mexicana", Anales del Instituto de Geofísica, UNAM, México, 1959, Vol 5, pp 45-162
- 6 Hawley, J.W., "Notes on the geomorphology and late cenozoic geology of northwestern Chihuahua". Guidebook Twentieth Field Conference, The Border Region Chihuahua and the United States, New Mexico Geological Society, 1969
- 7 De Cserna, Z., "The alpine basin and range province of north central - Chihuahua", Guidebook Twentieth Field Conference, The Border Region Chihuahua and the United States, New Mexico Geological Society, 1969

- 8 Humphrey, W E. y Díaz, T., "Estudio de la estratigrafía de mesozoico - y tectónica de la sierra madre oriental entre Monterrey, N.L. y Torreón, Coah", Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, México, 1958, Vol X, Números 1 y 2
- 9 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, "Cimentaciones en áreas urbanas de México", VIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Guanajuato, 1976, Tomo I
- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| Aguascalientes, Ags. | Orozco, Juan M. et al |
| Cancún, Q.R. | Botas, Guillermo |
| Ciudad Victoria, Tamps. | Orozco, Juan M. et al |
| Colima, Col. | Orozco, Juan M. et al |
| Durango, Dgo. | Orozco, Juan M. et al |
| Guanajuato, Gto. | Náder D, Fidel et al |
| Irapuato, Gto. | Náder D, Fidel et al |
| Las Truchas, Mich. | Santoyo V, Enrique et al |
| Matamoros, Tamps. | Martínez M., Jaime A. |
| Mazatlán, Sin. | Ellstein, Abraham |
| Nuevo Laredo, Tamps. | Rocha A., Gustavo |
| Reynosa, Tamps. | Terán, José L. et al |
| San Luis Potosí, SLP | Rodríguez, J.M., Aranda, J. |
| Toluca, Méx. | Martínez P., Ernesto |
| Torreón-Gómez Palacio | Schmitter, J.J. |
| Zacatecas, Zac. | Orozco, J.M. |
- 10 Raisz, E., "Landforms of Mexico", Map Prepared for the Geography Branch of the office of Naval Research, Second corrected edition, Cambridge, Mass, 1964, escala 1:3000 000
- 11 Figueroa A., J, "La falla Zacamboxo" Anales del Instituto de Geofísica, UNAM, México, 1964, Vol X, pp 9-16
- 12 Schlaepfer, C.J., "Hoja México 140-h(5) con resumen de la geología de la hoja México, Distrito Federal y Estado de México y Morelos", Instituto de Geología, UNAM, México, 1968, escala: 1: 100 000
- 13 Ríos Macbeth, F., "Bosquejo geológico de la cuenca de Veracruz y parte de la cuenca salina del Istmo de Tehuantepec", Excursión C-7, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956
- 14 Fries Jr., C., "Bosquejo geológico de la región entre México, D.F. y Taxco, Gro", Excursión A-4 y C2. XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956
- 15 Flamand, C. L., et al, "Información sobre el subsuelo y la práctica de la ingeniería de cimentaciones en la ciudad de Acapulco, Gro", VI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, 1972, Tomo I

- 16 López Rubio, J.M., "Geología a lo largo de la carretera Cristóbal Colón, entre México, D.F. y Oaxaca, Oax", Excursión A-6, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956
- 17 López Rubio, J.M., "Generalidades sobre la geología del oriente de México", Excursión C-7, XX Congreso Geológico Internacional, México, - 1956
- 18 Fries Jr., C., "Bosquejo geológico de la región entre México, D.F. y - Acapulco, Gro", Excursión A-9 y C-12, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956
- 19 De Cserna, Z, "Tectonic map of México", Published by The Geological Society of America, 1961, escala 1:250 000
- 20 Residencia de Estudios Geológicos de Alto Grijalva, "Informe geológico del P.H. Chicoasén", Informes internos para CFE, México, 1974, 1975, - 1976
- 21 Residencia de Geología de Construcción del P.H. Chicoasén, "Monografía geotécnica del PH Chicoasén, Chis." Series Técnicas de CFE, México, - Junio 1978, No. 1
- 22 Esteva M., L., "Regionalización sísmica de México para fines de ingeniería", Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F., 1970, Publicación - 246
- 23 Springall, G. y Espinosa, L., "El subsuelo de la península de Yucatán", VI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, 1972, Tomo I
- 24 Bonet, F. y Butterlin, J. "Reconocimiento geológico de la península de Yucatán", Instituto de Geología, UNAM, México, 1959

3.5 BIBLIOGRAFIA

Benavides O., E R., et al, "El subsuelo de la ciudad de Tampico, Tamps", VI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, 1972, Tomo I

Blásquez L., L, "Bosquejo fisiográfico y vulcanológico del occidente de México", Excursión A-15, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956

Calderón G, A., "Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, Puebla", Excursión A-11, XX Congreso Geológico Internacional, México, - 1956

Calderón G, A., "Estratigrafía de la carretera panamericana entre Petalcingo, Pue. y Puebla, Pue", Excursión A-11, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956

Carrillo B, J., "Geología del anticlinorio Huizachal Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamps", Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, México, 1961, Sobretiro del volumen XIII, Números 1 y 2, pp 1-98

Clemons, R.E. y Mc Leroy, D F., "Hoja Torreón 13R-1(1) con resumen de la geología de la hoja Torreón, estado de Coahuila y Durango", Instituto de Geología, UNAM, México, 1966, esc. 1:100 000

Consejo de Recursos Minerales, "Lista de publicaciones actualizada", - México, marzo 1978

Consejo de Recursos Minerales, "Catálogo de informes geológico mineros existentes en el archivo técnico del Consejo de Recursos Minerales", - México, 1975, Partes 1 y 2

Contreras V., H., "Reseña de la geología del sureste de México", Excursión C-7, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956

Córdova, A., "Mesozoic stratigraphy of northeastern Chihuahua, México," Guidebook Twentieth Field Conference, The Border Region Chihuahua and the United States, New Mexico Geological Society, 1969

De Ford, R K., "Some keys to the geology of northern Chihuahua", Guidebook Twentieth Field Conference, The Border Region Chihuahua and the United States, New Mexico Geological Society, 1969

Enciso de la Vega, S., "Estudio mineralógico y petrográfico de algunos domos salinos del Istmo de Tehuantepec", Instituto de Geología, UNAM, México, 1963, Boletín No. 65

Enciso de la Vega, S, "Hoja Cuencamé 13R-1(7) con resumen de la hoja - Cuencamé estado de Durango", Instituto de Geología, UNAM; México, 1968, escala 1:100 000

Enciso de la Vega, S, "Hoja Nazas 13R-k(6)-con resumen de la hoja Nazas, estado de Durango", Instituto de Geología UNAM, México, 1968, escala 1:100 000

Erben, H.K., "Estratigrafía a lo largo de la carretera entre México, - D.F. y Tlaxiaco, Oax., con particular referencia a los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca", Excursión A-12, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956

Fries Jr., C., "Hoja Cuernavaca 14Q-h(8) con resumen de la geología de la hoja Cuernavaca, estado de Morelos", Instituto de Geología, UNAM, - México, 1966, escala 1:100 000

Fries Jr., C., "Hoja Pachuca 14Q-e(11) con resumen de la hoja Pachuca, estados de Hidalgo y México", Instituto de Geología, UNAM, México, - 1962, escala 1: 100 000

Gastil, G., "Mapa geológico del estado de Baja California", Partes A, B y C, Instituto de Geología, UNAM, México, 1971, escala 1: 250 000

Gutiérrez G., R., "Bosquejo geológico del estado de Chiapas", Excursión C-25, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956

Guzmán, E.J., "Bosquejo geológico de las regiones noroeste, este y de la Meseta Central de México", Excursión A-14, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956

Instituto de Geología de la UNAM, "Lista de publicaciones 1976-1977", Ciudad Universitaria, México, 1977

Instituto de Geología de la UNAM, "Publicaciones editadas, en prensa y en preparación de 1977 a marzo de 1978", Ciudad Universitaria, México, 1978

López R., E., "Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Tampico Misantla con referencia a las formaciones terciarias", Excursión C-16, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956

López R., E., "Bosquejo geológico del estado de Nuevo León", Boletín - de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, México, 1972, Volú - men XXIV. No 4-6

López Ramos, E., "Geología de México", 4 edición, Instituto de Geología, UNAM, México, 1974

López R., E., "Mapas geológicos estatales de la República Mexicana", - Instituto de Geología, UNAM, México, Febrero 1978, escalas 1:100 000 , 1:250 000, 1:500 000

Mier S., J. A., et al, "El subsuelo de la ciudad de Morelia", VI Reu - nión Nacional de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, 1972, Tomo I

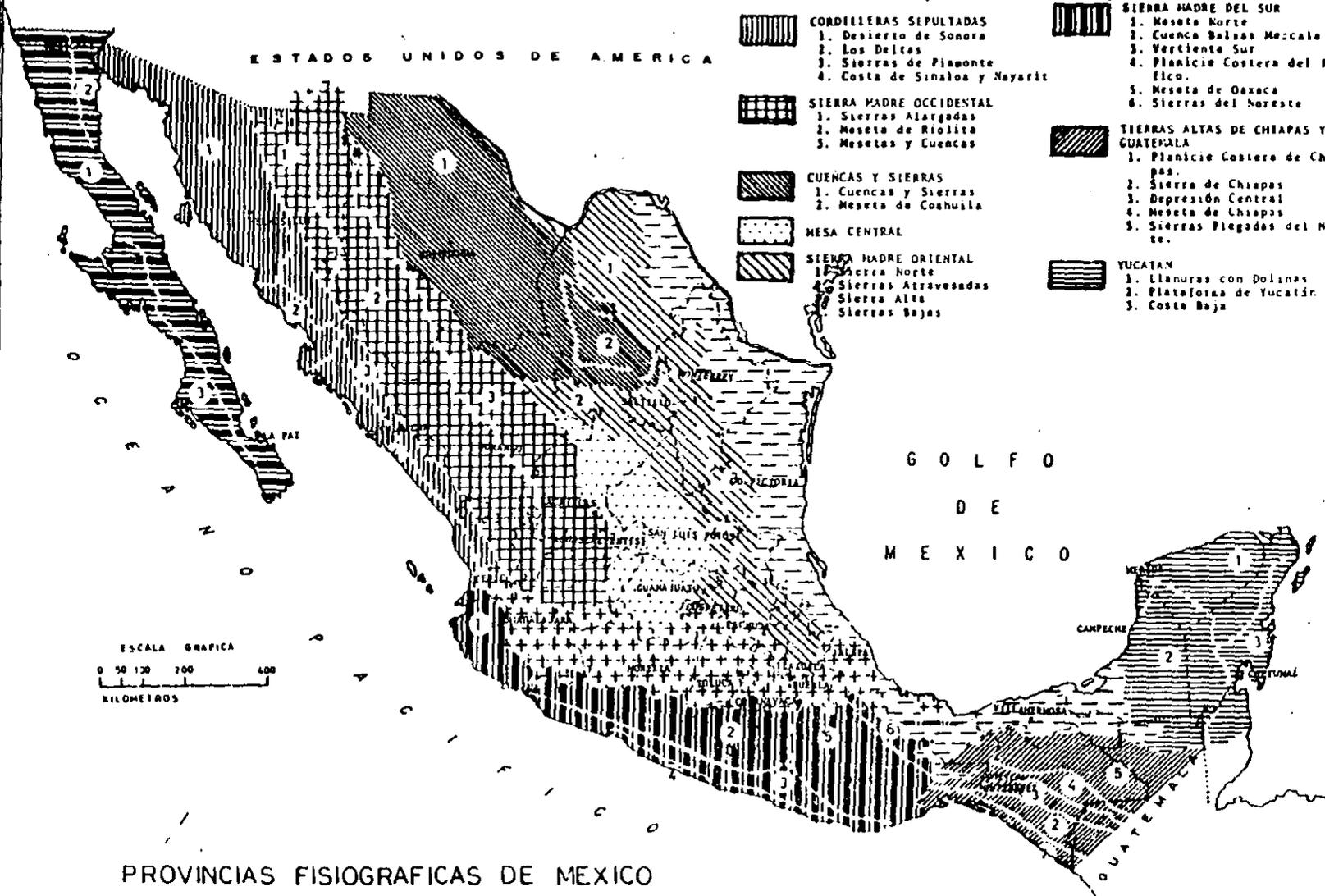
Ordóñez, G. y Ulloa, S., "Notas sobre la geología del estado de Sonora y la Península de Baja California", Excursión A-1 y C-4, XX Congreso - Geológico Internacional, México, 1956

- Pantoja A., J., "Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, estado de Michoacán", Boletín del Consejo de Recursos Naturales no Renovables, México, 1959, No 50
- Puig, J.B., "Comisión de Estudios del Territorio Nacional", Secretaría de la Presidencia, CETENAL, México, 1976
- Puig, J.B., "La cartografía y la información Cetenal. Descripción para Escuelas de Nivel Medio", CETENAL, México, abril 1976
- Reséndiz N., D., et al, "Información reciente sobre las características del Subsuelo y la práctica de la ingeniería de cimentaciones en la Ciudad de México", V Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, 1970, Tomo I
- Robeck, R.C., Pesquera, V.R. y Ulloa, S., "Geología y depósitos de carbón de la región de Sabinas, estado de Coahuila", Excursión C-3, XX Congreso Geológico Internacional, México 1956
- Segerstrom, K, "Geología general y rocas volcánicas del área entre México, D.F. y Huauchinango, Pue", Excursión A-10 y C-13, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956
- Tavera A., E., "Bosquejo geológico de las masas central y norte de México", Excursión C-3, XX Congreso Geológico Internacional, México, - - 1956
- Vieitez, L., et al, "El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en la región de Minatitlán-Coatzacoalcos y Pajaritos, Ver", V Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, 1970, Tomo I
- West Texas Geological Society, "Geology of Mina Plomosas Placer de Guadalupe área, Chihuahua, México", Field Trip Guidebook, 1964
- Wilson, I.F., "Geología del distrito cuprífero del Boleo, Baja California", Excursión A-1 y C-4, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956
- Wilson, J.L., "Isla Cancún", Lessons in Marine Geology, Rice University, Houston, Texas, 1970

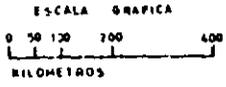
ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

- BAJA CALIFORNIA**
 1. Baja California
 2. Delta del Rio Colorado
 3. Tierras Bajas
- CORDILLERAS SEPULTADAS**
 1. Desierto de Sonora
 2. Los Deltas
 3. Sierras de Piamonte
 4. Costa de Sinaloa y Nayarit
- SIERRA MADRE OCCIDENTAL**
 1. Sierras Alargadas
 2. Meseta de Riolita
 3. Mesetas y Cuencas
- CUENCAS Y SIERRAS**
 1. Cuencas y Sierras
 2. Meseta de Coahuila
- MESA CENTRAL**
- SIERRA MADRE ORIENTAL**
 1. Sierra Norte
 2. Sierra Alta
 3. Sierras Bajas

- PLANICIE COSTERA DEL GOLFO**
- EJE NEOVOLCANICO**
- SIERRA MADRE DEL SUR**
 1. Meseta Norte
 2. Cuenca Balsas Mezcala
 3. Vertiente Sur
 4. Planicie Costera del Pacifico.
 5. Meseta de Oaxaca
 6. Sierras del noreste
- TIERRAS ALTAS DE CHIAPAS Y GUATEMALA**
 1. Planicie Costera de Chiapas.
 2. Sierra de Chiapas
 3. Depresión Central
 4. Meseta de Chiapas
 5. Sierras Plegadas del Noroeste.
- YUCATAN**
 1. Llanuras con Dolinas
 2. Plataformas de Yucatán
 3. Costa Baja



GOLFO DE MEXICO



PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE MEXICO

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS Y PRINCIPALES FORMACIONES GEOLOGICAS DE MEXICO (1a Parte)

| | C | C | O | O | I | O | |
|--|--|---|---|---|--|--|--|
| | RECIENTE Y PLEISTOCENO | PLIOCENO | MIOCENO | OLIGOCENO | EOCENO | PALEOCENO | |
| BAJA CALIFORNIA | Terrazas marinas, arenas, arenas y limos. Depósitos de aluvión, pedregales y gravas. Fm. Tres Virreyes (e) y Sta. Rosalía (9,6c) | Formaciones: Alamea (8,14); Salado (9,14,10); Interior (8,9); Gloria (6,9) y Bolero (7,6f,9,22,30) | Formaciones: Tortugas (9,13); San Ignacio (9,13); San Raymundo (13); San Joaquín (17); La Jorra (5a,3a); Santa Clara (h,g); Escarfas (13) Monterey (1,2,14,15); San Gregorio (15); Comoda (f,9f,27e,30e) | | | Fms. Bateque (9,15,18,20,21); Tepetate y Seoultura (9,14,6) | |
| CONDILLERAS SEPARADAS | Depósitos aluviales, de litoral, edáficos residuales (Tucuruguay) y depósitos de talud Fms. Trincheras, Nogales y Baucarit (9,5,6,f) Lavas y conos cineríticos (Am Sonora) | | Gran cantidad de rocas volcánicas (30e,31e,30f,31f,30g,31g) sobre la altiplanicie y vertiente del océano pacífico. | Granitos, granodioritas y | Pórfidos (27,30,31) | | |
| SIERRA MADRE OCCIDENTAL | Depósitos aluviales, de litoral y suelos residuales Fms. Trincheras, Nogales y Baucarit (9,5,6,f) Basaltos en Chihuahua y Durango | | Fms. Henrietta, Elena y La Mesa | Conglomerados rojos (Ogo) Granitos, granodioritas y | Conglomerado Mazatl; Serie Ahuichila (6,9,14,15) (Ogo, Tac); F. Nabosiguero (CHIN) Pórfidos (27,30,31) | | |
| SIERRAS Y CUENCAS | Depósitos edáficos, aluvio-lacustres, evaporíticos y suelos residuales Fms. Trincheras, Nogales y Baucarit (9,5,6,f) | | | Granitos, Granodioritas y | Serie Clásticas Placer de Guadalupe (6,9,14,15) Chih Pórfidos (27,30,31) | | |
| SIERRA CENTRAL | Depósitos aluvio-lacustres, edáficos y suelos residuales Fms. Losera y La Bufa (9,15); Chichinautzin (27e) Rocas basálticas diseminadas | | Fms. Pingüica (27e); F Calderones (30f,30g,30e); F | Granitos granodioritas y | Conglomerado Mazatl; Serie Ahuichila (6,9,14,15); Conglomerado Ixcatecas (Ogo, Tac); Conglomerado Guadalupe Pórfidos (27,30,31) | | |
| SIERRA MADRE ORIENTAL | Depósitos de planicie, aluviales y suelos residuales | Grupo Pachuca: Fms. Santiago (27,18,30); Cortez (30e); Pachuca (28e,30e); Real del Monte (28g,30g); Santa Gertrudis (38e,30e); Vizcatina (29h,30h); Cerro (27,20); Tezuatlá (27,20); Zumaté (28,30); Ioba Don Guinyó (27f,20g) (Centro y Este de Hidalgo) | | | F Ahuichila (6,9,14,18); Grupo El Morro (6,14, f,22) | | |
| PLANICIE COSTERA DEL GOLFO | Conglomerado Reynosa: Fms. Beaumont (2,3,5); Lissie (2,3,5) (NE); Tierra Colorada (3,5) (Tab) | F Colled (2,3,5) y Caliche Reynosa (NE) Conglomerado Acuña (Ver) F. Los Tules (1,3,5,f) (Tab) | Fms. Lagarto y Oakville (2,3,5,9) (NE) F. Tucson (9,18) (Llanos Altos, Central) (2,3,5); Aguaquezote (2,3); Paraje Solo (9,15); Filisola (20,15,9); Concepción Superior (3,15); Concepción Inferior (15); Encanto (15); Depósito (15); Belén Superior e Inferior (1,2,5,15); Zarzagal (15,9); Encanajón Superior (20,15); Arate Superior (3,15) Arate Inferior (15) (Ver, Tab, CHIS.) | Fms. Catshoule (15,3,f); Anahuac (15,3); Frío Marino (19); Continental (15,21); Vicksburg (3,5,1); Conglomerado Norma (NE); Fms. Escobedo (5,15,9,6); Coahuila (15,9,6); Pecos (15,1,9,18,20); Alamo Superior e Inferior (15,9,18,20); Palmar Real Superior e Inferior (15,9); Morcónes (15,9); Cañiza Macuspana; Lullitas Encarnación y Misolá y Conglomerado Limón (Ver, CHIS. y Tab) | Fms. Jackson (3,9,15,1); Vicksburg (3,5,1); Tejuac (5,15,19); Casa Huasteca (19,25); Mount Selman (3,9,5,15); Carizal (3,9,15); Wilcox (15,9,22) (NE) Fms. Chapoota (5,20); Intoyuca (6,3,5,15) Guayabal (15,25); Aragón (15a,3a); Chicontepec Superior (9,15); Conglomerado Uzuapanega y Lullitas Michoacán (Llanos, Ver); Lullitas Candelería, Conglomerado Puente de Piedra, Lullitas Chimal y Calliza Chimal (Tab) | Fms. Midway (3,9,15,18); Yalisco (20,15); Calchicomula Inferior (15,20,9) y Conglomerado Uzuapanega. | |
| SIERRA MADRE OCCIDENTAL | Depósitos aluviales, Rocas basálticas en los Tules Fms. Alotzatlilco (6,3,5,31); Tarango (f,h,2); Cuernavaca (3,4,6,20); Chilpancingo (20,14,9,6,22); Conglomerados Zimapan y Cuic (NE), Moya; Fms. Amatlilán (3,6); Tehuacan (9,18) (Pue); Fms. Tacuaya (2,5,1); Mecoqui (f,18,15); Nahuahuana y Tototzingo (1,1) Caliche Barrilera S Chichinautzin (f,f,g,30,31); Basalto San Cristóbal y Andesita Jalpa | F Cuernavaca (3,4,6,20); F Tarango (f,h,2) F Las Espinas (f,h,30,31) (Hgo); 5 Volcánicas Sochitlán (f,h,30,32); Chichinautzin (28); Istacmazatl (30); Ajusco (30) (MEX); Tlilzaposta (27); Buenavista (30,28,27) Tezopala (30,28,27); Tezotlán (30); Cuayuca (6,4,18,21,20,22) (Mor); 5 Characharándero (27,29,30,31,g,e) en Michoacán. | | | Grupo El Morro (6,14, f,22); Grupo Balises (6,14, f,22) | Grupo Balises (6,14, f,22) en Michoacán y México | |
| SIERRA MADRE DEL SUR | Terrazas marinas, arenas y gravas continentales: Fms. Alotzatlilco (6,3,5); Tarango (f,h,2); Cuernavaca (3,4,6,20); Chilpancingo (20,14,9,6,22); Sabana Grande (20) | | Series volcánicas Agua de Obispo (30f,30e); Panayayo (28e,30e) (Gro) Fms. Nepepe y Granal en Oaxaca | F La Laja (15,3) y Conglomerado Manchital Granitos, Granodioritas y | Grupo Balises (6,14, f,22); Capas San Miguel (14,9); F. Tonhuitán (18,9); F. Huajuapam (14,9,1); F. Culcación y Tehuacán (18,6,14,22) (Gro) Pórfidos (27,30,31) | | |
| TIERRAS DE CUATREMILA Y CALIPAS | Depósitos de litoral, del litoral, de planicie, suelos orgánicos y residuales Formación Estapa | Serie Tenajapa y Serie Ixta | Serie Simojovel, Serie Mampuyil (18), Serie Jalna | Conglomerado continental El Bosque | F Soyatl (15,14,9,20) | | |
| TUCATZ | Sancab, Caliche y Suelos Residuales | F. Carrillo Puerto Superior (9,18) | F Carrillo Puerto Inferior (18,9); F Estero Franco (18,21); Lullitas Peltizada; F. Bucarit (18) | | F Chichen-Itzá (18); F Icalché (18) | F Icalché (18) | |
| EXPLICACION DE LAS TABLAS | SUELOS 1. Suelos residuales 2. Gravas 3. Arenas 4. Limos 5. Arcillas 5 ^a . Caliche ROCAS SEDIMENTARIAS Detríticas (clásticas) 6. Conglomerado 7. Brecha 8. Calcirudita 9. Arenisca 10. Ordocarcrita 11. Arcosa 12. Grauwaca 13. Calcarenita 14. Limolita 15. Lutita 16. Ludolita 17. Calcilita | Orgánicas y químicas (no clásticas) 18. Caliza 19. Conquina 20. Marga 21. Dolomita 22. Evaporitas (yeso, anhídrita) 23. Pedernal 24. Carbón 25. Glaucanita 26. Siderita a) Bentoníticas b) Estrofitadas c) Fosfiteras d) Bituminosas o con materia orgánica ROCAS IGNEAS Volcánicas (extrusivas) 27. Bólida 28. Dacita 29. Traquita 30. Andesita 31. Basalto | Plutónicas (intrusivas) 32. Granito 33. Granodiorita 34. Sienita 35. Diorita 36. Gabro 37. Peridotita e) Coladas de lava f) Tabas g) Brechas h) Aglomerados i) Cortezas volcánicas ROCAS METAMORFICAS folladas 38. Pizarra 39. Filita 40. Esquistos 41. Gneiss | No folladas 42. Márfalo 43. Cuarzita 44. Mármol NOTAS: 1. Los números entre paréntesis, o continuación de las formaciones corresponden a las unidades litológicas que constituyen la formación. 2. El Mesozoico no diferenciado (M) incluye: Rocas ígneas intrusivas e intrusivas, calizas conglomeradas, lutitas filíticas y otras rocas clásticas. 3. El Mesozoico metamórfico (M met) incluye: Rocas metasedimentarias y metavolcánicas. 4. Las fuentes de información para la elaboración de esta tabla aparecen en el texto de este Capítulo. | | | |

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS Y PRINCIPALES FORMACIONES GEOLOGICAS DE MEXICO (2a Parte)

| | MESOZOICO | | | | PALEOZOICO | | ARQUEOLITICO | |
|-------------------------------------|---|---|--|--|--|--|---|--|
| | CRETACICO SUPERIOR | CRETACICO INFERIOR Y MEDIO | JURASICO | TRIASICO | PALEOZOICO SUPERIOR | PALEOZOICO INFERIOR | | |
| BAJA CALIFORNIA | F. Valle Salitral (15,14,9, 6); F. Valle Chico (15,9,20) F. Rosario (9,6) | Fms. Eugenia (15,9,6); Alisitos (30c,30f,30g,10); y San Fernando (27a,27f,27g,9, 38,42) | F. San Miguel (15,23, 12,11,10); F. San Felipe (43,41,40,36) | F. Santa Catalina (41, 40) | Serie Sierra Pintada (18,16, 7,15,9) | | | |
| CORDILLERAS SEPARADAS | F. Tarahumara (29,30); Grupo Cabullona: tobas riolíticas capas rojas (9); lutita peluda y arenisca Comas. F. Snake River | F. Palmer (18,9,15,43); Pórrera (10,15,30c,30h); Grupo Bisbee: conglomerado - Glauco; F. Horita (18); F. Lowell (18); F. Cintura (15,9) | F. Bauranca (9,43,38, 35) | Calizas El Antimonio (18,15,14,9); fms. Arroyanos (18,15,14,6); Derrama inferior (10,15, 14) y Santa Clara (18, 15,14) en Sonora | Caliza cristalina superior Gop. Moco, Caliza hecatori, Caliza Puertocitos, Zona Chilvatera (18); Caliza Represas, F. Tierra (18) F. Verdado (18); F. Iones (18,9, 20) (Mu. Son); F. San José de Gracia (18,23,40,38,42) (51a); F. Escabrosa (18) - (50a) | Cuarcita Capote; Caliza Esperanza; Caliza cristalina inferior; fms. Puerto Blanco (18,9); Puyvecora (43, 9); Buelna (18,9); Cerro Prieto (10); Abrojos (9,15, 18); Tren (18,71); Caliza Martín; Murciélagos (18,21) Serie Marañón (18,23); Serie Covachi (18,23) | Grupo Altar (43, - 39,18,21); Esquistos Pinal y Granito al NW de Sonora Rocas metamórficas e ígneas al NW de Son. | |
| SIERRA PADRE OCCIDENTAL | | Fms. Palmer (18, 9, 15, 43); Pórrera (10,15,30c,30h); Grupo Bisbee: conglomerado - Glauco; F. Horita (18); F. Lowell (18); F. Cintura (15,9) | | | Complejo Sonobari (40,41,42); Sonora y Sinaloa | | | |
| SIERRAS Y CUENCAS | Arcilla del río; Caliza Buena; F. Chiapa Summit (15); F. Ojinate (15,9) (M. Chini); Cuesta del Cura (18,23); F. Indolera (16b,15d); F. Carral (18, f.9); F. Parras (15) F. Difunta (15,20,6,18,9) | Fms. Tarahumara (18,20,15); Las Vigas (9,15); La Peña (15, 20); Cuchillo (18,15,9); Aurora (10c); Cuesta del Cura Parte Baja (18,23); Las Uvas (18,15,23) | | Areniscas y lutitas al sur de Chihuahua; F. Muz (18,14,9,f.e.g) | | Calizas, dolomitas, areniscas y lutitas del área de Palomas, Chin. F. Villaloma (9,15); fms. Palomas - (18c,9,15) Panillas (18,23) Pastor (18); Morasillas - (18); Dolomitas (20,18,15, 6,8); Colina (18,15,9); - Corra y Concha (18,21) | F. Sústenas (10,20,21,9); Caliza Salís (18,21); F. Munitas (13,15) | |
| MESA CENTRAL | | | | F. Terey (12,39); F. Rodas (40,39); F. Coapas (40); F. Zacatecos (15, 40); F. Mutschal (15,9, 6); Rocas Verdes y Lutitas Caldeiras (Zac, Cln, SLP) | | | | |
| SIERRA PADRE ORIENTAL | Fms. Cuesta del Cura (18,23) Indolera (16b,15d); Carral (18, f.9); Parras (15); Difunta (15,20,6,18,9); Gop. Mashtita (18,23); Caliza Panclava; F. Eagle ford (18,15,14); - Cresta Austria; Arcilla Usona F. San Miguel (15); Olcos (9,14,15); Escamoteo (15,18) (Cosh M.) fms. Estrella (18, 20,15); Agua Nueva (18b,15d) San Felipe (14); Pórrera - (15,20); Córdama (18,15); Carral (18, f.9) (M. Taras); Fms. Serrata (18,15); Parca Ja (9,14,15); Méndez (15,20) (Mgo Ore) | Fms. Las Vigas (9,15); Tarahumara (18,20,15); Cuchillo (18,15,9); La Peña (15,20); Aurora (10c); Cuesta del Cura (18,23) (Zac M. Cosh); Las Uvas (18,15,23); Acastita (27); Aurora (10c.); Menchaca (18); Tarahumara (18,20, 25); Barril Viejo (15); Patula (11); Padilla (18); La Palo (15,17); La Virgen (22) Cuclon (19); La Peña (15, - 20); Acastita (22); Planicie (15); Caliza Monclava y - Cuesta del Cura (E de Cosh) Fms. Planicie (10,15); Ahuecatlán (18,20); Santuario y Otates (18,15,20); El Ocotar (18,15,13) (SLP Oro Mgo) | F. Chahuas (14,9,5)(Mgo Pue Ver) fms. La Gloria (15,14,9,18); Caliza Zuloaga; Tapa Minas Viejas y Olvidos; La Castilla (18,20,17,9,22); La Caba (9,15); Carbonera - (Cosh M. Oro Zac SLP) Fms. Huayacocotla (15,9) Totolapa y Divisadero (19); Terecic (11); Tapan (13,18,15); San Antonio (11,18); Pirilento (18,15); Las Francesas (18, 15); Tezesticta (15,9) (Mgo Pue Ver) | F. Mutschal (15,9,6) - (Cosh M. Tama Mgo Ver) F. Coas (16,14,9,f.a.g) | F. Vicente Guerrero (15,9); Del Monte (18,15,9); Guacamaya (9,15,18) (Tamps); F. Guacamaya (9,15,18); Serie Matizal (15) (Pue) | F. Marañón (8,41,43); Caliza Victoria; F. Cañón de Coballeros (18,15,9); F. La Verba (22,15,9,18) (Tamps) | Esquistos Granjeno; cuarcitas La Perra en la parte centro occidental de Tamaulipas. - Gneiss Muziripola al norte de Hidalgo | |
| PLANTEE COSTERA DEL OESTE | Gop. Mashtita (18,23); Eagle Ford (18,15,14); Cresta Austria; F. San Miguel (15); Olcos (9,15,14); F. Escamoteo (15,18) (M. Tama) fms. Estrella (15,20,15); Agua Nueva (18b,15d); San Felipe (14); Méndez (15,20); Córdama (18,15); Carral (18, f.9) (Ver) | Fms. Sillas; Pearshall; Giant Base (18,20); Walnut (15,10) Edwards (18,15); Kianichi (15); George Town (18) (Cosh M.); fms. Leavittas Inferior (13,18); El Abra (18,13,12) Tambo (18); Taniat (12, 3,18c) (Tapa Ver SLP) fms. Sierra Madre Inferior (12); Cantón (18,21); Chinameca Superior (18) (Ver Tab y - Chis) | F. La Juya (6,10,15,14, 9) (Tama); F. Mutillo; Olvido (22); La Castilla (18,20,17,9,22) (Tama) | | | | | |
| EJE MEXICANIZADO | Fms. Cuscuta (18b,15); Mezcala (9,15,14); Acuitlapán - (15,18); Malote (15,9,20, 18,6) (Mch Mgo); fms. Guaymas; Paltrata (12); Mecosta (38) Acáhuaga Peñuela (18); Atoyac (18,15); Méndez (15, 20) (Pue Ver) | Fms. Teuchitlan (18b); Murolos (18,21) (Pue Mgo Mch); Fms. Jopistlán (15,18b); San Juan Sava (15,9); Michuatopetla (15,20,23); Citalana (18) (Pue) Fms. Orizaba (14); Cenolucan y Tuzapanitlan (Ver) | F. Anjo (15,9,6) (Mch) | Rocas volcánicas verdas, lutitas filíticas y lutitas calcáreas en Mch y Mch. | | | | |
| SIERRA PADRE DEL SUR | Fms. Cuscuta (18b,15); Mezcala (9,15,14); Acuitlapán - (15,18) (Gral); Caliza Peñuela (18) y Marga Tilitan - (Pue Oro Oro) | Fms. Teuchitlan (18b); Murolos (18,21) (Gral); F. Virgen (15,9); Grupo Puebla (15,9) Caliza Citalana (Pue Oro) | Gop. Consuelo; F. Rosa - rio (9,15,16); El Cuzco; Zac; Gop. Tecoaoyuca; F. Tarahumara (9,14,18); Otatera (15,9,14,16); Taberna (15,9,17,14); Stedn (9); Tucumt - (15,20,18,19); Caliza con Clorita; F. Achutajilla (18,20,20); F. - Chinameca (18) F. Tecoaoyuca; F. Mopacho; F. Tonalepe (Gral Pue Oro) Caliza Chinameca; F. - Todos Santos (9,15,18) F. Mopaché (18) (Oro Ver) | F. Mutschal (15,9,6) - Serie Volcánica Toca Vieja (30c,30f,30g) - (Pue Oro) | | | | |
| TIERRAS ALTAS DE CHIAPAS Y QUINTERO | Fms. Ocozacoatlán (18,9,15); San Cristóbal (9,15); Sierra Madre Superior (18,21); Jolobucuil (18,20) (Ver Chis) | Fms. Sierra Madre Inferior (18); Coban Inferior; San - Ricardo (9,14,15,10); Cantejo (18,21); Caliza Chinameca Superior. | Caliza Chinameca parte inferior y F. Todos Santos (9,15,14) | F. Mutschal (15,9,6) - F. Todos Santos parte baja (9) | | | | |
| TUCUTAN | Esquistos de la Península | | | | | | | |

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO I. RECOMENDACIONES

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 4. OBTENCION DE DATOS GEOLOGICOS

CAPITULO 4. OBTENCION DE DATOS GEOLOGICOS

| | |
|--|----|
| 4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES | 1 |
| 4.1.1 RECOPIACION DE LA INFORMACION | 1 |
| 4.1.2 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR | 3 |
| 4.2 ESTUDIOS DE DETALLE | 3 |
| 4.2.1 METODOS INDIRECTOS | 3 |
| 4.2.1.1 Sensores remotos | 3 |
| 4.2.1.2 Métodos geofísicos | 4 |
| 4.2.2 METODOS DIRECTOS | 7 |
| 4.2.2.1 Levantamientos geológicos | 7 |
| 4.2.2.2 Sondeos en roca | 8 |
| 4.2.2.3 Socavones, trincheras y pozos a cielo abierto | 16 |

CAPITULO 4. OBTENCION DE DATOS GEOLOGICOS

La exploración de un sitio para una obra civil (cap B.1.1), consiste fundamentalmente en la recopilación de datos de geología y geotecnia, obtenidos de trabajos de campo y laboratorio; se desarrolla en cuatro etapas, iniciándose con el reconocimiento preliminar, al que le sigue una investigación de tallada, empleando métodos directos e indirectos, se continúa durante la etapa de construcción y aún durante la operación de la obra, como se descri be en la tabla I.1.

4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES

Los estudios preliminares para una obra deben realizarse siempre durante la etapa de anteproyecto mediante la recopilación y análisis de la información existente y el reconocimiento de campo.

4.1.1 RECOPIACION DE LA INFORMACION

Es necesario obtener la mayor cantidad de información, derivada de estudios desarrollados en el área o cercana a ella, recurriendo a las dependencias u

TABLA I.1 Desarrollo de las etapas de exploración para una obra civil

| ETAPA | ESTUDIO | | DESARROLLO | |
|---------------------------------------|---------------------------|---|--|--|
| Reconocimiento Preliminar | Topografía | Recopilación de la información disponible Fotogrametría | | |
| | Geotecnia | Recopilación bibliográfica y cartográfica Estudio de sensores remotos Fotogeología Otros Recorridos de campo | | |
| Exploración e Investigación detallada | Topografía | Fotogrametría Levantamientos topográficos | | |
| | Geotecnia | Levantamientos Geotécnicos | Litología, estratigrafía y estructuras Reconocimiento de discontinuidades { Fallas Fracturas y juntas Estratificación Discontinuidades Fenómenos de Geodinámica { Externa { Estabilidad de taludes Zonas de alteración y erosión Interna { Fallas activas Vulcanismo y sismicidad Tectónica | |
| | | Geofísica | Localización de roca sana Localización del nivel freático Estratigrafía Calidad de los materiales | |
| | | Perforaciones | Muestras de suelos alteradas e inalteradas Recuperación de núcleos de roca y muestreo integral Inspección de las paredes de los pozos (TV y Fotografía) | |
| | | Excavaciones | Muestras cúbicas de suelos y rocas Estratigrafía Características estructurales de los macizos Observación de fallas y fracturas | |
| | | Pruebas de campo | Resistencia y deformabilidad Permeabilidad Estado de esfuerzos tectónicos | |
| | | Pruebas de Laboratorio | Propiedades índice Propiedades mecánicas Mineralogía y petrografía | |
| | | Construcción | Geotecnia | Localización y ubicación de bancos y ensayos de materiales |
| | Instrumentación y Control | | | Piezometría Instrumentación de fallas y taludes Pruebas de inyección Influencia de la obra en los procesos geológicos |

organismos que dispongan de ella; ésta debe ser analizada y sintetizada para obtener datos generales relacionados con topografía, hidrología, estratigrafía y problemas geotécnicos característicos de la región.

4.1.2 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR

Debe hacerse por uno o varios especialistas en geotecnia, mediante vuelos, de preferencia en helicóptero, aprovechando la información previa del sitio.

Además es necesario llevar a cabo algunos recorridos de campo, realizando toma de muestras y observaciones de las características geológicas generales valiéndose de los cortes y afloramientos naturales existentes en la región. Del reconocimiento preliminar debe resultar un informe en el que se establezca cuáles deben ser y cuál la secuencia de los estudios de detalle.

4.2 ESTUDIOS DE DETALLE

Los estudios detallados para un proyecto, se deberán hacer principalmente durante la etapa de exploración; sin embargo su uso no queda restringido a esta parte de la investigación de un sitio, resultando útiles tanto en la etapa de anteproyecto como en las de construcción y operación de la obra. En términos generales, los procedimientos de estudio detallado de un sitio, se dividen en dos tipos: Métodos indirectos y directos. Estos métodos no se utilizan prioritariamente, aunque por lo regular los métodos directos son los primeramente utilizados y nunca uno sustituye a otro.

4.2.1 METODOS INDIRECTOS

Deben utilizarse en el reconocimiento preliminar de la zona, donde se requiere principalmente una orientación y/o datos aproximados relacionados con la estratigrafía, discontinuidades y condiciones geológicas generales.

4.2.1.1 Sensores remotos

La adecuada utilización de estas técnicas permitirá obtener un conocimien-

to general en superficies de gran extensión, en y alrededor de la zona de proyecto; por lo que conviene valerse de alguna o algunas de ellas durante la etapa de anteproyecto de la obra.

a) Fotogeología

La información geológica que se obtiene de la interpretación de fotografías aéreas verticales, oblicuas o terrestres, se llama fotogeología.

Esta técnica particular de la fotointerpretación, dadas sus características que permiten una inspección geológica de un área en poco tiempo y a costo reducido deberá ser usada tanto en estudios preliminares, valiéndose de material a pequeñas escalas entre 1:25000 y 1:100000, como en exploraciones detalladas con base en fotografías a escalas mayores que varían de 1:1000 a 1:10000.

Los estudios de fotografía se complementarán con recorridos geológicos terrestres, destinados al esclarecimiento de los aspectos dudosos de la fotointerpretación.

Es aconsejable que si no existen planos geológicos regionales de la zona que va a ser fotointerpretada, se haga un reconocimiento general terrestre y aéreo previo a la fotointerpretación que permitirá durante el estudio fotogeológico la identificación de las unidades litológicas. El uso de mosaicos aerofotográficos en esta etapa es de gran valor.

4.2.1.2 Métodos geofísicos

El uso de los métodos geofísicos en la exploración de un sitio, es recomendable en múltiples casos; es especialmente útil en el caso de grandes estructuras, carreteras, canales, grandes proyectos hidroeléctricos, túneles, etc. Se justifica plenamente su utilización tanto en estudios de factibilidad como en las otras etapas de la exploración y construcción de las obras mencionadas.

En geotecnia los comúnmente utilizados son el sísmico y el eléctrico.

B.I

Siempre será necesario calibrar los resultados obtenidos de estas investigaciones comparándolos con los de un sondeo convencional con obtención de muestras para darles mayor confiabilidad y no es recomendable su utilización sin el reconocimiento geológico previo.

a) Métodos sísmicos

En exploración geotécnica, el método más útil es el sísmico de refracción.

Esta técnica es más confiable en zonas arriba del nivel freático y cuando las velocidades en cada estrato se incrementan con la profundidad.

La longitud de la línea de geófonos y la distancia de ésta al punto de tiro, estará condicionada por la profundidad a la que se quiere explorar.

Es necesario efectuar, para cada tendida de geófonos, dos lecturas, localizando sucesivamente los puntos de explosión en uno y otro extremo de la línea (fig II.7, comentarios).

Para detectar una zona de menor velocidad se recomienda disponer los geófonos en forma semicircular alrededor de un punto de tiro, de tal manera que las distancias sean constantes y pueda detectarse retraso en algunos de los geófonos. La fig I.1, muestra un esquema de la disposición mencionada.

De cada prueba deberán registrarse los tiempos de arribo de las ondas y la ubicación de los geófonos.

b) Métodos eléctricos

Entre estos, los más útiles en geotecnia son el de resistividad y el de relación de caídas de potencial.

- Método de resistividad. Se puede usar por debajo del nivel freático permitiendo localizar cavernas o estratos blandos que no se identifican fá-

cilmente con el método sísmico, por lo que ambos se complementan.

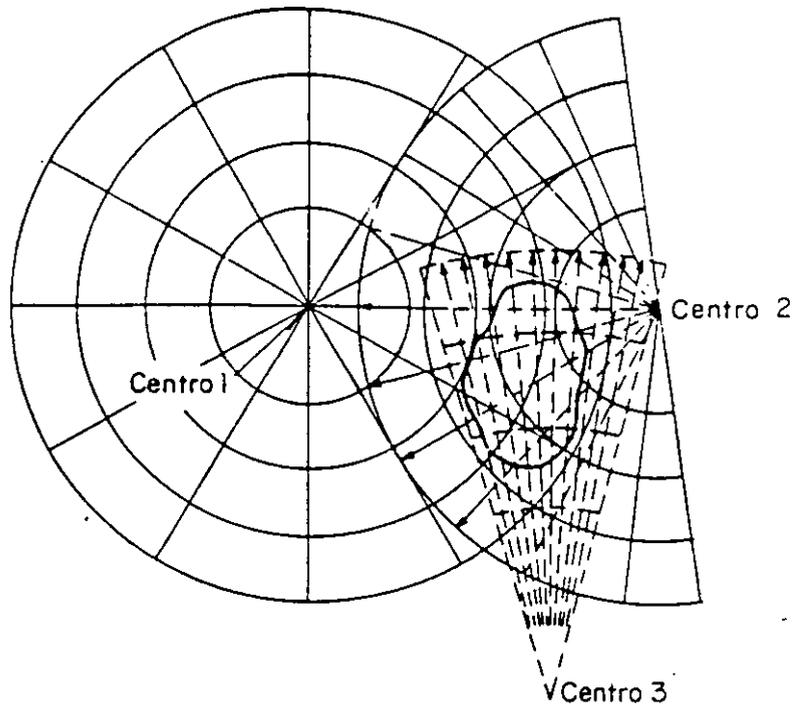


FIG. I.1. Disposición de tendidos para localizar una anomalía (Las flechas indican los detectores que registraron tiempos distintos y delimitan la anomalía)

En general, el método resistivo es útil cuando los cortes geológicos acusan buenos contrastes de resistividad. Bajo esta condición el método es útil en la cuantificación de bancos de materiales, localización de cavernas y alguna zona de debilidad y de ayuda en la búsqueda de agua subterránea.

En el caso más general, la profundidad de exploración se considera igual a la cuarta parte de la distancia entre electrodos de corriente (fig II.9, comentarios).

- Método de relación de caídas de potencial. Es conveniente utilizar este método para el reconocimiento de formaciones verticales y de espesor reducido (fallas, diques, filones, etc). En caso de heterogeneidad local de los mantos superficiales, no es adecuado su empleo.

B.I

La profundidad de exploración depende del tipo de dispositivo de medición elegido y de las características del subsuelo.

4.2.2 METODOS DIRECTOS

Necesariamente, estos métodos deben utilizarse durante la exploración, ya que se requiere información precisa acerca de las condiciones del sitio y las características de los materiales.

Los resultados obtenidos en el campo, se deben enriquecer con los ensayos o estudios de laboratorio de las muestras colectadas.

4.2.2.1 Levantamientos geológicos

Es recomendable realizar levantamientos superficiales y de las obras subterráneas de investigación del sitio.

a) Levantamientos geológicos superficiales

Para cualquier proyecto deberá realizarse cuando menos un levantamiento regional a escala pequeña entre 1:25 000 y 1:50 000 y uno o varios levantamientos locales de acuerdo con las necesidades de la obra, en escalas grandes entre 1:500 y 1:10 000.

En ambos tipos de levantamientos, se deben estudiar minuciosamente los afloramientos, auxiliándose de brújula y longímetro, principalmente.

La obtención de muestras es un aspecto de especial importancia en un levantamiento; estas deberán obtenerse de las partes más representativas en que se presente el material y registrarlas cuidadosamente; posteriormente serán enviadas al laboratorio para que sean estudiadas por especialistas en petrografía, estratigrafía y mecánica de rocas.

Los sitios estudiados deberán localizarse cuidadosamente en los mapas y fotografías aéreas del área estudiada.

b) Levantamiento de obras subterráneas

Es conveniente utilizar para su realización, escalas grandes entre 1:100 a 1:500 que permitan incluir la mayor cantidad de información acerca de la excavación; además procurar realizar el levantamiento lo más pronto posible después de realizar la obra a fin de que el grado de alteración de los materiales expuestos no sea considerable.

4.2.2.2. Sondeos en roca

La obtención eficiente de las muestras de roca se realiza con la ayuda de barriles muestreadores. Cuando en parte del sondeo se encuentran rocas blandas o suelos, deben adoptarse los métodos descritos en el cap B.2.2 de este manual.

La información que se obtenga de los sondeos debe permitir identificar la estratigrafía del sitio y recuperar muestras del mismo que puedan ser sometidas a ensayos de laboratorio.

a) Barriles muestreadores

Las rocas duras pueden muestrearse con barriles sencillos o de un solo tubo y las blandas o deleznablez deben ser muestreadas con un barril doble giratorio. Para mejorar la calidad del muestreo se deben usar los llamados barriles no convencionales.

En la exploración geotécnica es recomendable utilizar el barril doble giratorio y obtener muestras NX de 54 mm de diámetro, ya que a mayor diámetro la calidad del muestreo se incrementa, particularmente en rocas fracturadas.

Cuando el muestreador utilizado ocasiona desgastes en los extremos de la muestra es conveniente cambiar el muestreador, a fin de que estas sean recuperadas en buen estado.

B.I

b) Localización, profundidad y orientación de los sondeos

Los sondeos se localizan de acuerdo con el conocimiento previo de las condiciones geológicas, obtenido por los métodos indirectos y los levantamientos geológicos superficiales, atendiendo en especial los sitios que presenten anomalías. Los sondeos estarán ligados siempre al sistema de referencias topográficas del lugar.

En la exploración de zonas estrechas y alargadas (presas, túneles, vías terrestres y canales), se realizarán sondeos a lo largo del eje longitudinal propuesto.

El número de sondeos dependerá de las características del terreno (uniforme o errático), de la magnitud de las cargas impuestas por las estructuras al terreno y de las características y funciones de las obras proyectadas (susceptibilidad a los asentamientos diferenciales, por ejemplo).

Si de los estudios geológicos previos se puede suponer que el subsuelo es uniforme, se separarán los sondeos de 100 a 150 metros para áreas de mediana extensión localizando los iniciales en las esquinas y los siguientes hacia el centro. En el caso de las boquillas de las partes, la distancia entre sondeos puede variar de 20 a 100 metros.

Cuando a raíz de los estudios geológicos previstos o de los primeros resultados de sondeos, se infiere que el subsuelo presenta condiciones muy erráticas, la distancia entre sondeos deberá reducirse.

La profundidad de los sondeos dependerá de la función y características de la obra proyectada.

Para investigar si la obra no sufrirá asentamientos excesivos es preciso efectuar, por lo menos, un sondeo hasta una profundidad mayor de vez y media el ancho de la superficie rectangular cargada. La teoría de Boussinesq

demuestra que a tal profundidad los esfuerzos netos normales inducidos en el suelo son del orden del décimo de la sobrecarga impuesta. Si la superficie de carga es irregular, resulta apropiado determinar la distribución de incrementos de esfuerzos verticales inducidos por la carga a lo largo de una vertical que pase por el centro del área cargada. Tal incremento, a la profundidad mínima de exploración, no debe sobrepasar el 10 por ciento del esfuerzo vertical inicial a esta misma profundidad (Ayudas de diseño, fig III.2).

Cuando se tema un deslizamiento por cortante de los materiales de cimentación, se recomienda llevar los sondeos hasta una profundidad mayor de aquella donde ocurren los máximos esfuerzos cortantes. Tal profundidad es igual a $1.25 L$ para cortes y L para presas de tierra, siendo L la proyección horizontal del talud (fig III.3, Ayudas de diseño).

En el caso de excavaciones profundas, la estabilidad de los taludes es el factor predominante y se recomienda llevar los sondeos hasta una profundidad igual al ancho del fondo de la excavación (Ayudas de diseño, fig III.4).

Si se trata de túneles, la profundidad siempre deberá alcanzar por lo menos el nivel de la plantilla del túnel. Cabe subrayar que, en casos de topografía muy accidentada en el que diversas condiciones impidan o hagan impracticable la ejecución de perforaciones desde la superficie del terreno, es muy aconsejable realizar perforaciones desde el frente de ataque del túnel, a fin de conocer de antemano las condiciones de las rocas que van a ser excavadas; en ocasiones estas perforaciones se hacen en abanico.

También puede ser la permeabilidad de los materiales del subsuelo un factor decisivo, como en el caso de las presas. Se recomienda entonces seguir el criterio de Lugeon; para presas mayores de 30 metros, se prolongarán los sondeos hasta encontrar materiales de permeabilidad inferior a una unidad Lugeon. Tratándose de roca sana, se recomienda que las perforaciones penetren en ella por lo menos 5 metros.

Cuando los criterios que rigen en la obra son varios, se elegirá la profun-

B.I

didad de los sondeos de acuerdo con el de mayor exigencia.

Los sondeos se orientarán, por lo general, según la vertical. Se recomienda utilizar sondeos horizontales o inclinados, para explorar los valles sepultados, las zonas de falla o el subsuelo de las estructuras ya existentes.

c) Selección de equipos

La perforadora se elije de acuerdo con la profundidad a que se harán los sondeos y con el diámetro de las muestras utilizando la tabla I.2.

TABLA I.2 Características de las máquinas perforadas

| | Tipo de máquina | C A P A C I D A D | | | | | | | Potencia | carrera | N° de velocidades | Velocidad | Peso | | | |
|----------|----------------------------|--|------|-----|-----|-----|-----------------------------------|------|----------|---------|-------------------|-----------|------|----|-----|----|
| | | Capacidad de perforación Tamaño de las barras (DCDMA estándar) | | | | | Malacate capacidad de cable | H.P. | | | | | | cm | RPM | KG |
| | | E W | A W | B W | N W | H W | M | H.P. | | | | | | cm | RPM | KG |
| LIGERAS | Acker Hillbilly | 380 | 305 | 230 | 200 | - | 50 | 22.5 | 60 | 4 | 156-1000 | 950 | | | | |
| | Chicago Pneumatic 8 HD | 380 | 305 | 230 | 200 | - | 38 | 27.5 | 60 | 4 | 225-1050 | 1270 | | | | |
| | Sprague & Henwood 40 c | 503 | 450 | 305 | 275 | - | 53 | 33 | 60 | 4 | 235-1500 | 1320 | | | | |
| MEDIANAS | Longyear 34 | - | 400 | 389 | 305 | 206 | 58 | 36 | 60 | 8 | 20-1000 | 1400 | | | | |
| | Chicago Pneumatic 15 | 686 | 610 | 412 | 350 | - | 38 | 34 | 60 | 4 | 225-1050 | 1500 | | | | |
| PESADAS | Sprague & Henwood 142 c | 686 | 1067 | 915 | 732 | - | 61 | 49.7 | 60 | 4 | 215-1250 | 1950 | | | | |
| | Joy 22 | - | 1220 | 945 | 762 | - | 55 | 47.6 | 60 | 9 | 95-1200 | 2000 | | | | |
| | Longyear 44 | - | 1220 | 976 | 762 | 488 | 61 | 59 | 60 | 12 | 205-2200 | 2050 | | | | |

La bomba que se utiliza para inyectar los fluidos de perforación puede ser de dos tipos: de pistón, capaces de manejar aguas y lodos de muy baja densidad, y de cavidad progresiva, que manejan desde agua hasta lodos de densidad alta con sólidos en suspensión. Estas últimas son las más recomendables para la exploración geotécnica. En la tabla I.3 se presentan las características principales de las 2 bombas más utilizadas en exploración.

TABLA I.3 Bombas de perforación

| Marca | Tipo | Gasto máximo, en lt/min | Presión máxima, en kg/cm ² | Potencia, en HP | Peso en kg | Opera |
|----------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------|------------|----------------------------------|
| Moyno 3L6 | Cavidad progresiva | 162 | 16 | 7.5 | 250 | Agua y lodo denso |
| Royal Bean 420 | Pistón triple | 132 | 35 | 7.5 | 350 | Agua y lodo de muy baja densidad |

La herramienta de corte (broca y rima) es de acero con diamantes industriales, su procedimiento de fabricación permite gran variedad de diseño. Las características que deben tenerse en cuenta al elegir la broca y la rima de las siguientes:

- Número y tamaño de diamantes, que se define con base en la tabla I.4.
- Dureza del metal de la matriz en la que se empotran los diamantes. En la tabla I.4 se resumen las posibilidades entre las que se puede elegir.
- Forma, que básicamente puede ser escalonada o convencional (fig I.1) y que puede tener un número variable de canales para la salida del fluido de perforación, usualmente de 2 a 8.

La forma escalonada, que reduce las vibraciones durante la perforación, es adecuada en formaciones blandas en las que la perforación avanza rápidamente; la forma convencional es de uso general y adecuada en formaciones duras y/o fracturadas.

En la elección de la broca, se debe tener la asesoría del fabricante para reducir las posibilidades de error, que siempre será costoso.

La tabla I.5 muestra los diámetros comúnmente usados para la obtención de núcleos.

TABLA I.5 Diámetros comunes de brocas

| Tamaño | Diámetro del núcleo, en mm | Diámetro de la perforación, en mm | Tamaño | Diámetro del núcleo, en mm | Diámetro de la perforación, en mm |
|-----------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------------|-----------------------------------|
| EWX & EWM | 21.5 | 37.7 | AQ wire line | 27.0 | 48.0 |
| AWX & AWM | 30.0 | 48.0 | BQ wire line | 36.5 | 60.0 |
| BWX & BWM | 42.0 | 59.9 | NQ wire line | 47.6 | 75.8 |
| NWX & NWM | 54.7 | 75.7 | HQ wire line | 63.5 | 96.0 |
| HWG | 76.2 | 99.2 | PQ wire line | 85.0 | 122.6 |

d) Información proporcionada por los sondeos

La información deberá obtenerse de:

- el análisis de los registros de perforación
- el estudio de los núcleos recuperados
- la inspección de las paredes del pozo, en su caso
- los resultados de los ensayos de laboratorio de los núcleos

El registro de un sondeo debe dar una relación exacta y comprensiva de las condiciones geológicas encontradas junto con alguna otra información obtenida durante la propia perforación.

Un registro preciso requiere cuidado y vigilancia por parte del perforista en la obtención de datos. Debe haber relación estrecha entre perforista y geólogo. Es necesario poner especial cuidado en la preparación de los técnicos.

Un aspecto importante durante la perforación lo constituye el estudio detallado del fluido de retorno y el estado de los niveles freáticos, así como la pérdida del fluido debida a las condiciones de permeabilidad *in situ*.

Conviere que un geólogo realice un estudio preliminar de los núcleos a la

brevedad posible después de su recuperación, definiendo el tipo de roca de que se trate y las características del fracturamiento del material (cap B.1.2) lo que posteriormente se enriquecerá debido a los estudios de laboratorio de las muestras.

Los resultados de pruebas de laboratorio en lo que se refiere a las propiedades mecánicas de las rocas deberán manejarse con cuidado, dado que tales resultados, aún cuando dan una idea de las características del material mues treado, pueden no ser representativas del macizo rocoso por ser valores límites obtenidos en muestras sin discontinuidades (Ver cap B.3.4 de este manual).

Toda la información obtenida se integrará en los perfiles geotécnicos como se muestra en el cap B.1.5.

e) Cuidado y transporte de muestras

Las muestras obtenidas en los sondeos deben guardarse en cajas seguras y fuertes, que impidan que los núcleos se alteren fácilmente y que permitan un fácil manejo, evitando así deteriorar los materiales.

Las cajas de identificarán con el nombre del sitio, el número de sondeo, el número de caja, la profundidad de la parte baja y la parte alta del núcleo contenido y el nombre del contratista, tanto en la parte externa como en la interna de la caja; separando en el interior de la caja los cambios que se crea conveniente con fragmentos de madera, en los que se anotará la profundidad

La transportación de estas cajas deberá hacerse cuidadosamente, evitando la destrucción de los núcleos y/o la alteración de sus condiciones originales.

El almacenamiento debe hacerse en sitios adecuados en donde los núcleos se deterioren los menos posible, evitando la humedad excesiva.

Algunas partes de los núcleos que se pueden alterar fácilmente requieren de

TABLA I.5 Diámetros comunes de brocas

| Tamaño | Diámetro del núcleo, en mm | Diámetro de la perforación, en mm | Tamaño | Diámetro del núcleo, en mm | Diámetro de la perforación, en mm |
|-----------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------------|-----------------------------------|
| EWX & EWM | 21.5 | 37.7 | AQ wire line | 27.0 | 48.0 |
| AWX & AWM | 30.0 | 48.0 | BQ wire line | 36.5 | 60.0 |
| BWX & BWM | 42.0 | 59.9 | NQ wire line | 47.6 | 75.8 |
| NWX & NWM | 54.7 | 75.7 | HQ wire line | 63.5 | 96.0 |
| HWG | 76.2 | 99.2 | PQ wire line | 85.0 | 122.6 |

d) Información proporcionada por los sondeos

La información deberá obtenerse de:

- el análisis de los registros de perforación;
- el estudio de los núcleos recuperados;
- la inspección de las paredes del pozo, en su caso, y
- los resultados de los ensayos de laboratorio de los núcleos

El registro de un sondeo debe dar una relación exacta y comprensiva de las condiciones geológicas encontradas junto con alguna otra información obtenida durante la propia perforación.

Un registro preciso requiere cuidado y vigilancia por parte del perforista en la obtención de datos. Debe haber relación estrecha entre perforista y geólogo. Es necesario poner especial cuidado en la preparación de los técnicos.

Un aspecto importante durante la perforación lo constituye el estudio detallado del fluido de retorno y el estado de los niveles freáticos, así como la pérdida del fluido debida a las condiciones de permeabilidad *in situ*.

Conviene que un geólogo realice un estudio preliminar de los núcleos a la

brevedad posible después de su recuperación, definiendo el tipo de roca de que se trate y las características del fracturamiento del material (cap B.1.2) lo que posteriormente se enriquecerá debido a los estudios de laboratorio de las muestras.

Los resultados de pruebas de laboratorio en lo que se refiere a las propiedades mecánicas de las rocas deberán manejarse con cuidado, dado que tales resultados, aún cuando dan una idea de las características del material muestreado, pueden no ser representativas del macizo rocoso por ser valores límites obtenidos en muestras sin discontinuidades (Ver cap B.3.4 de este manual).

Toda la información obtenida se integrará en los perfiles geotécnicos como se muestra en el cap B.1.5.

e) Cuidado y transporte de muestras

Las muestras obtenidas en los sondeos deben guardarse en cajas seguras y fuertes, que impidan que los núcleos se alteren fácilmente y que permitan un fácil manejo, evitando así deteriorar los materiales.

Las cajas se identificarán con el nombre del sitio, el número de sondeo, el número de caja, la profundidad de la parte baja y la parte alta del núcleo contenido y el nombre del contratista, tanto en la parte externa como en la interna de la caja; separando en el interior de la caja los cambios que se crea conveniente con fragmentos de madera, en los que se anotará la profundidad

La transportación de estas cajas deberá hacerse cuidadosamente, evitando la destrucción de los núcleos y/o la alteración de sus condiciones originales.

El almacenamiento debe hacerse en sitios adecuados en donde los núcleos se deterioren lo menos posible, evitando la humedad excesiva.

Algunas partes de los núcleos que se pueden alterar fácilmente requieren de

cuidados que es conveniente dar a las muestras a la brevedad posible después de su extracción, ^{2/1} sobretodo tratándose de materiales deformables de interés para propósitos de ingeniería.

f) Otras técnicas usadas en la exploración mediante sondeos

Puede ser de gran utilidad el aprovechamiento de cámaras de televisión y fotografía, cuando las condiciones sean favorables y se cuente con este tipo de equipos, sobre todo con el fin de obtener una información más precisa del sitio en exploración.

4.2.2.3 Socavones, trincheras y pozos a cielo abierto

Se recomienda su empleo para problemas específicos que no se hayan podido dilucidar con los otros métodos, o cuando se trata de obras que no requieren otro tipo de exploración.

Estas técnicas tienen como objeto la determinación del tipo de formación, sus características de fracturamiento y el estudio de las fallas existentes, además de la obtención de muestras cúbicas.

El uso de estos métodos de exploración dependerá del análisis de varios factores, entre ellos:

- El tipo de estructura proyectada
- Los datos que se necesitan obtener mediante la excavación
- Los datos que pueden proporcionar las excavaciones
- Usos posteriores de las excavaciones en la obra
- Comparación entre el costo y beneficios de las excavaciones con otras técnicas de exploración
- El tiempo del que se dispone para la investigación

El resultado del análisis de los factores mencionados permite definir la ventaja o desventaja de su uso en un caso determinado así como el número y tipo de obras que se deben realizar.

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO II. COMENTARIOS

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 4. OBTENCION DE DATOS GEOLOGICOS

CAPITULO 4. OBTENCION DE DATOS GEOLOGICOS

| | | |
|---------|--|----|
| 4.1 | ESTUDIOS PRELIMINARES | 1 |
| 4.1.1 | RECOPIACION DE LA INFORMACION | 1 |
| 4.1.2 | RECONOCIMIENTO PRELIMINAR | 2 |
| 4.2 | ESTUDIOS DE DETALLE | 2 |
| 4.2.1 | METODOS INDIRECTOS | 2 |
| 4.2.1.1 | Sensores remotos | 2 |
| 4.2.1.2 | Métodos geofísicos | 6 |
| 4.2.2 | METODOS DIRECTOS | 20 |
| 4.2.2.1 | Levantamientos geológicos | 21 |
| 4.2.2.2 | Sondeos en roca | 23 |
| 4.2.2.3 | Socavones, trincheras y pozos a cielo abierto | 32 |
| 4.3 | BIBLIOGRAFIA | 34 |

CAPITULO 4. OBTENCION DE DATOS GEOLOGICOS

4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES

Consisten esencialmente en un análisis de la información existente del área de proyecto y las visitas de reconocimiento del sitio, a fin de contar con las observaciones y datos que permitan definir los lugares más adecuados para la construcción de la obra, con base en las condiciones geológicas y geotécnicas de la zona.

4.1.1 RECOPIACION DE INFORMACION

El estudio geotécnico se inicia con la recopilación de la información disponible sobre topografía, geología y comportamiento de estructuras construidas en predios o zonas cercanas a la del proyecto; conviene reunir planos topográficos, geológicos y edafológicos, cartas de uso potencial del suelo, así como datos sobre la estratigrafía y características estructurales de la región (cap B.1.3). La información que se reuna se estudiará para identificar, de manera preliminar, las condiciones geológicas y geotécnicas que prevalecen en el sitio de estudio.

B.II

4.1.2 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR

El reconocimiento preliminar es la inspección del sitio que permite evaluar la información recopilada previamente y complementarla con observaciones de campo para determinar la factibilidad de construcción de alguna obra civil y fundamentar el programa detallado de exploración.

El alcance de este primer contacto físico con la región, dependerá de la importancia de la obra y de las características del subsuelo. Algunas veces basta este reconocimiento para desechar el sitio previamente elegido.

El reconocimiento debe proporcionar información acerca de la accesibilidad, recursos humanos y materiales del sitio, permitir conocer el ambiente geológico general, identificar las estructuras geológicas significativas, localizar fallas y fracturas, conocer la geomorfología, los procesos erosivos actuantes en el sitio, el tipo de drenaje superficial y subterráneo y el espesor de suelo.

4.2 ESTUDIOS DE DETALLE

4.2.1 METODOS INDIRECTOS

Técnicas de exploración que incluyen sensores remotos y métodos geofísicos, que basadas en la medición de ciertas propiedades físicas de rocas y suelos, permiten conocer la probable estratigrafía y por correlación las características de los materiales.

4.2.1.1 Sensores remotos

Los sensores remotos son principalmente películas sensibles a la luz, calor, ondas de radar, etc., que refleja la superficie terrestre y que generalmente se exponen desde aviones para obtener fotografías que interpretadas, permiten obtener información acerca de suelos y rocas, existencia de discontinuidades importantes, agua subterránea y anomalías geotérmicas y minerales.

Los principales sensores remotos útiles en exploración geotécnica son:

- fotografías aéreas blanco y negro o en color
- fotografías infrarrojas
- imágenes de radar (SLAR)

El procedimiento para obtener información de los sensores remotos se llama *fotointerpretación*. Consiste en el arte de apreciar la naturaleza de los objetos sobre la superficie terrestre mediante un análisis cuidadoso de las *fotografías* y con la ayuda de estereoscopios, identificando rasgos de vegetación, geología, geomorfología, etc.

Con los sensores remotos se obtienen dos tipos de radiaciones: una, la distribución espectral de la radiación emitida y reflejada por un material y otra, la distribución espacial de la radiación registrada.

En el reconocimiento de la superficie terrestre se utilizan dos tipos básicos de exploración para registrar la imagen o la energía emitida por la tierra: las cámaras fotográficas y los barredores. Las cámaras proporcionan la distribución espacial y espectral simultáneamente. Los barredores son utilizados regularmente en regiones donde no existen materiales que formen imágenes de alta resolución.

La interpretación de pares estereoscópicos se basa en la obtención de imágenes en tercera dimensión mediante la superposición de 2 imágenes iguales y planas, como se muestra en el diagrama de la fig II.1.

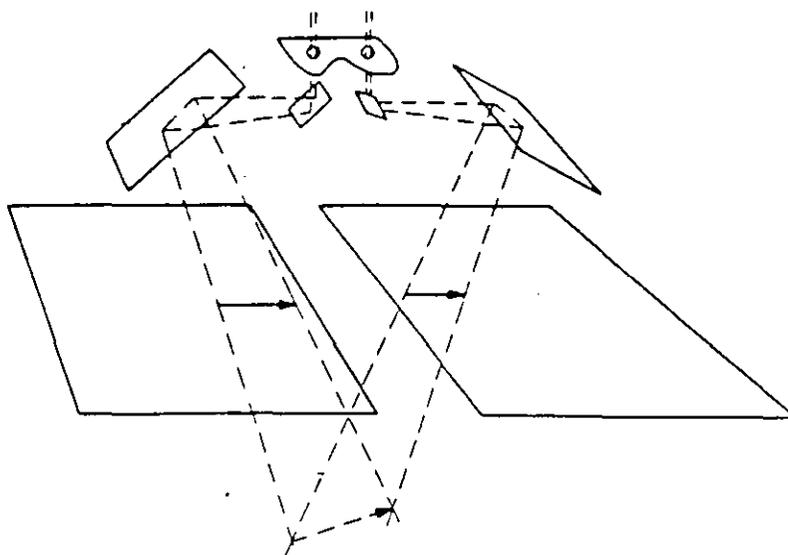


Fig II.1 Principio de la estereoscopia

a) Fotogeología

La fotogeología es la interpretación geológica del cuadro geomorfológico de una región que, utilizando técnicas de fotointerpretación, permite en poco tiempo definir las principales características geológicas de un sitio a un costo reducido.

Para los estudios fotogeológicos se usa un estereoscopio, que puede ser portátil o de gabinete (fig II.2) y una serie de fotografías aéreas que cubran la superficie del área que se pretende estudiar; estas deben ser verticales, en blanco y negro o color, de 23 cm de lado aproximadamente y con un traslape de 60 por ciento longitudinal y 15 por ciento lateral; por lo que, el área útil de cada una será de 60 x 70 como lo muestra la fig II.3. La escala dependerá del grado de exactitud requerido y de la superficie que cubre el estudio, variando entre 1:1 000 a 1:70 000.

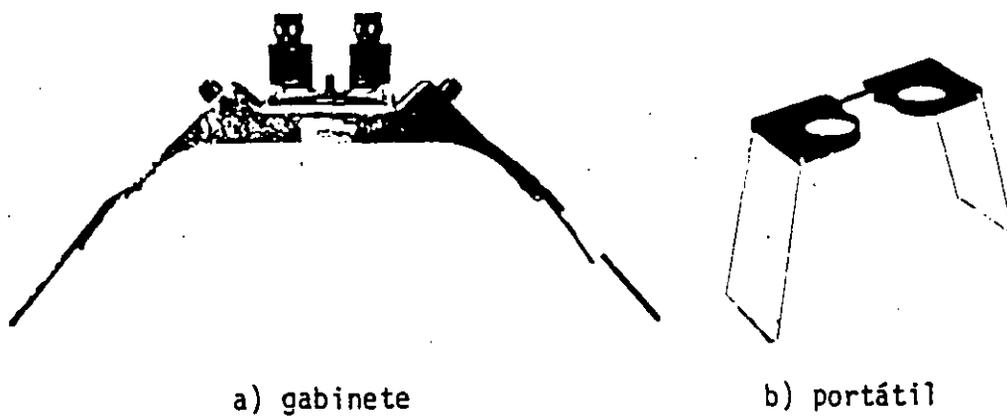
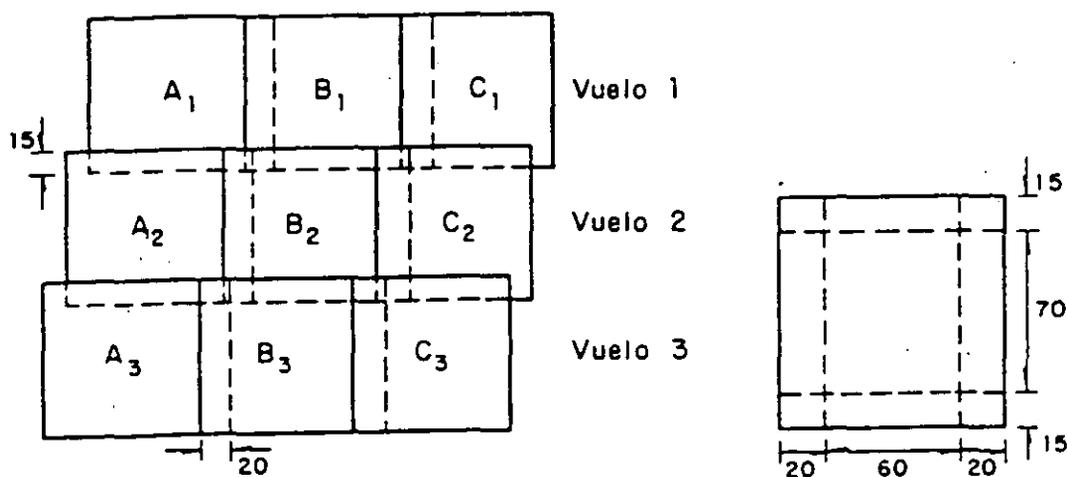


Fig II.2 Tipos de estereoscopios



Acotaciones, en %

Fig II.3 Montaje fotográfico

La interpretación de las fotografías es un proceso deductivo e inductivo con base en el conocimiento general de la geología del área de proyecto y en un amplio conocimiento de geología, geomorfología, edafología, geohidrología e ingeniería de suelos. La cantidad y calidad de información dependerá de factores tales como: calidad y escala de las fotografías, densidad de vegetación existente en el sitio, grado del relieve mostrado por el terreno además de la habilidad y experiencia del intérprete.

La fotogeología permite obtener de forma preliminar: el tipo de rocas y sus características estructurales (patrones de juntas, planos de estratificación, rumbos y echados aproximados de capas, pliegues y fallas); tipo, distribución y espesor de materiales superficiales; características del drenaje superficial y subterráneo, etc.

4.2.1.2 Métodos geofísicos

Son las técnicas basadas en la medición de ciertas propiedades físicas de los materiales que constituyen el subsuelo, empleando para ello equipos portátiles y de fácil operación que permiten conocer la estratigrafía y las características de los materiales.

La utilización de los métodos geofísicos de exploración puede redundar en una economía, al reducir la magnitud de las exploraciones directas.

Debe hacerse notar que en terrenos de morfología accidentada, se dificulta la interpretación de los resultados.

a) Método sísmico

Este método se basa en medir las velocidades de propagación de las ondas elásticas en los diferentes medios del lugar, provocando artificialmente perturbaciones dinámicas en un punto de suelo que dan origen a: ondas longitudinales y transversales, que permiten deducir por el estudio de sus reflexiones y refracciones: las profundidades, espesores de capas y calidad de los

materiales.

- Método sísmico de refracción. Consiste en medir el tiempo requerido para que las ondas longitudinales viajen del punto en que se generan, a los detectores o geófonos colocados en línea que captan la señal de llegada y que a su vez la envía a un aparato registrador.

En la fig II.4 se presenta esquemáticamente la propagación de las ondas.

- Equipo. El necesario para el desarrollo de este método consta de 3 partes básicas: un mecanismo generador de la onda, un conjunto de geófonos y el aparato registrador (fig II.5).

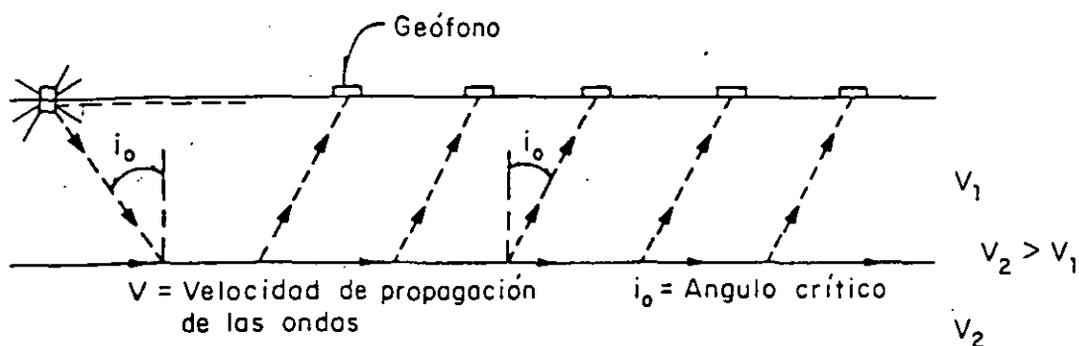


Fig II.4 Propagación de las ondas sísmicas

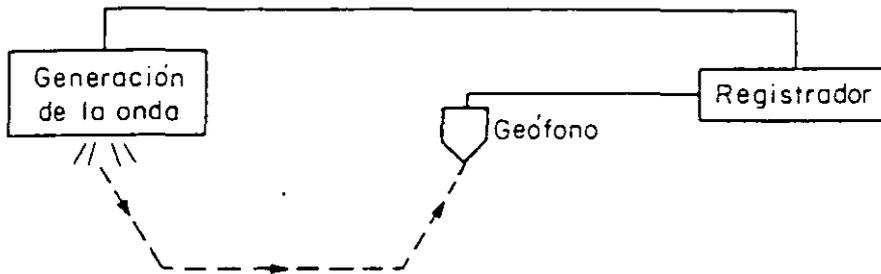


Fig II.5 Esquema del equipo sismográfico

- Generación de la onda. La generación de las ondas puede hacerse con un martillo pesado que golpea una placa asentada en la superficie que simultáneamente dispara un microinterruptor que conectado al registrador señala el inicio de la prueba. El martillo se usa para estudios de poca profundidad (10 m). Para estudios a mayor profundidad la onda se genera con la explosión de una pequeña carga de dinamita con detonador instantáneo colocada en una perforación somera (menor de un metro); la detonación también es registrada simultáneamente mediante un microinterruptor.
- Geófonos.- Son dispositivos electromagnéticos que captan las oscilaciones del suelo y las transforman en señales eléctricas. Los geófonos, comúnmente empleados registran sólo el componente vertical del movimiento (ondas longitudinales) y tienen sensibilidad entre 5 y 100 cps (ciclos por segundo), son de construcción robusta y tienen una punta en el eje vertical para hincarse en el suelo (fig II.6).

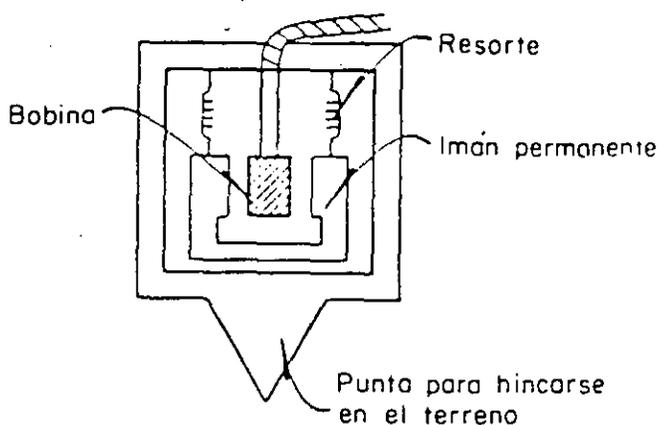


Fig II.6 Esquema de un geófono tipo electromagnético

TABLA II.1 Características de los oscilógrafos portátiles

| Perturbación provocada con: | Registro | Fuente de poder | Número de canales | Intervalo de tiempo, en ms* | Peso, en kg | Peso, en m |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------|-------------|------------|
| Martillo | digital pantalla luminosa | pilas | 1 | 1.10 | 5 | 10 |
| Explosivos | papel foto sensible | batería recargable | 2 a 12 | 0.100 | 10 | |
| | cinta | | 12 o más | 0.1000 | 30 | 100 |

* ms = milisegundos

- Aparato registrador. Es un oscilógrafo, cuyos elementos sensibles son pequeños galvanómetros que vibran al recibir la señal de los geófonos. Los galvanómetros llevan adheridos pequeños espejos, en los que inciden rayos de una fuente luminosa fija y los reflejan a papel fotosensible para registrar el arribo de las ondas; tiene una escala de tiempos y un canal para captar el inicio de la prueba. Existen oscilógrafos que registran el arribo de las ondas en cinta magnética, pantalla luminosa o digitalmente.

En la tabla II.1 se presentan las principales características de oscilógrafos portátiles para exploración geotécnica.

B.II

- Procedimiento de prueba. Los geófonos se hincan en el suelo a lo largo de una línea; en uno de cuyos extremos se genera la onda. Los geófonos se colocan equidistantes entre sí, o bien más cercanos en el extremo donde se genera la onda, pero no a menos de 2 m y a distancias mayores en la parte más alejada pero no a más de 20 m.

En el caso de que se quiera investigar a grandes profundidades puede haber más puntos de explosión sobre la misma línea pero alejados de los geófonos extremos. Se cuenta en esa forma con los datos necesarios para determinar el echado de los estratos constitutivos del subsuelo.

En el caso de una disposición en el abanico (fig I.1, recomendaciones), para determinar las dimensiones y profundidad de la anomalía se hace variar el radio y/o posición del punto de tiro.

Estas anomalías pueden corresponder a zonas de baja resistencia, tubificadas, muy sueltas o con cavernas.

- Información de campo. Con el tiempo de registro y conociendo la ubicación de cada receptor, se dibuja en el eje de las abscisas las distancias y en el de las ordenadas, los tiempos de propagación; este diagrama se conoce como *dromocrónica* (fig II.8). Se obtienen las dos gráficas con los puntos de explosión en ambos extremos de la línea (fig II.7).
- Interpretación de la prueba. La refracción de las ondas se interpreta aplicando la ley de Snell.

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } R} = \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{II.1})$$

donde

i ángulo de incidencia de la onda, en

R ángulo de refracción de la onda, en

V_1 velocidad en el medio 1

V_2 velocidad en el medio 2

de acuerdo con el diagrama siguiente

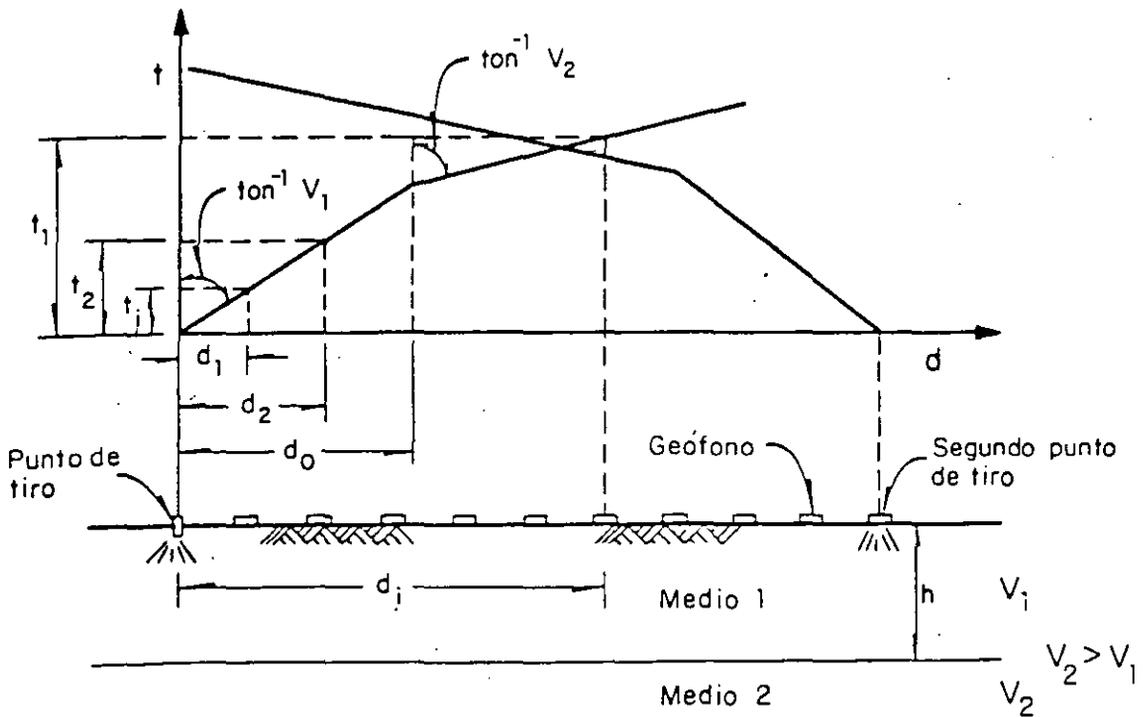
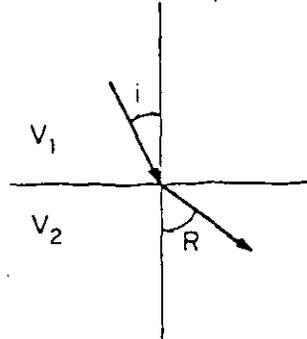
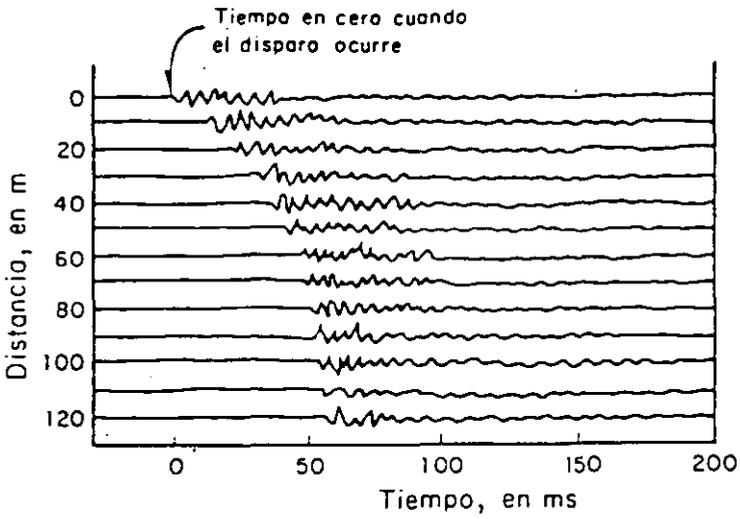
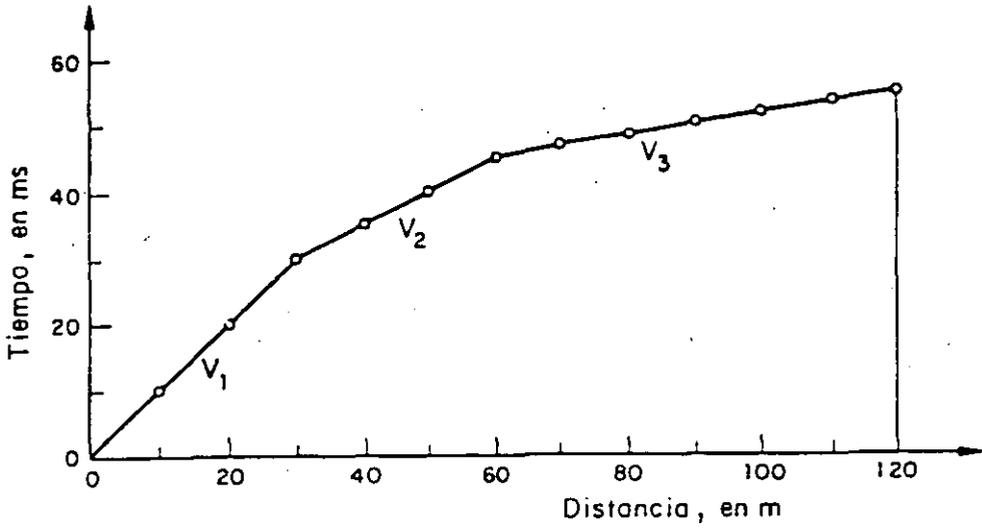


Fig II.7 Dromocrónica cuyos puntos de tiro se localizan en ambos extremos de la línea de geófonos

B. II



(a) obtención de sismogramas



(b) dromocrónica correspondiente

Fig II.8

De la información relativa a las velocidades de propagación de las ondas en los diversos materiales y aplicando algunas de las fórmulas de la tabla III.1 de Ayudas de diseño, se puede conocer la calidad y tipo de los materiales del sitio.

Es necesario, para comprender el funcionamiento de la refracción sísmica, tener un conocimiento elemental de los principios de la elasticidad y propagación de las ondas elásticas.

En la tabla II.2 se muestran las relaciones de las ondas longitudinales y trasversales con algunas de las constantes elásticas más usadas.

En las tablas III.1, III.2 y III.3 de Ayudas de diseño, se presentan: las expresiones para el cálculo de las profundidades e inclinaciones de los casos más frecuentes; un catálogo de estructuras subterráneas y sus características características; y los rangos de valores típicos de propagación de ondas longitudinales en diversos materiales.

b) Métodos eléctricos

Estos se basan en la interpretación del campo eléctrico creado por la circulación de una corriente eléctrica en el subsuelo (natural o artificial); estableciendo una relación entre los parámetros físicos que intervienen en la propagación de la corriente y las características físicas de los materiales empleando para ello aparatos receptores y transmisores. Se pueden utilizar para la localización de minerales, acuíferos y estructuras geológicas.

- Método de resistividad. Consiste en la determinación de las resistividades aparentes de cada estrato, generando un campo eléctrico mediante el uso de un dispositivo cuadripolar que mide tanto la intensidad I creadora del campo como la caída de potencial V en dos puntos del campo, para visualizar en forma independiente o global la imagen de la estructura geológica del subsuelo.

B. II

TABLA II.2 Relaciones entre velocidades sísmicas y constantes de elasticidad en fluidos

| | | en fluidos |
|---|--|------------|
| Densidad {M/L ³ } | ρ | |
| Velocidad de ondas longitudinales o de compresión {L/T} | V_p | |
| Velocidad de ondas transversales o cortantes {L/T} | V_s | 0 |
| Relación de Poisson | $\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$ | 0.5 |
| | $\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 = \frac{2-2\nu}{1-2\nu}$ | ∞ |
| Módulo de rigidez {F/L ² } | $G = d V_s^2$ | 0 |
| Módulo de Young {F/L ² } | $E = 2G (1 + \nu)$ | 0 |
| Módulo volumétrico {F/L ² } | $K = \frac{1}{3} \frac{E}{1 - 2\nu}$ | $d V_p^2$ |

B.II

La resistividad de un material se define como la resistencia de ohmios entre las caras de un cubo unitario de material. La unidad utilizada es el ohmio-metro (Ω m).

Para la exploración geoelectrica se han desarrollado diversos métodos, de éstos el más simple es el de Wenner, que opera de dos maneras: sondeo eléctrico que estudia la estratigrafía según una vertical y rastreo eléctrico que lo hace según una horizontal a cierta profundidad. Combinando ambas técnicas se puede tener una clara idea de las condiciones del sitio.

- Equipo. Consiste en una fuente de poder, un voltímetro, un amperímetro, cuatro electrodos y cables conductores. El esquema del conjunto se muestra en la fig II.9. Los equipos comerciales integran la fuente de poder, con el voltímetro y el amperímetro en una unidad compacta. Una recopilación de las características de algunos de los equipos portátiles usados para esta técnica se presentan en la tabla II.3.

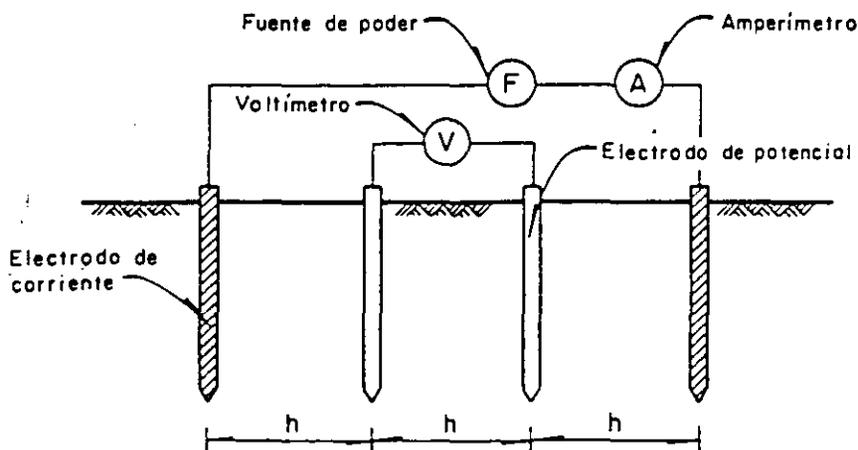


Fig II.9 Esquema del equipo (resistividades, arreglo Wenner)

Los electrodos son varillas usualmente de bronce de 2 cm de diámetro y 50 cm de longitud con un extremo en punta para hincarse en el terreno.

B.II

Los cables de conexión son de cobre con forro de neopreno.

Tabla II.3 Características de algunos equipos portátiles usados en el método de resistividad eléctrica

| Fuente de poder | Capacidad del cable, en m | Intensidad de corriente, en ma* | Rango de mediciones | Peso total, en kg |
|-----------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------|
| batería | 30 | 20 | 0.1-1000 Ω | 20 |
| recargable | 20 | 50 | 0.1-1000 Ω | 15 |
| baterías | 300 | 100-150 | 0.002-10 V | .60 |
| | 200 | 0-1000 | 0.0002-100 V | 75 |

* ma: miliamperes

- Operación. El campo eléctrico se crea en el terreno con dos electrodos denominados de corriente que se hincan y conectan con el cable a la fuente de poder y el amperímetro. En ocasiones, la cantidad de corriente inducida al terreno es muy pequeña y provoca que la diferencia de potencial V no se pueda leer en el voltímetro por falta de sensibilidad. Esa falta de corriente en el terreno es causada por la resistencia de contacto de los electrodos de corriente; esta resistencia de contacto se puede disminuir mojando la región en donde se van a hincar los electrodos, con agua salobre y, en el caso de que aún la resistencia sea alta, se hincan en lugar de un electrodo en cada extremo del dispositivo, dos o más conectados en paralelo; entre estos electrodos de corriente se hincan dos de potencial conectados al voltímetro. Con el amperímetro se mide la diferencia de potencial entre los electrodos centrales.

Las distancia entre electrodos pueden variarse dando lugar a diferentes arreglos. En el de Wenner, los electrodos quedan en una línea con separación equidistante h; la determinación hecha es representativa del material a la profundidad h.

El sondeo eléctrico se realiza manteniendo el centro del arreglo fijo e incrementando la separación h . En el rastreo eléctrico únicamente se cambia de lugar el arreglo sobre una retícula trazada en la superficie. Ambas técnicas deben iniciarse determinando la resistividad del estrato más superficial, colocando los electrodos con una separación menor que el espesor del primer estrato.

Interpretación. La interpretación de los datos del método de resistividad consta de dos aspectos: uno cualitativo y otro cuantitativo.

La interpretación cualitativa de los datos se lleva a cabo utilizando los valores de resistividad aparentes a partir de los cuales se construyen diagramas de resistividad e isorresistividad aparentes permitiendo conocer las variaciones aparentes bajo cada centro de estudio, como de estructuras, no sólo horizontales sino también cuerpos subverticales tales como fallas, filones o diques y a profundidades mayores que no son registradas por otros métodos (fig III.1, Ayudas de diseño).

La interpretación cuantitativa puede ser efectuada comparando las resistividades aparentes obtenidas con resistividades definidas por un corte eléctrico conocido. Esto nos da resultados y espesores reales del corte geoelectrico.

La identificación de los posibles materiales se hace por correlación de los valores de resistividad de cada estrato con valores obtenidos de estudios anteriores. Algunos de estos valores se presentan en la tabla III.4 de Ayudas de diseño.

El arreglo particular de Wenner genera un campo eléctrico infinito, con una profundidad de referencia h . De la prueba se obtiene la diferencia de potencial V y la intensidad de corriente I , la resistividad aparente se obtiene con la expresión

B.II

$$\rho_a = 2 \pi h \frac{V}{I} \quad (\text{II.2})$$

donde

ρ_a resistividad aparente a la profundidad teórica, h en ohmios-metro (Ωm)

V diferencia de potencial, en voltios

I intensidad de la corriente, en amperios

h distancia entre electrodos, en metros

Cuando el equipo usado mide resistencia se puede sustituir $\frac{V}{I}$ por R medida en ohmios.

La presencia y conductividad eléctrica del agua intersticial afecta considerablemente los resultados. En caso de que el subsuelo sea homogéneo, esta influencia del agua permite localizar el nivel freático o circulación de agua subterránea.

Este método ha sido usado en la determinación de algunas propiedades índice de los suelos, sobre todo en arenas, como el caso de la relación de vacíos.

- Método de caídas de potencial. Consiste en determinar la relación de caídas de potencial entre 3 electrodos de potencial hincados a distancias iguales; colocados perpendicularmente a otros 2 electrodos de corriente que generan un campo eléctrico en el terreno y que permite en ciertos casos obtener mayor detalle que con el método de resistividad (caso de cuerpos verticales de espesor reducido como diques, fallas, etc); además su aplicación es más simple dado que no requiere mediciones de la intensidad de la corriente.
- Equipo. El requerido para esta técnica consiste en: 5 electrodos, 2 voltímetros, cables conductores y una fuente de poder de mayor capacidad que

la usada en el método de resistividad, colocados como en el esquema de la fig II.10.

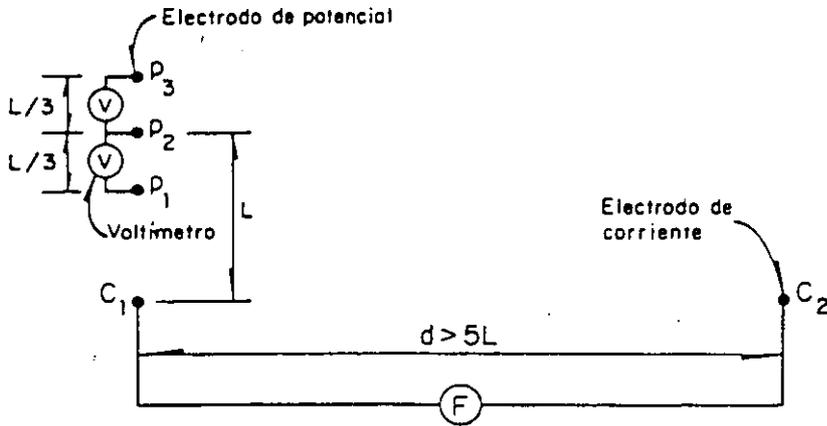


Fig II.10 Arreglo de electrodos para el método de relación de caídas de potencial

- Procedimiento de medición. Los 3 electrodos de potencial se hincan en línea recta a una separación $L/3$, los de corriente se colocan en otra línea perpendicular a la primera, distantes cuando menos $5L$; la distancia del electrodo de potencial del centro a la línea de los electrodos de corriente debe ser L , que corresponde a la profundidad de la medición obtenida con esta geometría. Se deben hacer otras mediciones a diferentes L para definir la estratigrafía. La medición de caídas de potencial se hace con los voltímetros que unen los 3 electrodos de potencial.

- Interpretación. La caída de potencial entre 2 electrodos P_1, P_2 es V_{12} y entre P_2, P_3 es V_{23} , la relación entre estas 2 caídas (RCP), correspondiente a cada distancia L , es

$$RCP_L = \frac{V_{12}}{V_{23}} \quad (II.3)$$

esta relación se mantiene constante e igual a 2 siempre que el material ensayado sea el mismo, cuando este es diferente de 2 se está detectando otro material a la profundidad L correspondiente.

En la interpretación se utilizan gráficas RCP contra L para localizar la zona en que se presentan anomalías que tienen RCP diferente de 2 (fig II.11).

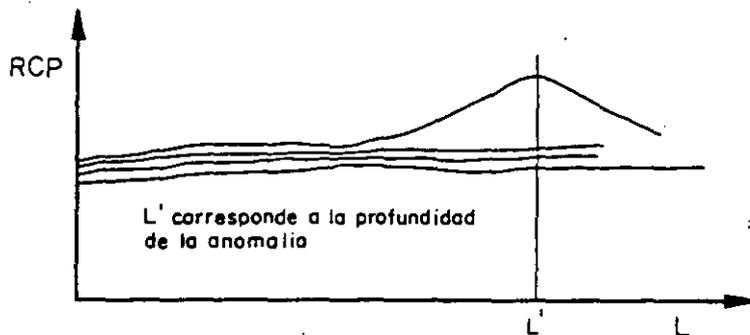


Fig II.11 Gráfica típica para el método de relación de caídas de potencial

4.2.2 METODOS DIRECTOS

Técnicas de exploración que mediante la obtención de muestras de suelos y rocas y la observación de sus características *in situ* permiten conocer las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio de estudio. Incluyen los levantamientos superficiales, sondeos, socavones trincheras y pozos a cielo abierto.

4.2.2.1 Levantamientos geológicos

Consisten en una inspección detallada de la zona de proyecto o de alguna parte de ella, utilizando para ello equipos portátiles de medición y orientación, para obtener la información que permita definir con precisión las condiciones geológicas del sitio bajo estudio.

a) Levantamientos geológicos superficiales.

Son recorridos de campo para identificar, clasificar y mapear las principales unidades geológicas existentes en el área bajo estudio y reconocer sus características estructurales: echado, rumbo, pliegues, contactos, fracturamiento y fallas.

De acuerdo con la etapa de exploración en que se realicen, la obra de que se trate y la exactitud que se requiera, se dividen en levantamientos regionales y levantamientos locales.

Los estudios regionales, se realizan con base en mapas fotogeológicos previamente elaborados, localizando en ellos puntos de verificación. Estos sitios se escogen considerando la accesibilidad y exposición de los materiales que permita hacer observaciones relacionadas con las características de rocas y suelos.

Los levantamientos de carácter local se llevan a cabo para áreas de extensión reducida, utilizando además de brújula y longímetro, la plancheta. Permiten conocer las condiciones geológicas particulares del lugar, tales como: existencia y características de discontinuidades importantes (fallas, fracturamiento, estratificación), localización y ubicación de materiales útiles para la obra, tipo de rocas y suelos, etc.

Del estudio detallado de los afloramientos en ambos tipos de levantamientos, se contará con información relativa a rumbo y echado de capas, fracturamiento y fallas existentes, ubicación del lugar, separación de fracturas y pla-

nos de estratificación, además de enriquecer la información con datos acerca de color, textura y estructura de las rocas, identificación de materiales carbonatos y de otros minerales, etc.

Todas las observaciones hechas, deberán quedar asentadas en la libreta de campo y referidas a los sitios donde se realicen. Cuando el terreno está cubierto con vegetación profusa, no deben escatimarse ni tiempo ni dinero en la ejecución de limpiezas y descapotes y si es necesario en la realización de desmontes.

La obtención de fotografías durante el levantamiento puede contribuir a dilucidar aspectos que aparezcan confusos de las observaciones hechas en el campo.

Con los datos obtenidos de las observaciones de campo y de los estudios complementarios de laboratorio de las muestras colectadas, se elaboran los mapas y secciones geotécnicas (cap B.1.5)

b) Levantamiento de obras subterráneas.

El levantamiento de una obra subterránea consiste en el estudio minucioso del techo y las paredes de un socavón, galería o túnel, mediante el uso de plancheta, brújula y longímetro, para obtener información relacionada con las unidades geológicas que atraviesa, tales como: el tipo de roca, estratificación, rumbos y echados, fallas, fracturamiento, filtraciones de agua o vapores, mineralización, etc.

El levantamiento se puede complementar con fotografías de los aspectos relevantes de la excavación, o inclusive con una secuencia que registre una o ambas paredes a todo lo largo de la obra. Esta permite conservar un registro objetivo de los socavones y galerías, aún cuando ya no sean accesibles para estudios posteriores.

Los resultados obtenidos se integran en las secciones geotécnicas correlacionándolos con los obtenidos de la exploración superficial y los sondeos efectuados en el área (cap B.1.5).

4.2.2.2 Sondeos en roca

Se entiende por sondeo en roca a la recuperación de muestras mediante perforaciones con las siguientes características: inalteradas (intactas), verdaderamente representativas del material con un alto porcentaje de recuperación y capaces de permitir identificar las características de la roca y su fracturamiento, tamaño y espaciamiento de fracturas, grado de alteración y presencia de materiales de relleno en ellas.

Las técnicas descritas a continuación no incluyen el muestreo de rocas por métodos no convencionales, como el muestreo integral.

a) Barriles muestreadores

Los barriles muestreadores son tubos que llevan en su extremo inferior una broca de insertos de carburo de tungsteno o de diamantes industriales, que por rotación cortan anularmente la muestra de roca; esta queda alojada en el tubo que soporta a la broca o bien en otro tubo interior protector.

Los barriles muestreadores se identifican según su diámetro como EX, AX, BX y NX; las muestras que se recuperan varían de 22 mm a 54 mm de diámetro.

A continuación se describen brevemente los barriles usuales para exploración.

barriles muestreadores convencionales. En las figs II.12, II.13 y II.14, se muestran los barriles sencillo, doble rígido y doble giratorio que pueden ser utilizados en rocas de duras a semiduras.

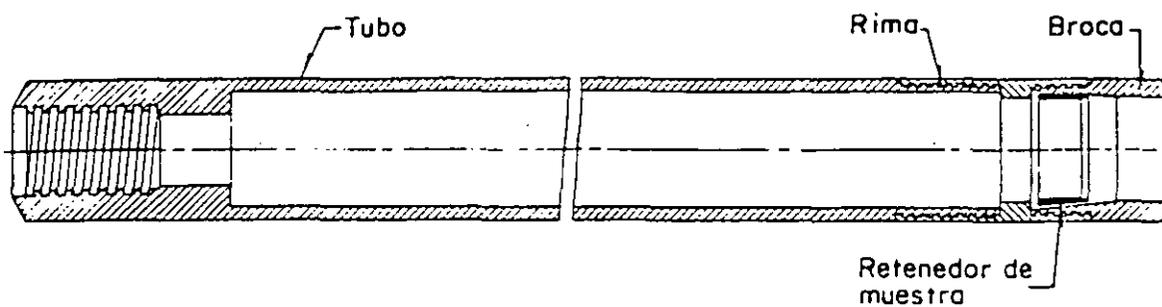


Fig II.12 Barril simple

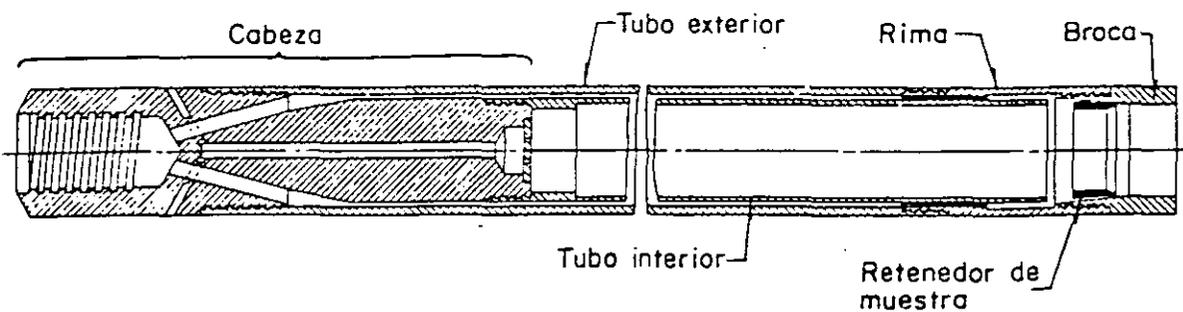


Fig II.13 Barril doble rígido

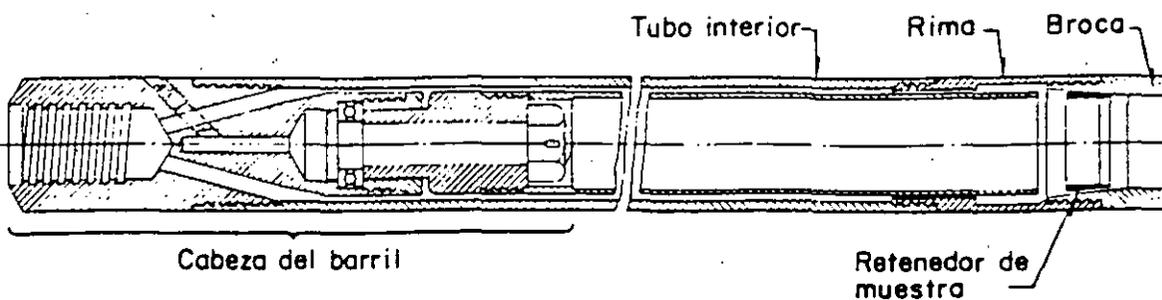


Fig II.14 Barril doble giratorio

Barril sencillo. Es el más rudimentario y por tanto el más barato de los muestreadores. Es útil en los trabajos de inyección o anclaje, cuando solo importa el barreno producido. Para muestreo tiene la inconveniencia de que el fluido de perforación está en contacto directo con la muestra, originándose torsiones y erosión del agua que provoca roturas y desprendimiento del material que la forma.

Barril doble. Con este se elimina la acción erosiva del fluido de perforación y se obtiene un mayor porcentaje de recuperación de muestra que con el sencillo. Consiste esencialmente de un tubo exterior y uno interior en donde se recupera el núcleo; se fabrica en dos tipos:

Barril doble tubo rígido. En este tipo, el tubo interior está rígidamente unido a la cabeza del muestreador de tal forma que gira junto con el tubo exterior (fig II.13). Tiene la desventaja de que el núcleo queda todavía sujeto a la fricción de las paredes interiores del tubo y por ello recupera muestras de buena calidad solamente en formaciones muy duras.

Barril doble tubo giratorio. El mecanismo de este tipo, permite al tubo interior permanecer estático eliminando así los esfuerzos de torsión que se presentan en los anteriores, por lo que es más recomendable que los anteriores.

Barriles no convencionales. Se muestran en las figs II.15 y II.16. Serie M. Este grupo de barriles muestreadores desarrollado por Sprague and Henwood, Inc, se diferencia básicamente de los convencionales por que tiene una extensión del tubo interior que llega casi hasta la broca, con lo que se logra que el fluido de perforación entre en contacto solo con una pequeña parte de la muestra antes de que esta penetre al tubo interior. Para este grupo se tienen 2 tipos como se muestra en la fig II.15. Son útiles en la extracción de muestras de materiales fácilmente erosionables.

Tipo XL. Este diseño desarrollado por E J Long year, Co introduce arriba del sistema de baleros axiales una válvula de hule, lo suficientemente blanda pa

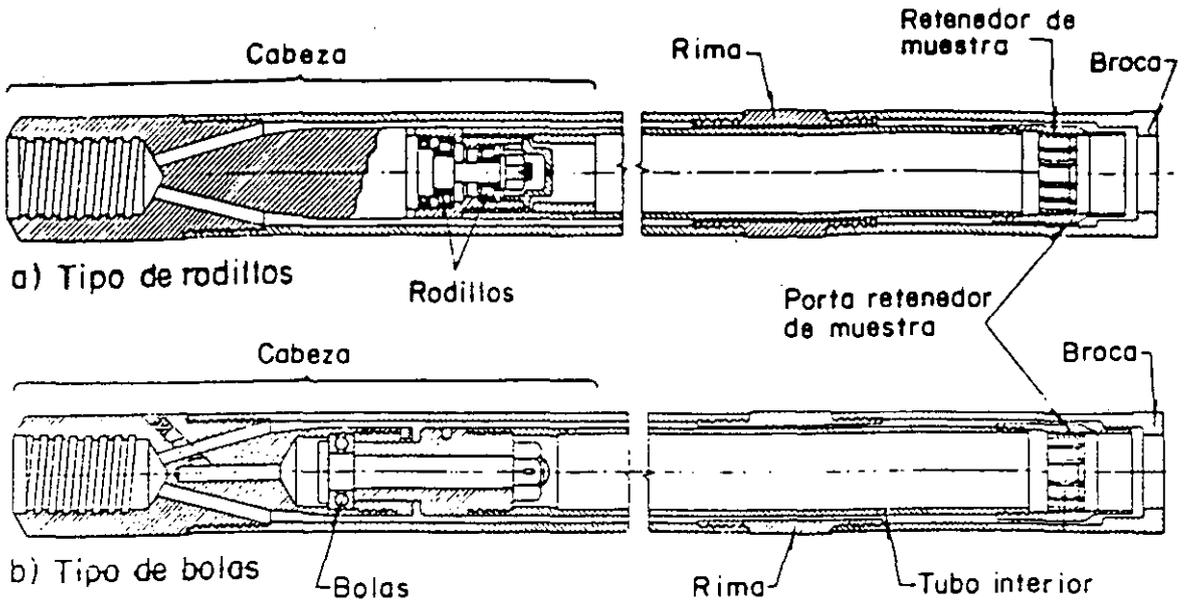


Fig II.15 Barriles del grupo "M"

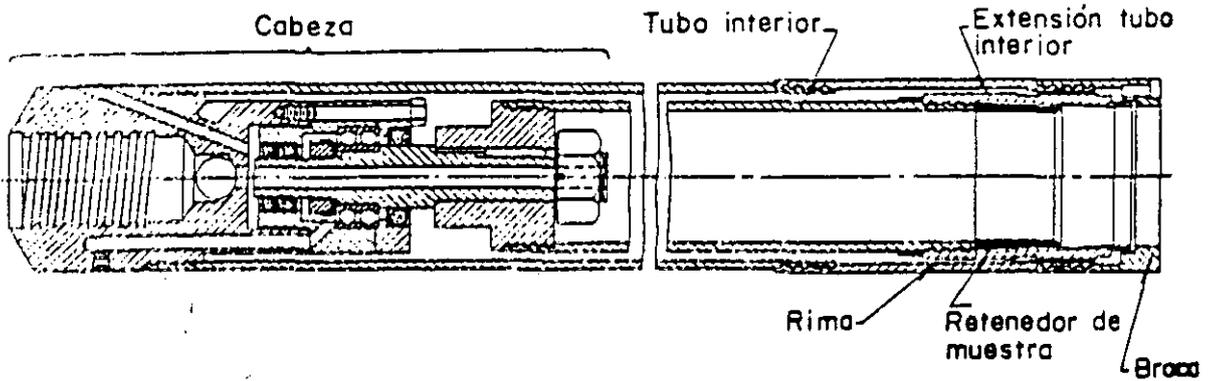
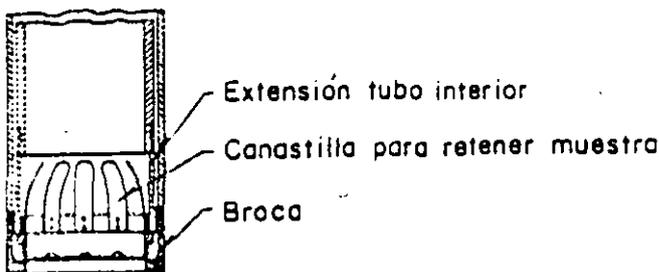


Fig II.16 Barriles de gran diámetro



BARRILES NO CONVENCIONALES

ra expandirse al recibir un bloqueo en el tubo interior, en las formaciones quebradas, al deslizarse un fragmento de roca con el contiguo origina un bloqueo que impide la entrada de la muestra en el tubo interior; esto es suficiente para que empuje el tubo interior hacia la cabeza del barril, originando que la válvula produzca el cierre de la circulación del fluido de la perforación, lo que es avisado al operador en el manómetro de la bomba, procediendo de inmediato a retirar su barril del fondo del barreno, para liberar el bloqueo, eliminando al máximo la pérdida de muestra y elevando la eficiencia en la perforación. Su uso tiene resultados óptimos en barrenos verticales, de formaciones suaves o muy fracturadas.

Además de estos 2 existen otros que debido a sus características son usados en casos muy especiales, entre ellos:

- Los barriles de gran diámetro, que permiten la adaptación de un retenedor de canasta (fig II.16) con lo que se logra obtener muestras de arenas gravas y suelos. Sus diámetros comunes aparecen en la siguiente tabla:

| Diámetro de la muestra, en mm | Diámetro exterior del barril, en mm |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 69.8 | 98.4 |
| 101.6 | 139.7 |
| 152.4 | 197.0 |

- Barriles para uso de lodos, que pueden usar lodos en la perforación, debido a un espacio mayor entre el tubo interior y el exterior, reduciendo el consumo de diamante al remover partículas de mayor tamaño con el agua.
- Barriles de membrana de hule, que permiten recuperar las muestras dentro de una membrana protectora reduciendo considerablemente la contaminación o la pérdida del material por efecto del fluido de perforación.
- Barriles de tubo triple; incluyen un tercer tubo o camisa delgada que sirve de forro o empaque a la muestra recuperada.

- Barriles del tipo Wire Line, cuyo diseño utiliza las modificaciones de los barriles M y L además de la utilización de un anillo centrador que permite la perforación en cualquier ángulo hasta el horizontal evitando la desviación del tubo interior por efecto de la gravedad; y un sistema de seguros que permite la extracción del muestreador desde la superficie mediante un pescador unido a un cable de acero sin necesidad de extraer la lingada, redundando en una mayor velocidad de perforación y mejor estado de las paredes del pozo, así como mejoras en la recuperación de la muestra. Es conveniente usar este sistema para perforaciones mayores de 50 m de profundidad (fig II.17)

b) Localización, profundidad y orientación de los sondeos

El subsuelo a lo largo de los ríos, lagos, deltas, esteros y en regiones glaciares es por lo general muy errático.

La distancia entre sondeos puede ser sumamente variable en el caso de obras de gran extensión. En las líneas de transmisión, por ejemplo, si las condiciones geológicas son muy favorables basta con un sondeo para cada torre de ataque. Sin embargo, en condiciones desfavorables, puede ser necesario estudiar con atención zonas reducidas como derrumbes, deslizamientos, creep, etc; multiplicando en ellas los sondeos.

Para verificar los posibles asentamientos de una estructura que descansa en pilotes de punta, es preciso considerar que la superficie de carga queda de limitada por el área de apoyo de los pilotes en la capa resistente, y comprobar que bajo esta superficie de carga no existen mantos compresibles.

c) Elección de maquinaria y herramienta de perforación

d) Información proporcionada por los sondeos

Un registro de perforación contiene:

- Información básica. Número de sondeo, nombre del proyecto, lugar, tiempo, elevación y orientación, perforista, supervisor y contratista.

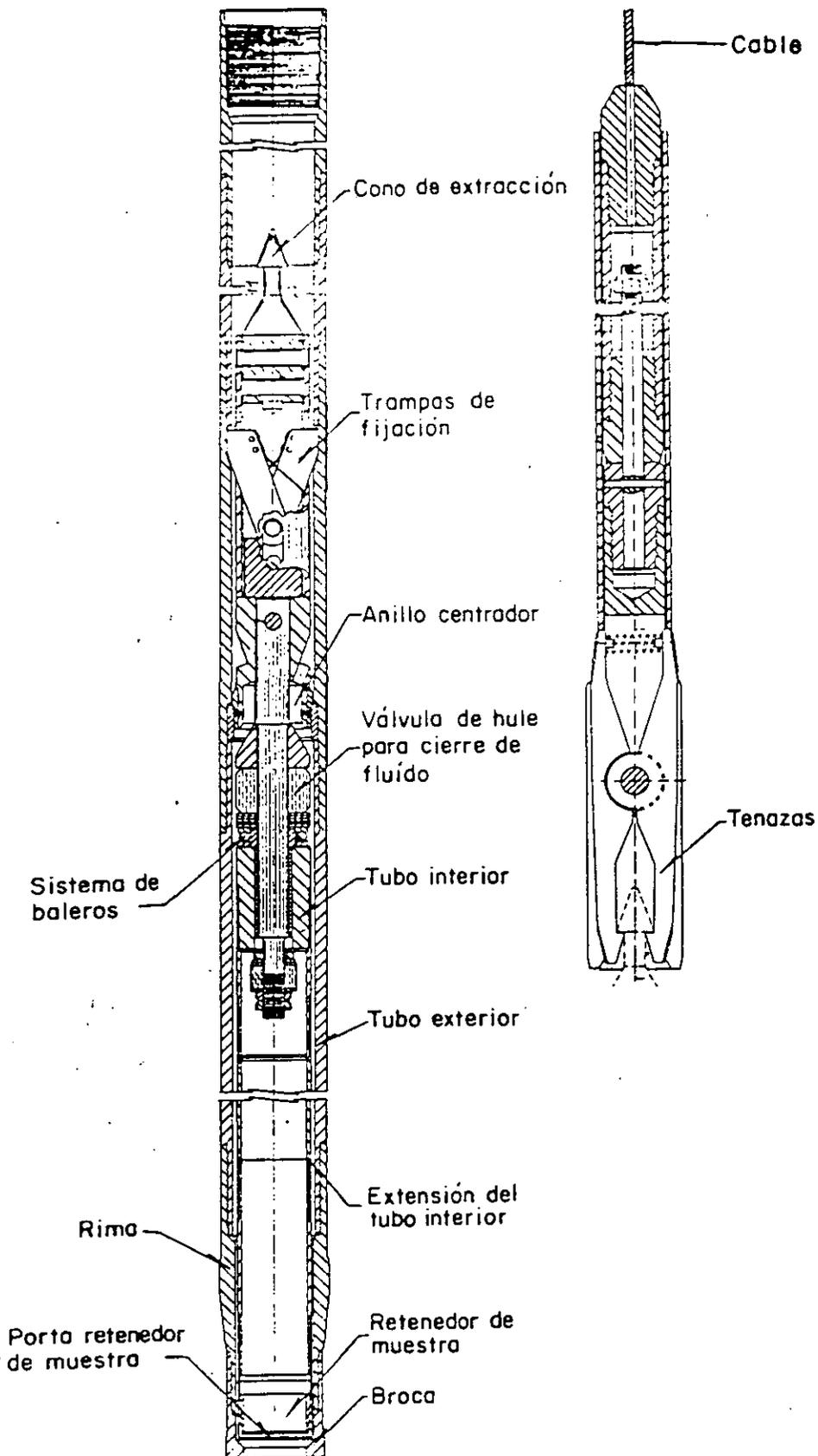


Fig II.17 Sistema "Wire Line"

- Método de perforación y avance. Maquinaria, sistema de inyección, barril muestreador y brocas; registro detallado del tamaño de los núcleos, pérdidas en el mismo y cambio de litologías; uso de adame; registro de niveles de agua; pérdida de fluidos circulantes; localización de muestras; pruebas *in situ*; demoras y derrumbes y profundidad de perforación diaria.
- Descripción del tipo y condiciones del material encontrado. Descripción de las condiciones de las muestras recuperadas en función de su recuperación o estado de fragmentación. Descripción geológica que incluye: tipo de roca, estado de alteración, discontinuidades y estructuras (cap B.1.2).
- Comentarios y simbología, adecuados a las situaciones a fin de ahorrar espacio. Eventos especiales ocurridos durante la perforación o instrumentación.

d) Cuidado y transporte de muestras

Una buena muestra obtenida, puede perder su valor si es mal clasificada y manejada antes de los estudios geológicos y pruebas de laboratorio, de ahí el sumo cuidado con el que se deben tratar los materiales obtenidos, guardándolos en cajas y cuidando su almacenamiento, transporte y clasificación.

Durante los análisis de los núcleos, estos deben ser examinados en varias ocasiones y no siempre por la misma persona, ni con el mismo conocimiento, aquí la ventaja de llevar un registro de estudio de las muestras en el que se anotará el propósito del análisis y el nombre del examinador, además de especificar en caso de que se haya roto algún fragmento, se haya tomado alguna parte, etc.

Las fotografías darán también una idea de la apariencia de los núcleos, sobre todo tiempo después, cuando las muestras ya se hayan deteriorado.

e) Otras técnicas usadas en la exploración mediante sondeos

En la exploración geotécnica con base en perforaciones, se han desarrollado

en los últimos años nuevos métodos para el estudio del subsuelo, mediante el uso de cámaras de fotografía, y televisión que permiten la inspección de las paredes del pozo; para poder realizar mediciones de las características geométricas y físicas de las discontinuidades existentes en la roca.

Cámara de fotografía. La cámara para perforaciones de diámetro NX desarrollada por el U S Army Corps of Engineers en 1960, está diseñada para fotografiar las superficies interiores del pozo con el propósito de detectar imperfecciones en la roca que pueden ser significativas para el diseño y que no pueden obtenerse debido a los núcleos recuperados. Estas proporcionan un registro continuo del pozo mediante fotografías de un cilindro desenrollado de tal calidad que pueden detectarse variaciones claras en la coloración y fracturas tan pequeñas como 0.01 pulg. Se pueden fotografiar pozos secos o rellenos de agua. En el caso de pozos con agua la profundidad máxima a que pueden ser usadas es de 150 m debido a la presión hidrostática que actúa sobre ellas.

Las ventajas principales en su utilización son:

- Se puede obtener información de las condiciones del sitio en lugares donde no hay recuperación o esta es muy pobre, de tal forma que no permite la interpretación.
- El costo de la fotografía en sondeos es menor que el de una exploración con perforaciones de gran diámetro, como el muestreo integral requerido para la obtención de información del subsuelo.

Su desventaja es el límite de profundidad y las dificultades debidas a la falta de claridad sobre todo en pozos rellenos de agua.

Cámaras de T V. Las que se introducen en pozos con un diámetro NX, han sido usadas para observar las condiciones *in situ* de las rocas por la proyección en un circuito cerrado de pantallas de televisión y registrando las imágenes en cinta magnética para su reproducción y estudio. Existen varios tipos de estas cámaras. Han sido utilizadas con éxito a fin de conocer las cavidades

de disolución en calizas.

4.2.2.3 Pozos a cielo abierto, trincheras y socavones.

Son métodos de exploración que mediante excavaciones ya sea con herramientas manuales, equipo neumático, cortadoras o explosivos, permiten contar con una exposición de las rocas en sitios donde naturalmente no existe, permitiendo un estudio directo y visual de las condiciones geológicas del subsuelo.

Pozos a cielo abierto. Son excavaciones desde la superficie del terreno en sentido vertical, de profundidad no mayor de 10 m y sección cuadrada aproximada de 1.5 m de lado.

Trincheras. Consisten también de una excavación desde la superficie del terreno pero su forma es alargada, las dimensiones de estas son variadas de acuerdo con el objetivo que se busca en su construcción.

Socavones y galerías. Son excavaciones efectuadas en sentido sensiblemente horizontal, a partir de las laderas o cortes de la obra; en general sus dimensiones son de 1.2 a 2 m de ancho y de 1.5 a 2.5 m de altura.

a) Métodos usuales de excavación.

Con herramientas manuales. Debido a que las excavaciones para exploración del subsuelo deben efectuarse prácticamente sin alterar las condiciones naturales de la roca, o que en ocasiones se realizan en una etapa del proyecto en la que no se dispone de maquinaria especializada en la obra, o bien, es prácticamente inaccesible el sitio de excavación, se efectúa esta con herramientas manuales aún cuando ello implique un tiempo considerable en su ejecución.

Con equipo neumático. Cuando la excavación se realiza en un sitio accesible, el equipo puede estar conectado a una máquina compresora; se puede utilizar también cortadoras especiales, del tipo de las de concreto.

Usando explosivos. Aún cuando en general no es recomendable el uso de explosivos para efectuar exploraciones mediante excavaciones, en casos particulares pueden utilizarse, siempre y cuando no se afecte notoriamente a la roca en estudio; por ejemplo, si la excavación ha de ser de grandes dimensiones, se puede iniciar usando moderadamente explosivos, para terminarla con algún otro de los procedimientos señalados.

Información obtenida.

Independiente del método de excavación, estas obras se realizan con diferentes propósitos:

- Investigación de la estructura del macizo rocoso
- Observación del sistema de diaclasas o del contacto entre diversos tipos de roca.
- Obtener información acerca de zonas particulares en el macizo rocoso.
- Observar la profundidad y grado de alteración de los materiales.
- Seguir la traza de fallas o fracturas importantes.
- Observación de estratos permeables (especialmente en áreas volcánicas), amplitud de fracturas, túneles en corrientes de lava, o cavidades de disolución y fisuras en calizas.
- Permitir la realización de pruebas *in situ*.
- Pruebas de corte, de deformabilidad, medidas de la permeabilidad, medición de los estados de esfuerzo del macizo o exploración geofísica.
- Obtención de muestras de bloque para identificación o ensayos de laboratorio.
- Permiten también la instalación de instrumentos de medición subterránea, mediciones del gradiente térmico de la roca, obtención de muestras de aire para conocer emanaciones de gases nocivos, detección y muestreo de aguas subterráneas, observación de la alterabilidad de la roca en paredes, piso y techo debidas a la exposición al aire.

De acuerdo con las características particulares de la obra, en algunos casos podrán determinarse una o más zonas en las que se provean condiciones críticas, por ejemplo, por ser mayor la magnitud de los esfuerzos que se transmitirán al subsuelo en esas zonas, o bien, por ser sensiblemente mayor la importancia de una parte determinada de la obra. En estos casos debe enfocarse la atención a esas zonas y frecuentemente bastará con ello para decidir la ubicación de la excavación.

En algunos casos habrá que recurrir al ensaye en laboratorio de muestras obtenidas durante la exploración superficial o con sondeos de perforación, para decidir la ubicación de las excavaciones. En este caso, conviene efectuar un gran número de ensayos índices rápidos y económicos; por ejemplo: se puede determinar la absorción de las diferentes muestras que, proporciona un índice del grado de alteración de la roca correspondiente, y está directamente relacionado con otras propiedades físicas y mecánicas de la misma.

4.3 BIBLIOGRAFIA

Santoyo V, E, "Exploración de sitios de presas", IX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Mérida 1978

Commission on Recommendations on Site Investigation Techniques, "Recommendations on site investigation techniques", International Society for Rock Mechanics. Final Report, July 1975

National Research Council Canada, "Canadian manual on foundation engineering", Issued by the Associate Committee on the National Building Code, Ottawa 1975

Dobrin M, "Introduction to geophysical prospecting", Mc Graw Hill Book Company Inc, 1961

Grant F and West G, "Interpretation theory in applied geophysics", Mc Graw Hill Book Company Inc, 1965

Christensen Diamond Products, "Utiles de Diamantes y su empleo en sondeos poco profundos".

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO III. AYUDAS PARA DISEÑO.

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 4. OBTENCION DE DATOS GEOLÓGICOS

CAPITULO 4. OBTENCION DE DATOS GEOLOGICOS

| | | |
|--------------|--|----|
| TABLA III.1. | Interpretación de resultados obtenidos en pruebas de refracción sísmica | 1 |
| TABLA III.2. | Catálogo de estructuras del subsuelo y sus gráficas tiempo-distancia | 2 |
| TABLA III.3 | Intervalo aproximado de la velocidad de onda longitudinal para diversos <u>materia</u> les representativos | 11 |
| TABLA III.4. | Resistividad eléctrica de distintos tipos de rocas y suelos | 12 |
| Fig III.1. | Diagrama representando curvas de iso-resistividades | 12 |
| Fig III.2. | Profundidad mínima de exploración para cimentaciones | 13 |
| Fig III.3. | Profundidad mínima de exploración para cortes, rellenos y presas de tierra | 13 |
| Fig III.4. | Profundidad mínima de exploración para excavaciones profundas | 14 |

TABLA III.1 Interpretación de resultados obtenidos en pruebas de refracción sísmica

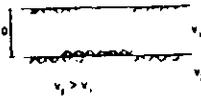
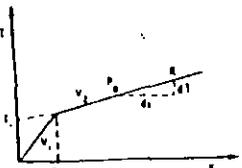
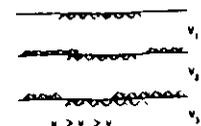
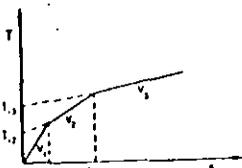
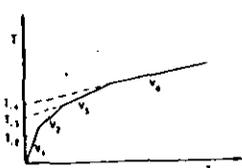
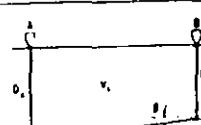
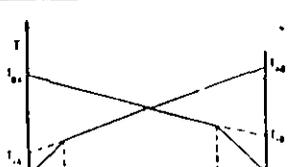
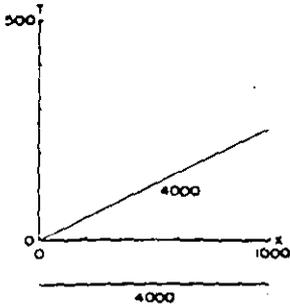
| CASOS | GRÁFICAS TIEMPO-DISTANCIA | FÓRMULAS USADAS EN LA INTERPRETACIÓN | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|------------------|-------|--------------------------------------|----|----|---|----|----|----|--|----|---|
|  <p> $v_1 > v_2$ Dos capas paralelas horizontales </p> |  <p> De la gráfica se obtiene: v_1 velocidad del medio superior v_2 velocidad del medio inferior x_c distancia crítica t_{i1} tiempo de intersección al origen </p> | <ol style="list-style-type: none"> Para calcular la velocidad en caso segmento de recta $P = \frac{d_1}{d_1}$ En el cálculo de la profundidad D_1 se utilizan: $D_1 = v_1 t_{i1} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} \right] \quad \text{o} \quad D_1 = t_{c1} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} \right]$ | | | | | | | | | | | | |
|  <p> $v_1 > v_2 > v_3$ Tres capas paralelas horizontales </p> |  <p> De la gráfica se obtiene: v_1 velocidad del medio más alto v_2 velocidad del segundo estrato v_3 velocidad del tercer estrato x_{c1} primera distancia crítica x_{c2} segunda distancia crítica t_{i12} tiempo de intersección $v_1 - v_2$ t_{i23} tiempo de intersección $v_2 - v_3$ </p> | <ol style="list-style-type: none"> Para el cálculo de los contactos en D_1 y D_2, se tiene lo siguiente: $D_1 = v_1 t_{i12} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} \right] \quad \text{o} \quad D_1 = t_{c1} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} \right]$ $D_2 = v_2 t_{i23} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_3 - v_2}{v_3 + v_2}} \right] - D_1 \quad \text{o} \quad D_2 = PD_1 + t_{c2} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_3 - v_2}{v_3 + v_2}} \right]$ En un cálculo aproximado: $P = 0.8$ y $Q = 2.0$ | | | | | | | | | | | | |
|  <p> $v_1 > v_2 > v_3 > v_4$ Cuatro capas paralelas horizontales </p> |  | <ol style="list-style-type: none"> Para los tres primeros estratos se procede como en el caso anterior Para el cuarto estrato $v_4 = \frac{d_1}{d_1}$ del cuarto segmento En el cálculo de la profundidad del contacto D_3 se usa: $D_3 = \frac{v_4 t_{i34}}{2} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{v_4}{v_3}\right)^2 - 1}} - D_1(Q - Q') - D_2(Q')$ donde: $Q' = Q - 2$ y $Q = 1.5$ aproximado. | | | | | | | | | | | | |
|  <p> Contactos inclinados </p> |  <p> De la gráfica se obtiene $v_1 = \frac{d_1}{d_1}$ en ambas curvas $v_{2A} = \frac{d_2}{d_1}$ en la curva de A $v_{2B} = \frac{d_2}{d_1}$ en la curva de B x_{cA} distancia crítica de la curva A x_{cB} distancia crítica de la curva B t_{i1A} tiempo de intersección al origen de A t_{i1B} tiempo de intersección al origen de B </p> | <ol style="list-style-type: none"> La velocidad del estrato inferior se obtiene de: $v_2 = 2 \cos \theta \frac{v_{2A} v_{2B}}{v_{2A} + v_{2B}}$ Para calcular el echado del contacto: $\theta = \frac{1}{2} \left[\text{sen}^{-1} \left(\frac{v_1}{v_{2B}} \right) - \text{sen}^{-1} \left(\frac{v_1}{v_{2A}} \right) \right]$ Cálculo de la profundidad: a) Usando tiempos de intersección: $D_A = \frac{v_1 t_{i1A}}{\cos \theta} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} \right]$ $D_B = \frac{v_1 t_{i1B}}{\cos \theta} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} \right]$ b) Usando distancias críticas: $D_A = \frac{x_{cA}}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} + \frac{x_{cA}}{2} \text{sen} \theta$ $D_B = \frac{x_{cB}}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}} + \frac{x_{cB}}{2} \text{sen} \theta$ Cálculos aproximados: $t_{i1} = \frac{x_{cB} + x_{cA}}{2} \frac{1}{v_2}$; $v_2 = \frac{v_{2A} + v_{2B}}{2}$ $D_A = \frac{x_{cA}}{2} \sqrt{\frac{v_{2A} - v_1}{v_{2A} + v_1}}$ $D_B = \frac{x_{cB}}{2} \sqrt{\frac{v_{2B} - v_1}{v_{2B} + v_1}}$ <p> Con un error de acuerdo con la siguiente tabla: </p> <table border="1" data-bbox="1514 1107 1755 1205"> <thead> <tr> <th>Ángulo de echado</th> <th>v_2</th> <th>Porcentaje de error en D_A o D_B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5°</td> <td>10</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | Ángulo de echado | v_2 | Porcentaje de error en D_A o D_B | 5° | 10 | 1 | 10 | 10 | 10 | | 10 | 2 |
| Ángulo de echado | v_2 | Porcentaje de error en D_A o D_B | | | | | | | | | | | | |
| 5° | 10 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 10 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 2 | | | | | | | | | | | | |

TABLA III.2

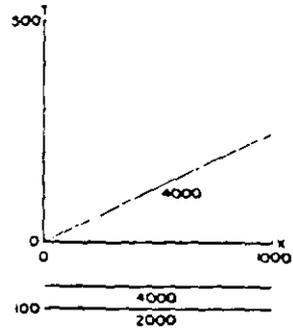
Catálogo de estructuras del
subsuelo y sus gráficas tiem
po distancia

B.III

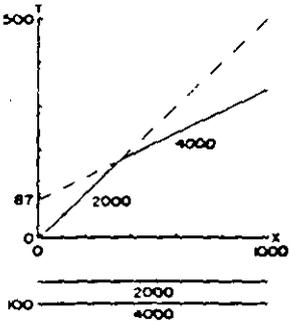
A. CAPAS HORIZONTALES



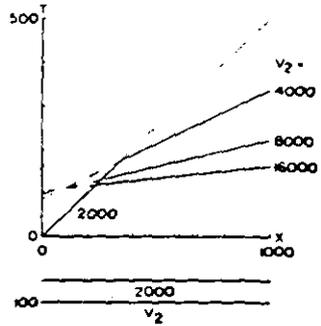
A.1. UNA CAPA:
Subsuelo uniforme



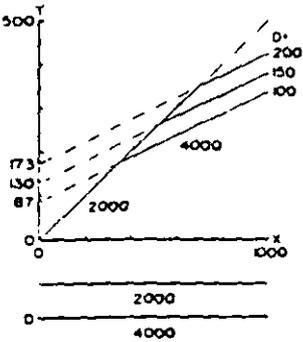
A.2. DOS CAPAS:
Alta velocidad sobre
baja velocidad



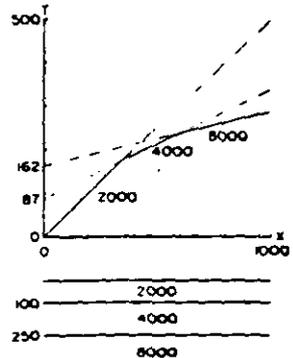
A.3. DOS CAPAS:
Baja velocidad sobre
alta velocidad



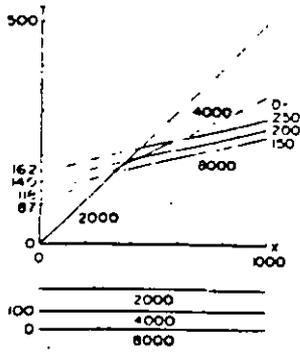
A.3. DOS CAPAS:
Efecto por diferentes
velocidades



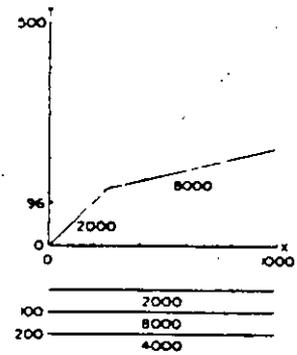
A.3. DOS CAPAS:
Efecto por diferentes
profundidades



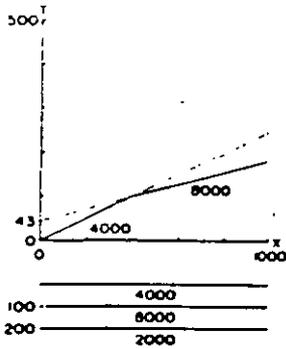
A.4. TRES CAPAS:
Baja sobre media y so
bre alta velocidad



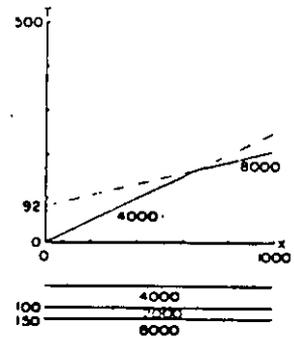
A.4. TRES CAPAS:
Efecto de adelgazamiento de la segunda etapa



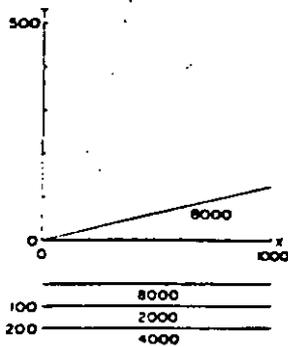
A.5. TRES CAPAS:
Baja sobre alta y sobre media velocidad



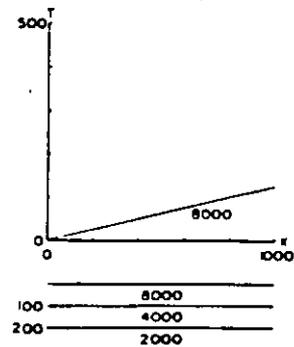
A.6. TRES CAPAS:
Media sobre alta y sobre baja velocidad



A.7. TRES CAPAS:
Media sobre baja y sobre alta velocidad

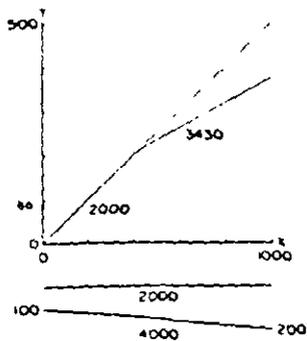


A.8. TRES CAPAS:
Alta sobre baja y sobre media velocidad

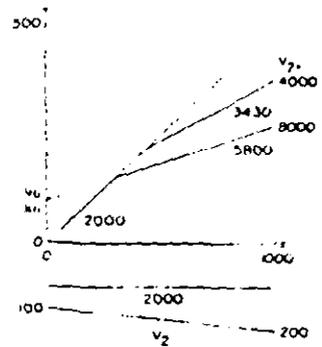


A.9. TRES CAPAS:
Alta sobre media y sobre baja velocidad

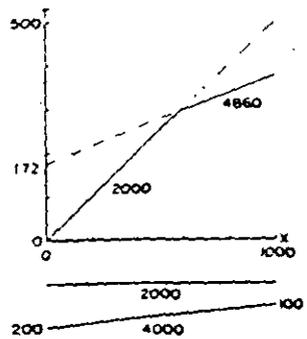
B. CAPAS INCLINADAS



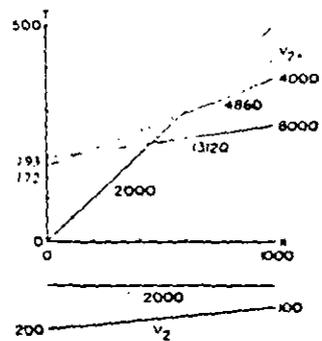
B.1. DOS CAPAS:
Echado hacia abajo



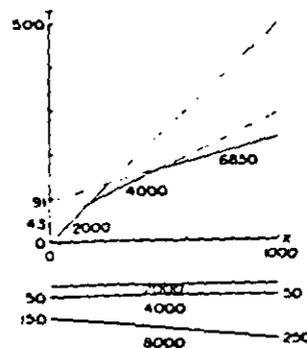
B.1. DOS CAPAS:
Echado hacia abajo



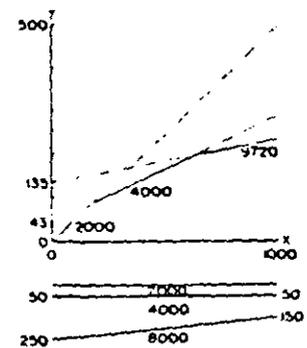
B.2. DOS CAPAS:
Echado hacia arriba



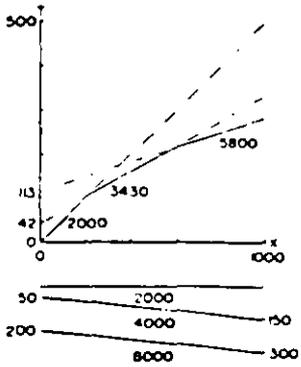
B.2. DOS CAPAS:
Echado hacia arriba



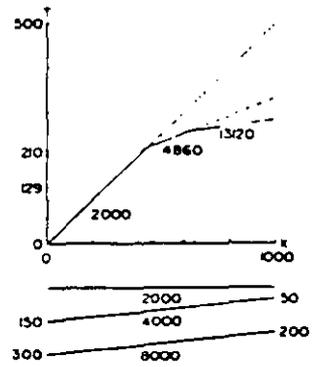
B.3. TRES CAPAS: Tipo 1
Echado hacia abajo



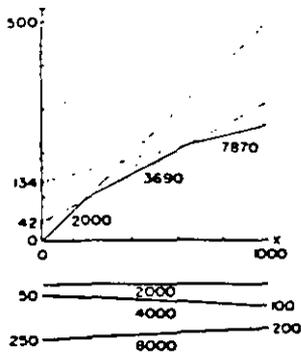
B.3. TRES CAPAS: Tipo 1
Echado hacia arriba



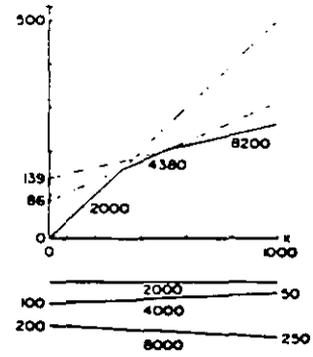
B.4. TRES CAPAS:
Tipo 2



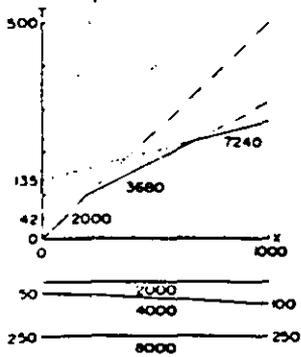
B.4. TRES CAPAS:
Tipo 2



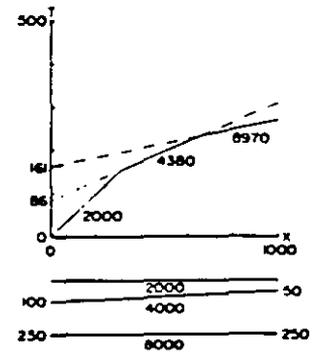
B.5. TRES CAPAS:
Tipo 3



B.5. TRES CAPAS:
Tipo 3

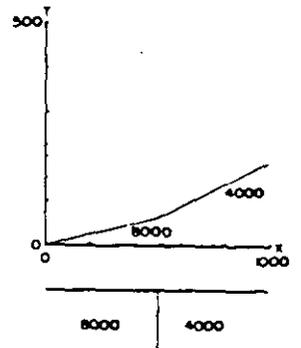
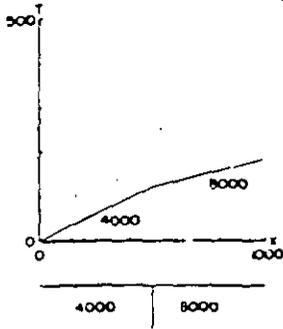


B.6. TRES CAPAS:
Tipo 4



B.6. TRES CAPAS:
Tipo 4

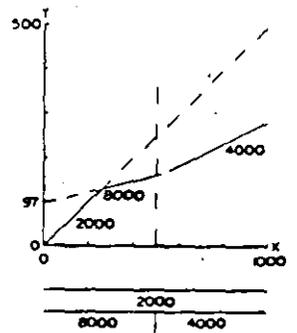
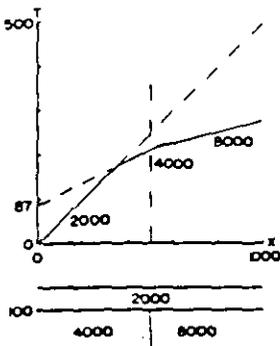
C. ESTRUCTURAS CON VARIACION LATERAL



C.1. CONTACTO VERTICAL AL SUPERFICIAL

a) de baja a alta velocidad

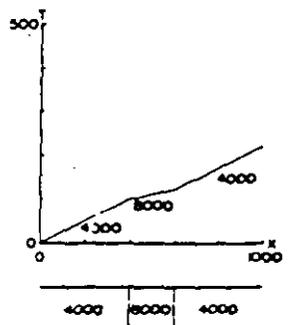
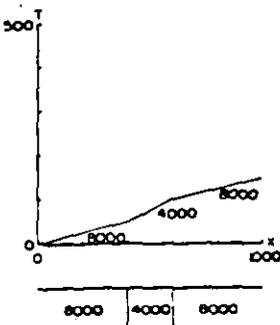
b) de alta a baja velocidad



C.2. CONTACTO VERTICAL ENTERRADO

a) de baja a alta velocidad

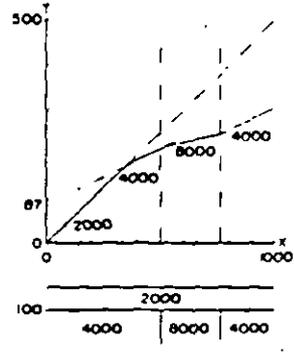
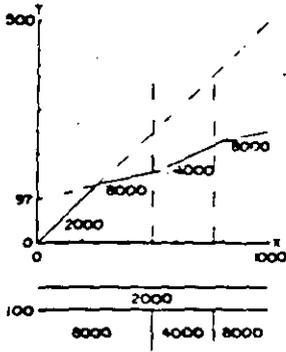
b) de alta a baja velocidad



C.3. DIQUE VERTICAL SUPERFICIAL

a) de baja velocidad

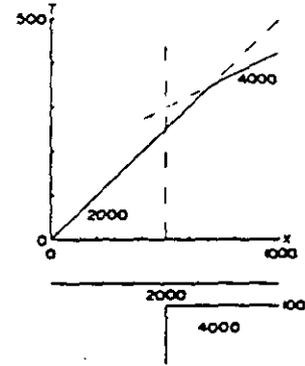
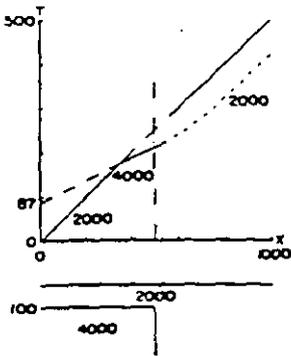
b) de alta velocidad



C.4. DIQUE VERTICAL ENTERRADO:

a) de baja velocidad

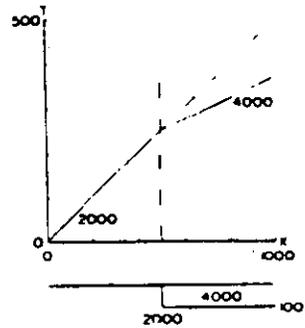
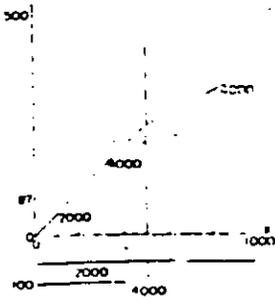
b) de alta velocidad



C.5. FALLA VERTICAL ENTERRADA:

a) Descendente

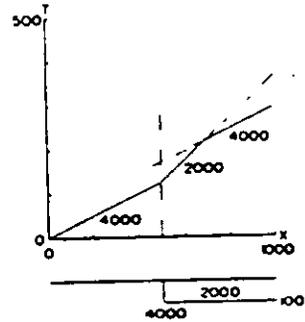
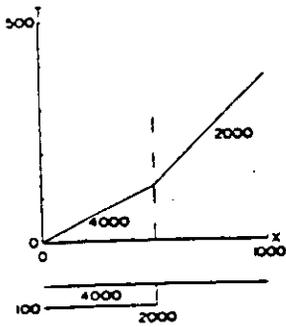
b) Ascendente



C.6. ESCALON SUPERFICIAL

a) de baja a alta velocidad: Tipo 1

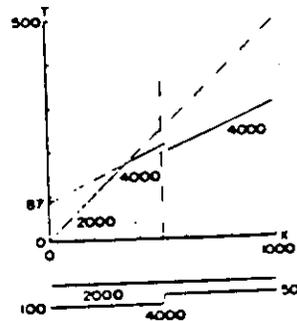
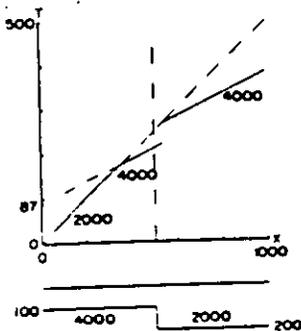
b) de baja a alta velocidad: Tipo 2



C.6. ESCALON SUPERFICIAL

c) de alta a baja velocidad: Tipo 1

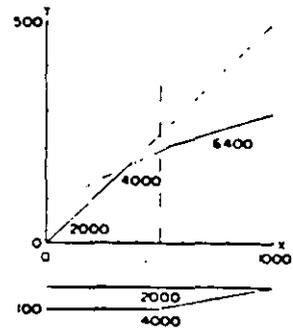
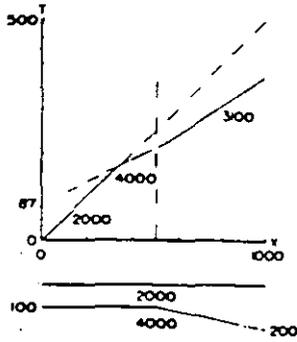
d) de alta a baja velocidad: Tipo 2



C.7. ESCALON ENTERRADO

a) Descendente

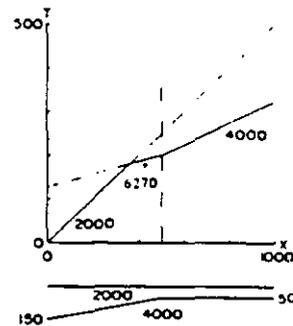
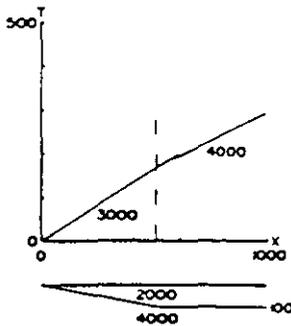
b) Ascendente



C.8. VARIACION DEL ECHADO EN EL SUBSUELO

a) de horizontal a descendente

b) de horizontal a ascendente

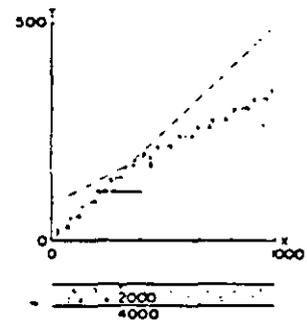
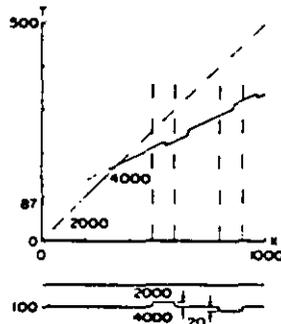
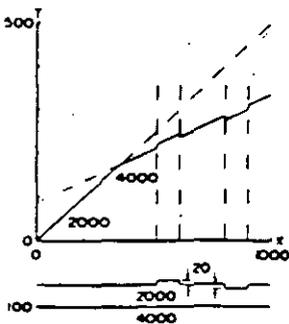


C.8. VARIACION DEL ECHADO EN EL SUBSUELO

c) de descendente a horizontal

d) de ascendente a horizontal

D. LIMITES IRREGULARES



D.1 TOPOGRAFIA IRREGULAR

D.2. CONTACTOS IRREGULARES

D.3 BOLEOS EN EL RELLENO

B.III

TABLA III.3. Intervalo aproximado de la velocidad de onda longitudinal para diversos materiales representativos

| M a t e r i a l | Velocidad, en m/seg |
|---|---------------------|
| Suelo | 170- 500 |
| Arcilla | 1000-2800 |
| Arcilla arenosa | 975-1100 |
| Arcilla arenosa cementada | 1160-1280 |
| Limo | 760 |
| Arena seca | 300 |
| Arena húmeda | 610-1830 |
| Aluvión | 550-1000 |
| Aluvión (terciario) | 800-1500 |
| Aluvión profundo | 1100-2360 |
| Depósito glacial | 490-1700 |
| Dunas | 500 |
| Loess | 375- 400 |
| Lutita | 1800-3800 |
| Arenisca | 2400-4000 |
| Marga | 3000-4700 |
| Creta | 1830-3970 |
| Caliza | 3000-5700 |
| Dolomía | 5000-6200 |
| Evaporitas | 3500-5500 |
| Granito | 4000-5600 |
| Gneis | 5100-7500 |
| Esquisto o pizarra | 2290-4700 |
| Roca ígneas del basamento | 5500-6600 |
| Agua (dependiendo de la temperatura y contenido de sales) | 1430-1680 |

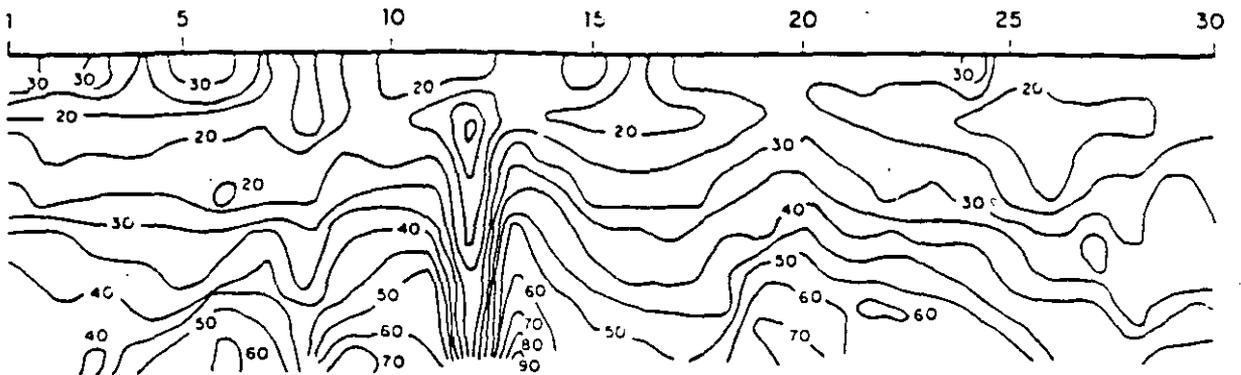
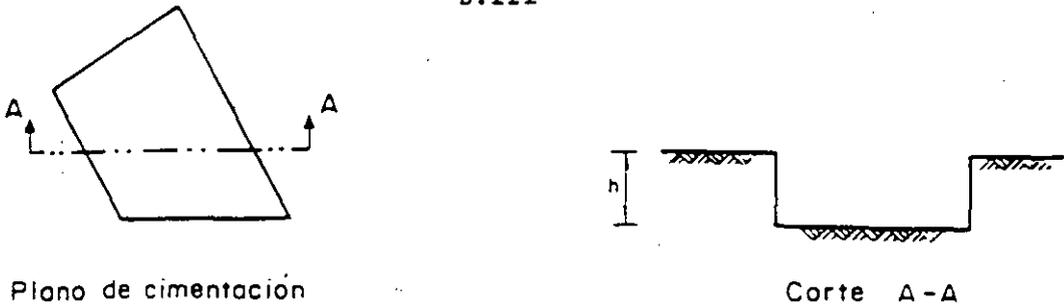


FIG III.1 Diagrama representando curvas de isorresistividades

TABLA III.4 Resistividad eléctrica de distintos tipos de roca y suelos

| Material | Resistividad, en ohmio-m |
|------------------|---------------------------------------|
| Galena | $5 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$ |
| Pirita | 1×10^{-3} |
| Serpentina | 2×10^2 |
| Granito | 1×10^6 |
| Diorita | 1×10^4 |
| Gabro | $1 \times 10^5 - 1.4 \times 10^7$ |
| Gneis | $2 \times 10^5 - 6 \times 10^6$ |
| Pizarra | $6.4 \times 10^2 - 6.5 \times 10^4$ |
| Conglomerados | $2 \times 10^3 - 1.3 \times 10^4$ |
| Arenisca | $7 \times 10^1 - 7 \times 10^3$ |
| Caliza | 1.8×10^2 |
| Marga | 7×10^1 |
| Depósito glaciar | 5×10^2 |
| Arena | $4 - 2.2 \times 10^2$ |
| Suelos | $10 - 1 \times 10^4$ |



Plano de cimentación

Corte A-A

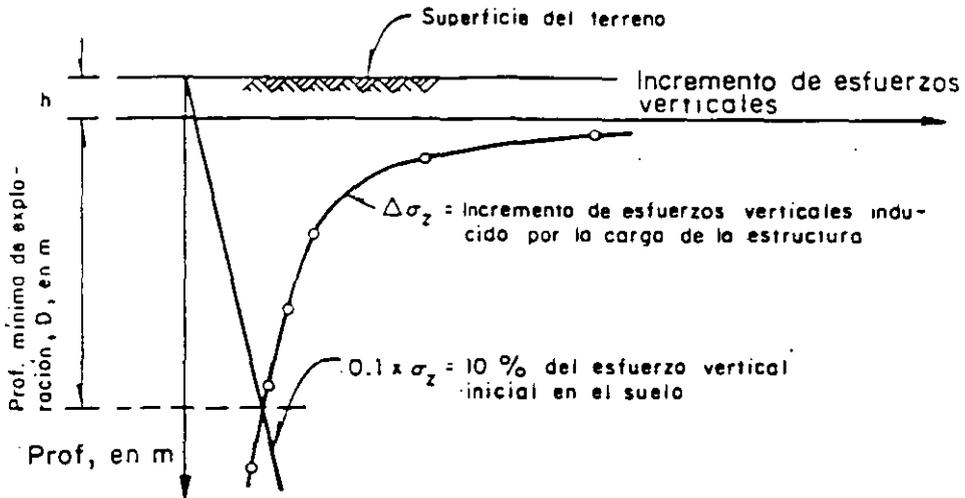


FIG III.2 Profundidad mínima de exploración para cimentaciones

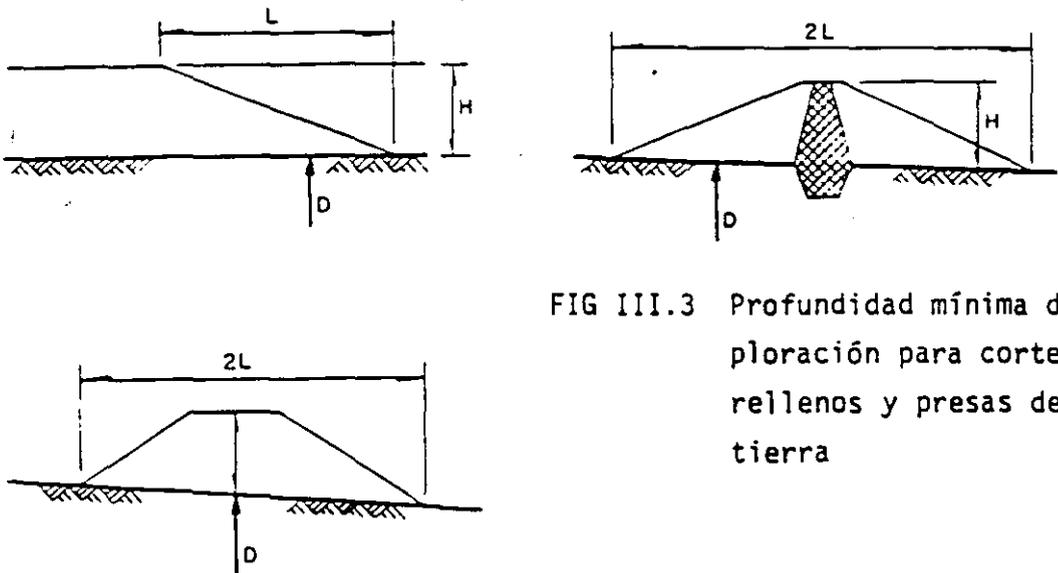
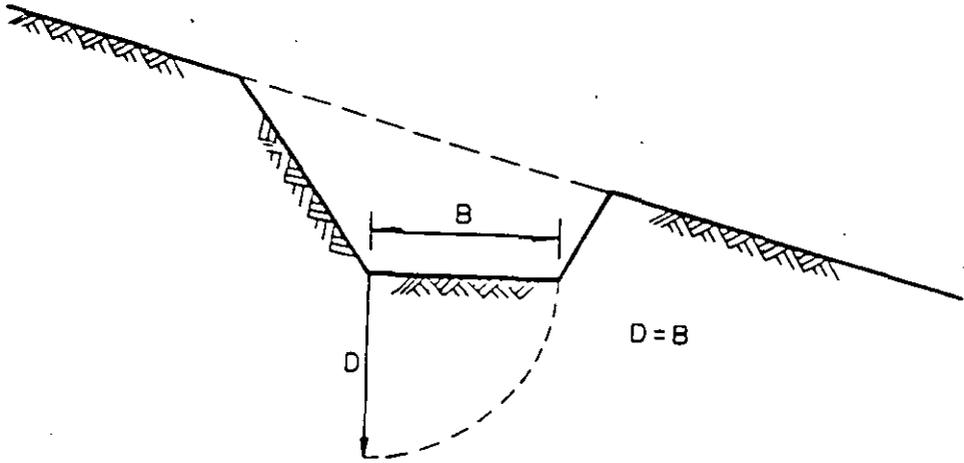


FIG III.3 Profundidad mínima de exploración para cortes, rellenos y presas de tierra



D = Profundidad mínima de exploración
 B = Ancho del fondo de la excavación

FIG III.4 Profundidad mínima de exploración para excavaciones profundas

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO I. RECOMENDACIONES

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 5. PRESENTACION DE DATOS GEOLOGICOS

CAPITULO 5. PRESENTACION DE DATOS GEOLOGICOS

| | | |
|----------|--|---|
| 5.1 | TIPOS DE REPRESENTACION | 1 |
| 5.1.1 | MAPAS GEOTECNICOS | 1 |
| 5.1.2 | PERFILES GEOTECNICOS INDIVIDUALES | 2 |
| 5.1.2.1. | Perfil de un sondeo | 2 |
| 5.1.2.2. | Perfiles de socavones, pozos a cielo abierto (PCA) y trincheras | 3 |
| 5.1.2.3 | Perfiles geofísicos de una sección | 4 |
| 5.1.3 | PERFIL GEOTECNICO INTEGRADO O SECCION GEOTECNICA | 4 |
| 5.1.4 | ESTEREOGRAMAS | 4 |
| 5.2 | SIMBOLOGIA | 5 |
| 5.3 | INFORMES GEOLOGICOS | 5 |

CAPITULO 5. PRESENTACION DE DATOS GEOLOGICOS

5.1 TIPOS DE REPRESENTACION

Los datos proporcionados por la exploración geológica, pueden presentarse - para su análisis en forma individual o integral, para lo cual se deben emplear las siguientes formas de representación:

- Mapas geotécnicos
- Perfiles geotécnicos individuales
- Perfiles geotécnicos integrados
- Estereogramas

5.1.1 MAPAS GEOTECNICOS

Mapas básicos que contendrán información referente a:

- Topografía y toponimia
- Litología (contactos geológicos)
- Propiedades de suelos y rocas
- Espesores de suelos

Discontinuidades (datos estructurales: fallas, fracturas, rumbos y echados, plegamientos, etc)
Aprovechamientos hidráulicos, manantiales
Zonas de filtración
 terrenos permeables
 hundidos
Zonas inestables (soliflucción, creep, deslizamientos, avalanchas)
Bancos de materiales
Fenómenos erosivos y de depósito
Datos sobre riesgo sísmico

y algunos datos específicos que requiera la obra determinada para la cual se construye el mapa.

La escala o escalas a las que se debe construir el mapa estarán dadas en función del tipo de obra y de la etapa misma para la que se requiera.

Dichas escalas serán de preferencia grandes, es decir entre 1:100 y 1:10000, y ocasionalmente se construirán mapas geotécnicos en escalas menores: 1:25000 o 1:50000, cuando el trabajo requiera de una exploración regional, como sería el caso de algún mapa geotécnico desarrollado durante la etapa de reconocimiento preliminar de un proyecto hidroeléctrico.

En el Tomo de Ayudas para Diseño se presenta un mapa geotécnico de la etapa de investigación del sitio de la cortina del PH "El Caracol".

5.1.2 PERFILES GEOTECNICOS INDIVIDUALES: EXISTEN CINCO TIPOS

Perfil de un sondeo
Perfil de un socavón
Perfil de un pozo a cielo abierto
Perfil de una trinchera
Perfil geofísico (sísmico, eléctrico) de una sección

5.1.2.1 Perfil de un sondeo

Presenta esencialmente los datos obtenidos mediante el análisis y pruebas -

de laboratorio realizados en los núcleos recuperados de una perforación y los registros de la perforación misma.

Se presenta en estos perfiles información referente a la litología y estratigrafía del subsuelo, nivel de aguas freáticas, índice de permeabilidad y de la calidad de la roca, características de las superficies de discontinuidad (abiertas o cerradas, lisas o rugosas, con relleno o sin él). Del estudio de las muestras de roca en el laboratorio se conocerá el índice de alteración, resistencia y módulo de elasticidad y porosidad del material.

Todos estos datos permitirán formar un perfil detallado de cada sondeo en roca, mediante el esquema que se presenta en la fig II.1, Tomo II.

Los sondeos en suelos permitirán obtener datos acerca de la penetración estándar, y el procesamiento en el laboratorio de las muestras obtenidas dará información acerca del contenido de agua, granulometría y límites de consistencia, datos que serán presentados en los perfiles detallados del sondeo en un esquema como el de la fig II.2 Tomo II.

Las escalas que se recomiendan en estos perfiles son 1:100 y 1:200 con el fin de poder presentar en ellos el mayor número de datos claramente; sin embargo, se pueden utilizar escalas menores.

5.1.2.2 Perfiles de Socavones, pozos a cielo abierto (PCA) y Trincheras

Contendrán información más específica acerca de las formaciones que atraviesan, los rasgos estructurales presentes en la roca del corte, las características del fracturamiento y de fallas.

Las escalas que se usan en este tipo de representaciones deberán ser grandes, es decir de 1:100 a 1:500, a fin de conocer con mayor exactitud las características de la zona donde se desarrolla este método de exploración.

Se recomienda el empleo de socavones, PCA y trincheras en problemas específicos que no se han podido dilucidar con otros métodos, o cuando se trata de obras que no requieren otro tipo de exploración.

5.1.2.2. Perfiles geofísicos de una sección

Se utilizará comunmente el método sísmico de refracción total, el eléctrico de resistividades y eléctrico de relación de caídas de potencial. Ocasionalmente podrá utilizarse algún otro que permita completar aún más las investigaciones de acuerdo con las características de la región (ver cap 4 de este tema).

Permiten obtener datos acerca de la propagación y celeridad de las ondas en los materiales, definición de fronteras entre materiales, existencia y profundidad y discontinuidades y resistividad aparente de los mismos.

5.1.3 PERFIL GEOTECNICO INTEGRADO O SECCION GEOTECNICA

Con el objeto de presentar una visión más general se deben construir los perfiles geotécnicos integrados que darán información acerca de la estructura que se presenta en el área, espesores y distribución de las formaciones y de los depósitos de relleno, amplitud probable de fallas, dirección de flujo subterráneo y niveles piezométricos. Estos esquemas se pueden usar también en el análisis de estabilidad de las laderas, o en el estudio para bancos de materiales.

La presentación de estos perfiles se puede hacer en escalas de 1:500 a 1:5000, siempre y cuando la que se use permita observar con claridad los elementos estructurales principales y la distribución de las rocas y suelos (ejemplo Fig III.5)

5.1.4 ESTEREOGRAMAS

Para representar la posición y la dirección preferencial del fracturamiento que presenta un macizo rocoso, se utilizan los diagramas de puntos y los de frecuencia, que muestran en forma objetiva y estadística los resultados de mediciones y observaciones realizadas en la zona de estudio.

Dichos diagramas se desarrollan con base en la red estereográfica (de aproximadamente 15 cm de diámetro), presentadas en este capítulo (figs II.4 y -

II.5 Tomo II)

5.2 SIMBOLOGIA

Para una mayor claridad en la presentación de los datos geológicos, se ha hecho una recopilación de la simbología utilizada en cartografía geológica y geotécnica en la actualidad. Esta recopilación se presenta en el Tomo de Ayudas para Diseño.

5.3 INFORMES GEOLOGICOS

El producto de la exploración geológica de un sitio tanto de la etapa preliminar como detallada o durante la construcción u operación se presentará en uno o varios informes geológicos que podrán ser de carácter general o especial.

La estructura del informe de carácter general constará de dos partes, la primera será una introducción que abarque datos generales de la región (condiciones sociales, ecológicas, climáticas y vías de comunicación) y características del sitio en estudio.

La segunda parte incluye comentarios y explicaciones de la exploración llevada a cabo, con los datos geológicos y geotécnicos recabados en la investigación que se presentarán en las formas descritas en el presente capítulo. Estos datos, obtenidos por procedimientos directos o indirectos, se desarrollarán con el mayor detalle posible, y serán relativos a: Litología (santidad o grado de alteración de la roca), estratigrafía (secuencia de las distintas unidades e historia geológica), geohidrología (ausencia o presencia de agua y composición), permeabilidad, estabilidad o inestabilidad del macizo rocoso, sismicidad, intemperismo y erosión (presencia e intensidad de acción) geomorfología y materiales de construcción.

Finalmente se presentarán las conclusiones obtenidas de la información geológica con sus correspondientes recomendaciones a fin de centrar la atención en aspectos geotécnicos importantes del lugar y definir nuevas directrices para la investigación futura.

Los informes de carácter especial se referirán al caso concreto objeto del estudio, sin entrar en aspectos o temas que fueron desarrollados en el informe de carácter general. En estos informes especiales se señalarán las causas del problema o las características geotécnicas del sitio investigado y se darán los lineamientos para la exploración adicional que deba ejecutarse y que proporcionen información base para la solución del problema.

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO II. COMENTARIOS

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 5. PRESENTACION DE DATOS GEOLOGICOS

CAPITULO 5. PRESENTACION DE DATOS GEOLOGICOS

| | | |
|----------|--|----|
| 5.1 | TIPOS DE REPRESENTACION | 1 |
| 5.1.1 | MAPAS GEOTECNICOS | 1 |
| 5.1.2 | PERFILES GEOTECNICOS INDIVIDUALES | 3 |
| 5.1.2.1. | Perfil de un sondeo | 3 |
| 5.1.2.2. | Perfiles de socavones, pozos a cielo abierto (PCA) y trincheras | 3 |
| 5.1.2.3. | Perfiles geofísicos de una sección | 5 |
| 5.1.3 | PERFIL GEOTECNICO INTEGRADO O SECCION GEOTECNICAS | 5 |
| 5.1.4 | ESTEREOGRAMAS | 6 |
| 5.1.4.1. | Diagrama de puntos | 6 |
| 5.1.4.2. | Diagrama de frecuencia | 11 |
| 5.2 | SIMBOLOGIA | 15 |
| 5.3 | INFORMES GEOLOGICOS | 15 |
| 5.4 | BIBLIOGRAFIA | 17 |

CAPITULO 5. PRESENTACION DE DATOS GEOLOGICOS

5.1 TIPOS DE REPRESENTACION

5.1.1 MAPAS GEOTECNICOS

Los mapas geotécnicos son planos que contienen datos geológicos e información de utilidad práctica para un proyecto de ingeniería determinado. Esta información provendrá de observaciones detalladas de campo y mediciones tanto de campo como de laboratorio.

Las unidades que constituirán estos mapas estarán definidas con base en propiedades ingenieriles de los materiales al comportamiento de los mismos, o a otras características determinadas por la finalidad específica del mapa. Las fronteras de estas unidades marcarán las variaciones en estas propiedades.

Existirán, en este aspecto, tantos mapas geotécnicos como tipos de obras - que requieran un estudio detallado de las propiedades y comportamiento de los materiales. Además, se podrán desarrollar mapas geotécnicos en las diferentes etapas del desarrollo de un proyecto, teniendo así mapas geotécnicos para la etapa de reconocimiento preliminar, o para la etapa de investigación de un sitio o durante la construcción de una obra.

En la tabla II.1 se pretende establecer una clasificación de mapas geotécnicos, regionales y locales, para que sean utilizados de manera conveniente durante el desarrollo de cualquier proyecto.

TABLA II.1 Clasificación de mapas geotécnicos

| Tipo de mapa | Información contenida | Escalas usuales | Preparados por: | Método de elaboración | Aprovechamiento ingenieril |
|---------------------------------------|--|-----------------------|---|--|--|
| A. MAPAS GEOTÉCNICOS REGIONALES | Datos de geología general, enriquecidos con información de interés ingenieril e interpretaciones | 1:10000 o menores | Instituciones gubernamentales o centros de investigación | Fotografías aéreas, observaciones de campo, mapas topográficos previos e información geológica existente | Planeación y reconocimiento preliminar, información general sobre la región y de los materiales existentes en ella |
| B. MAPAS GEOTÉCNICOS LOCALES | | | | | |
| a) Etapa de reconocimiento preliminar | Clasificación y descripción de suelos y rocas, geomorfología, hidrografía, geodinámica externa, sismicidad y vulcanismo, discontinuidades y localización de materiales | 1:500 a 1:10000 | Ingenieros geólogos, especialistas en minas, geología estructural, geomorfología o geotécnica | Fotointerpretación, recorridos de campo, uso de brújula, cinta y circimetro | Planeación y reconocimientos detallados |
| b) Etapa de investigación del sitio | Datos sobre propiedades específicas de los materiales, levantamiento de unidades de diferente comportamiento ingenieril | 1:100 a 1:5000 | Ingenieros geólogos de mecánica de suelos o rocas y geotécnicos | Los anteriores, más los datos obtenidos de las pruebas mecánicas de laboratorio efectuadas en los materiales obtenidos de sondeos, PCA, socavones y muestreo superficial | Detalles sobre sitios propuestos y problemas que se pudieran presentar |
| c) Etapa de construcción de una obra | Datos sobre aspectos importantes durante la construcción | 1:100 a 1:2000 | Ingenieros geólogos de mecánica de suelos o rocas y geotécnicos | | Detalles observados durante la obra y reconocimiento de problemas no previstos |

5.1.2 PERFILES GEOTECNICOS INDIVIDUALES

5.1.2.1 Perfil de un sondeo

Es la representación gráfica de los datos y las propiedades de los núcleos recuperados en un sondeo, mediante un análisis cuidadoso de ellos en el campo y de pruebas sobre estos, desarrolladas en el laboratorio.

Para su elaboración se utilizan los patrones mostrados en las figs. II.1 y II.2, en los cuales se vacían los datos obtenidos de las pruebas y observaciones de campo y de laboratorio, con lo que se tendrá un perfil del sondeo que incluye: la descripción de las unidades cortadas, la descripción de las discontinuidades y las gráficas de los valores obtenidos de las discontinuidades y las gráficas de los valores obtenidos de las pruebas de laboratorio. En la construcción del perfil se anotará, en la columna de observaciones, todo aquello que no se encuentre claramente especificado en el mismo y represente cierta importancia para su análisis (fugas parciales o totales de agua, derrumbes en la pared del pozo, ademado, caídas bruscas de la broca, características del material en suspensión en el agua de retorno, etc.)

Estos perfiles son útiles en el conocimiento de las propiedades y características de las rocas y suelos del proyecto y en la elaboración de secciones geotécnicas necesarias para el análisis global de las condiciones del área estudiada.

5.1.2.2 Perfiles de socavones, pozos a cielo abierto (PCA) y trincheras

Es la representación gráfica en planta de todos los aspectos que se pueden observar en un socavón, en un pozo a cielo abierto o en una trinchera.

La elaboración de ellos es simplemente el dibujo de los rasgos que aparecen tanto en el piso como en las paredes de la obra, en un desarrollo en plano de la misma y presentando la litología, grado de alteración de la roca, las discontinuidades y estructuras presentes, contactos, estratificación y echados, cavidades de disolución, etc.

La ventaja y utilidad de estos procedimientos de exploración es que pueden estudiarse las características de los materiales directa y visualmente. En el Tomo de Ayudas para Diseño, se presenta un ejemplo de levantamiento estructural en socavones y trincheras.

Conviene observar la evolución de las rocas bajo la acción de la intemperie después de la excavación, con objeto de valorar el grado de alterabilidad que presentan en intervalos de tiempo relativamente cortos.

5.1.2.3 Perfiles geofísicos de una sección

La utilización de los métodos geofísicos de exploración puede redundar en una economía, al reducir la magnitud de las exploraciones directas.

Es preciso calibrar los resultados de estos métodos, en un sitio dado, comparándolos con los de un sondeo por lo menos.

La correlación así establecida entre las magnitudes medidas con estos métodos y el corte estratigráfico del sondeo permite deducir, posteriormente los cortes geológicos. Motivo por el cual, la representación de los resultados obtenidos de una exploración geofísica se asociará siempre a uno o varios cortes geológicos, inclusive como parte de las secciones geotécnicas integradas como un dato más para la interpretación de las condiciones geotécnicas del sitio.

5.1.3 PERFIL GEOTECNICO INTEGRADO O SECCION GEOTECNICA

Es la representación de una serie integrada de perfiles geotécnicos individuales (sondeos, socavones, trincheras, PCA) distribuidos sobre una sección de interés para el estudio, que permitirá interpretar la geología de la sección.

Una buena interpretación del perfil integrado ayudará a conocer las relaciones estructurales, la disposición de los materiales en el subsuelo, los niveles piezométricos y será de gran utilidad para los análisis de estabilidad de laderas, excavaciones subterráneas, el estudio de la geometría de

los depósitos, el volumen de materiales y del relleno, el conocimiento de la dirección de flujos subterráneos, el análisis de estados de esfuerzos, etc.

5.1.4 ESTEREOGRAMAS

5.1.4.1 Diagrama de puntos

Es una representación de los planos de discontinuidades por medio de puntos llamados polos en un plano denominado red estereográfica.

Los polos de una discontinuidad se definen como sigue: suponiendo que todos los planos de las fracturas pasan por el centro de una esfera de referencia, la línea perpendicular a cada fractura que pasa por el centro de la esfera la atravesará en dos puntos, llamados polos. En la fig. II.3a los polos de una fractura PQRS, con rumbo NE 45°SW y echado 45°WW están en T y U. Para representar los datos se utiliza únicamente la mitad superior o inferior de la esfera, porque los polos de un hemisferio son la imagen especular de los del otro.

Se puede usar la proyección estereográfica o la proyección equiareal (de áreas iguales), siendo de mayor utilidad esta última (figs. II.4 y II.5)

Procedimiento para la representación de discontinuidades

Para la localización en el plano de cada uno de los polos correspondientes a las fracturas medidas se dan los siguientes pasos:

- 1) Se coloca un trozo de papel transparente sobre la red estereográfica que se use (en este caso la equiareal), dibujando en el mismo la circunferencia y los ejes N-S y E-W, correspondiendo con la red usada (fig II.6a).
- 2) Se traza una perpendicular al rumbo de la fractura medida, que pase por el centro del círculo, y en dirección opuesta a la de la inclinación de la fractura medida (fig II.6b).
- 3) Se gira la hoja hasta hacer coincidir la línea trazada con el eje E-W -

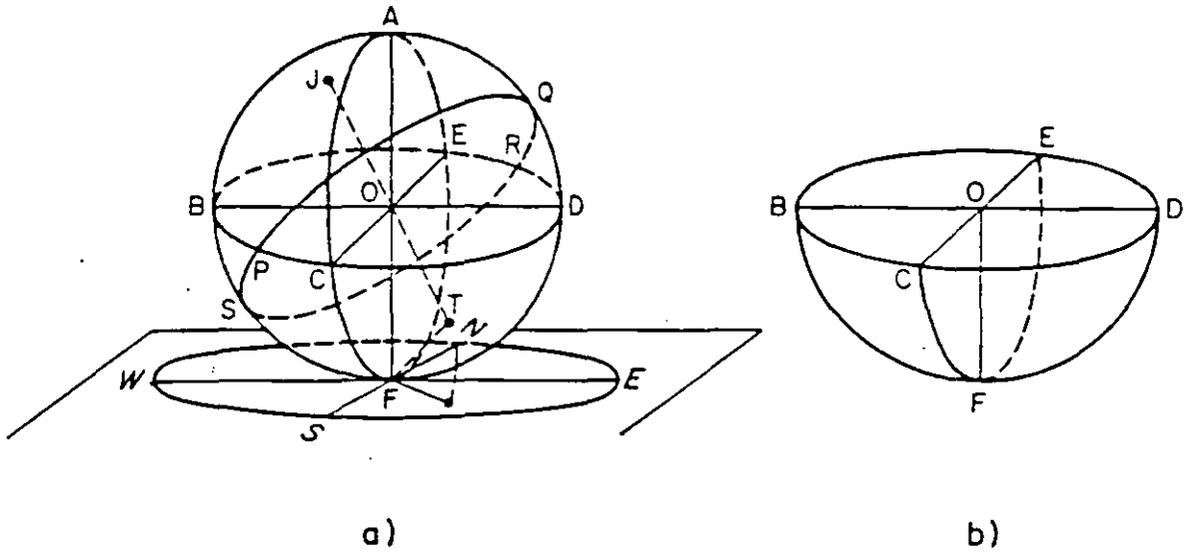


FIG. II.3 a) Esfera que muestra la representación estereográfica de una fractura con rumbo NE 45° SW y echado 45° NW
 b) El hemisferio inferior, empleado comunmente en geología estructural

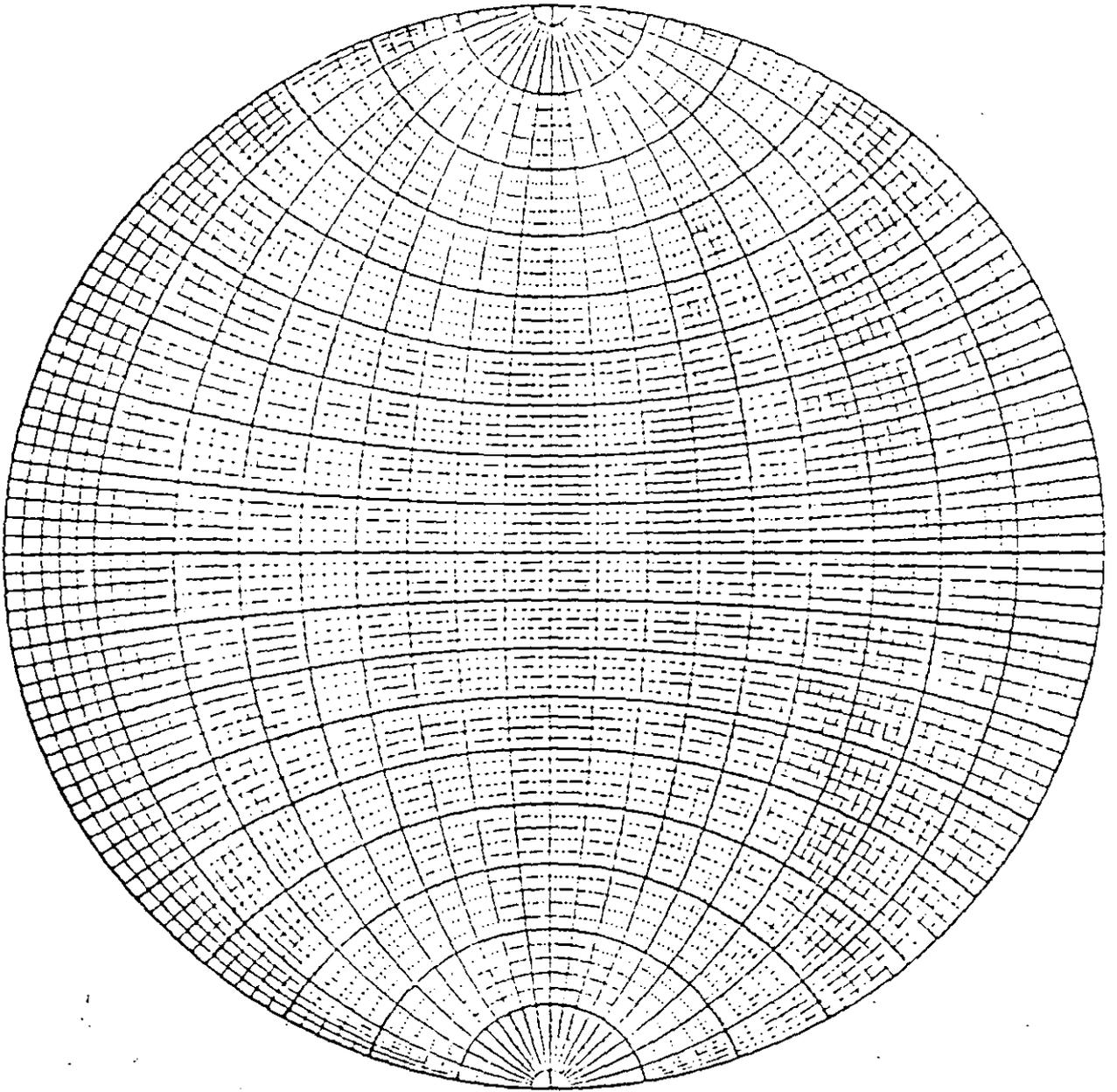


FIG II.4 Diagrama estereográfico de Wulf

B. II

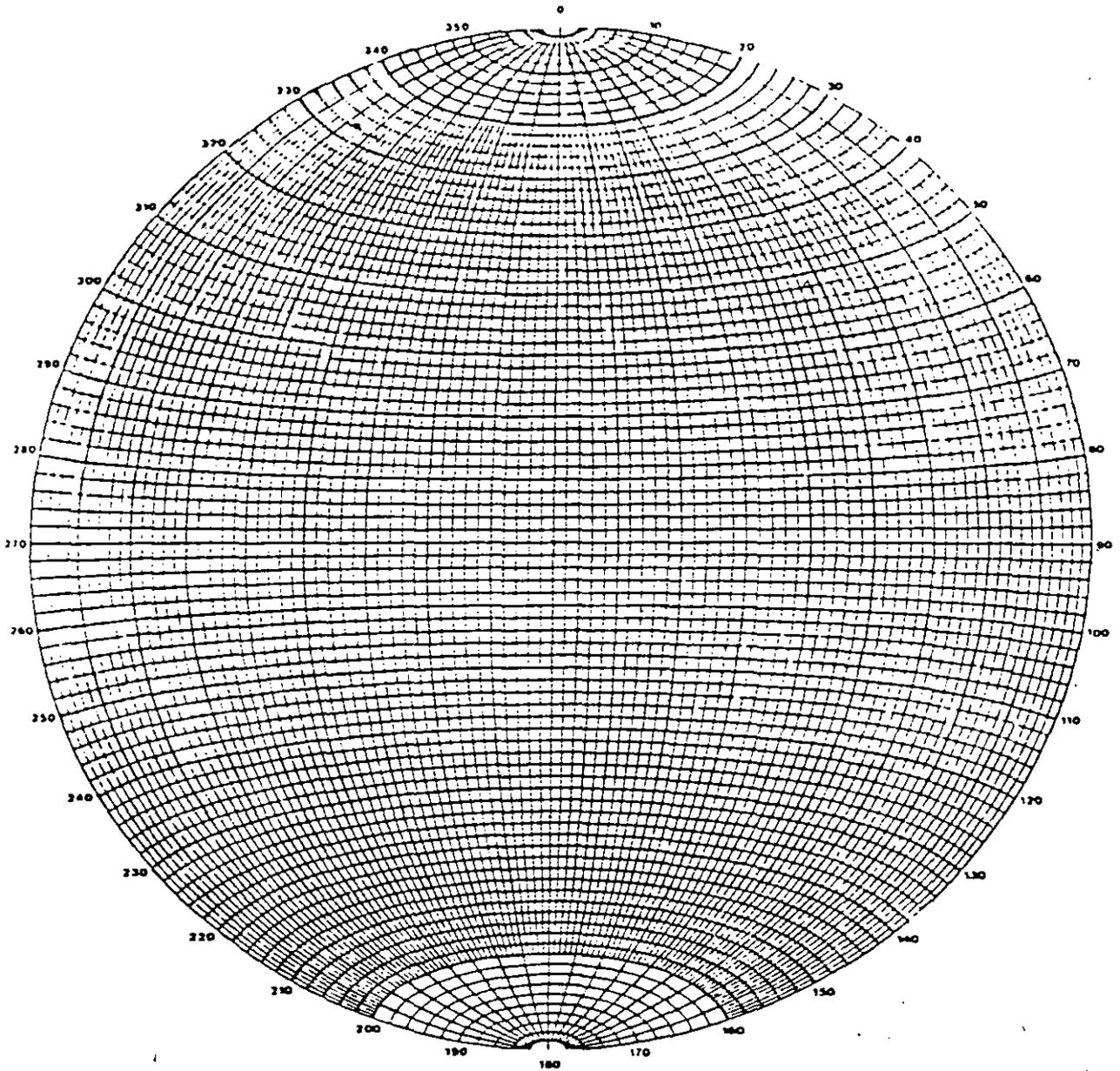


FIG II.5 Diagrama estereográfico ecuatorial equiareal (áreas iguales)

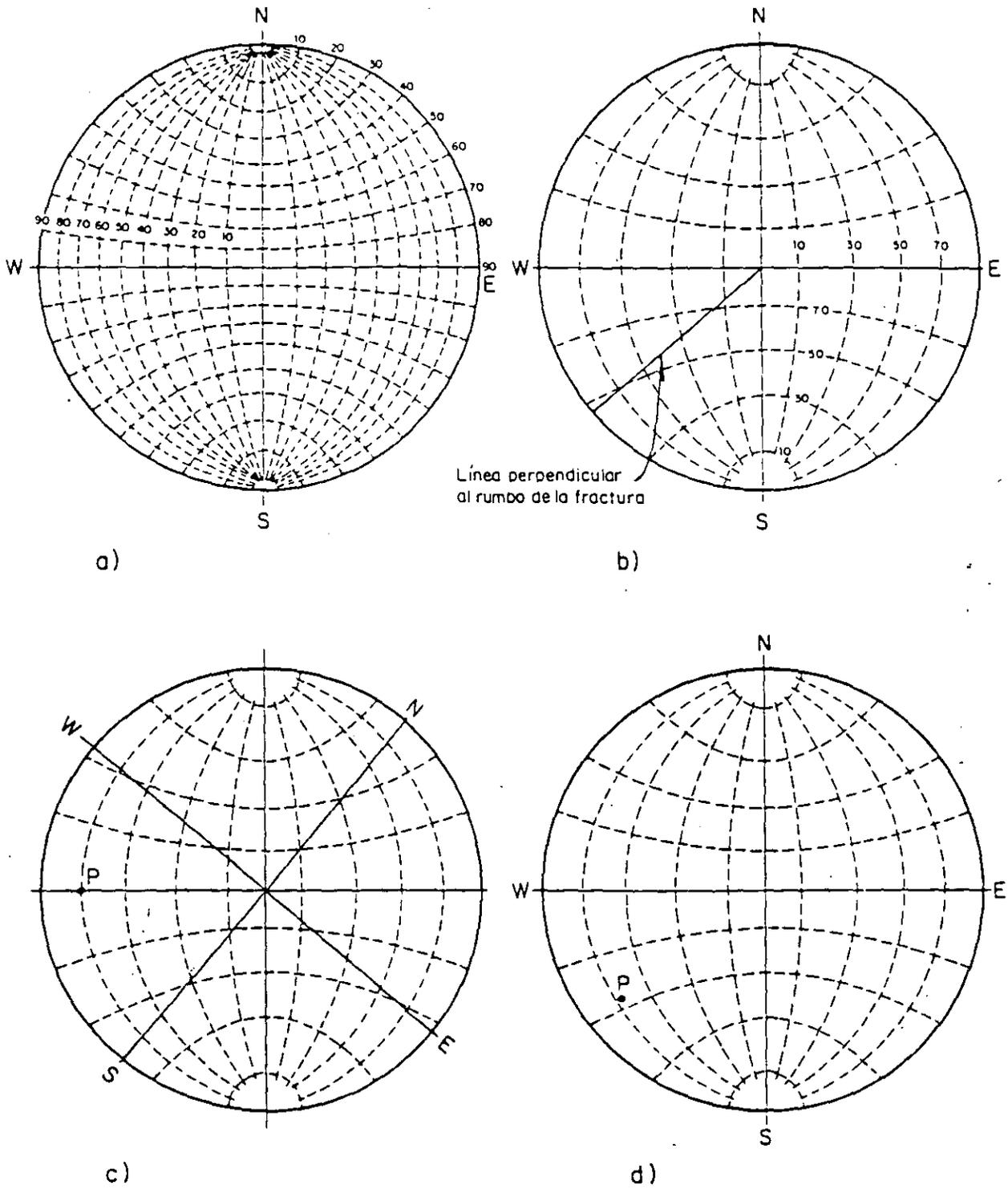


FIG II.6 Procedimiento para la representación del polo de una fractura, con rumbo N 40°W e inclinación 70°NE

(fig. II.6c)

- 4) Se localiza sobre esta la inclinación medida de la fractura. El punto sobre la línea corresponde a la inclinación en el polo que se busca - (fig. II.6c)
- 5) Se regresa la hoja a su posición inicial (haciendo coincidir los ejes de la red con los del diagrama) y se repite el proceso para cada una de las fracturas que se quieran representar en el diagrama (fig II.6d)

5.1.4.2 Diagrama de frecuencia

El objetivo de este diagrama es tener una idea de conjunto del fracturamiento, distribuido en áreas de igual valor en cuanto a la frecuencia de las direcciones medidas en el campo, lo que da por resultado una serie de zonas - sobre el plano circular que permiten conocer las principales direcciones de fracturas en el área.

Procedimiento de elaboración

Se construye con base en el diagrama de puntos que se elabora del área y - se dan los siguientes pasos.

- 1) Se coloca un trozo de papel transparente sobre el diagrama de puntos. - El contador central, (CC) en la fig II.7 consiste en un agujero circular en el centro de un trozo de papel, cartón o cualquier material apropiado. El área de este círculo es el 1 por ciento del área del círculo grande. En la fig.II.7 se han representado 200 puntos (algunos cubiertos por los contadores).
- 2) Para que el muestreo sea sistemático, se coloca un reticulado sobre el diagrama de puntos - o debajo, si el diagrama de puntos está sobre papel transparente - y el contador central se mueve de izquierda a derecha un

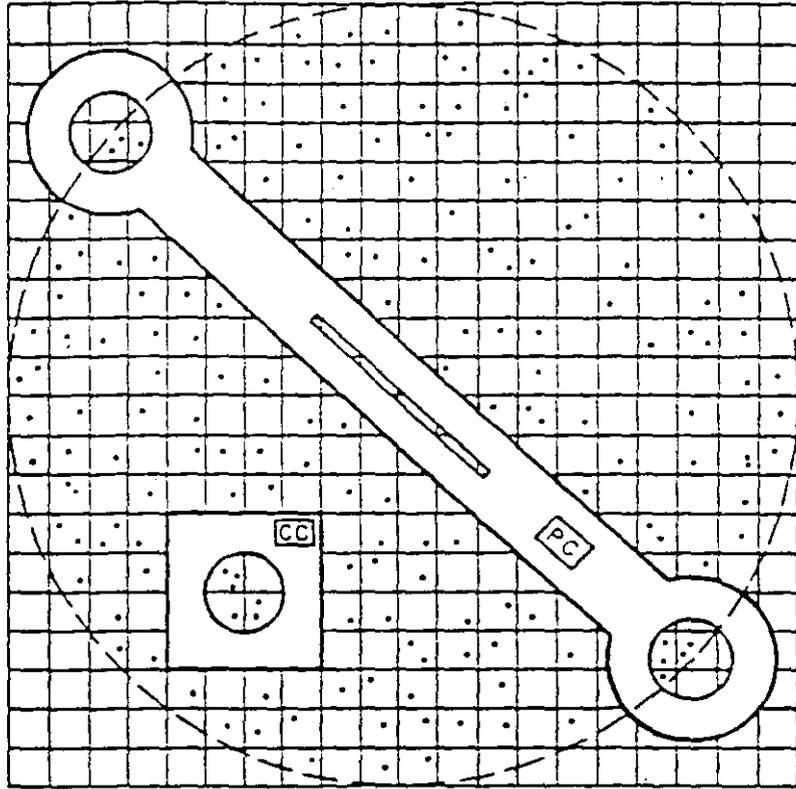


FIG II.7 Método para el conteo de puntos en la elaboración de un diagrama de frecuencias

centímetro cada vez. Después de completar un recorrido de izquierda a derecha, se mueve el contador un centímetro hacia abajo y se efectúa -- otro recorrido. Debe tenerse en cuenta que un mismo punto de este dia - grama puede caer dentro del contador central varias veces en posiciones sucesivas. El punto se cuenta cada vez.

- 3) Cada vez que se tiene fijo el contador central, se suman todos los pun - tos que quedan dentro del área del contador. Conociendo el número total de puntos se sabrá qué porcentaje representan los puntos dentro del área del contador; esa cifra se escribe en el centro del área y se sigue el - recorrido con el contador. En la fig. II.7, seis puntos caen dentro del área del contador, lo que representa el 3 por ciento del total de pun - tos; esta cifra "3" se escribe en el centro de esta parte.
- 4) Para los puntos cuya distancia a la circunferencia es menor que el diá - metro del contador central, se usa un contador periférico (PC), en la - fig. II.7 construido también de papel cartón u otro material. La mitad - de cada uno de los círculos en ambos extremos se extiende más allá de la circunferencia del círculo grande. Los puntos en cada uno de los círcu - los se suman, el total representa un porcentaje. Ese valor será el que se escriba sobre el diagrama en el centro de ambos círculos, en los ex - tremos del contador periférico. En la fig II.7, totalizan 8 puntos, que es el 4 por ciento del total de 200. La cifra 4 se escribe entonces so - bre el diagrama en el centro de ambos círculos:
- 5) Después que el diagrama ha sido cubierto con cifras porcentuales, se di - bujan las curvas de frecuencia, de la misma manera que se preparan las - curvas de nivel topográficas a partir de puntos de igual altitud.

Proyección estereográfica (base teórica)

Los diagramas mencionados (puntos y frecuencias) se basan en los principios de la proyección estereográfica. Estos se muestran en la fig II.8 en la que se observa una esfera; el eje AF es vertical, el BD es horizontal de este a oeste y el eje CE es horizontal norte sur. BCDE es un plano horizontal, - -

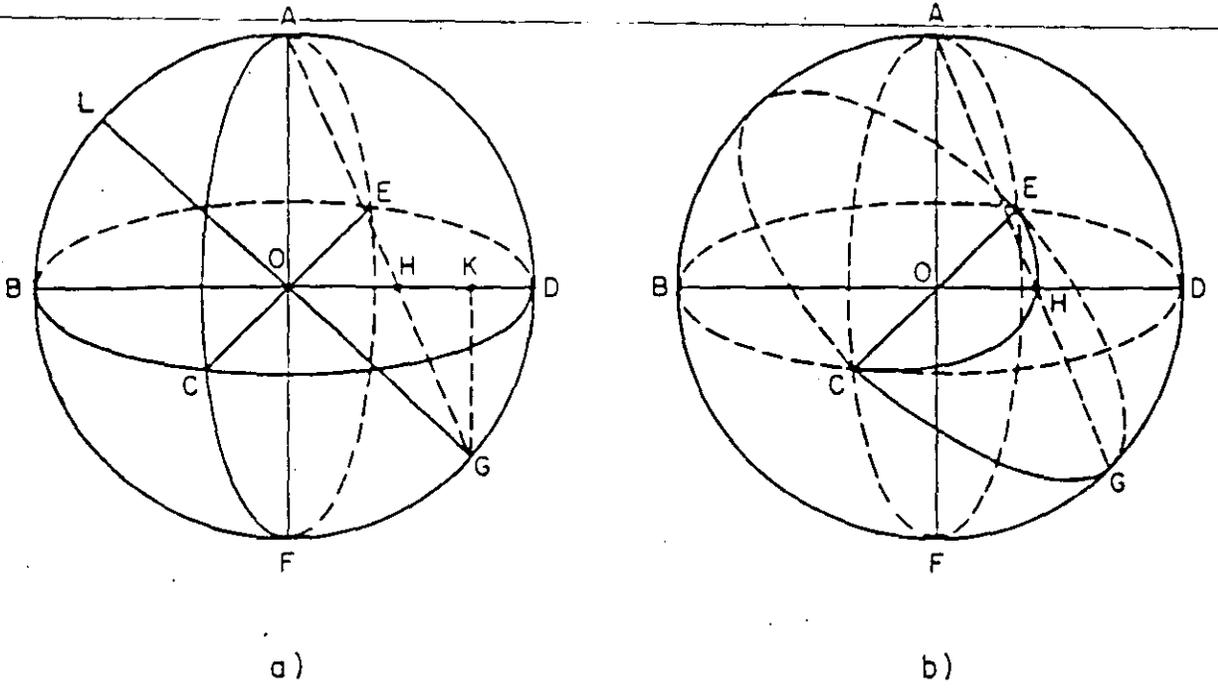


FIG. II.8. Principios de la proyección estereográfica

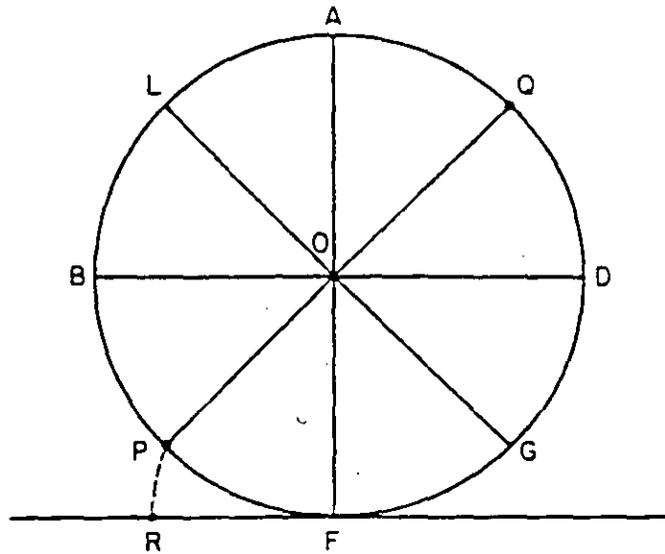


FIG. II.9 Principio de la proyección en un diagrama de áreas iguales

ACFE es un plano vertical norte sur, y BFDA es un plano vertical este oeste. Considérese una línea que buza hacia el este con un ángulo de 40° . Supóngase que la línea pasa a través del centro, O. Si la línea buza hacia el este debe estar en el plano BFDA. El polo de esta línea sobre el hemisferio inferior es G y sobre el superior es L. Si G se proyecta verticalmente hacia arriba el plano horizontal (BCDE), el punto de proyección sería K. Sin embargo, en la proyección estereográfica la línea de proyección se dibuja desde G al polo superior de la esfera (A), de manera que el punto de proyección es H. Es decir, sobre el plano horizontal, HO representa a GO en el espacio. La distancia HO es una función del ángulo de buzamiento. Una línea horizontal este-oeste estaría representada por OB y por OD. Una línea norte-sur con buzamiento cero estaría representada por OE o por OC y una línea vertical estaría representada por el punto O. Para representar planos, en la fig II.8b se supone un plano de rumbo norte-sur e inclinación 40° E. Si se imagina este plano pasando por el centro de la esfera, O, su intersección con el hemisferio inferior es CGE, la proyección G sobre el plano ecuatorial es H y la línea CGE está representada por CHE. Un plano horizontal estaría representado por el plano ecuatorial mismo. Un plano vertical norte sur estaría representado por COE y un plano vertical este oeste por la línea BOD.

El método de proyección de áreas iguales (Schmidt y Lambert) es un tanto diferente al expuesto anteriormente basado en la red estereográfica de Wulf (fig II.4). La proyección del polo se traslada a la red colocada en la base de la esfera y en la cual se localiza el polo, como se ilustra en la fig II.9 donde GL representa una fractura, P y Q los polos de la misma y R es la representación del polo en la red equiareal.

5.2 SIMBOLOGIA

Se presenta en el Tomo de Ayudas para Diseño.

5.3 INFORMES GEOLOGICOS

Una buena compilación de planos e informes geológicos serán de gran utili -

dad para los geotecnistas y proyectistas encargados del estudio o investigación de un sitio donde se construirá una obra civil, pero ésta dependerá mucho de la experiencia y habilidad del geólogo, en recabar la información geológica necesaria de la región que se estudia, así como del conocimiento del tipo de obra para la cual se va a requerir el estudio.

La información obtenida de la compilación y el reconocimiento preliminar - proveerán al geólogo de material base para desarrollar un primer informe - acerca de las características geológicas regionales del área (tectónica, - estructuras, discordancias, sismicidad, distribución de materiales), y los aspectos más importantes a estudiar en investigaciones detalladas, así como una primera definición de los sitios con posibilidades o no para el emplazamiento de la obra.

En los informes correspondientes a la investigación detallada deben tenerse en cuenta los problemas que se relacionen directamente con el tipo de obra proyectada y así desarrollar investigaciones definidas con miras a descubrir la existencia de estos problemas y/o la posibilidad de su presencia - en el futuro. Estos problemas pueden ser: inestabilidad de laderas, azolvamiento en canales y puertos u otros fenómenos geodinámicos o de otro tipo.

En la etapa correspondiente a la investigación detalla los métodos de exploración geológica deben auxiliarse de métodos geofísicos de exploración, cuyos resultados deben quedar incluidos en los informes geológicos.

Los informes geológicos realizados durante las etapas de construcción y operación de una obra, enriquecerán en aspectos específicos el conocimiento - que se tenga de la zona y desde luego contribuirán a la solución de los problemas que se presenten. Son por otra parte documentos de gran valor para futuras obras en sitios cercanos o de condiciones geológicas semejantes.

5.4 BIBLIOGRAFIA

Billings, M.P., "Geología Estructural", EUDEBA, Buenos Aires, Argentina, 1963

Consejo de Recursos Naturales No Renovables, "Compilación de símbolos empleados en la representación cartográfica de accidentes geológico - mineros", Publicación 5E, México, Junio 1963

Dearman, W.R., "Presentation of information on engineering geological maps and plans", QJI Engineering Geological, Printed in Northern Ireland, 1974, Vol 7, pp 317-320

Dearman, W.R., and Fookes, P.G., "Engineering geological mapping for civil engineering practice in the United Kingdom". QJI Engineering Geological, Printed in Northern Ireland, 1974, Vol 7, pp 223-256

Fookes, P.G., "Geotechnical Mapping of soils and sedimentary rock for engineering purposes with examples or practice from the Mangla dam project", Geotechnique 19, 1969, No 1, pp 52-74

Geological Society Engineering Group. Working Party report on "The Logging of rock cores for engineering purposes", QJI Engineering Geological, Printed in Great Britain, 1970, Vol 3, pp 1-24

Goodman, R.E., "Methods of Geological Engineering", West Publishing Co, U S A, 1976, pp 58-90

Ministère de L'equipement "Stabilité des talus, Versants Naturels", - Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussés. Numéro special II, Mars 1976

Sane Jouand, R., "La Cartographie Géotechnique en France", Ministère de L'équipement, Paris, France, 1972

SECCION B. GEOTECNIA

TOMO III. AYUDAS DE DISEÑO

TEMA 1. GEOLOGIA

CAPITULO 5. PRESENTACION DE DATOS GEOLOGICOS

CAPITULO 5. PRESENTACION DE DATOS GEOLOGICOS

| | | |
|-------------|---|----|
| FIG. III.1 | Mapa geotécnico. PH El Caracol | 1 |
| FIG. III.2 | Perfil geotécnico de suelos | 2 |
| FIG. III.2b | Perfil geotécnico de rocas | 3 |
| FIG. III.2b | Perfil geotécnico de rocas (continuación) | 4 |
| FIG. III.3 | Perfil de una trinchera | 5 |
| FIG. III.4 | Perfil de un socavón | 6 |
| FIG. III.5 | Sección geotécnica o perfil geotécnico integrado | 7 |
| FIG. III.6 | Diagrama de puntos y diagrama de frecuencias | 8 |
| FIG. III.7 | Simbología geotécnica 1a. parte | 9 |
| FIG. III.8 | Simbología geotécnica 2a. parte | 10 |
| FIG. III.9 | Símbolos litológicos | 11 |

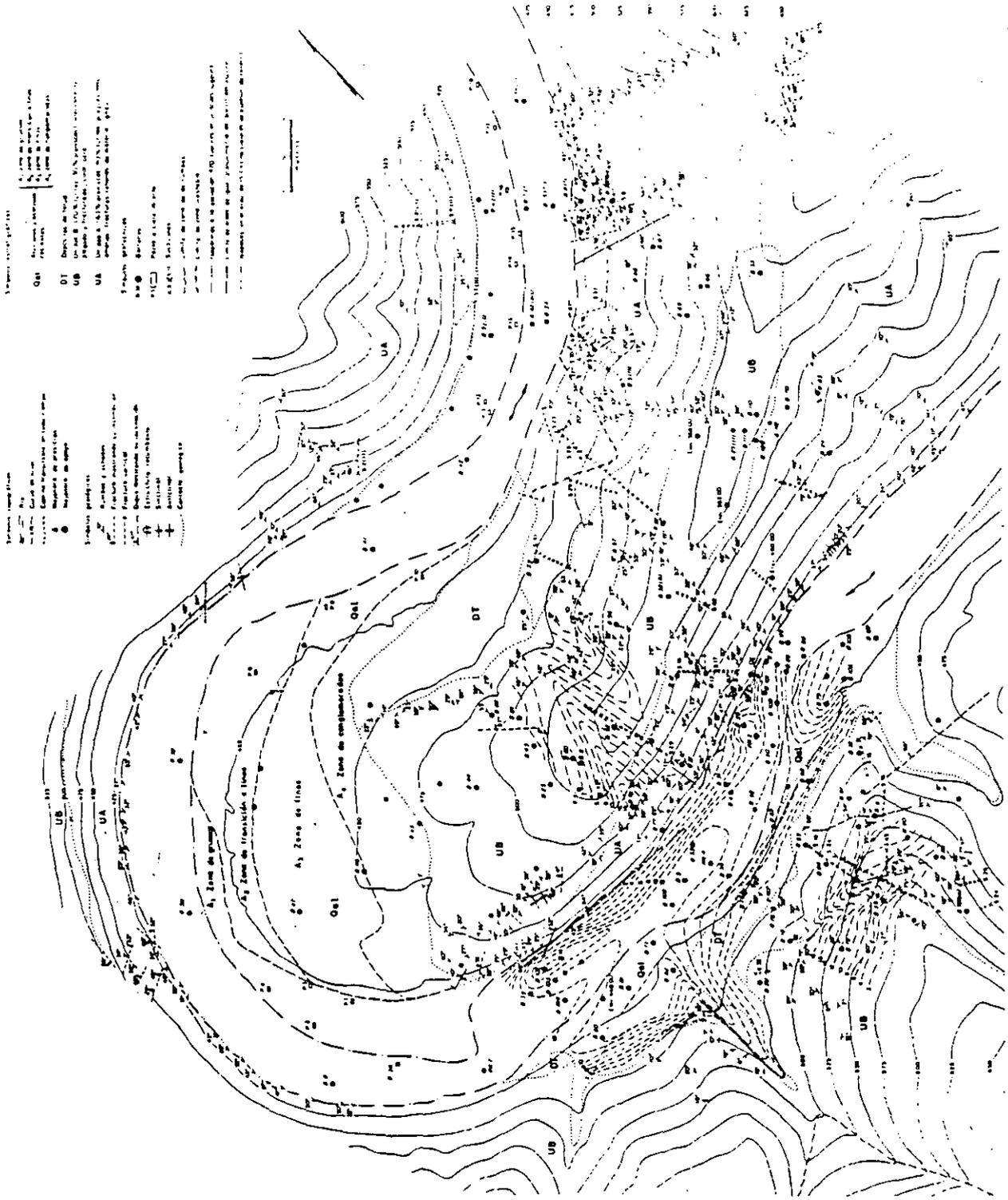
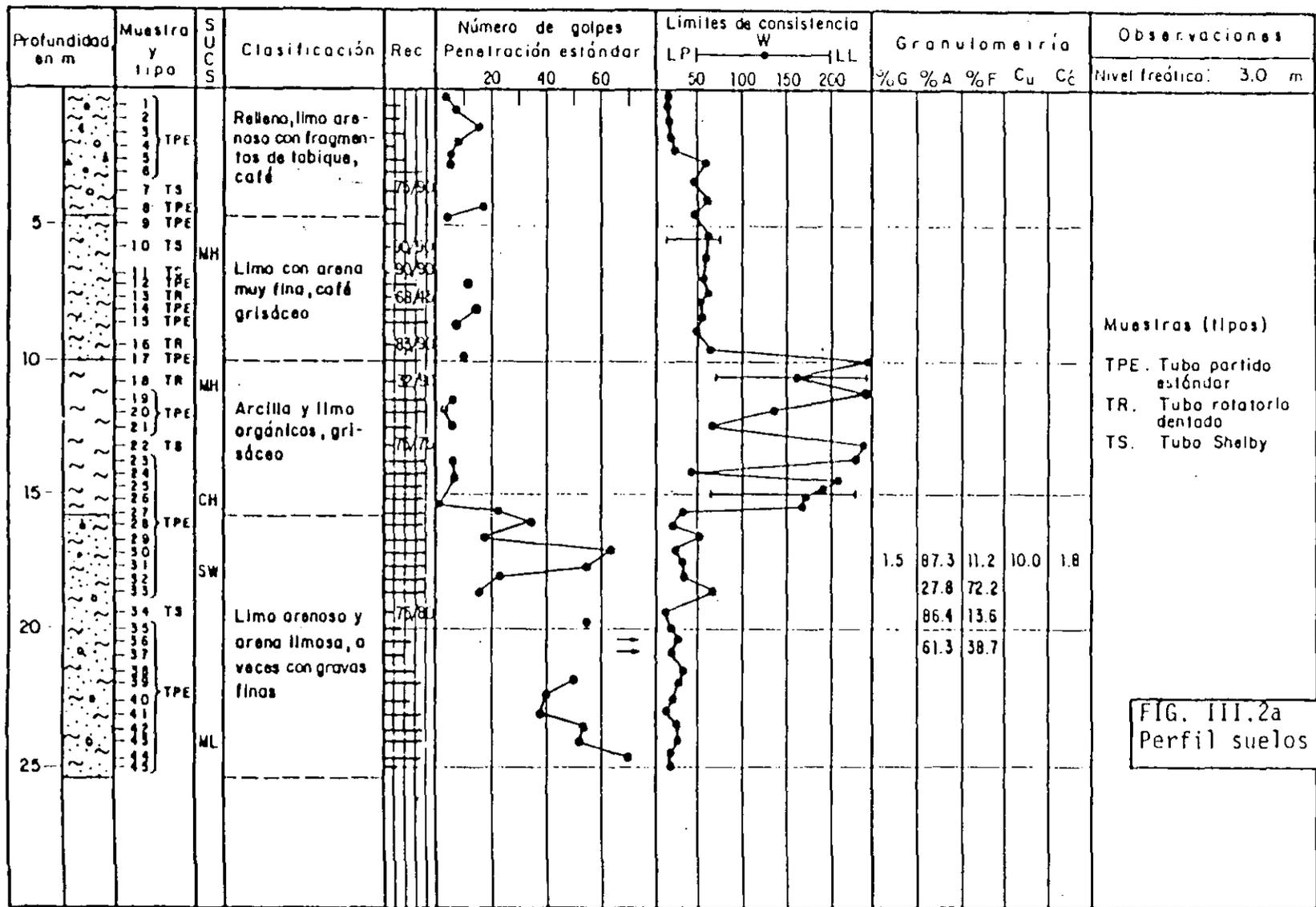


FIG. III.1 Mapa geotécnico. PH El Caracol



**FIG. III.2a
Perfil suelos**

| | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------|
| CFE | Sondeo No. SM 6 | Obra | Equipo de perforación | Fecha de campo | Operador |
| | Hoja: 1/1 | LA VENTA | LONG YEAR, MOYND | Inicio 6 Mar 78 Término 7 Mar 78 | Laboratorio |
| PERFIL GEOTECNICO SUELOS | Localización | Cola brocal | Fecha de laboratorio | Supervisor | |
| | x0+157 y 2+326 | 207.05 | 9 Mar 78 | | |

1.5.2

B.III

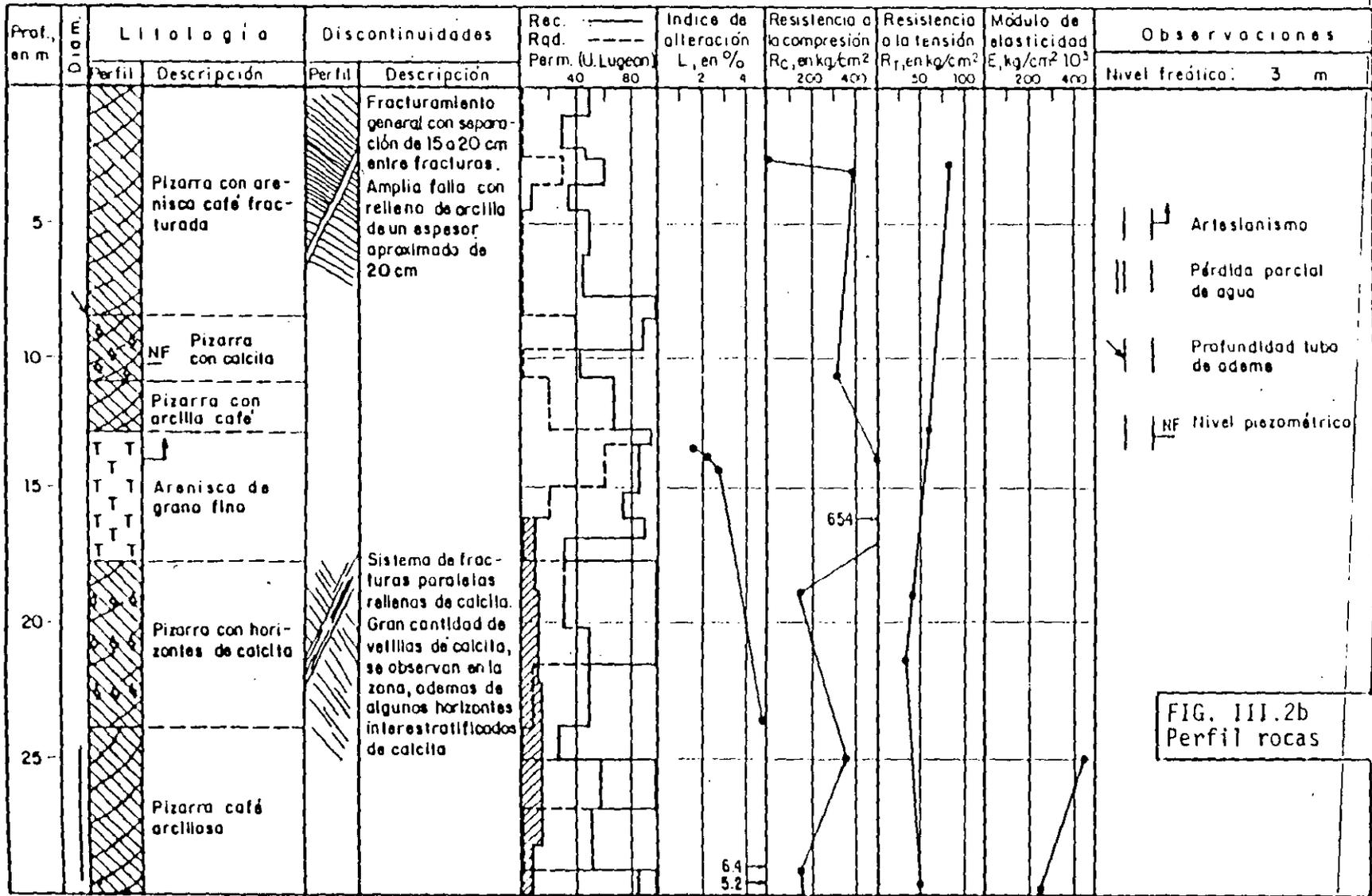
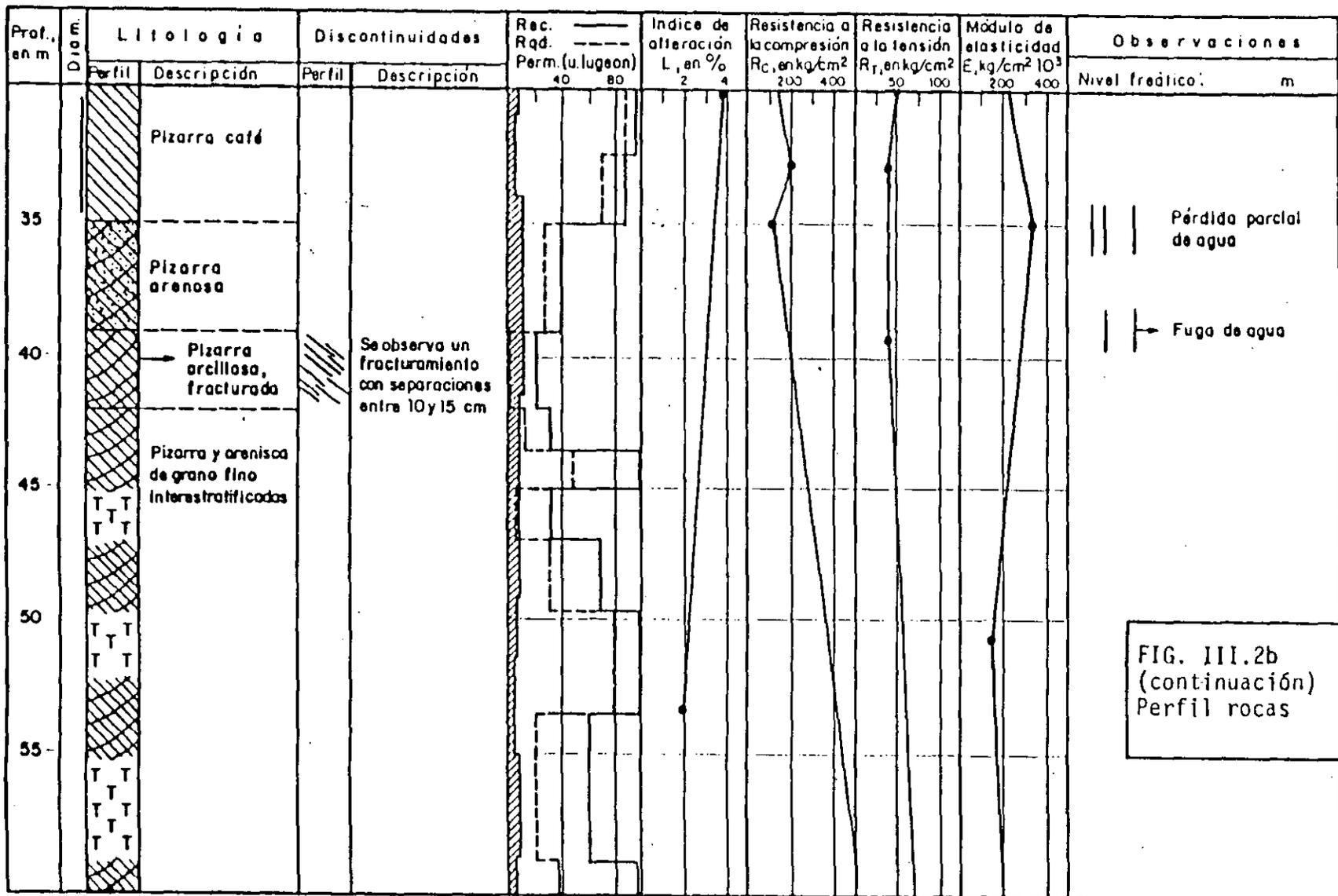


FIG. 111.2b
Perfil rocas

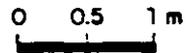
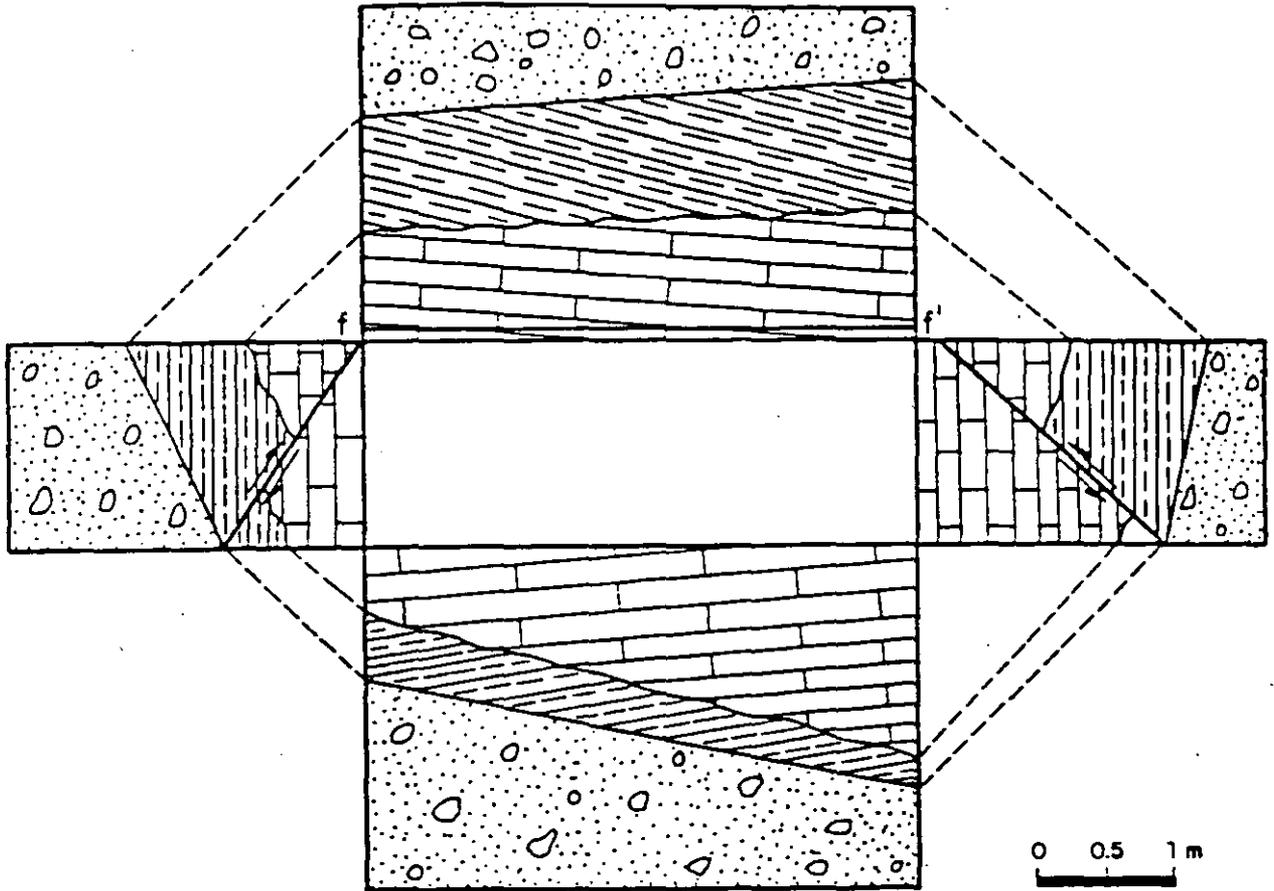
| | | | | | |
|-------------------|--------------|-------------------|-----------------------|----------------------|------------|
| CFE | Sondeo No 56 | Obra | Equipo de perforación | Fecha de campo | Operador |
| | Hoja: 1/2 | | P.H. El Caracol, Gro. | Inicio | |
| PERFIL GEOTECNICO | | Localización M.D. | Cota brocal | Término | Supervisor |
| ROCAS | | x 3+211 y 1+510 | 307.00 | Fecha de laboratorio | |

1.5.3

B. III



| | | | | | |
|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| CFE | Sondeo No 56 | Obra | Equipo de perforación | Fecha de campo | Operador |
| | Hoja: 2/2 | P.H. El Caracol, Gra. | | Inicio | Laboratorio |
| PERFIL GEOTECNICO | Localización M.D. | Cota brocal | 307.00 | Término | Supervisor |
| ROCAS | x 3+211, y 1+150 | | | Fecha de laboratorio | |



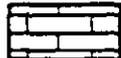
Simbología



Gravas



Lutitas



Calizas



Falla (rellena con arcilla,
espesor de 3 a 5 cm)

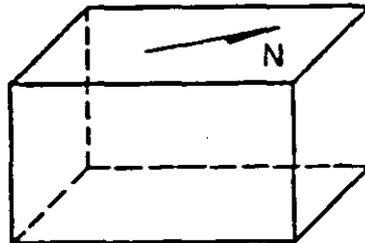
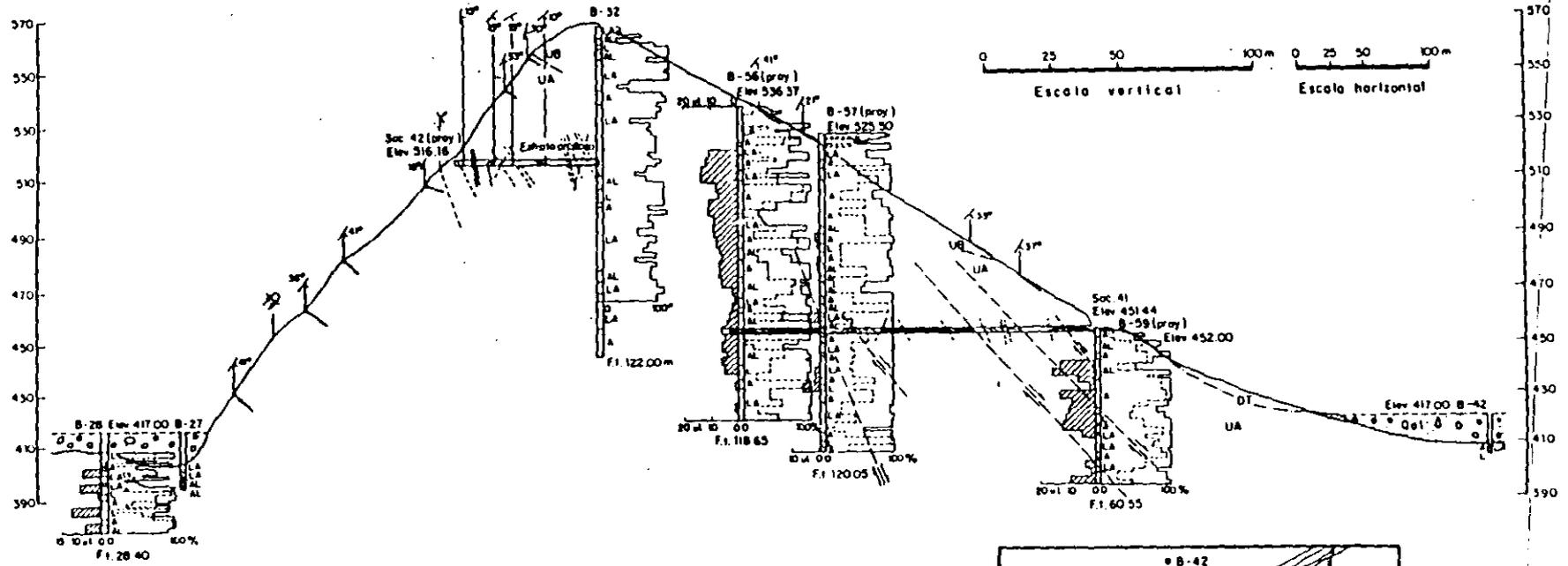


FIG. III.3 Perfil de una trinchera

I.5.7



Qal Depósitos aluviales

DT Depósitos de talud

UB Unidad B, predominancia de lutitas sobre areniscas, ambas de color ocre, muy plegadas y alteradas

UA Unidad A, predominancia de areniscas sobre lutitas, de color gris clara a gris oscura

Recuperación

R. Q. D.

Permeabilidad

Contacto geológico

Fracturas

Faltos

Rumbo y echado

F.I. Fondo total

Iga Diques dioríticos

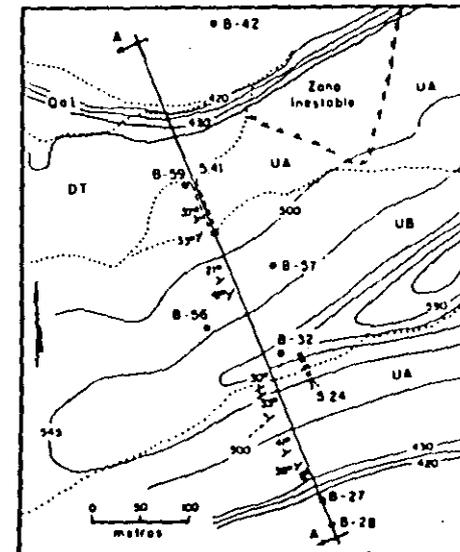
L Lutitas

LA Lutitas y areniscas

AL Areniscas y lutitas

A Areniscas

FIG. III.5 Sección geotécnica o perfil geotécnico integrado



B. III

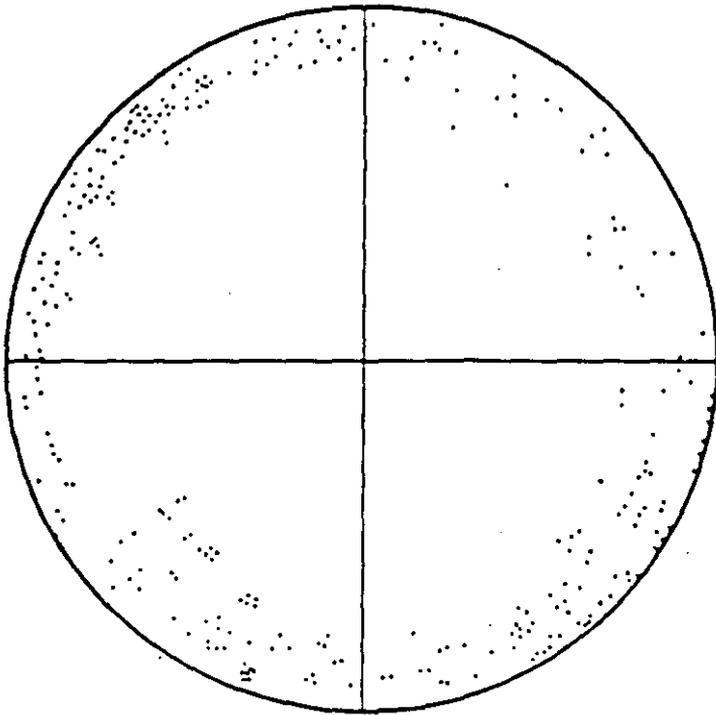


Diagrama de puntos de las 311 diaclasas de los montes Adirondack representadas en el hemisferio inferior

Diagrama de frecuencia de las 311 diaclasas de los montes Adirondack representadas en el hemisferio inferior

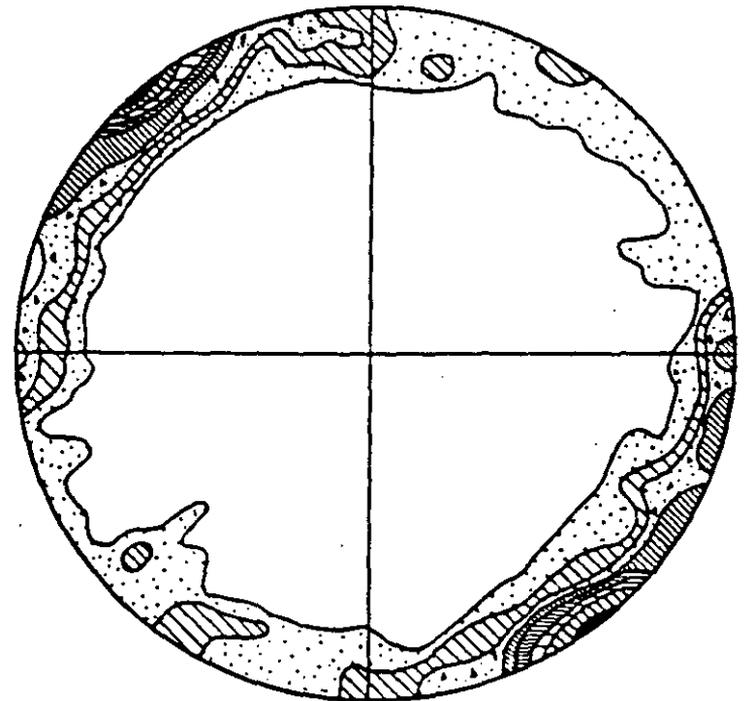
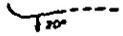
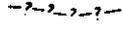
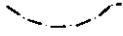
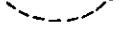
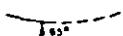
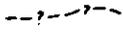
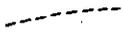
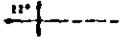
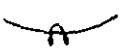
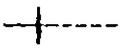
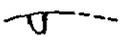


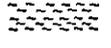
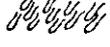
FIG. III.6 Diagrama de puntos y diagrama de frecuencias

| | |
|---|---|
|  | Contacto, mostrando el echado. Discontinua donde es inferido |
|  | Contacto localización incierta |
|  | Contacto de gradación |
|  | Contacto oculto |
|  | Falla, mostrando rumbo e intensidad del echado. Línea discontinua, donde es inferida |
|  | Falla, existencia incierta |
|  | Falla oculta |
|  | Falla normal, mostrando el echado, el flanco estriado sobre la parte hundida |
|  | Falla inversa o de deslizamiento, mostrando el echado: La parte deslizada hacia arriba. Los rectángulos en el lado elevado, la flecha indica dirección de falla 45° |
|  | Zona de corrimiento con expresión del echado general |
|  | Eje de anticlinal. Muestra el rumbo del plano axial y su buzamiento. Línea discontinua donde no está localizado con precisión |
|  | Eje de anticlinal recumbente, indicando la dirección del echado de sus flancos |
|  | Eje de sinclinal, con línea interrumpida donde no está localizado con precisión |
|  | Eje de sinclinal recumbente, indicando la dirección del echado de sus flancos |

| | |
|---|--|
|  | Doma |
|  | Depresión |
|  | Rumbo y echado de capas |
|  | Rumbo de capas verticales |
|  | Rumbo y echado de capas recumbentes |
|  | Rumbo de capas horizontales |
|  | Rumbo y echado de juntas |
|  | Rumbo de juntas verticales |
|  | Rumbo de juntas horizontales |
|  | Rumbo y echado de planos de fractura o esfoliación y lajeamiento |
|  | Rumbo de planos verticales de fractura o esfoliación y lajeamiento |
|  | Rumbo de planos horizontales de fractura o esfoliación y lajeamiento |
|  | Rumbo y echado de foliación de gneis o de esquisto |
|  | Rumbo de foliación vertical de gneis o de esquisto |
|  | Rumbo de foliación horizontal de gneis o de esquisto |
|  | Diques con expresión del echado |

FIG. III.7 Simbología geotécnica
1a. Parte

| | |
|---|-----------------------------|
|  | Volcán |
|  | Colados de lava |
|  | Manantial |
|  | Manantial de aguas termales |
|  | Lumbrera vertical |
|  | Lumbrera inclinada |
|  | Entrada de sacavón o lunel |
|  | Sondeo de cualquier tipo |
|  | Localización de un sondeo |
|  | Límite de zona inestable |
|  | Límite de zona de derrumbes |
|  | Antiguo cono de deyección |
|  | Salinización |
|  | Deslizamiento |
|  | Avalanchas |
|  | Desgajamiento |

| | |
|---|--|
|  | Cavidad de disolución (dotina, cenote, sumidero) |
|  | Zanja o trinchera |
|  | Banco de materiales |
|  | Depósitos de talúd |
|  | Terreno inundable o pantanoso |
|  | Zonas de erosión fluvial intensa |
|  | Terrenos permeables |
|  | Zona de acumulación de material |

SIMBOLOS ESTRATIGRAFICOS

| | |
|------------------|-------------|
| Q | Cuaternario |
| T | Terciario |
| T _{pl} | Plioceno |
| T _m | Mioceno |
| T _o | Oligoceno |
| T _e | Eoceno |
| T _{pal} | Paleoceno |
| M | Mesozoico |
| K | Cretácico |
| J | Jurásico |
| T | Triásico |
| Pal | Paleozoico |
| Pe | Precámbrico |

FIG. III.8 Simbología geotécnica
2a. Parte

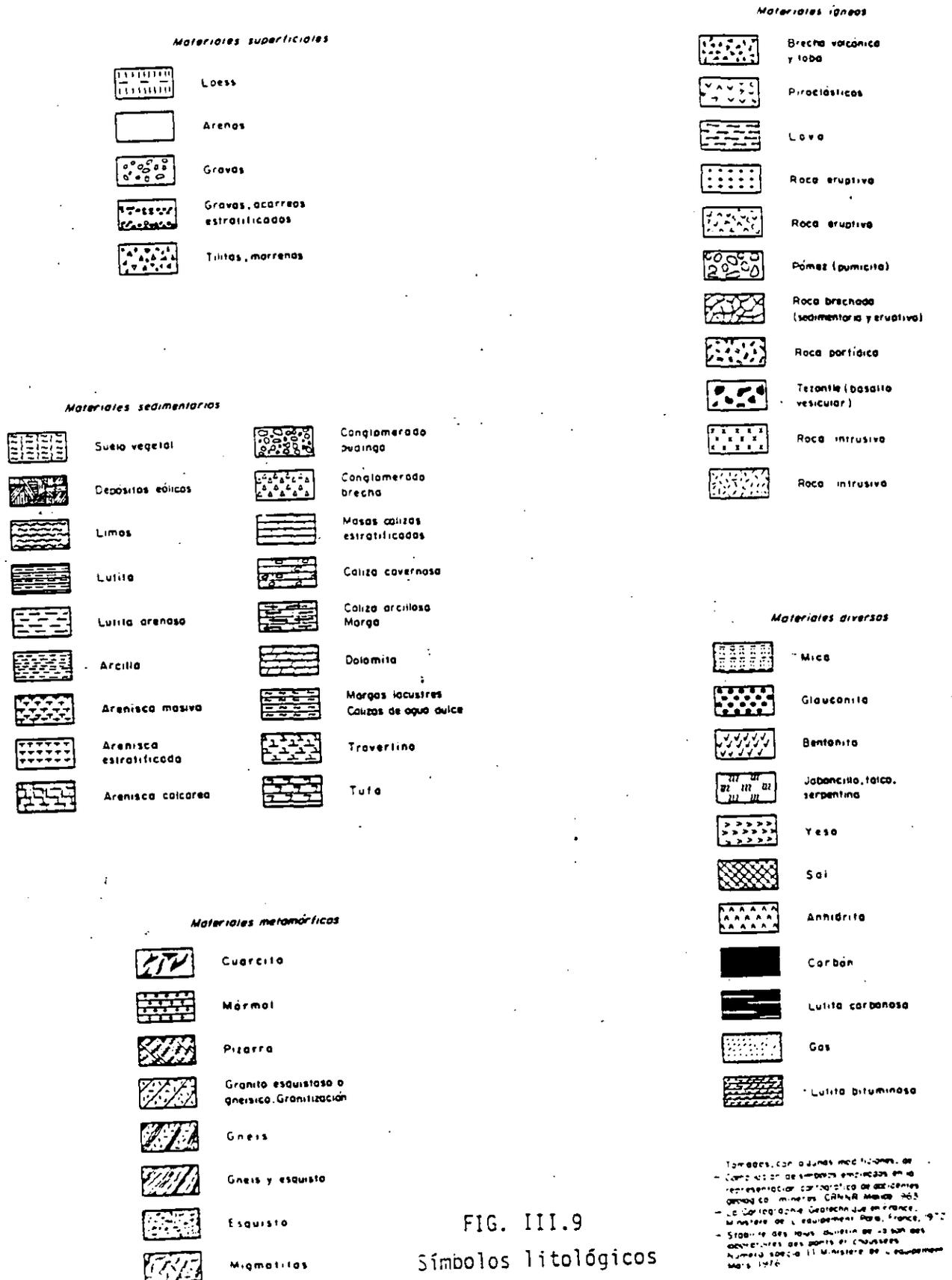


FIG. III.9
Símbolos litológicos

Tomados, con algunas modificaciones, de:
 - Compendio de símbolos empleados en la representación cartográfica de geociencias (Comisión Nacional de Geología y Minería, Cárdenas, México, 1965)
 - Le Cartage géologique, Paris, France, 1972, Ministère de l'Équipement, Paris, France.
 - Symbols des tous d'usage de la carte des géosciences des points et chaussées Numéro spécial II Ministère de l'Équipement, Mars 1976.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

MODULO : I
MOVIMIENTO DE TIERRAS

RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION

ING. ANDRES BENTON CUELLAR

RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION

A - GENERALIDADES

A-1 EJEMPLOS

RECONVERSION DEL EQUIPO CAUSADA POR CAMBIOS EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

1.0 ANTECEDENTE.

2.0 EJEMPLO. NUEVOS SISTEMAS DE VOLADURA DE ROCAS

2.1 EL MARTILLO NEUMATICO DE FONDO

2.2 VOLADURA DE ROCAS EN PERFORACIONES DE DIAMETRO GRANDE.

2.2.1 MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA (MAYOR EFICIENCIA)

2.2.2 MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACION M³/ML)

2.2.3 MENOS SUB-BARRENACION POR M³.

2.2.4 MAYOR FRAGMENTACION DEL PISO DEL BANCO

2.2.5 MEJOR MANEJO DE LA ENERGIA LIBERADA

2.2.6 ECONOMIA EN EL EXPLOSIVO

2.3 LIMITACIONES DE LOS SISTEMAS DE VOLADURA

2.3.1 LIMITACIONES FISICAS

2.3.1.1 UBICACION DEL BANCO

2.3.1.2 DIMENSIONES PROPIAS DEL BANCO

2.3.1.3 CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS DEL BANCO

2.3.1.4 FRENTE DEL BANCO

2.3.2 LIMITACIONES GEOLOGICAS

2.3.2.1 PERFORABILIDAD DE LA ROCA

2.3.2.1.1 ROCAS IGNEAS

2.3.2.1.2 ROCAS SEDIMENTARIAS

2.3.2.1.3 ROCAS METAMORFICAS

2.3.2.2 CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES

2.3.3 LIMITACIONES EN EL EQUIPO DE TRABAJO

2.4 APLICACION EN EL EJEMPLO, DE LA RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION.

RECONVERSION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

A - GENERALIDADES

EL PARQUE DE MAQUINARIA DE CONSTRUCCION QUE EXISTE EN MEXICO Y PARTICULARMENTE EN CADA UNA DE LAS EMPRESAS O ENTIDADES DE GOBIERNO QUE REALIZA ESTE TIPO DE ACTIVIDADES, ES MUY DIVERSO Y ESTA EN FUNCION DE LAS NECESIDADES QUE SE TUVIERON EN SU MOMENTO Y DE LOS PROYECTOS QUE SE REALIZARON, ASI MISMO SUS DISEÑOS Y CAPACIDADES PRESENTAN MUCHAS VARIANTES, ENTRE SI Y/O CON LOS MODELOS ACTUALES.

A LA FECHA, EL MERCADO SE HA REDUCIDO Y SON MUY DEFINIDOS Y ESPECIFICOS LOS TRABAJOS POR EJECUTAR, LO QUE HA CAUSADO QUE GRAN PARTE DE LOS EQUIPOS CON QUE SE CUENTA EN UNA EMPRESA, NO SE UTILICEN O NO REPRESENTEN LA MEJOR OPCION PARA LLEVARLOS A CABO DENTRO DE UN RANGO ECONOMICO Y COMPETITIVO, LA GRAN REDUCCION EN EL MERCADO DE LA CONSTRUCCION HA IMPEDIDO TAMBIEN LA SUBSTITUCION DE ALGUNOS EQUIPOS POR OTROS CON MEJORES CARACTERISTICAS EN CUANTO A SU OPERACION, RENDIMIENTO, EFICIENCIA, MANTENIMIENTO Y DURABILIDAD, PARA UN TRABAJO DETERMINADO.

PUEDE DECIRSE QUE LA EDAD PROMEDIO DE LOS EQUIPOS DE --
CONSTRUCCION EN MEXICO SE HA INCREMENTADO, SE HA REDUCIDO
SU VIDA UTIL REMANENTE Y EN ALGUNOS CASOS SE HA LLEGADO A
LA OBSOLESCENCIA, POR LOS ADELANTOS TECNOLOGICOS HABIDOS
EN LOS ULTIMOS AÑOS, O POR QUE YA NO SE PRODUCEN DETERMI
NADOS EQUIPOS.

EN OCASIONES, ES POSIBLE MEJORAR LA UTILIZACION DE ALGU-
NA MAQUINA AUNQUE SEA EN FORMA PARCIAL, ACTUALIZANDO TEC
NOLÓGICAMENTE AQUELLA QUE PUEDE CONVERTIRSE MEDIANTE --
ADAPTACIONES, QUE PUEDEN SER DESDE MUY SIMPLES (COMO ES
EL CASO DE ADICIONAR UN TURBO A UN MOTOR DIESEL), HASTA
COMPLICADAS Y SUJETAS A UNA DETALLADA REVISIÓN TÉCNICA Y
UNA IMPORTANTE INVERSION ADICIONAL.

PARA LO ANTERIOR, SE REQUIERE QUE LAS EMPRESAS SE APOYEN
EN GENTE EXPERIMENTADA, IMAGINATIVA Y CON LA PREPARACION
TECNOLOGICA ADECUADA, PARA DECIDIR E IMPLEMENTAR MODIFI-
CACIONES Y ADAPTACIONES EN LOS EQUIPOS, CUANDO SE TENGA
LA OPORTUNIDAD DE INCREMENTAR LA OFERTA, UTILIZACION, Y
EFICIENCIA DE ESTOS.

A CONTINUACIÓN, SE DAN ALGUNOS EJEMPLOS DE LO QUE PUEDE
Y SE HA ESTADO LLEVANDO A CABO PARA LOGRAR LO ANTES DI-

-CHO, MISMOS QUE SERVIRAN COMO INDICATIVOS Y A TRAVÉS -
DE LOS CUALES SE PRETENDE CREAR LA INQUIETUD EN LOS PRO
FESIONALES DE LA CONSTRUCCION, PARA MOTIVARLOS A CONOCER
MEJOR SU EQUIPO PARA IMPLEMENTAR Y LLEVAR A CABO PROGRA-
MAS QUE LES PERMITAN UTILIZAR Y TRANSFORMAR ALGUNOS DE -
SUS "ACTIVOS" DE MAQUINARIA QUE PERMANECEN "INACTIVOS" -
EN VERDADEROS "ACTIVOS PRODUCTIVOS" , Y EN ESTA FORMA --
LOGRAR SU RECUPERACION A CORTO PLAZO.

RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION

1.0 ANTECEDENTES

EN MUCHAS OCASIONES LA RECONVERSIÓN DE UN EQUIPO PARA -
CONSTRUCCIÓN ESTÁ DADA POR NUEVOS DISEÑOS QUE HACEN OBSO
LETOS ALGUNOS CONJUNTOS DE LA MAQUINARIA QUE SE ESTÁ UTI
LIZANDO, EN OTRAS OCASIONES LA RECONVERSIÓN PUEDE SER -
SOLAMENTE UN REDISEÑO DE LA MISMA MÁQUINA PARA INCREMEN
TAR SU CAPACIDAD CON EL CAMBIO DE ALGUNAS PARTES Y/O -
CONJUNTOS Y LOGRAR UN MEJOR DESGASTE Y MAYOR VIDA ÚTIL
DE LA MÁQUINA.

LO ANTERIOR, PUEDE SER DEBIDO A LA MEJORA DE LA MÁQUINA
DESDE SU PUNTO DE VISTA MECÁNICO; MÁS NO SOLAMENTE LA -
CUESTIÓN MECÁNICA PUEDE SER CAUSA DE LA RECONVERSIÓN DEL
EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN, SINO QUÉ; CAMBIOS EN LOS SISTE-
MAS CONSTRUCTIVOS, PUEDEN SER LOS CAUSANTES DE MODIFICA
CIONES EN LA MAQUINARIA PARA ADAPTARSE A ESTOS CAMBIOS
TECNOLÓGICOS Y LOGRAR UNA MAYOR ECONOMÍA EN LA ACTIVIDAD
QUE DESARROLLAN.

UN EJEMPLO CLARO DE RECONVERSIÓN MECÁNICA DE UN EQUIPO, ES LA ADAPTACIÓN DE UN COUPLE HIDRÁULICO EN LUGAR DE UNO MECÁNICO, FAVORECIENDO CON ESTO QUE LA TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS Y LOS CAMBIOS BRUSCOS QUE EN OCASIONES SE GENERAN DURANTE EL TRABAJO, SEAN AMORTIGUADOS, DISMINUYENDO ASI SU EFECTO NEGATIVO SOBRE LA MÁQUINA.

OTRA FORMA COMÚN DE RECONVERTIR UN EQUIPO, SE PRESENTA POR EJEMPLO, CUANDO UNA MÁQUINA NO ESTÁ EQUILIBRADA Y BALANCEADA ENTRE TODOS SUS CONJUNTOS, PUDIÉNDOSE LLEVAR ACABO ADAPTACIONES Y/O CAMBIOS, PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE ALGUNO DE ELLOS Y EN ESTA FORMA INCREMENTAR LA CAPACIDAD TOTAL DE LA MÁQUINA, LOGRANDO UTILIZAR EN FORMA MÁS EFICIENTE TODOS SUS COMPONENTES.

COMO YA SE COMENTÓ, ALGUNOS CAMBIOS EN LOS CONJUNTOS DE UNA MÁQUINA, PUEDEN SER DEBIDOS A LA ADAPTACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN, UN CASO CLARO DE ESTO, SON LOS NUEVOS SISTEMAS DE VOLADURA DE ROCAS, LOS QUE HAN PERMITIDO LA UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS MÁS PEQUEÑAS QUE LAS USADAS ANTERIORMENTE, MEDIANTE SU ADAPTACIÓN PARA RECIBIR Y MANEJAR OTRO TIPO DE HERRAMIENTAS CON MAYOR CAPACIDAD Y EFICIENCIA.

2.0 NUEVOS SISTEMAS DE VOLADURA DE ROCAS

DESDE FINES DEL SIGLO PASADO, SE HAN UTILIZADO PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN PARA VOLADURA MEDIANTE HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS, INICIALMENTE ESTE TIPO DE HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN FUERON DISEÑADAS PARA SER OPERADAS MEDIANTE LA ENERGÍA PROPORCIONADA POR EL VAPOR DE AGUA Y LA APLICACIÓN DE ÉSTOS PROCEDIMIENTOS EN EL TUNELEO Y EN LA MINERÍA BAJO SUPERFICIE, FORZÓ AL USO DE AIRE COMPRIMIDO Y CONSECUENTEMENTE AL DESARROLLO DE COMPRESORES DE AIRE.

EN 1861 SE UTILIZÓ POR PRIMERA VEZ AIRE COMPRIMIDO PARA EL TUNELEO EN EUROPA Y EN 1865 EN ESTADOS UNIDOS.

INICIALMENTE SE UTILIZÓ EL MARTILLO DE FONDO COMO LA HERRAMIENTA NEUMÁTICA DE PERFORACIÓN, PERO DEBIDO A LA APLICACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TUNELES Y A LOS PROBLEMAS QUE PRESENTA EL UTILIZAR UN MARTILLOS DE FONDO DURANTE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL, SE DISEÑARON LOS MARTILLOS PARA EL CABEZAL DE ROTACIÓN DE LA MÁQUINA PERFORADORA, QUE TRANSMITEN LA ENERGÍA NECESARIA AL ACERO DE PERFORACIÓN Y A TRAVÉS DE ÉSTA A LA BARRERA, COMO SE VE, ÉSTE ÚLTIMO PROCEDIMIENTO QUE EN EL TUNELEO ES NECESARIO Y MUY ADECUADO, ES MENOS EFICIENTE, COMPARADO CON EL MARTILLO DE FONDO QUE PERMITE LLEVAR LA

ENERGÍA PRÁCTICAMENTE A LA BROCA, CON MENORES PÉRDIDAS -
DE CARGA.

EL ÉXITO DEL MARTILLO EN EL CABEZAL Y SU DESARROLLO TÉCNICO,
FUE DE TAL MAGNITUD, QUE DESPLAZÓ TOTALMENTE -
EL DISEÑO ORIGINAL DEL MARTILLO DE FONDO EN TODO TIPO DE
PERFORACIONES, AÚN EN AQUELLAS REALIZADAS VERTICALMENTE -
DESDE LA SUPERFICIE, DONDE RESULTABA MAS INDICADO SU USO.

LA TECNOLOGÍA DESARROLLADA EN SUECIA EN EL CAMPO DE VOLA
DURA DE ROCAS; SE EMPEZÓ A EXTENDER EN TODO EL MUNDO Y -
EN NUESTRO PAÍS PARTICULARMENTE, HABIENDO ADOPTADO SUS -
PROCEDIMIENTOS, Y POR LO MISMO EL USO DE SUS MÁQUINAS Y
HERRAMIENTAS.

ES INTERESANTE HACER NOTAR QUE LOS PROCEDIMIENTOS SUECOS
DE VOLADURA FUERON INFLUENCIADOS EN FORMA MUY IMPORTANTE
POR EL AMBIENTE DONDE SE IMPLEMENTARON Y DESARROLLARON, -
(PENÍNSULA ESCANDINAVA), QUE ES PRINCIPALMENTE GRÁNITICA
Y CUYAS CARACTERÍSTICAS DE DUREZA, INDICAN EL USO PREFERENTE
DE DIÁMETROS PEQUEÑOS.

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE HA CREADO LA NECESIDAD DE MOVER -
GRANDES VOLUMENES DE ROCA, PRINCIPALMENTE EN LA MINERÍA

A CIELO ABIERTO Y EN LAS GRANDES PRESAS, LO QUE HA PERMITIDO EL USO DE EXCAVADORAS Y DE CAMIONES DE GRAN CAPACIDAD. EN FORMA NATURAL, SE HAN IMPLEMENTADO LOS SISTEMAS Y MÁQUINAS DE PERFORACIÓN DE AGUJEROS DE GRAN DIÁMETRO, LOGRANDO ASÍ BALANCEAR EL EQUIPO DE EXCAVACIÓN QUE SE UTILIZA EN ESTOS CASOS.

INICIALMENTE LOS SISTEMAS DE PERFORACIÓN UTILIZADOS PARA LOGRAR AGUJEROS DE GRAN DIÁMETRO, HAN SIDO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÁQUINAS PERFORADORAS PESADAS, CON UNA GRAN CAPACIDAD DE EMPUJE Y TORSIÓN, PARA PERFORAR A ROTACIÓN ENTRE 8" Y 15" DE DIÁMETRO Y A PROFUNDIDADES ENTRE 15 Y 25 MTS. APROXIMADAMENTE. ESTAS MÁQUINAS RESULTAN DE GRAN TAMAÑO Y PESO, DIFÍCILES DE MANIOBRAR Y CON UN COSTO POR UNIDAD MUY ALTO, AL IGUAL QUE LAS HERRAMIENTAS QUE SE UTILIZAN.

ULTIMAMENTE SE HA RETOMADO EL DISEÑO ORIGINAL DE LOS MARTILLOS DE FONDO Y SE HAN REDISEÑADO Y MEJORADO NOTABLEMENTE, HACIÉNDOLOS CADA VEZ MÁS EFICIENTES, LO QUE HA PERMITIDO EL USO DE MÁQUINAS MÁS LIGERAS, MANIOBRABLES Y POR LO TANTO MÁS ACCESIBLES EN SU PRECIO Y OPERACIÓN, PARA LOGRAR UNA PERFORACIÓN A PERCUSIÓN MÁS ECONÓMICA Y A LOS MISMOS DIÁMETROS Y PROFUNDIDADES QUE AQUELLAS QUE LO HACEN SOLAMENTE A ROTACIÓN.

2.1 EL MARTILLO NEUMÁTICO DE FONDO

ESTE ES EL MARTILLO MÁS EFICIENTE DE TODOS, EL PISTÓN - GOLPEA DIRECTAMENTE SOBRE LA BROCA Y PRÁCTICAMENTE LA SIGUE DENTRO DE LA PERFORACIÓN.

LA BROCA UTILIZADA, GENERALMENTE ES PARTE INTEGRAL DEL SISTEMA PISTÓN GOLPEADOR-MARTILLO, PERO SIN EMBARGO ES POSIBLE LA UTILIZACIÓN DE BROCAS TRICÓNICAS MEDIANTE EL USO DE UN COPLE ROSCADO, EN LUGAR DE LAS USUALES DE CARBURO DE TUNGSTENO.

EL AIRE NECESARIO ES SUMINISTRADO A TRAVÉS DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN Y PROPORCIONA EN ESTE CASO, LA POTENCIA Y EL FLUÍDO DE LIMPIEZA DEL FONDO DEL AGUJERO PARA EL ACARRIO Y DESALOJO DE LAS PARTÍCULAS CORTADAS HACIA LA SUPERFICIE. EN BARRENACIONES DE BANCOS PARA VOLADURAS DE ROCAS, SE PUEDE UTILIZAR AIRE SECO Y ES NECESARIO CONTAR CON COLECTORES DE POLVO EN LA SUPERFICIE CON LO QUE SE FACILITA EL TRABAJO Y SE EVITA EL DETERIORO DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN.

LA ROTACIÓN NECESARIA PARA LA OPERACIÓN, LE ES TRANSMITIDA POR LA MESA ROTARIA O CABEZAL DE ROTACIÓN DESDE LA SUPERFICIE A TRAVÉS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN.

CUANDO SE UTILIZA EL MARTILLO, SE TRABAJA A BAJAS REVOLUCIONES DE LA ROTARIA (ENTRE 10 Y 20 RPM) Y SE DEBE TRANSMITIR A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA UN PESO QUE VA ÚNICAMENTE DE 1,000 A 3,000 LBS., NO DEBIENDO APLICAR UNA CARGA MAYOR PORQUE SE IMPIDE SU GOLPETEO. LO ANTERIOR ES UNA GRAN VENTAJA CUANDO SE ATRAVIESAN FORMACIONES QUE PUEDEN DAR LUGAR A DESVIACIONES, PORQUE LA MEJOR PRÁCTICA PARA EVITARLES ES LA DE APLICAR POCO PESO A TRAVÉS DE LA COLUMNA DE PERFORACIÓN. DEBIDO A LA VELOCIDAD REDUCIDA DE LA ROTARIA Y LA APLICACIÓN DE POCO PESO, ES MUY PEQUEÑO EL ESFUERZO QUE SE TRANSMITE AL EQUIPO, AÚN CUANDO SE PERFOREN MATERIALES DE ALTA DUREZA, LO QUE REDUNDA EN UN MENOR DETERIORO DE ÉSTE Y POR LO TANTO UNA MAYOR VIDA ÚTIL.

EL MÉTODO, EXIGE LA UTILIZACIÓN DE AIRE A UNA PRESIÓN DE CUANDO MENOS 250 LBS/PULG² Y SÓLO PODRÁ UTILIZARSE UN COMPRESOR DE 100 LBS/PULG², USANDO MARTILLOS QUE OPEREN A BAJA PRESIÓN (50 LBS/PULG²) Y SÓLO EN AQUELLOS CASOS EN LOS QUE AL PERFORARSE NO SE ENCUENTRE NIVEL DE AGUA.

CON UN COMPRESOR DE 100 LBS/PULG² SÓLO PODRÁ LLEGARSE HASTA ENCONTRAR EL NIVEL FREÁTICO.

DE ACUERDO AL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN, SE UTILIZAN VOLU-
MENES DE AIRE ENTRE 450 Y 2,100 PCM RESULTANDO LA VELOCI-
DAD DE PENETRACIÓN EN RELACIÓN DIRECTA AL VOLUMEN DE --
AIRE UTILIZADO, QUE EN EL CASO DE LOS MARTILLOS INFLUYE-
NO SÓLO EN LA VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN DE LOS CORTES, --
SINO EN EL NÚMERO DE GOLPES POR MINUTO QUE SE IMPARTE A
LA FORMACIÓN.

CON UNA BUENA OPERACIÓN Y SUPERVISIÓN DE LOS TRABAJOS DE
PERFORACIÓN, ES POSIBLE CONSIDERAR QUE LA REALIZADA CON-
MARTILLO NEUMÁTICO ES LA MÁS RÁPIDA, TRATÁNDOSE DE FORMA
CIONES COMPACTAS O DURAS, SIN EMBARGO OBLIGA A LA UTILI-
ZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE ALTO VALOR Y DE MAQUINARIA --
AUXILIAR COMO SON LOS COMPRESORES Y BOMBAS DE ALTA PRE -
SIÓN.

2.2 VOLADURAS DE ROCAS EN PERFORACIONES DE DIÁMETRO GRANDE.

LA PERFORACIÓN A GRAN DIÁMETRO HA CAUSADO GRANDES CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE VOLADURA, PERMITIENDO UNA MAYOR ECONOMÍA EN LA EXTRACCIÓN DE LA ROCA.

AL HABERSE HECHO ACCESIBLES LOS PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN PARA VOLADURA A DIÁMETROS GRANDES, MEDIANTE GRANDES MÁQUINAS O EL USO DE MARTILLOS NEUMÁTICOS, SE HICIERON EVIDENTES SUS VENTAJAS SOBRE LA PERFORACIÓN A PEQUEÑOS DIÁMETROS COMO SON :

1. MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA (MAYOR EFICIENCIA)
2. MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN (M^3/ML)
3. MENOS SUB-BARRENACIÓN POR M^3
4. MAYOR FRAGMENTACIÓN DEL PISO DEL BANCO
5. MEJOR MANEJO DE LA ENERGÍA LIBERADA
6. ECONOMÍA EN EL EXPLOSIVO
7. MENOS MÁQUINA POR M^3
8. MENOS PERSONAL POR M^3
9. MENOR ADMINISTRACIÓN POR M^3
10. MEJOR SUPERVISIÓN A MENOR COSTO POR M^3

2.2.1 MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA (MAYOR EFICIENCIA)

EL NITRATO DE AMONIO ALCANZA DIFERENTES VELOCIDADES DE ONDA AL EXPLOTAR EN UN AGUJERO, DEPENDIENDO DEL DIÁMETRO DE ÉSTE, CONFORME SE PUEDE APRECIAR EN LA (FIG. 1), DONDE AL INCREMENTAR EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN SE INCREMENTA LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN, POR EJEMPLO: EL ANFO AL EXPLOTAR EN UN AGUJERO DE 3" DE Ø, ALCANZA UNA VELOCIDAD DE ONDA DE 7,000 PIES/SEG., PERO AL HACERLO EN UN AGUJERO DE 7" DE Ø, ALCANZA 12,000 PIES/SEG. Y EN UN AGUJERO DE 9" DE Ø, ALCANZA 13,000 PIES/SEG.

POR LO ANTERIOR, ES EVIDENTE QUE AL UTILIZAR ANFO EN DIÁMETROS PEQUEÑOS, SE ESTA PERDIENDO GRAN PARTE DE SU EFICIENCIA, LO QUE NO SUCEDE EN FORMA MUY IMPORTANTE EN AQUELLOS CASOS EN QUE EL AGUJERO TIENE UN DIÁMETRO MAYOR A 8". TODAVÍA EN DIÁMETROS CERCANOS A 6" SE ALCANZAN VOLADURAS ADECUADAS Y MÁS EFICIENTES QUE LAS QUE SE LOGRAN EN DIÁMETROS DE 3".

SE PUEDE CONCLUIR QUE LA UTILIZACIÓN DE ANFO EN DIÁMETROS GRANDES, RESULTARÁ EN UNA GRAN ECONOMÍA EN LA CANTIDAD DEL EXPLOSIVO UTILIZADO Y EN EL COSTO. ADEMÁS AL PODER DESARROLLAR EL EXPLOSIVO MAYOR ENERGÍA EN EL AGU

JERO GRANDE, LA PRESIÓN QUE SE DESARROLLA DENTRO DEL -
BARRENO ES MAYOR Y POR LO TANTO EL FRACTURAMIENTO QUE
SE PUEDE LOGRAR EN UNA MISMA ROCA, ES TAMBIÉN MAYOR -
POR ESTE SÓLO HECHO.

2.2.2 MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN (M^3/ML)

AL UTILIZARSE UN DIÁMETRO PEQUEÑO DE PERFORACIÓN, EL PATRÓN DE VOLADURA ES MENOR AL QUE RESULTA AL PERFORAR A UN DIÁMETRO MAYOR.

POR EJEMPLO :

EN EL BANCO DE LA PRESA DE "EL GUINEO" (FIG. 2), EN EL ESTADO DE GUERRERO, SE UTILIZÓ UN PATRÓN DE VOLADURA DE 2.50 X 3.00 M. AL PERFORAR CON 3" DE \emptyset , EN UNA GRANODIORITA, CONTENIENDO 7.50 M^3/ML DE BARRENACIÓN.

AL EFECTUAR UNA VOLADURA A MAYOR DIÁMETRO, ES POSIBLE TENER UN PATRÓN DE VOLADURA MAYOR, COMO FUE, EN EL MISMO CASO DE "EL GUINEO", DE 4.50 X 5.50 M. AL PERFORAR A 6" \emptyset EN LA MISMA GRANODIORITA, CON UN VOLUMEN DE 24.75 M^3/ML .

COMO SE VE, EN EL EJEMPLO ANTERIOR EL VOLUMEN OBTENIDO POR ML. DE PERFORACIÓN DE 6" DE \emptyset , FUE 230% MAYOR QUE EL QUE SE OBTUVO AL PERFORAR A 3" \emptyset .

EL RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN EN EL MISMO CASO DEL --
EJEMPLO FUE EL SIGUIENTE :

AL PERFORAR A 3" DE Ø SE TUVO UN RENDIMIENTO DE 9.0 -
ML/HR.

AL PERFORAR A 6½" DE Ø CON UN MARTILLO DE FONDO SE OBTU
VO UN RENDIMIENTO DE 13.0 ML/HR. EN ESTE CASO, NO SOLA
MENTE SE IGUALÓ LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN, SINO QUE -
FUE 44% MAYOR AL PERFORAR AL DIÁMETRO MAYOR DE 6½".

CABE HACER LA ACLARACIÓN DE QUE PARA LOGRAR ESTE RENDI-
MIENTO CON MAYOR DIÁMETRO DE PERFORACIÓN, SE UTILIZARON
MÁQUINAS MÁS GRANDES, DE MAYOR CAPACIDAD, CON MAYOR VO-
LUMEN Y PRESIÓN DE AIRE, CON LO QUE SE INCREMENTÓ EL -
COSTO HORARIO.

SERÁ NECESARIO EN CADA CASO HACER UN ANÁLISIS ECONÓMICO
DE DETALLE, PERO SE PUEDE ESPERAR COMO GENERALMENTE HA
SUCEDIDO, UNA REDUCCIÓN EN EL COSTO DE PERFORACIÓN POR
M³.

2.2.3 MENOR SUB-BARRENACIÓN POR M³

AL TENER LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR UN PATRÓN DE VOLADURA CON MAYOR ESPACIAMIENTO, EN LA MISMA FORMA SE INCREMENTA LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR UN BORDO (B) MAYOR, CONFORME SE INCREMENTA EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN. LO ANTERIOR PERMITE DISEÑAR UNA MAYOR ALTURA DE BANCO (H) (SI ÉSTE LO ADMITE).

AÚN MANTENIENDO LA MISMA RELACIÓN (B/H) ENTRE BORDO Y ALTURA DE BANCO Y POR LO TANTO EL MISMO PORCENTAJE DE BARRENACIÓN POR ML. PERFORADO ($0.3B$), COMO EL VOLUMEN EXPLOTADO POR CADA BARRENO SE INCREMENTA, POR EJEMPLO EN EL CASO DE "EL GUINEO", DE 7.5 A 24.75 M³, ES DECIR EL 230%, AL BARRENAR CON 6½" DE Ø, SE REDUCE EL PORCENTAJE DE SUB-BARRENACIÓN POR M³ DE ROCA EXPLOTADA, EN LA MISMA PROPORCIÓN.

CUANDO LA PROPORCIÓN (B/H) ENTRE BORDO Y ALTURA DE BANCO VARÍA, INFLUIRÁ TAMBIÉN EN FORMA NEGATIVA O POSITIVA.

EN EL EJEMPLO DE "EL GUINEO", LA ALTURA DE BANCO PERFORADO CON 3" DE Ø ERA DE 10.0 M. Y LA SUB-BARRENACIÓN 0.75 M., ES DECIR UN COEFICIENTE DE 0.075 M/ML.

LA ALTURA DE BANCO PERFORADO A 6½" DE Ø FUE DE 14.0 M.- Y LA SUB-BARRENACIÓN DE 1.35 M. ES DECIR SE TUVO UN COE FICIENTE DE 0.096 M/ML.

EN EL EJEMPLO DE "EL GUINEO" RESULTÓ UN 28% MEJOR, LA- RELACIÓN BORDO-ALTURA DE BANCO, CUANDO SE PERFORÓ A 3" DE Ø. EN ESTE CASO DEBIÓ DISEÑARSE UNA ALTURA DE BANCO MÁS ADECUADA PARA PERFORACIÓN DE 6½", COMO HUBIERA SIDO EL ALCANZAR UNA ALTURA (H) DE 18.0 M., CON LO QUE NO SE HUBIERA PERDIDO EFICIENCIA POR ÉSTA RAZÓN.

SIN EMBARGO EN EL EJEMPLO, A PESAR DE QUE LA ALTURA DE- BANCO NO FUE LA MAS ADECUADA, RESULTÓ MUCHO MEJOR LA RE- LACIÓN DE SUB-BARRENACIÓN POR M³ OBTENIDO AL PERFORAR A 6½" DE Ø (0.055 M/M³) QUE AL PERFORAR A 3" DE Ø (0.1), - ES DECIR FUE UN 82% MEJOR.

SIEMPRE SERÁ NECESARIO CONSIDERAR LA POSIBILIDAD O NO - DE EXCAVAR CON UNA MAYOR ALTURA DE BANCO, SI LA FORMA - CIÓN GEOLÓGICA Y DEMÁS CONDICIONES TOPOGRÁFICAS Y PIEZO MÉTRICAS LO PERMITEN, YA QUE EL FRACTURAMIENTO QUE SE - LOGRA, SE INCREMENTA AL SER MÁS ALTO EL BANCO, YA QUE - EL MOMENTO FLEXIONANTE QUE GENERA LA PRESIÓN DEL BARRE- NO FAVORECE LO ANTERIOR COMO SE INDICA EN LA (FIG. 3).

2.2.4 MAYOR FRAGMENTACIÓN DEL PISO DEL BANCO

CONFORME SE VIÓ EN EL EJEMPLO DE "EL GUINEO", LA SUB-BARRENACIÓN, AL SER EFECTUADA A UN MAYOR DIÁMETRO, ES PROPORCIONALMENTE MAYOR, POR LA RELACIÓN QUE GUARDA CON EL BORDO (0.3B).

LO ANTERIOR TIENE GRAN IMPORTANCIA EN LA FRAGMENTACIÓN DEL PISO DEL BANCO EN SU BASE, DEBIDO A QUE LA CARGA DE FONDO SE COLOCA A UNA MAYOR PROFUNDIDAD Y ADEMÁS LA CONCENTRACIÓN DE CARGA EN ESTE PUNTO EN PARTICULAR, ES -- - MUCHO MAYOR, YA QUE ESTÁ EN FUNCIÓN DEL CUADRADO DEL DIÁMETRO, LO QUE PERMITE LIBERAR UNA ENERGÍA MÁS GRANDE AL EFECTUAR LA VOLADURA EN UN DIÁMETRO MAYOR Y HACERLO COMO YA SE COMENTÓ, A UNA MAYOR PROFUNDIDAD, LO QUE REDUCE LA POSIBILIDAD DE PRESENTACIÓN DE ÁREAS POCO FRACTURADAS EN EL ÁREA DEL PISO (PATAS), QUE CUANDO SE PRESENTAN, OBLIGAN A UNA BARRENACIÓN Y VOLADURA ADICIONAL QUE INCREMENTAN EL COSTO.

ES INTERESANTE MENCIONAR LO QUE DICEN AL RESPECTO ULF - LANGEFORS Y KIHLMSTROM, EN SU LIBRO DE TÉCNICAS MODERNAS DE VOLADURA DE ROCA (1963) PAG. 44, "LA DISTRIBUCIÓN DE

LA CARGA AFECTA AL PODER DE ROTURA: UNA CARGA DE FONDO -
ALARGADA, TENDRÁ MENOS EFECTO EN DICHO FONDO, QUE SI ES-
TUVIERA ENTERAMENTE CONCENTRADA EN ÉL". ESTE CONCEPTO -
ACLARA LO DESCRITO ANTERIORMENTE.

2.2.5 MEJOR MANEJO DE LA ENERGÍA LIBERADA

COMO YA SE COMENTÓ, SE LOGRA TENER UNA MAYOR EFICIENCIA AL UTILIZAR PERFORACIONES DE MAYOR DIÁMETRO PARA VOLADURA, ÉSTO DEBIDO A QUE LA PRESIÓN DE BARRENO QUE SE LOGRA, ES MAYOR CONFORME SE INCREMENTA EL DIÁMETRO, YA QUE LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN ES MAYOR EN AGUJEROS MÁS GRANDES.

LA PRESIÓN QUE SE LOGRA EN EL BARRENO, ES LA SIGUIENTE:

$$A. P_b = 1.60 \times 10^{-3} v^2$$

P_b = PRESIÓN DEL BARRENO (LBS/PULG²)

δ = DENSIDAD DEL EXPLOSIVO (GR/CM³)

v = VELOCIDAD DE DETONACIÓN (PIÉ/SEG).

EJEMPLO PARA 4", 7" Y 9" DE Ø.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 4" Ø - 10,400 FT/SEG.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 7" Ø - 12,000 FT/SEG.

VELOCIDAD DE DETONACION EN 9" Ø - 13,000 FT/SEG.

UTILIZANDO COMO EXPLOSIVO NITRATO DE AMONIO.

CON UNA DENSIDAD DE 0.85 (GR/CM³), SE TIENE :

B. PERFORACIÓN DE 4"

$$P_{b4} = 1.69 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3\text{)} \times 10,400^{-3} \text{ (PIE/SEG).}$$

$$P_{b4} = 155,372 \text{ (LBS/PULG}^2\text{)}$$

PERFORACIÓN DE 7"

$$P_{b7} = 1.69 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3\text{)} \times 12,000^{-2} \text{ (PIE/SEG).}$$

$$P_{b7} = 206,856 \text{ (LBS/PULG}^2\text{)}$$

PERFORACIÓN DE 9"

$$P_{b9} = 1.60 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3\text{)} \times 13,000^{-2} \text{ (PIE/SEG).}$$

$$P_{b9} = 242,768 \text{ (LBS/PULG}^2\text{)}.$$

COMO SE OBSERVA, LA PRESIÓN QUE SE LOGRA EN UN AGUJERO DE 9" DE Ø, ES DE 242,768 LBS/PULG², CUANDO EN 4" DE Ø, SOLO SE OBTIENEN 155,372 LBS/PULG².

DE ACUERDO CON LA TABLA NO. 1, AL EFECTUAR LA VOLADURA EN 4" DE Ø, SE SOBREPASA 4.4 VECES LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN GRANITO Y AL HACERLO EN 9" DE Ø, SE SOBREPASA PRÁCTICAMENTE 7.0 VECES LA RESISTENCIA DEL

GRANITO, SI LA ROCA ES BUENA TRANSMISORA DE LA ONDA, -
SE PUEDE LOGRAR POR ÉSTA RAZÓN UNA MAYOR FRAGMENTACIÓN,
DE SER ASÍ NECESARIO.

SI SE PERFORA UNA ROCA CON MENOR RESISTENCIA A LA COM -
PRESIÓN Y CON BUENAS CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE
LA ONDA, SE PODRÁ REDUCIR EL FACTOR DE CARGA, PARA LO -
GRAR EL RESULTADO DESEADO Y LA REDUCCIÓN ECONÓMICA CO -
RRESPONDIENTE.

COMO SE VÉ, LLEVANDO A CABO PERFORACIONES GRANDES, SE -
TIENEN MAYORES POSIBILIDADES DE FRACTURAMIENTO Y/O DE -
MANEJO DE LAS CARGAS DENTRO DEL BARRENO, PARA ALCANZAR
EL EFECTO DESEADO, CON LO QUE ES POSIBLE TENER UN MAYOR
CONTROL DE LA ENERGÍA QUE SE LIBERA EN LA VOLADURA, UTI
LIZANDO ÚNICAMENTE LA NECESARIA EN CADA CASO.

2.2.6 ECONOMÍA EN EL EXPLOSIVO

EL INCREMENTO DE LAS VELOCIDADES DE DETONACIÓN DEL ANFO, AL UTILIZARSE EN AGUJEROS CON DIÁMETRO MAYOR, ES REPRODUCIDO, CON CIERTA RELACIÓN, POR ALGUNOS HIDRO-GELES - DISPONIBLES EN NUESTRO PAÍS, POR LO QUE ES POSIBLE REDUCIR LA CARGA DE FONDO, AL INCREMENTAR EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN.

EN EL EJEMPLO DE "EL GUINEO", SE TUVO LO SIGUIENTE, -- UTILIZANDO UN MISMO FACTOR DE CARGA.

| DIAMETRO PERF. | 6½" | 3" |
|------------------------------|---------|---------|
| RELACIÓN DE FACTOR DE CARGA. | 0.98 | 1.0 |
| CARGA DE FONDO | 18.8 % | 32.4 % |
| CARGA DE COLUMNA | 81.2 % | 67.6 % |
| CARGA TOTAL | 100.0 % | 100.0 % |

SE OBSERVA LA IMPORTANTE REDUCCIÓN EN EL PORCENTAJE DE CARGA DE FONDO UTILIZADA EN 6½" CON RESPECTO A LAS PERFORACIONES DE 3", LO QUE REDUNDÓ EN UNA ECO-

NOMÍA DE LA VOLADURA, TAMBIÉN SE OBTIENE UNA MEJORA SUBSTANCIAL, EN EL PRECIO DE ADQUISICIÓN DEL EXPLOSIVO EMPACADO A DIÁMETROS GRANDES, CON RESPECTO A LOS DIÁMETROS PEQUEÑOS. ESTA MEJORA INCIDE TAMBIÉN EN EL MANEJO Y COLOCACIÓN DEL EXPLOSIVO DENTRO DEL BARRENO, REDUCIENDO EL TIEMPO DE CARGADO, LA MANO DE OBRA UTILIZADA Y LOS TIEMPOS OCIOSOS.

ES EVIDENTE QUE CONFORME SE INCREMENTA LA CAPACIDAD DE VOLADURA POR MÁQUINA, SE TENDRÁ UN MENOR NÚMERO DE ÉSTAS EN EL FRENTE DE TRABAJO, LOGRANDO REDUCIR LA OPERACIÓN ESPECIALIZADA, MEJORANDO TAMBIÉN LA CALIDAD DE LA SUPERVISIÓN AL REDUCIR LOS GRUPOS DE MAQUINARIA, TANTO DESDE EL PUNTO DE VISTA MECÁNICO, COMO OPERATIVO Y TÉCNICO.

LO ANTERIOR FACILITA EL LOGRAR UN MEJOR BALANCE DEL EQUIPO DE BARRENACIÓN CON EL DE CARGA Y TRANSPORTE, SOBRE TODO CUANDO SE TRATA DE EXCAVAR Y MOVER VOLUMENES IMPORTANTES.

AL REDUCIR LA OPERACIÓN, SUPERVISIÓN Y MANTENIMIENTO, EN FORMA NATURAL SE REDUCE LA CARGA ADMINISTRATIVA DEL FRENTE DE TRABAJO.

EN BASE A LO COMENTADO ANTERIORMENTE, SE PUEDE CONCLUIR QUE EL USO DE PERFORACIONES DE MAYOR DIÁMETRO Y POR LO TANTO PATRONES MÁS AMPLIOS PARA VOLADURA DE ROCAS, DA COMO PRIMER RESULTADO UN INCREMENTO NOTABLE EN EL VOLUMEN QUE PUEDE SER EXPLOTADO POR UNA MÁQUINA.

EN SEGUNDO LUGAR, EL USO DE MARTILLOS DE FONDO RESULTA EN UN INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE PERFORACIÓN DE UNA MISMA MÁQUINA Y POR ÚLTIMO, TODO LO ANTERIOR INCIDE EN UNA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN DE ROCA, ASÍ COMO UNA REDUCCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE EXCAVACIÓN, COMPARADO CON LOS PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN A POTACIÓN Y CON MARTILLO EN EL CABEZAL, QUE SON NORMALMENTE UTILIZADOS EN ESTE TIPO DE TRABAJOS.

2.3

LIMITACIONES DE LOS SISTEMAS DE VOLADURA

SE PUDIERA CONCLUIR QUE EN TODOS LOS CASOS DEBERÍA DE PERFORARSE A DIÁMETROS GRANDES PARA EFECTUAR LA VOLADURA, LO QUE NO ES POSIBLE EN MUCHAS OCASIONES, POR - - VARIAS CAUSAS COMO SON :

LAS LIMITACIONES FÍSICAS Y GEOLÓGICAS Y LAS LIMITACIONES DEL EQUIPO DE TRABAJO.

2.3.1 LIMITACIONES FÍSICAS

2.3.1.1 UBICACIÓN DEL BANCO

UBICACIÓN, EN FUNCIÓN DE LA CERCANÍA A ZONAS URBANAS O INDUSTRIALES, CON LO QUE PUEDE QUEDAR LIMITADO EL IMPACTO CAUSADO A DETERMINADA VOLADURA.

2.3.1.2 DIMENSIONES PROPIAS DEL BANCO

EN OCASIONES LA ZONA GEOLÓGICAMENTE FAVORABLE DE ÉSTE, PUEDE LIMITAR EL FRENTE DE ATAQUE.

2.3.1.3 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DEL BANCO

ESTAS, EN OCASIONES HACEN INDISPENSABLE LLEVAR A CABO TRABAJOS CON MÁQUINAS CHICAS Y PERFORACIONES DE PEQUE-

ÑO DIÁMETRO PARA CONFORMAR EL FRENTE DE ATAQUE, TAMBIEN PUEDE LIMITAR EL ACCESO Y LAS MANIOBRAS CON EL EQUIPO.

2.3.1.4 FRENTE DEL BANCO

CUANDO YA HA SIDO TRABAJADO EL BANCO CON ANTERIORIDAD Y SOBRE TODO, CUANDO HAN EXTRAÍDO POCO VOLUMEN, PUEDE LLEGAR A PRESENTAR CARACTERÍSTICAS DESFAVORABLES PARA EL ACOMODO DEL EQUIPO DE TRABAJO, POR EJEMPLO CUANDO ES NECESARIO COLOCAR EN LA MISMA ÁREA EL EQUIPO DE TRITURACIÓN.

2.3.2 LIMITACIONES GEOLÓGICAS

2.3.2.1 PERFORABILIDAD DE LA ROCA

ADEMÁS DE LO ANTERIOR, ES INDISPENSABLE CONSIDERAR VARIOS FACTORES GEOLÓGICOS QUE LIMITAN LOS PATRONES DE VOLADURA Y/O LOS DIÁMETROS DE PERFORACIÓN, UNO DE ELLOS ES LA PERFORABILIDAD DE LA ROCA, LO QUE EN ALGUNOS CASOS REDUCE LOS RENDIMIENTOS DE PERFORACIÓN A TAL GRADO, QUE ES MÁS CONVENIENTE PERFORAR A PEQUEÑOS DIÁMETROS QUE A GRANDES.

2.3.2.1.1

ROCAS ÍGNEAS

GENERALMENTE PRESENTAN CARACTERÍSTICAS DE ALTA DUREZA Y ABRASIVIDAD Y DE ÉSTAS LAS ÁCIDAS (GRANITOS), QUE TIENEN UN ALTO CONTENIDO EN CUARZO, SON MUY DURAS, ABRASIVAS Y DIFÍCILES DE PERFORAR, AUNQUE SUS CARACTERÍSTICAS FAVORECEN LA TRANSMISIÓN DE LA ONDA ALCANZADA DURANTE LA VOLADURA.

LAS ROCAS ÍGNEAS BÁSICAS (BASALTOS), SON MENOS DURAS Y ABRASIVAS, PERO DEPENDIENDO DEL CONTENIDO DE MINERALES FERRO-MAGNESIANOS Y DE SU ARREGLO, PUE DEN LLEGAR A PRESENTAR LA MISMA PROBLEMÁTICA QUE LOS GRANITOS Y AUNQUE LA TRANSMISIÓN DE LA ONDA ES BUENA, GENERALMENTE SU ESTRATIFICACIÓN Y FRACTURAMIENTO LA DISMINUYE.

2.3.2.1.2

ROCAS SEDIMENTARIAS

SE PRESENTAN CON UNA DIVERSIDAD MUY GRANDE Y PUE DEN SER DURAS O ABRASIVAS (ALGUNAS ARENISCAS) Y ESTABLES O INESTABLES, DEPENDIENDO DE SU GRADO DE CEMENTACIÓN, LAS CÁLIZAS EN PARTICULAR PRESENTAN DIFERENTE DUREZA, BUZAMIENTO (EN OCASIONES MUY IMPORTANTE), ESTRATIFICACION Y KARSTIFICACIÓN, LO QUE LAS HACE EN OCASIONES DIFÍCILES DE PERFORAR Y-

EN PARTICULAR DE OBTENER UN TAMAÑO CONTROLADO DE ROCA, YA QUE POR LA GRAN CANTIDAD DE HUECOS QUE LLEGAN A TENER, SE PIERDE EN GRAN PARTE EL EFECTO DE LA VOLADURA.

2.3.2.1.3 ROCAS METAMÓRFICAS

PRESENTAN CARACTERÍSTICAS MUY DIVERSAS DE DUREZA, PERFORABILIDAD Y DE COMPORTAMIENTO A LA VOLADURA, EN FUNCIÓN DE LA ROCA MADRE QUE LAS GENERÓ, DE SU COMPOSICIÓN MINERAL, CRISTALIZACIÓN Y TIPO DE ALTERACIÓN, PERO SE PUEDE COMENTAR QUE SON GENERALMENTE MENOS DURAS QUE LA ROCA MADRE Y MALAS TRANSMISORAS DE LA ONDA DURANTE LA VOLADURA.

2.3.2.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

ADEMÁS DE LA PERFORABILIDAD DE LA ROCA, ES INDISPENSABLE CONSIDERAR LOS SIGUIENTES FACTORES GEOLÓGICOS, PARA ESTABLECER UN PATRÓN DE VOLADURA ADECUADO.

- A) ESTRUCTURA
- B) FRACTURAMIENTO
- C) FALLAMIENTO
- D) ESTRATIFICACIÓN

- E) ESPESOR DE LOS ESTRATOS
- F) ALTERNANCIA DE LOS ESTRATOS
- G) INTRUSIONES
- H) GRADO DE INTEMPERISMO
- I) TIPO DE INTEMPERISMO (FÍSICO O QUÍMICO)

2.3.3

LIMITACIONES EN EL EQUIPO DE TRABAJO

EN ALGUNOS CASOS, POR PROBLEMAS DE UBICACIÓN - - - (LEJANÍA) ACCESOS DIFÍCILES O PODER LLEVAR A CABO LA INVERSIÓN NECESARIA O POR LA EXISTENCIA DE UN EQUIPO EN EL SITIO DE TRABAJO, SE DECIDE LLEVAR A CABO LA VOLADURA CON LA MAQUINARIA QUE SE CUENTA EN LA ZONA, EN CUYO CASO QUEDARÁ LIMITADO EL TRABAJO A LAS CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDAD DEL EQUIPO DISPONIBLE.

2.4

APLICACIÓN EN EL EJEMPLO, DE LA RECONVERSIÓN DEL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN

DEBIDO A QUE TODO LO DESCRITO ANTERIORMENTE, NO FAVORECE EL QUE SE PUEDAN ESTABLECER EN TODOS LOS CASOS, PATRONES DE VOLADURA AMPLIOS Y POR LO TANTO DIÁMETROS GRANDES DE PERFORACIÓN, ESPECÍFICAMENTE PARA LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTOS DE TIERRA EN LA CONSTRUCCIÓN, (NO ASÍ EN LA MINERÍA), ES NECESARIO

UNA MAYOR DIVERSIFICACIÓN DE LA MAGUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILIZA Y UN CRITERIO AMPLIO PARA DEFINIR LOS PATRONES DE VOLADURA.

EN LA CONSTRUCCIÓN, GENERALMENTE SE PRESENTAN LIMITACIONES EN LOS BANCOS POR EXPLOTAR (SOBRE TODO EN SU ALTURA), TAMBIÉN EN LOS CORTES QUE SE LLEVAN A CABO PARA ALOJAR ALGUNAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS O EN EL CORTE DE CAMINOS, LO QUE SIEMPRE SE HACE ENBASE A DIMENSIONES DADAS. COMO EL OBJETIVO PRINCIPAL, ES LLEVAR A CABO ESTE TIPO DE TRABAJOS EN LA FORMA MÁS ECONÓMICA POSIBLE, ES POSIBLE ADAPTAR A LAS PERFORADORAS DE CARRIL (TRACK-DRILLES), MARTILLOS DE FONDO PARA PERFORAR A MAYORES DIÁMETROS -- CUANDO LAS CONDICIONES ASI LO PERMITAN, POR LO QUE PARA PODER LLEVAR A CABO LA PERFORACIÓN CON EL -- EQUIPO Y EL PATRÓN MÁS ADECUADO, CADA MÁQUINA DEBE CONTAR CON LOS ADAPTADORES NECESARIOS PARA PERFORAR A DIFERENTES DIÁMETROS.

PARA APROVECHAR LA ECONOMÍA QUE SE LOGRA AL PERFORAR CON EL DIÁMETRO Y PATRÓN DE VOLADURA MAS ADECUADO, ES NECESARIO RECONVERTIR LAS PERFORADORAS DE CARRIL PARCIALMENTE, YA QUE SU CHÁSIS, ORUGAS, SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y TORRE DE PERFORACIÓN TIENEN LA CAPACIDAD ADECUADA Y SOLO ES NECESARIO CAM-

BIAR EL CABEZAL DE ROTACIÓN Y MARTILLO DE PERCUSIÓN, POR UNO QUE TRABAJA ÚNICAMENTE A ROTACIÓN, PERO CON MAYOR CAPACIDAD DE TORCIÓN Y CON LA POSIBILIDAD DE ADMITIR HERRAMIENTA DE MAYOR DIÁMETRO, TAMBIÉN SE TIENE QUE MODIFICAR EL CENTRALIZADOR Y GATO HIDRÁULICO PARA DESACOPLE DE LA TUBERÍA Y REFORZAR LA BASE DE LA TORRE DE PERFORACIÓN. TODO LO ANTERIOR SE PUEDE LLEVAR A CABO MEDIANTE EL CAMBIO DE CONJUNTOS.

CON LAS MODIFICACIONES ANTERIORES, SE TIENE LA POSIBILIDAD DE MANEJAR HERRAMIENTAS DESDE 3" HASTA 5½" DE Ø, Y CONFORME ESTO, SE PUEDE INCREMENTAR EL RENDIMIENTO QUE NORMALMENTE SE OBTIENE.

EL UTILIZAR UNA HERRAMIENTA DE MAYOR CAPACIDAD COMO SON LOS MARTILLOS DE FONDO, OBLIGA EN ESTE CASO, NO SOLAMENTE A LA RECONVERSIÓN DEL COMPRESOR, SINO AL CAMBIO DE UNA MÁQUINA (COMPRESOR PARA 100 LBS/PULG²) POR OTRA DE ALTA PRESIÓN (250 LBS/PULG²).

PARA LLEVAR A CABO ESTAS MODIFICACIONES Y COMPRA DE EQUIPO, ES NECESARIO TOMAR EN CUENTA EL INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD Y TAMBIÉN DE COSTO, ASÍ COMO LA INVERSIÓN NECESARIA TODO BASADO EN VOLUMENES IMPORTANTES DE ROCA POR EXTRAER EN SU CASO.

CONVERSION DE MOTOR ASPIRACION NATURAL A TURBOCARGADOR

VENTAJAS: EL MOTOR DE ASPIRACION NATURAL AL AUMENTAR LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR PIERDE POTENCIA, EMITE EN DEMASIA GASES - CONTAMINANTES, ESTE PROBLEMA SE RESUELVE ACOPLANDO UN COMPENSADOR DE ALTURA.

APLICACION: EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE EQUIPO PESADO.

INSTALACION: LOS FABRICANTES DE LOS MOTORES SUMINISTRAN LAS PARTES DE REEMPLAZO, PARA ESTA RECONVERSION.

CONVERSION DE COPLE MECANICO A HIDRAULICO

- VENTAJAS:** ABSORBE LOS IMPACTOS DE LA MAQUINA DANDO VELOCIDADES UNIFORMES Y OBTENIENDO MAYOR VIDA DE TODOS SUS CONJUNTOS, NO REQUIRIENDO AJUSTES Y NECESITANDO UN MANTENIMIENTO MINIMO.
- APLICACION:** EQUIPO DE DRAGADO, MALACATES, EQUIPOS DE PERFORACION Y -- EQUIPOS PARA LA INDUSTRIA MADERERA.
- INSTALACION:** ES UNA SUBSTITUCION Y PARA UNA SELECCION APROPIADA SE REQUIEREN LOS DATOS DEL VOLANTE, CAPACIDAD DE MOTOR Y ACO-- PLAMIENTO DE SALIDA, LA INSTALACION DEBERA DISEÑARSE CUIDADOSAMENTE EN CUANTO A ESPACIO Y SOBRE TODO ALINEAMIENTO.

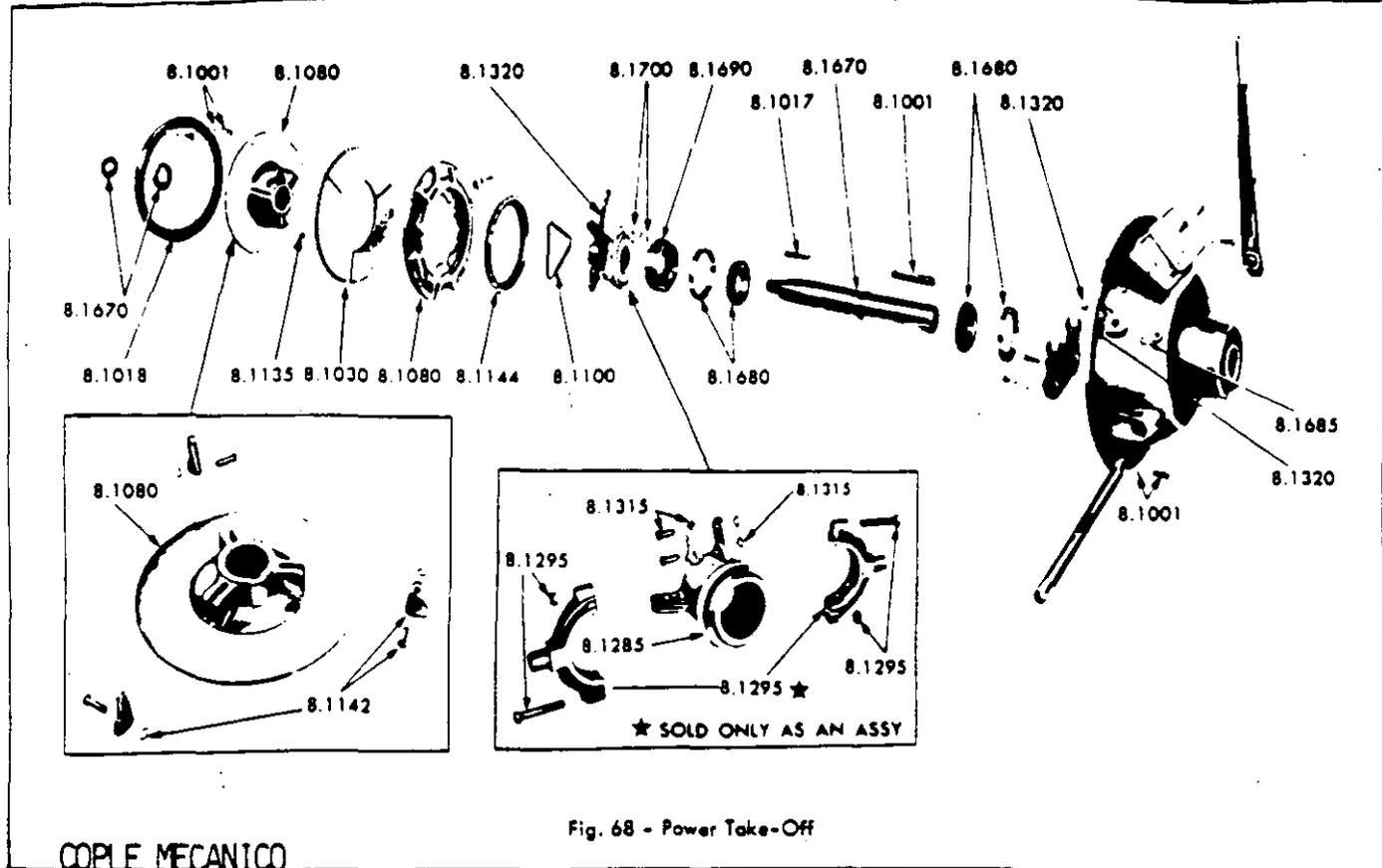
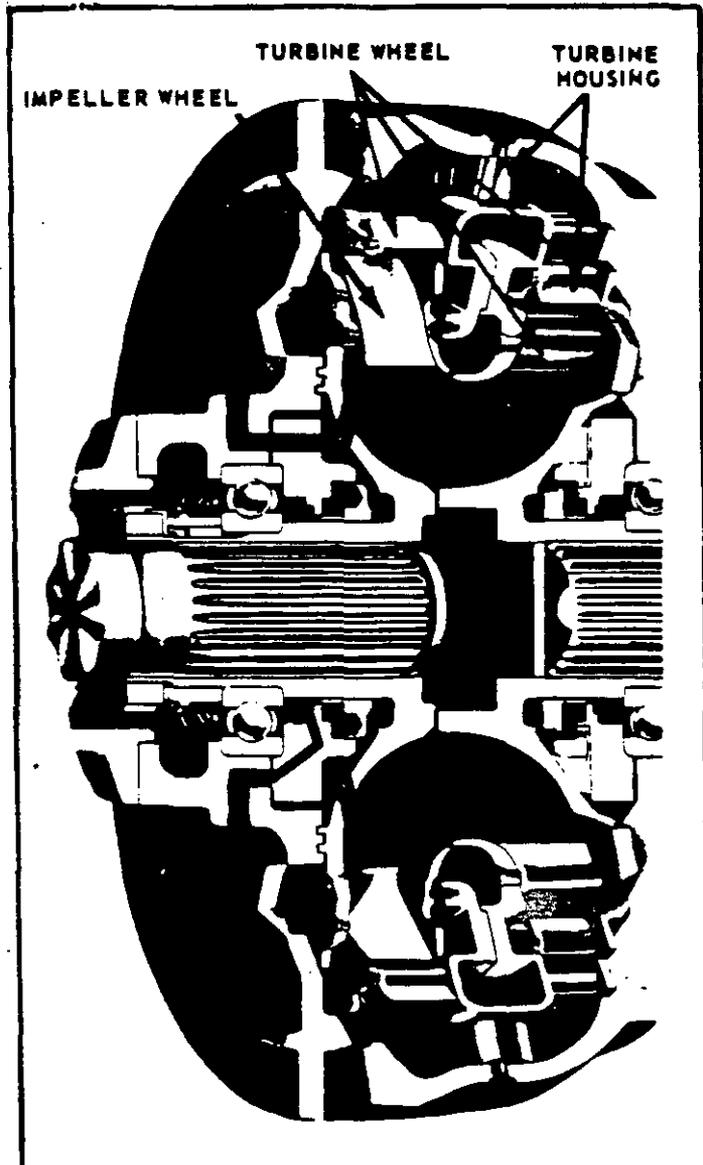
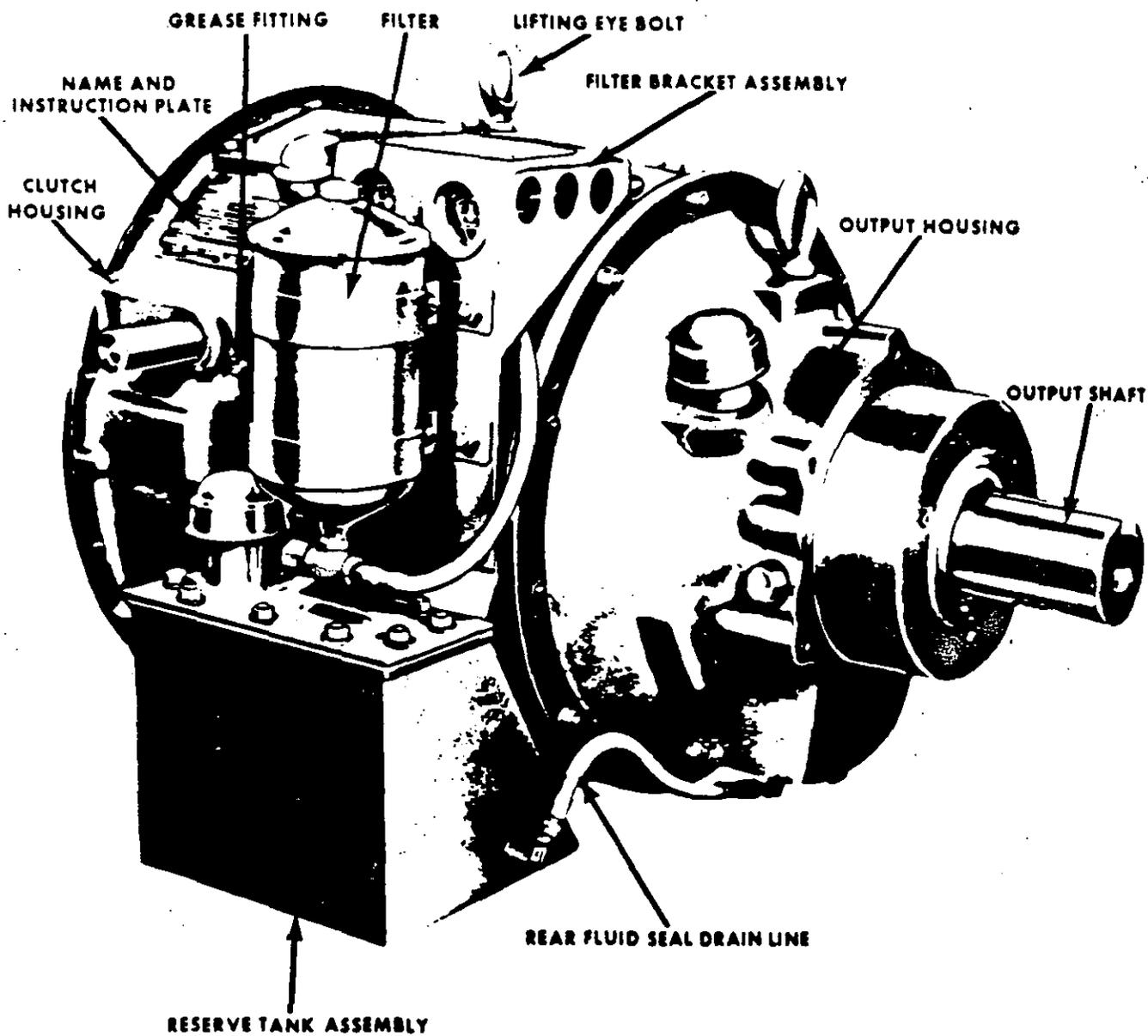


Fig. 68 - Power Take-Off

COBLE MECANICO



SECCION DE
 COBLE HIDRAULICO



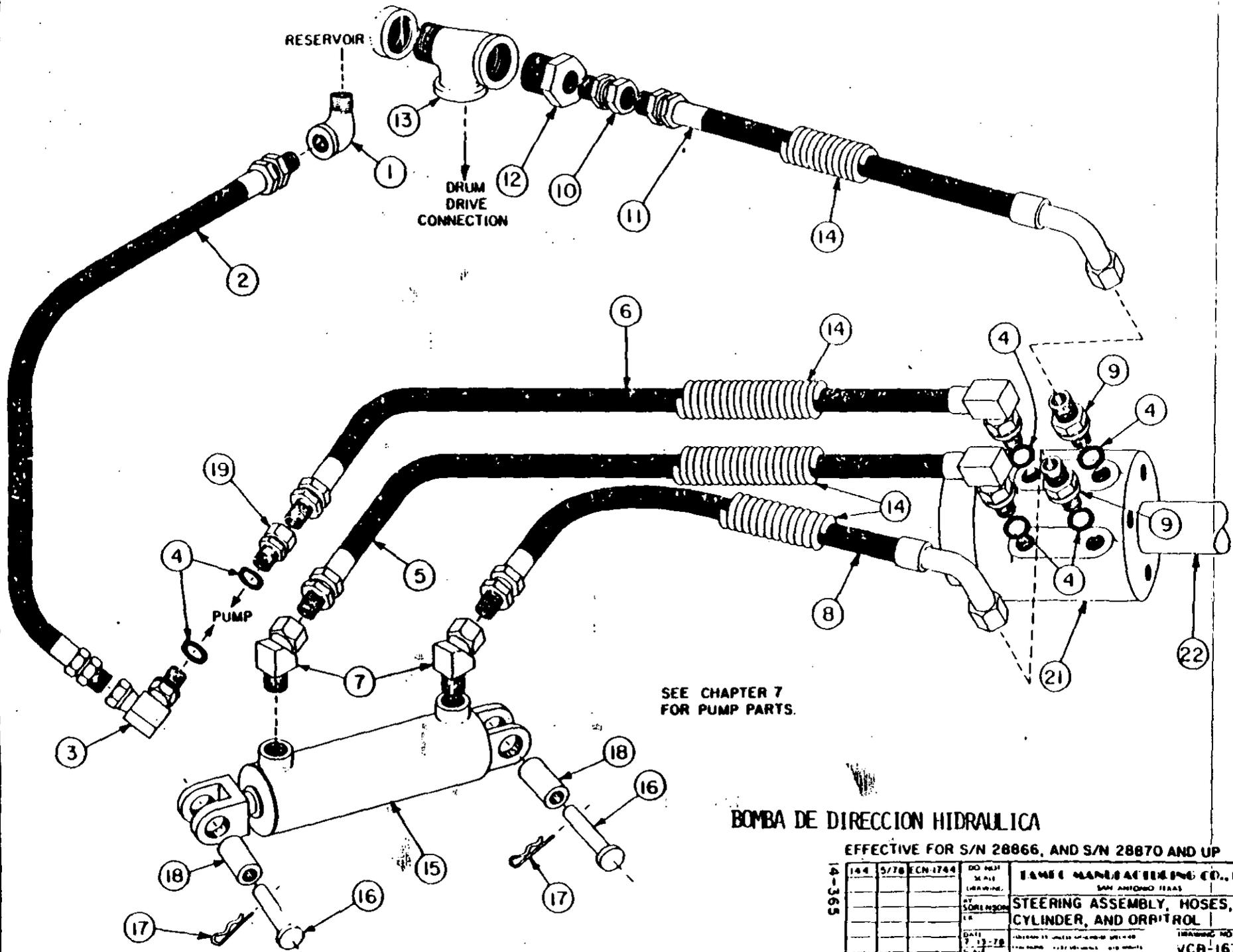
COPLÉ HIDRAULICO

CONVERSION DE SISTEMA DE DIRECCION MECANICO A HIDRAULICO

VENTAJAS : EL SISTEMA HIDRAULICO ES MAS EFICIENTE, ADEMAS SE -
ELIMINA VARILLAJE, ENGRANES, CADENAS, VIBRACIONES Y
RUIDOS MOLESTOS, LA OPERACION ES MAS COMODA Y MAS -
PRECISA.

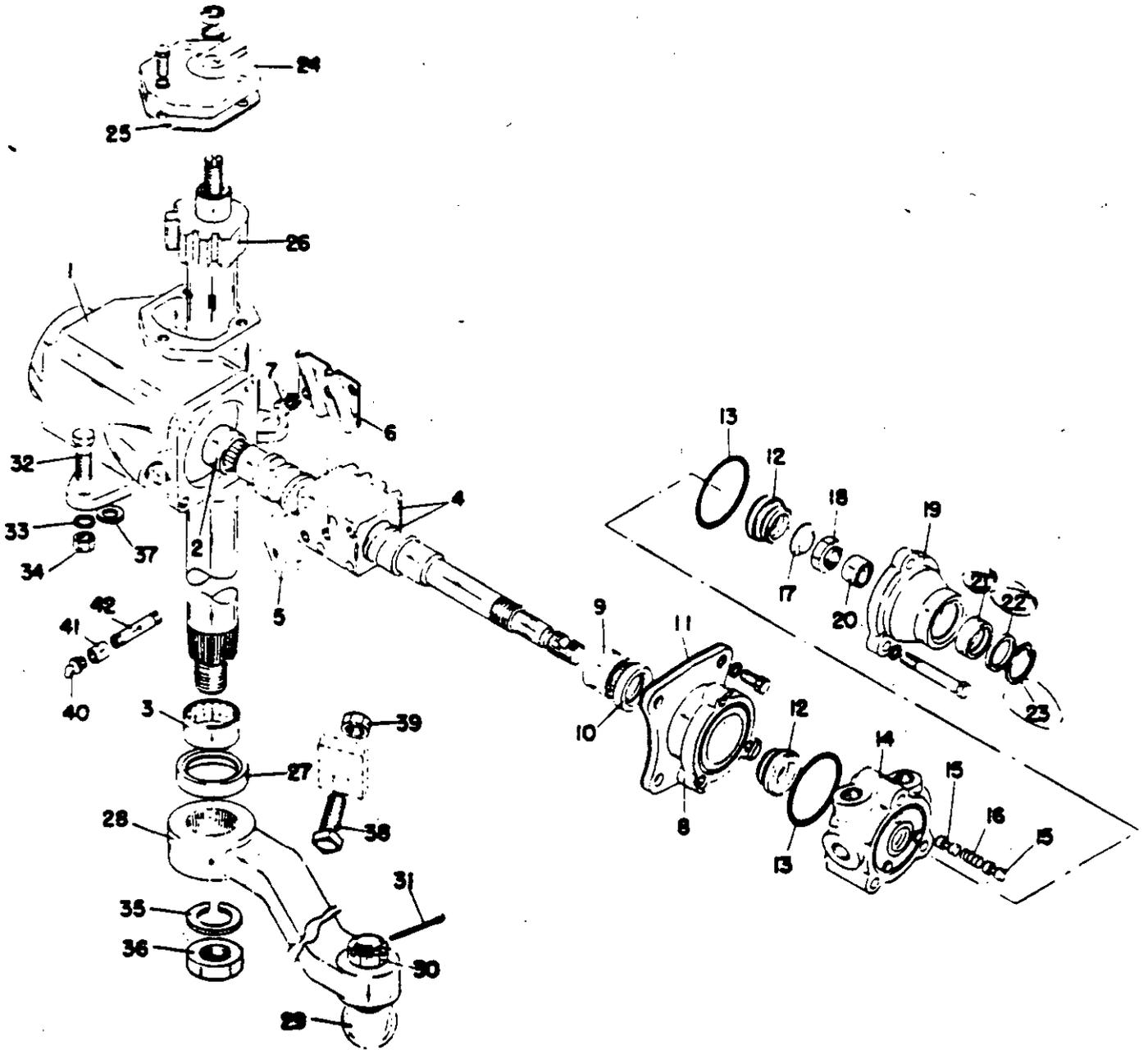
APLICACION : EN LA MAYORIA DE LOS SISTEMAS DIRECCIONALES DE - -
EQUIPO ANTIGUO, COMO EJEMPLO: LA MOTOCONFORMADORA -
HUBER Y ALGUNOS TRACTOCAMIONES.

INSTALACION: SE ADICIONA UN DEPOSITO, BOMBA LINEAS Y VALVULAS DE
CONTROL ADEMAS DE SUSTITUIR LOS CONJUNTOS A MODER -
NIZAR.



| | | | | |
|-----|------|----------|---|---|
| 144 | 5/78 | ECN-1744 | DO NOT M.A.S. LEARNING BY SOMEONE IS | TAMCO MANUFACTURING CO., INC. SAN ANTONIO TEXAS |
| | | | | STEERING ASSEMBLY, HOSES, CYLINDER, AND ORBITROL |
| | | | DATE 7-13-78 | DRAWING NO VCB-167 |
| | | | BY RONE | FOR THE BUREAU AND SUPPORT GROUP |

17



BOMBA DE DIRECCION MECANICA

CONVERSION DE MANDO DIRECTO A SERVOTRASMISION EN TRACTORES

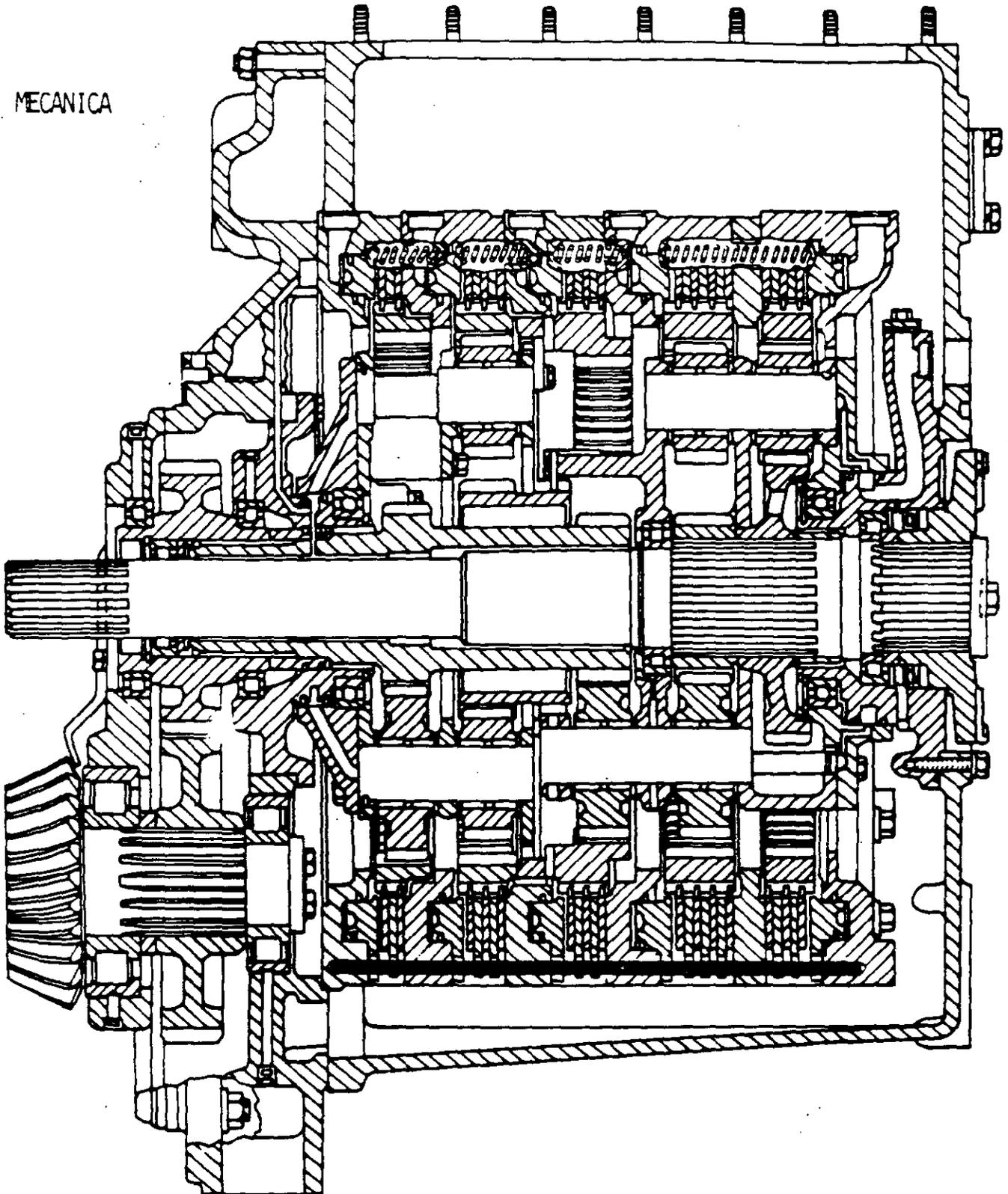
VENTAJAS: SE APROVECHA LA POTENCIA DEL MOTOR AUMENTANDO LA TORSION EN EL TREN DE FUERZA.

APLICACION: EN TRACTORES MARCA CATERPILLAR.

INSTALACION: SE REQUIERE INSTALAR UN CONVERTIDOR, ENFRIADOR, TRANSMISION Y LINEAS NECESARIAS, ASI COMO EL CONTROL DE VARILLAJE PARA SU OPERACION.

TRANSMISSION (POWER SHIFT)

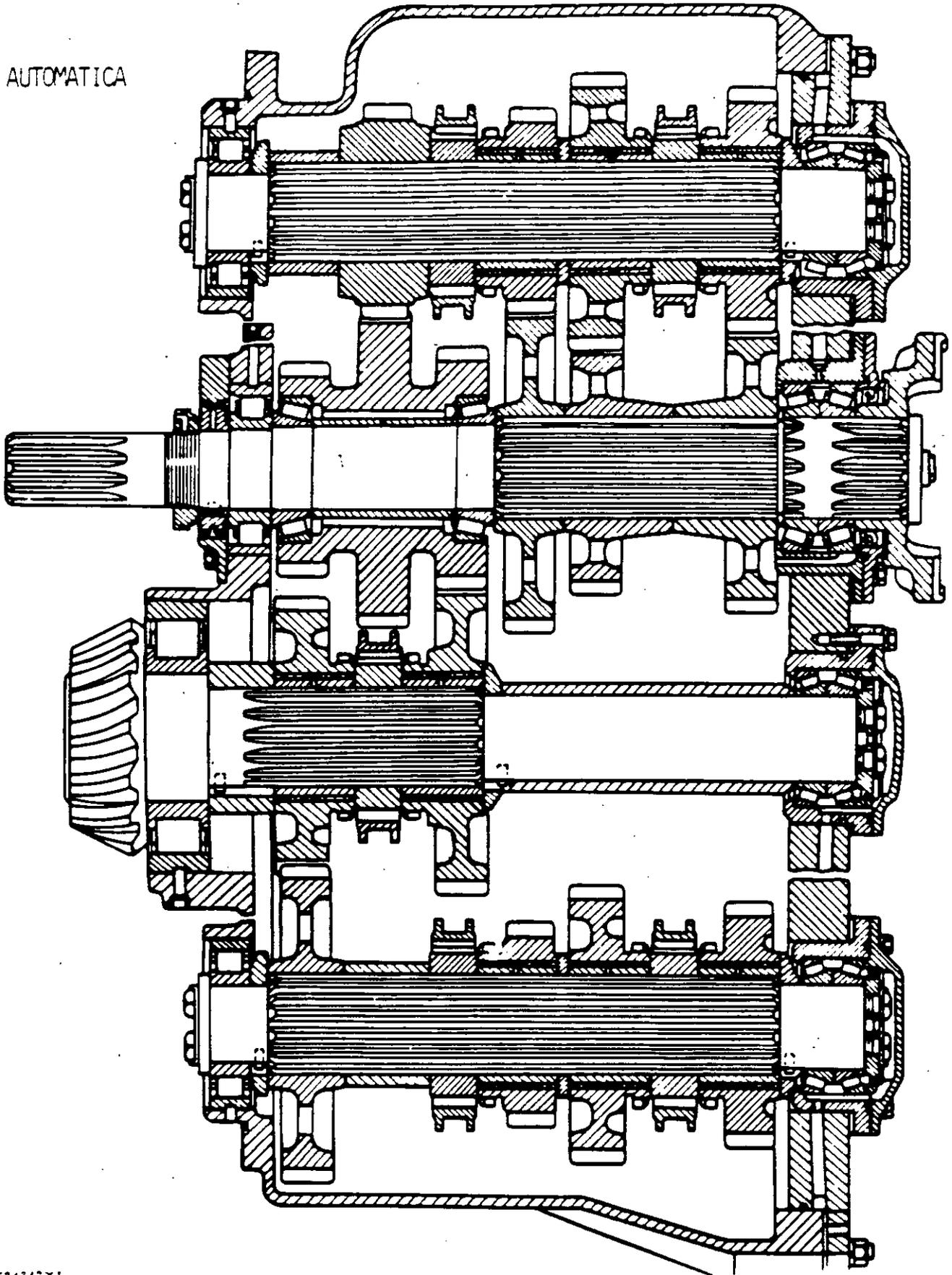
CAJA MECANICA



T64251X1

TRANSMISSION (DIRECT DRIVE)

CAJA AUTOMATICA



CONVERSION DE FRENOS A MARCA COMERCIAL

VENTAJAS: EL EQUIPO DE CONSTRUCCION ES EN SU MAYORIA DE IMPORTACION Y LOS REEMPLAZOS SON DIFICILES DE OBTENER POR LO QUE SE -- SUGIERE CONVERTIR ESTOS A UNA MARCA COMERCIAL EXISTENTE -- EN MEXICO.

APLICACION: COMO EJEMPLO, EL SISTEMA DE FRENOS DEL COMPACTADOR DE RODILLO MULLER AP23, PUEDE SER SUSTITUIDO POR EL SISTEMA DE FRENOS DEL CARGADOR MICHIGAN MODELO 45 B.

INSTALACION: NO REQUIERE DE INSTALACION ESPECIAL YA QUE SE USAN LAS -- MISMAS BASES ORIGINALES CAMBIANDO LA POSICION DE ALGUNOS -- BARRENOS.

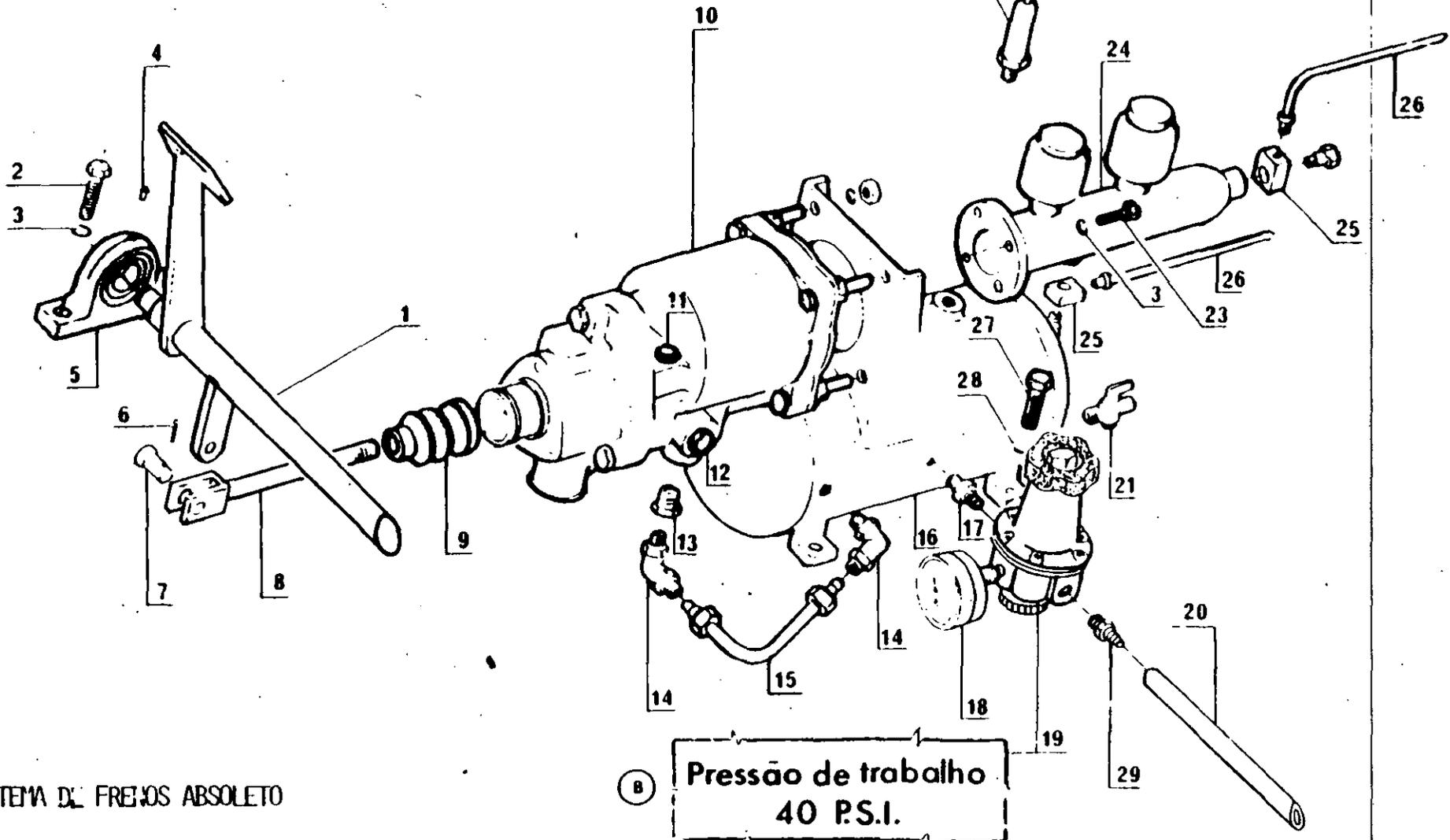


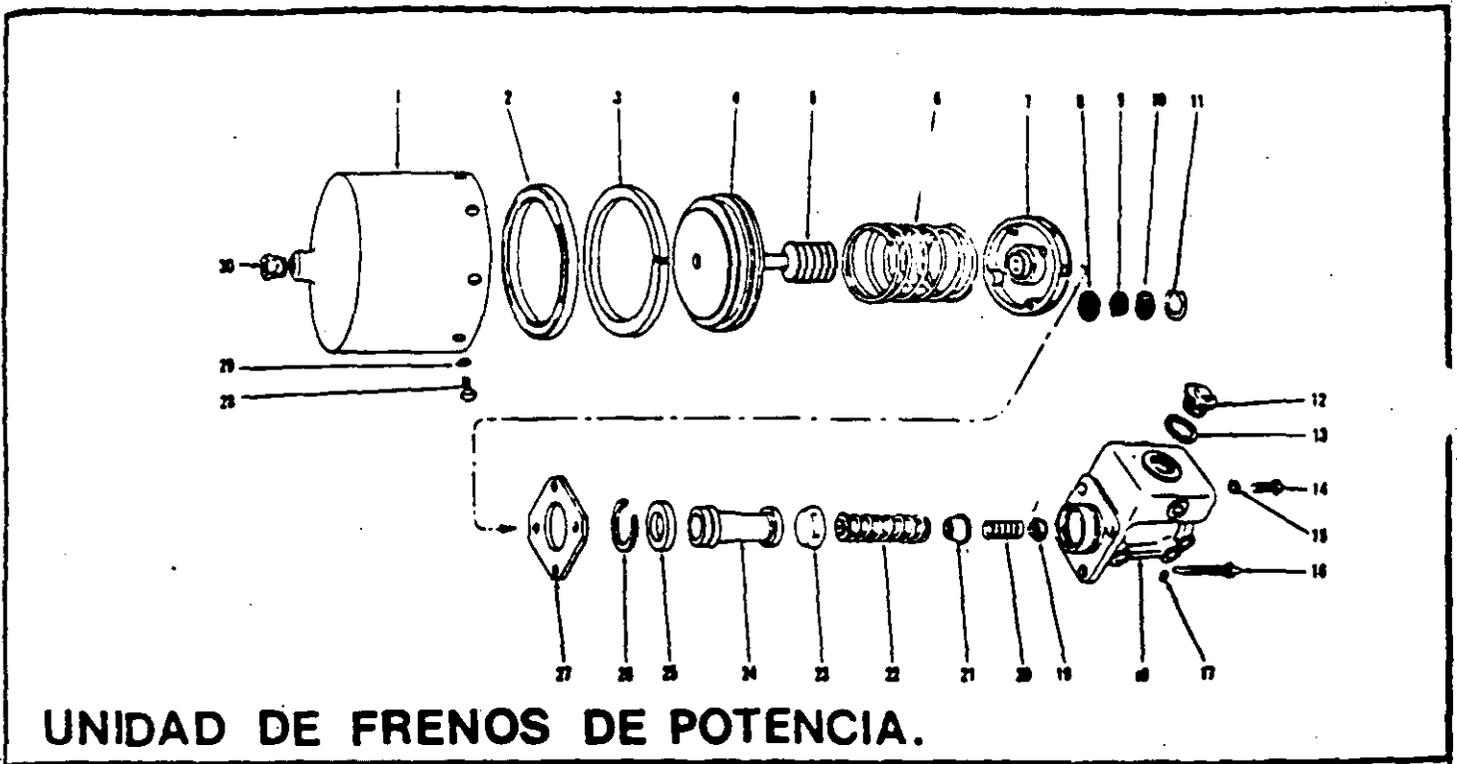
FREIO HIDRO-PNEUMÁTICO

(A) Pressão de trabalho
50 P.S.I.

(B) Pressão de trabalho
40 P.S.I.

SISTEMA DE FREIOS ABSOLETO





UNIDAD DE FRENOS DE POTENCIA.

CILINDRO MAESTRO Y CAMARA DE PRESION
EN UN SISTEMA DE FRENOS

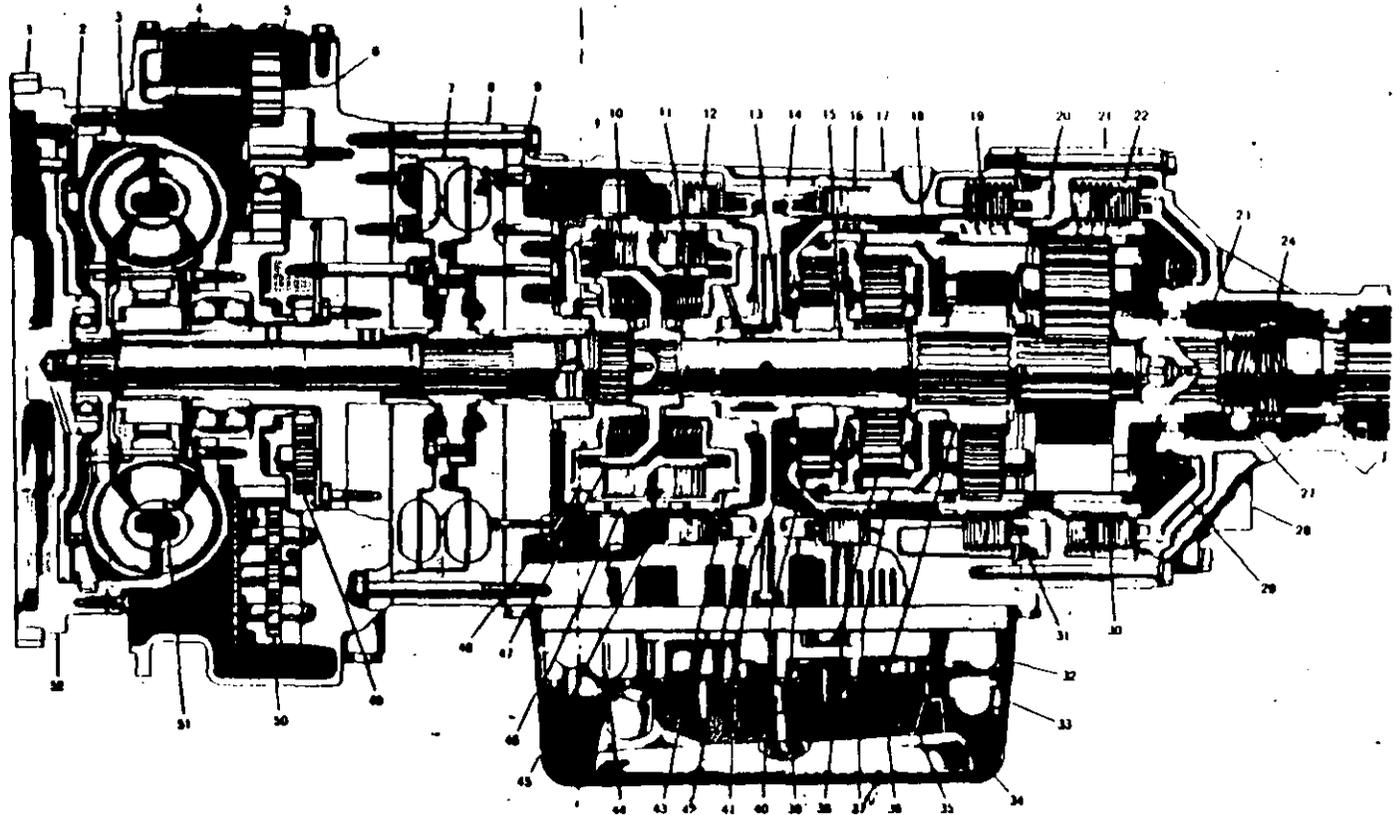
CONVERSION DE TRANSMISION DE VOLTEO FUERA DE CARRETERA

VENTAJAS: POR LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO, LA TRANSMISION AUTOMATICA FALLABA CONSTANTEMENTE Y SE SUBSTITUYO POR UNA HIDRAULICA CON SELECTOR MANUAL.

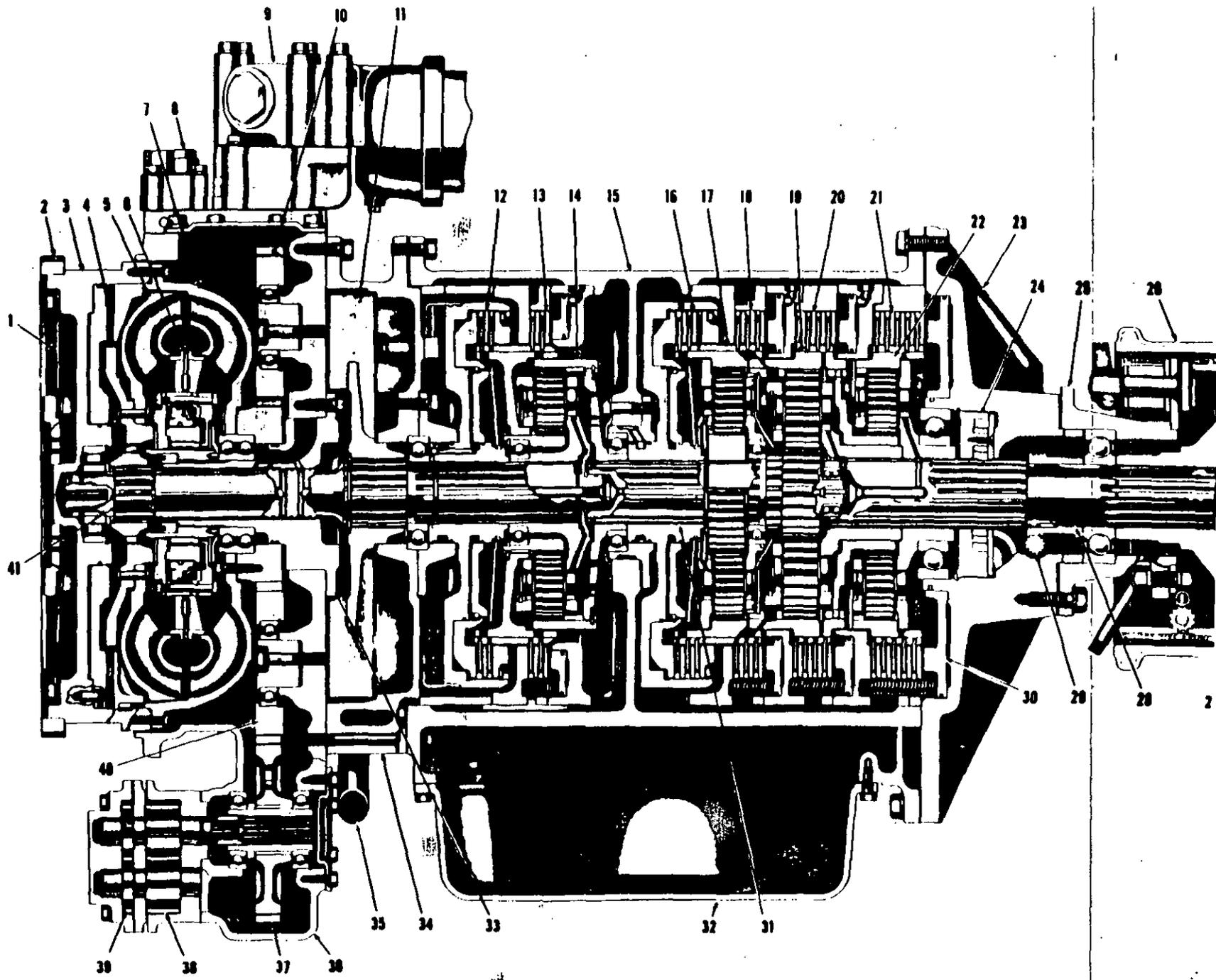
APLICACION: VOLTEO FUERA DE CARRETERA MARCA WACO MOD. 35 B.

INSTALACION: PUEDE SER REMOTO O DIRECTO AL MOTOR.

- 33 - First trimmer valve body assy
- 34 - Control valve
- 35 - Oil filter
- 36 - Rear and first planetary sun gear
- 37 - Center planetary ring gear
- 38 - Center planetary
- 39 - Third clutch piston
- 40 - Front planetary
- 41 - Front sun gear
- 42 - Fourth clutch piston
- 43 - Fifth clutch piston
- 44 - Lockup cutoff valve
- 45 - Fifth clutch housing
- 46 - Forward clutch housing and input shaft
- 47 - Forward clutch hub
- 48 - Forward clutch piston
- 49 - Charging oil pump
- 50 - Scavenge oil pump
- 51 - Stator
- 52 - Flywheel
- 53 - Transfer housing adapter
- 54 - Transfer gear housing
- 55 - Disconnect clutch housing
- 56 - Disconnect shifter shaft
- 57 - Shaft shifter fork
- 58 - Output shaft
- 59 - Transfer drive gear
- 60 - Transfer idler gear
- 61 - Idler gear spindle
- 62 - Transfer driven gear
- 63 - Disconnect housing adapter



FOLDOUT 2. CI 750 AUTOMATIC TRANSMISSION-CROSS SECTION



Model VCLBT 5860 Powershift Transmission Cross Section

CONVERSION DE UNA TRANSMISION MECANICA A HIDRAULICA

VENTAJA: LA REDUCCION DE ESPACIO, VELOCIDADES VARIABLES ADELANTE Y ATRAS Y FRENOS, NO TIENEN AJUSTES Y SU MANTENIMIENTO EN MINIMO.

APLICACION: COMPACTADOR AUTROPULSADO.

INSTALACION: DE TANQUE, BOMBA, VALVULA, LINEAS Y MOTOR.

CONVOK IDUK

RE VERSOMA IC

RANSM S ON

FRENO

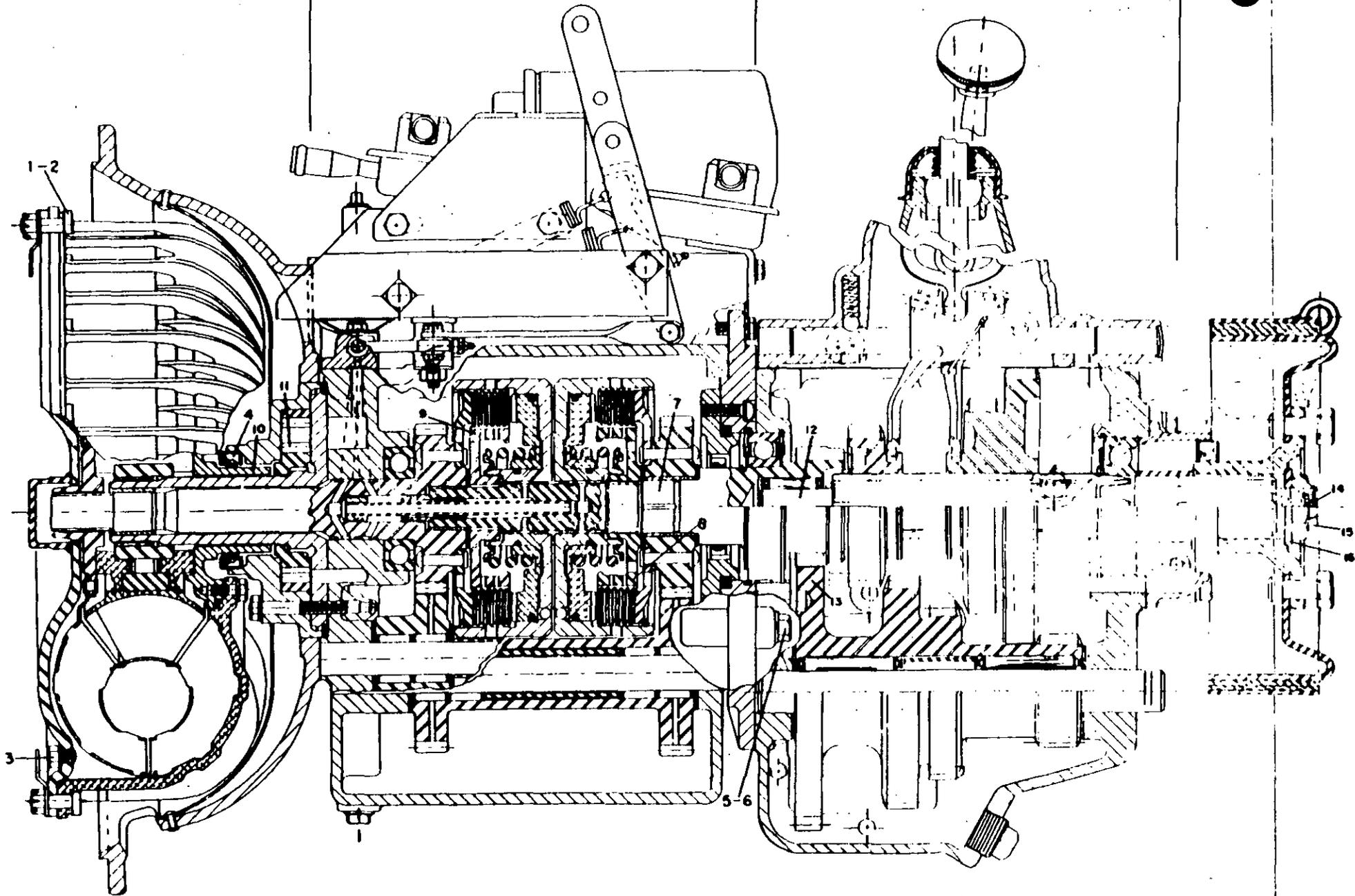
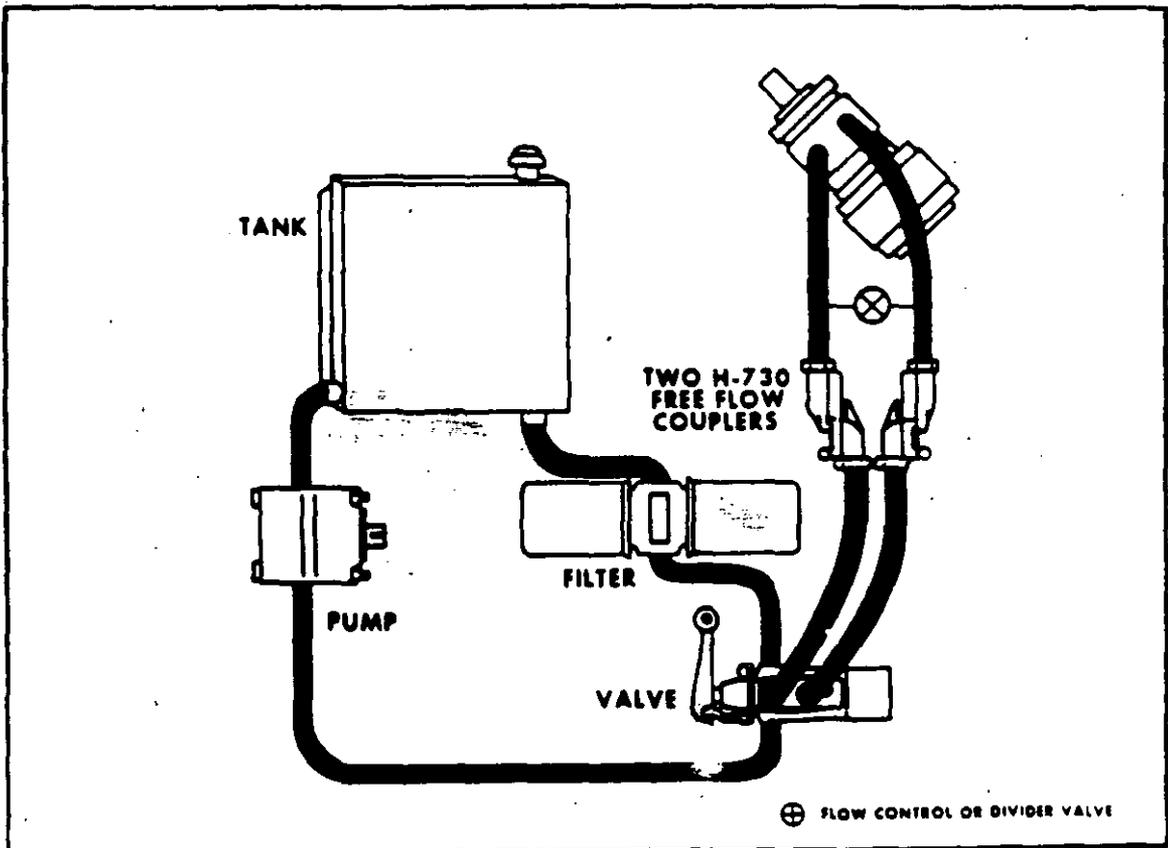
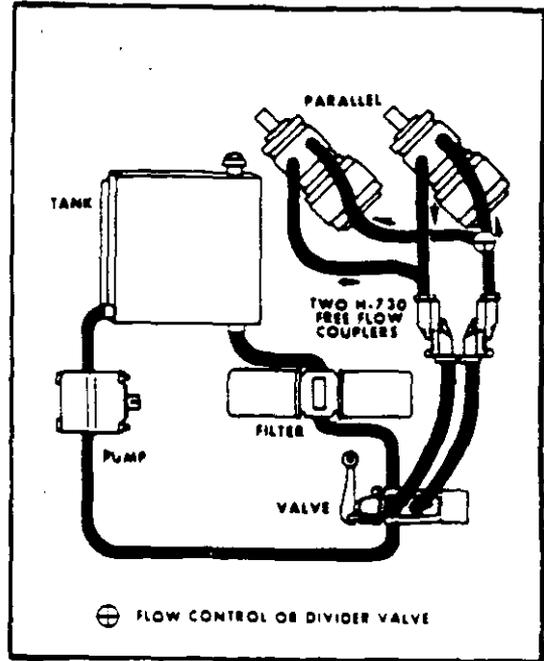
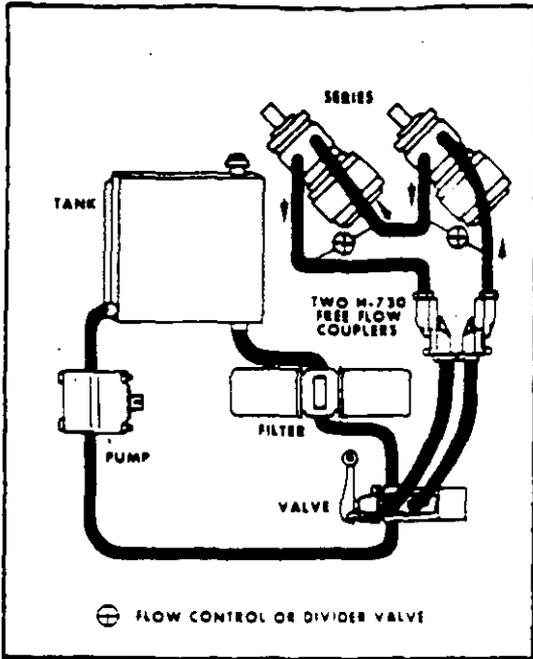


Fig.12-1 Conjunto de la transmisión.

TRANSMISION MECANICA



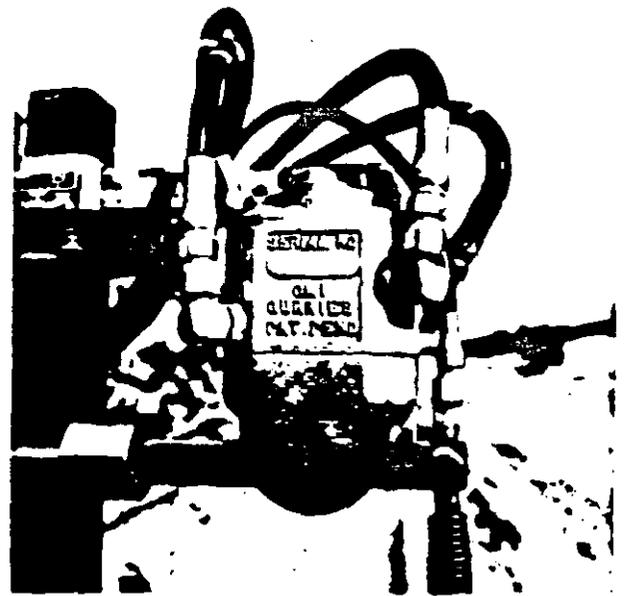
SISTEMA HIDROSTATICO

CONVERSION DE CONTROL MANUAL A AUTOMATICO

VENTAJAS : DAR AL TERRENO MEJOR NIVELACION.

APLICACION : MOTOCONFORMADORA.

INSTALACION : SE COLOCA UNA VALVULA, DE TAL FORMA QUE ACCIONE LOS GATOS DE NIVELACION DE LA CUCHILLA, HACIENDO ACTUAR UNA LEVA QUE ES DIRIGIDA POR UN CABLE ALINEADO - - PARALELAMENTE CON LA RASANTE, ABRIENDO O CERRANDO - LA VALVULA Y ACCIONANDO DE ESTA FORMA EL SISTEMA.



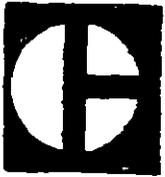
NIVELACION AUTOMATICA DEL TERRENO

CONVERSION DE TREN DE RODAJE DE VARIAS MARCAS A MARCA CATERPILLAR

VENTAJAS : AL CONVERTIR LOS TRANSITOS A MARCA CATERPILLAR, SE --
TIENE UN MAYOR NUMERO DE DISTRIBUIDORES EN LA REPU --
BLICA Y MAYOR EXISTENCIA.

APLICACION : LA GRAN MAYORIA DE CARRILES.

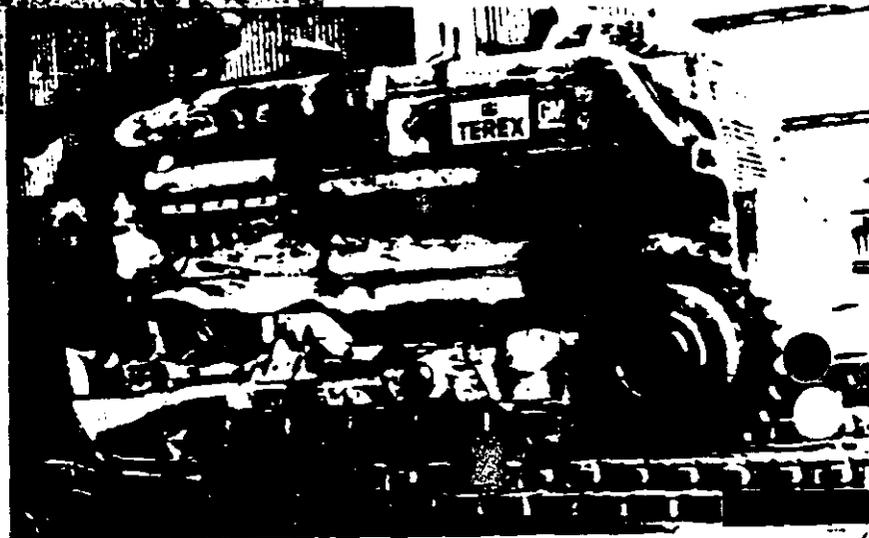
INSTALACION : CATERPILLAR HA DESARROLLADO UN ESTUDIO DE INTERCAMBIO
DE PARTES DE TRENES DE RODAJE CON NUMEROS EQUIVALEN -
TES EN VARIAS MARCAS, POR LO QUE ES POSIBLE OBTENER
LOS SISTEMAS DE CONVERSION Y SE PUEDEN VER FISICAMEN-
TE INSTALADOS EN EQUIPOS TEREX, JOHN DEERE, ETC.



CATERPILLAR

**Guía de
referencia para
la conversión de
trenes de rodaje**

CONVERSION DE
TRENES DE RODAJE



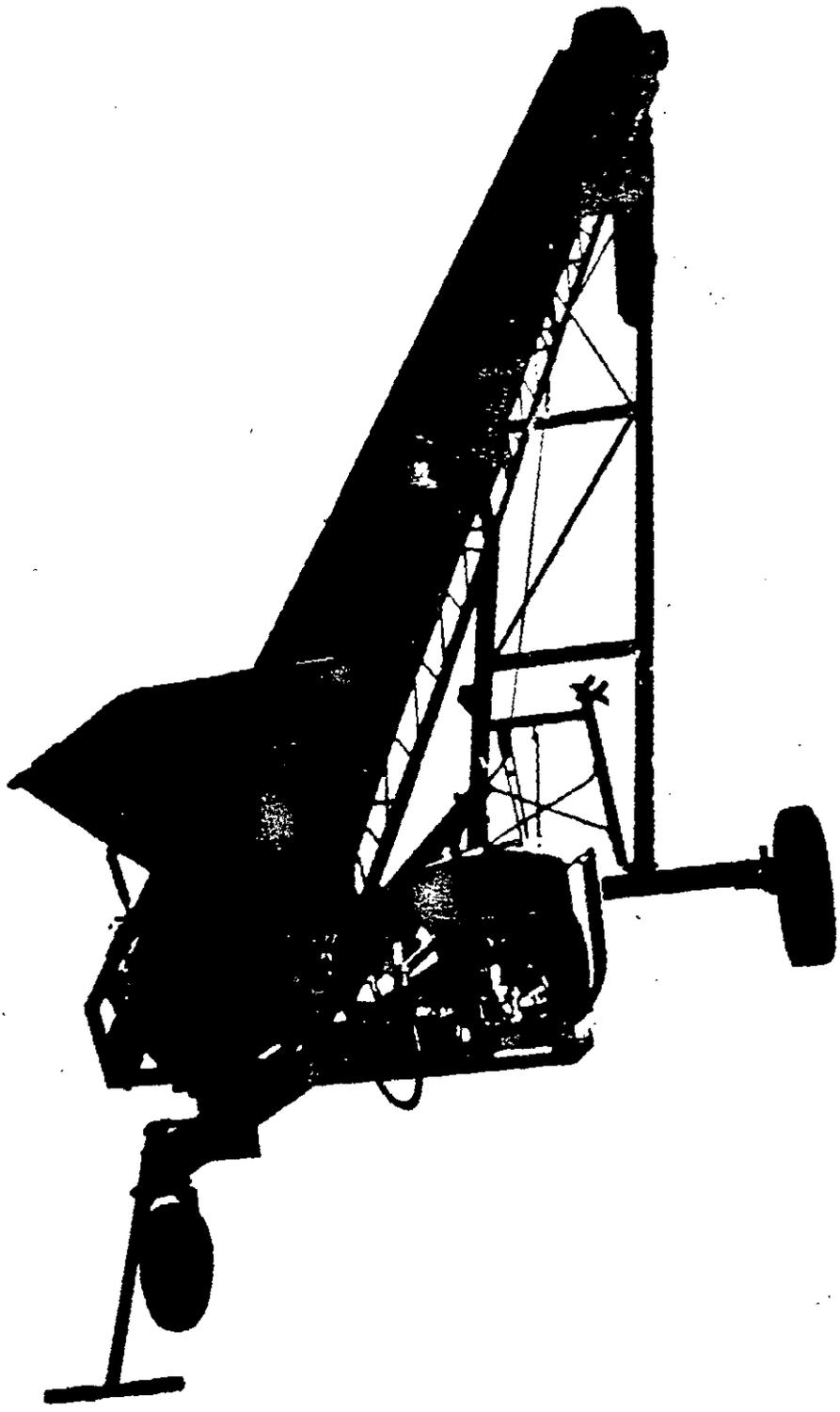
Terex 82-30 convertido a Cadena Sellada y Lubricada de Caterpillar

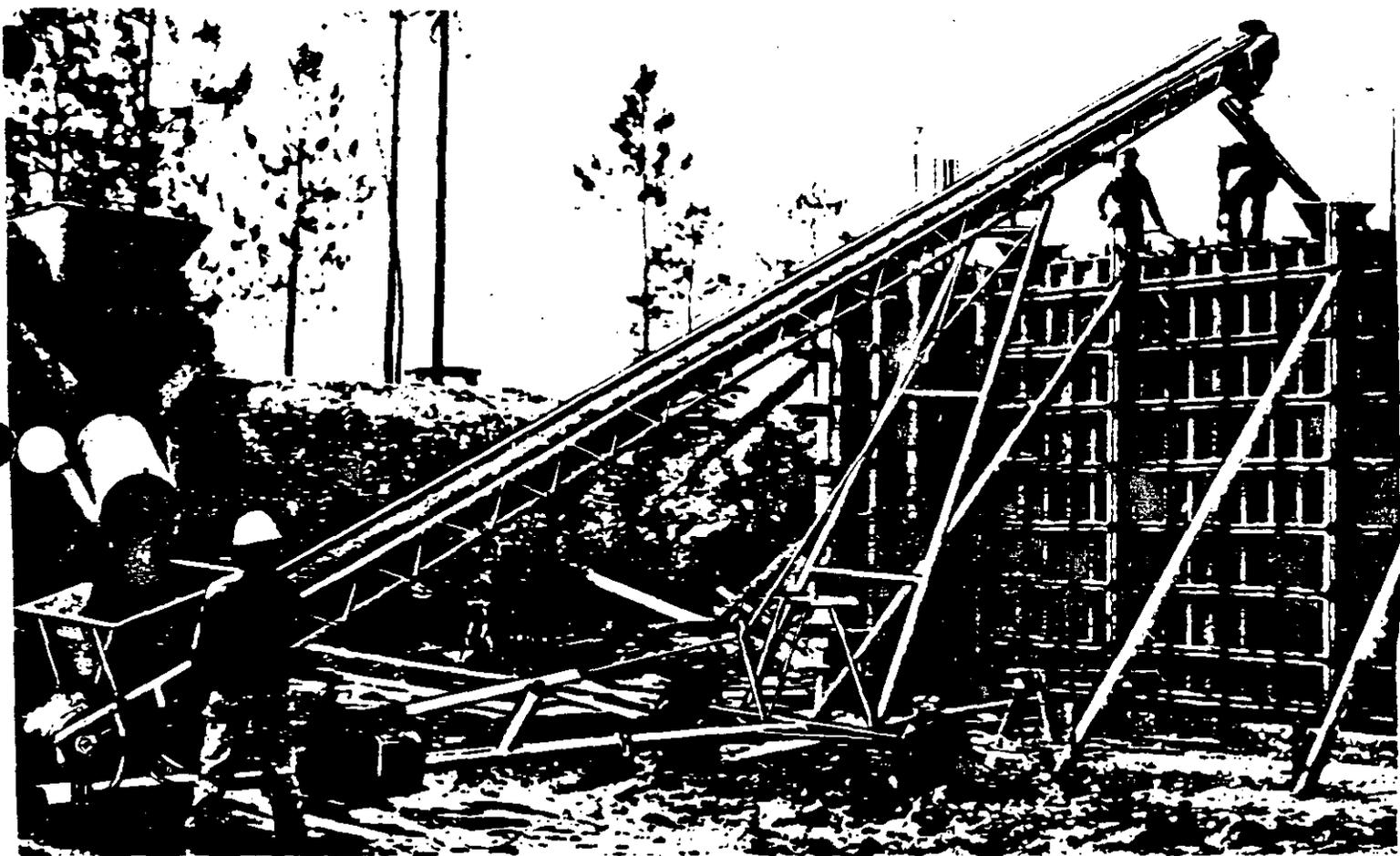
CONVERSION DE UNA BANDA TRANSPORTADORA COMUN A UNA BANDA TRANSPORTADORA DE HORMIGON

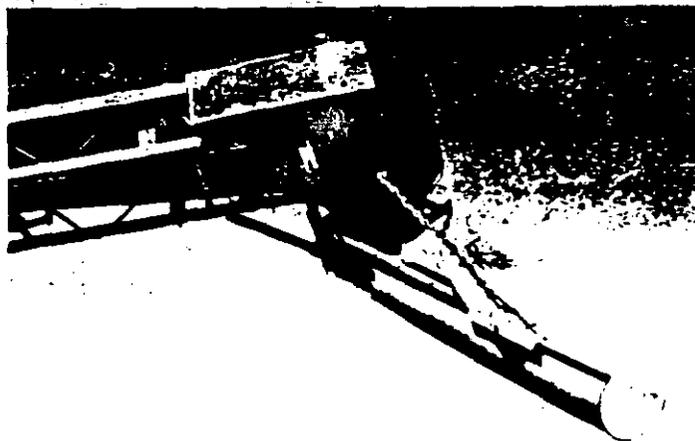
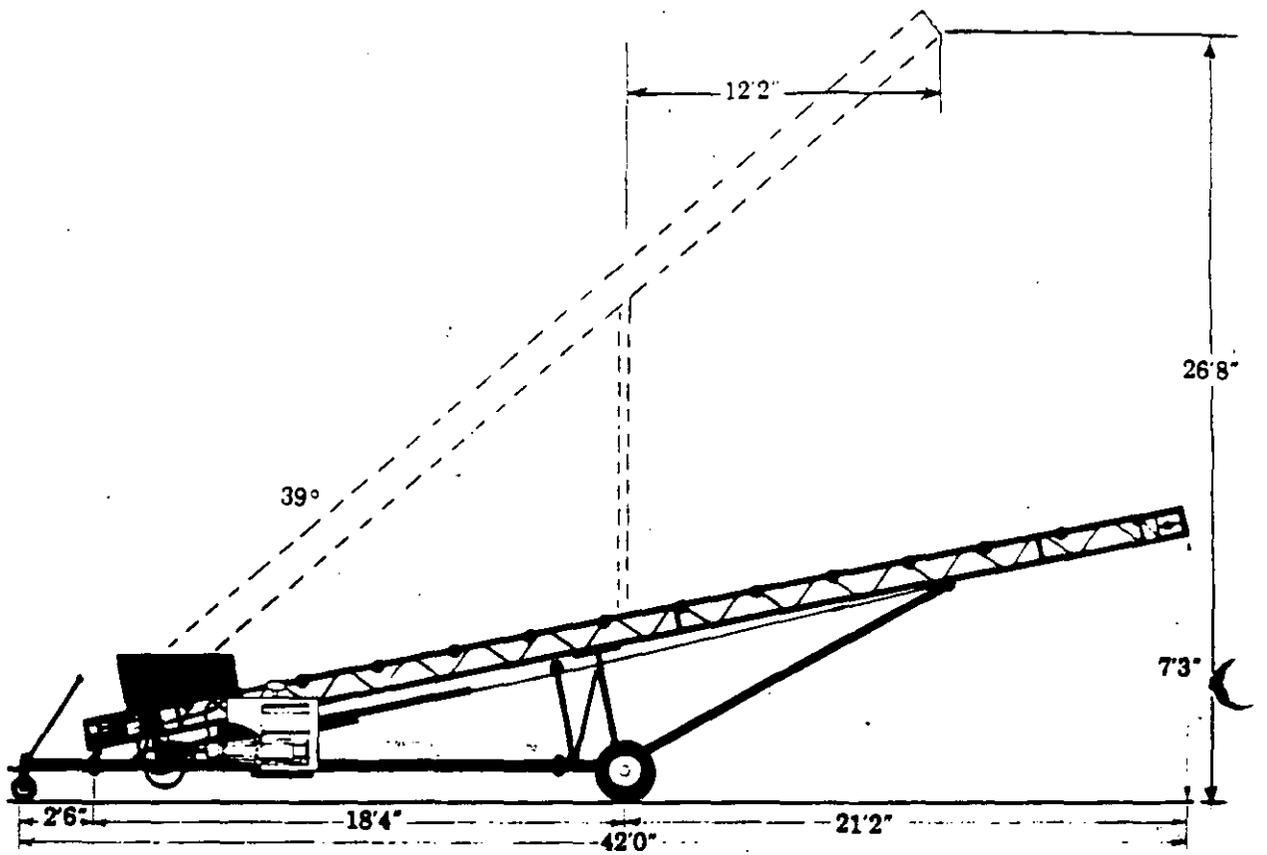
VENTAJAS : ELEVAR EL HORMIGON DE DIRERENTE AGREGADO Y DESCARGAR, SIN TENER PROBLEMAS DE TAPONAMIENTO.

APLICACION : ELEVAR EL HORMIGON A UNA ALTURA DE 9 METROS.

INSTALACION : A UNA BANDA NORMAL SE LE COLOCA UNA TOLVA DE RECEP - CION Y UN CANALON DE DESCARGA.





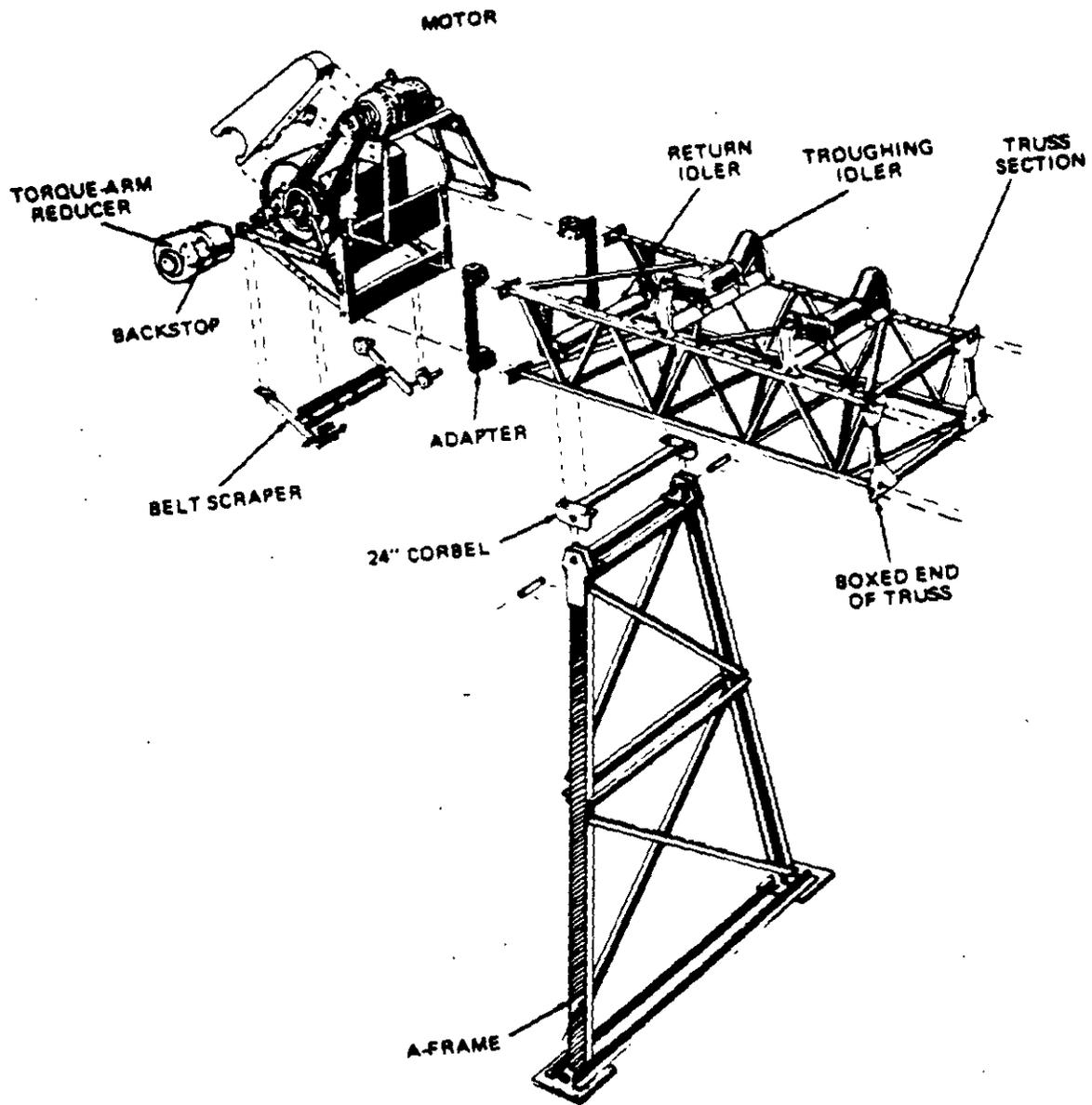


CONVERSION PARA DETECTAR METALES EN UNA BANDA ALIMENTADORA
DE UN EQUIPO DE TRITURACION

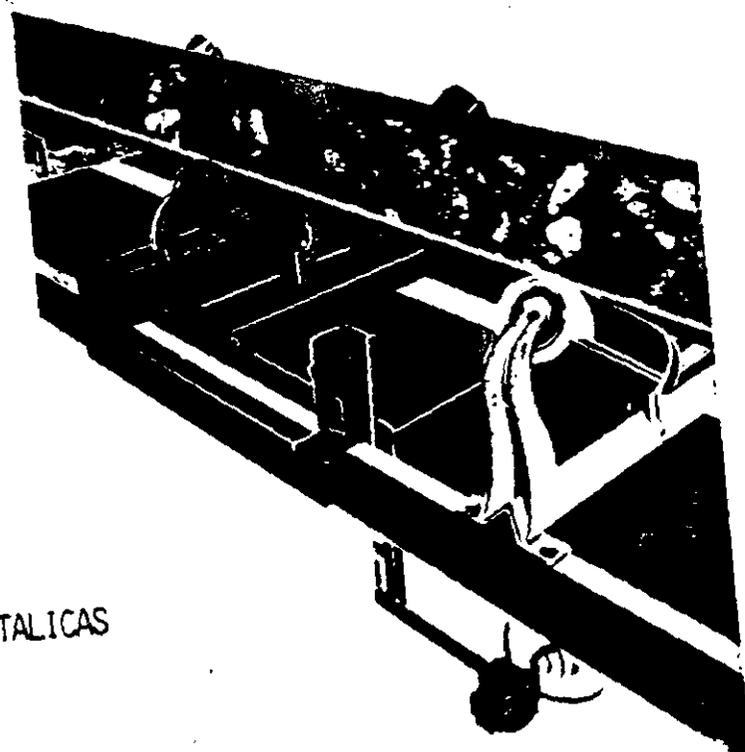
VENTAJAS: EVITAR DAÑOS DE LA GIROESFERA.

APLICACION: EN EQUIPOS DE TRITURACION.

INSTALACION: EN EL TRAYECTO DE LA BANDA SE COLOCA UN ELECTROIMAN, QUE AL ATRAER UN PEDAZO METALICO, ACTIVA UN SENSOR QUE DETENGA EL MOTOR ELECTRICO.



SENSOR DE PARTICULAS METALICAS



CONVERSION DE NUMEROS ORIGINALES POR EQUIVALENTES

VENTAJAS: OBTENSION DE REPUESTOS EN DIFERENTES MARCAS.

APLICACION: EN BALEROS, RETENES, FILTROS, COPLES.

INSTALACION: PARA INSTALAR ESTOS REPUESTOS NO ES NECESARIO EFECTUAR MODIFICACIONES A NUESTROS CONJUNTOS.

CROSS REFERENCE

FILTROS

| | | |
|------------|-------|---------|
| JOY | E-150 | CA228 |
| 202317 | E-151 | CA228 |
| 51 | E-152 | CA173PL |
| 514795 | E-153 | CA386 |
| 514795-1 | E-154 | CA127 |
| 514795-2 | E-155 | CA371 |
| 514795-4 | E-156 | CA114 |
| 514795-6 | E-157 | CA344 |
| 519002-12 | E-158 | CA342 |
| 519002-17 | E-165 | CA138 |
| 519002-18 | E-168 | CA342 |
| 519002-19 | E-191 | CA178PL |
| 519002-24 | E-194 | CA353 |
| 519348 | E-195 | CA357 |
| 543298-008 | E-198 | CA332 |
| 820815 | | |
| 1224040 | | |
| 1224101 | | |
| 001224813 | | |
| 1224813 | | |
| 1224973 | | |
| 1224974 | | |
| 1225129 | | |
| 1228337-1 | | |
| 1287410 | | |
| 1287414 | | |
| 1287414 | | |
| 1287414 | | |
| 1680284 | | |
| 3226315 | | |
| 03227778 | | |
| 3806797 | | |
| 31 | | |
| 7017010251 | | |
| A-18390-N | | |
| A-200586 | | |
| A-208577 | | |
| A-208757 | | |
| A-222049 | | |
| A-222080 | | |
| A-241182 | | |
| A-264882 | | |
| A-265159 | | |
| A | | |
| A-268640 | | |
| A | | |
| A-268997 | | |
| A-298577 | | |
| AF-265159 | | |
| RA-221375 | | |

| | |
|-------|---------|
| E-150 | CA228 |
| E-151 | CA228 |
| E-152 | CA173PL |
| E-153 | CA386 |
| E-154 | CA127 |
| E-155 | CA371 |
| E-156 | CA114 |
| E-157 | CA344 |
| E-158 | CA342 |
| E-165 | CA138 |
| E-168 | CA342 |
| E-191 | CA178PL |
| E-194 | CA353 |
| E-195 | CA357 |
| E-198 | CA332 |

K-MART

| | |
|-------|------------|
| K-1 | PH8A |
| K-2 | PH11 |
| K-3 | PH8 |
| K-4 | CH200PL |
| K-5 | PH25 |
| K-9 | PH43 |
| K-10 | PH506 |
| K-11 | PH3387A |
| K-20 | PH16, PH43 |
| K-21 | PH888 |
| K-22 | PH225 |
| K-23 | PH248A |
| K-24 | PH250 |
| K-25 | PH285A |
| K-26 | PH2870A |
| KA-1 | CA178PL |
| KA-2 | CA188PL |
| KA-3 | CA184PL |
| KA-5 | CA148PL |
| KA-6 | CA133 |
| KA-7 | CA148PL |
| KA-8 | CA188PL |
| KA-10 | CA324A |
| KA-12 | CA328 |
| KA-13 | CA138 |
| KA-14 | CA127 |
| KA-15 | CA386 |
| KA-17 | CA383 |
| KA-18 | CA386 |
| KA-19 | CA371 |
| KA-20 | CA381 |
| KA-21 | CA388A |
| KA-22 | CA338 |
| KA-41 | CA19 |
| KA-42 | CA34 |
| KA-50 | CA383 |
| KA-51 | CA383 |
| KA-52 | CA381 |
| KA-53 | CA373 |
| KG-1 | G2 |
| KG-2 | G2B16 |
| KG-4 | G22A |
| KG-5 | G211 |
| KG-6 | G212 |
| KG-7 | G213 |

K & N

| | |
|-------|--------------|
| E-87 | CA588 |
| E-90 | CA188PL3 |
| E-100 | CA148PL |
| E-101 | CA188PL |
| E-103 | CA323, CA384 |
| E-104 | CA148PL |
| E-105 | CA348 |
| E-107 | CA188PL |
| E-108 | CA184PL |
| E-109 | CA133 |
| E-110 | CA188PL |
| E-111 | CA148 |
| E-112 | CA187PL |
| E-113 | CA182PL |
| E-115 | CA182 |
| E-118 | CA342A |
| E-120 | CA383 |
| E-121 | CA348 |
| E-122 | CA328 |
| E-123 | CA178PL |
| E-125 | CA347 |
| E-128 | CA3425 |
| E-130 | CA381 |
| E-132 | CA113 |
| E-135 | CA338 |
| E-138 | CA138 |
| E-141 | CA383 |
| E-142 | CA348 |
| E-144 | CA324 |
| E-145 | CA327 |
| E-146 | CA381 |

KAISER JEEP

(See American Motors)

KAWASAKI

| | |
|-----------|-------|
| 18089-003 | CH318 |
|-----------|-------|

KEENE

| | |
|-------|--------|
| A-225 | CH4SPL |
| A-228 | CH4SPL |
| A-445 | CA8 |
| A-447 | CA8 |
| B-1 | CA5 |
| B-3 | C111A |
| B-58 | C84 |
| B-204 | C84 |
| B-618 | C168A |

| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| BP-3 | C111A, CH167PL and Rough gear |
| BP-618 | C168A |
| BP-718 | CH4SPL |
| BP-718-N | CH4SPL |
| O series Filter | |
| assembly w/ D-208 Holder | |
| CA8 (by-pass) | CH4SPL (full flow) |
| D-198 | CA8 |
| D-197 | CA8 |
| D-210 | CA8 |
| D-CE | CA8 |
| G-3 | C111A |
| G-3-CE | C111A |
| G-300 | C111A |

KELLOGG AMERICAN

| | |
|-------|--------|
| 50382 | CAK257 |
| 51188 | CA337 |

KEM

| | |
|--------|---------------------------------|
| CF101 | CA357 |
| CF103 | CA357 |
| CF104 | CA357 |
| CF105 | CA357 |
| FA79 | CA24 |
| FA87 | CA24 |
| FA88 | CA24 |
| FA578 | CA24 |
| FB69 | CA18 |
| GF117 | G27 |
| GF124 | G29 |
| GF148 | G28 |
| GF180 | G28 |
| GF200 | G28 |
| GF250 | G28 |
| GF427 | G211 |
| GF441 | G212 |
| GF470 | G238 |
| GF471 | G238 |
| GF478 | G282 |
| GF477 | G283 |
| GF478 | G284 |
| GF479 | G286 |
| GF481 | G272 |
| GF500A | G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) |
| GF514 | G1 |
| GF516 | G2 |
| GF516K | G12 |
| GF517 | G8 |
| GF518 | G7 |
| GF518 | G2 |
| GF520 | G23 |
| GF521 | G23A |
| GF522 | G2616 |
| GF523 | G2427 |
| GF524 | G2428A |
| GF525 | G286 |
| GF528 | G2881 |
| GF530 | G19 |
| GF531 | G248 |
| GF532 | G286 |
| GF533 | G287 |
| GF538 | G2 |
| GF580 | G8 |
| GF581 | G238 |
| GF582 | G238 |
| GF583 | G238 |
| GF584 | G238 |
| GF585 | G238 |
| GF586 | G238 |
| GF587 | G238 |
| GF588 | G238 |
| GF589 | G238 |
| GF590 | G238 |
| GF591 | G238 |
| GF592 | G238 |
| GF593 | G238 |
| GF594 | G238 |
| GF595 | G238 |
| GF596 | G238 |
| GF597 | G238 |
| GF598 | G238 |
| GF599 | G238 |
| GF600 | G238 |
| GF601 | G238 |
| GF602 | G238 |
| GF603 | G238 |
| GF604 | G238 |
| GF605 | G238 |
| GF606 | G238 |
| GF607 | G238 |
| GF608 | G238 |
| GF609 | G238 |
| GF610 | G238 |
| GF611 | G238 |
| GF612 | G238 |
| GF613 | G238 |
| GF614 | G238 |
| GF615 | G238 |
| GF616 | G238 |
| GF617 | G238 |
| GF618 | G238 |
| GF619 | G238 |
| GF620 | G238 |
| GF621 | G238 |
| GF622 | G238 |
| GF623 | G238 |
| GF624 | G238 |
| GF625 | G238 |
| GF626 | G238 |
| GF627 | G238 |
| GF628 | G238 |
| GF629 | G238 |
| GF630 | G238 |
| GF631 | G238 |
| GF632 | G238 |

| | |
|--------|---------------------------------|
| GF580 | G4143 |
| GF590 | G2743 |
| GF591 | G2741 |
| GF800 | G2773 |
| GF810 | G4184 |
| GF888 | F2889 |
| KF404 | GQ13 |
| KF500A | G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) |
| PCV5 | FY164 |
| PCV10 | FY113 |
| PCV11 | FY113 |
| PCV13 | FY148 |
| PCV15 | FY131, FY132 |
| PCV16 | FY232 |
| PCV17 | FY188 |
| PCV18 | FY111 |
| PCV19 | FY113 |
| PCV20 | FY112 |
| PCV21 | FY113 |
| PCV24 | FY132 |
| PCV30 | FY188 |
| PCV38 | FY188 |
| PCV41 | FY188 |
| PCV47 | FY132 |
| PCV48 | FY131, FY132 |
| PCV49 | FY112, FY188 |
| PCV51 | FY158 |
| PCV52 | FY158 |
| PCV54 | FY184 |
| PCV55 | FY158 |
| PCV57 | FY158 |
| PCV80 | FY183 |
| PCV81 | FY183 |
| PCV82 | FY158 |
| PCV84 | FY113 |
| PCV85 | FY184 |
| PCV86 | FY183 |
| PCV87 | FY183 |
| PCV88 | FY183 |
| PCV89 | FY183 |
| PCV90 | FY183 |
| PCV91 | FY183 |
| PCV92 | FY183 |
| PCV94 | FY183 |
| PCV95 | FY183 |
| PCV96 | FY183 |
| PCV97 | FY183 |
| PCV98 | FY183 |
| PCV99 | FY183 |
| PCV100 | FY183 |
| PCV101 | FY183 |
| PCV102 | FY183 |
| PCV103 | FY183 |
| PCV104 | FY183 |
| PCV105 | FY183 |
| PCV106 | FY183 |
| PCV107 | FY183 |
| PCV108 | FY183 |
| PCV109 | FY183 |
| PCV110 | FY183 |
| PCV111 | FY183 |
| PCV112 | FY183 |
| PCV113 | FY183 |
| PCV114 | FY183 |
| PCV115 | FY183 |
| PCV116 | FY183 |
| PCV117 | FY183 |
| PCV118 | FY183 |
| PCV119 | FY183 |
| PCV120 | FY183 |
| PCV121 | FY183 |
| PCV122 | FY183 |
| PCV123 | FY183 |
| PCV124 | FY183 |
| PCV125 | FY183 |
| PCV126 | FY183 |
| PCV127 | FY183 |
| PCV128 | FY183 |
| PCV129 | FY183 |
| PCV130 | FY183 |
| PCV131 | FY183 |
| PCV132 | FY183 |
| PCV133 | FY183 |
| PCV134 | FY183 |
| PCV135 | FY183 |
| PCV136 | FY183 |
| PCV137 | FY183 |
| PCV138 | FY183 |
| PCV139 | FY183 |
| PCV140 | FY183 |
| PCV141 | FY183 |
| PCV142 | FY183 |
| PCV143 | FY183 |
| PCV144 | FY183 |
| PCV145 | FY183 |
| PCV146 | FY183 |
| PCV147 | FY183 |
| PCV148 | FY183 |
| PCV149 | FY183 |
| PCV150 | FY183 |
| PCV151 | FY183 |
| PCV152 | FY183 |
| PCV153 | FY183 |
| PCV154 | FY183 |
| PCV155 | FY183 |
| PCV156 | FY183 |
| PCV157 | FY183 |
| PCV158 | FY183 |
| PCV159 | FY183 |
| PCV160 | FY183 |
| PCV161 | FY183 |
| PCV162 | FY183 |
| PCV163 | FY183 |
| PCV164 | FY183 |
| PCV165 | FY183 |
| PCV166 | FY183 |
| PCV167 | FY183 |
| PCV168 | FY183 |
| PCV169 | FY183 |
| PCV170 | FY183 |
| PCV171 | FY183 |
| PCV172 | FY183 |
| PCV173 | FY183 |
| PCV174 | FY183 |
| PCV175 | FY183 |
| PCV176 | FY183 |
| PCV177 | FY183 |
| PCV178 | FY183 |
| PCV179 | FY183 |
| PCV180 | FY183 |
| PCV181 | FY183 |
| PCV182 | FY183 |
| PCV183 | FY183 |
| PCV184 | FY183 |
| PCV185 | FY183 |
| PCV186 | FY183 |
| PCV187 | FY183 |
| PCV188 | FY183 |
| PCV189 | FY183 |
| PCV190 | FY183 |
| PCV191 | FY183 |
| PCV192 | FY183 |
| PCV193 | FY183 |
| PCV194 | FY183 |
| PCV195 | FY183 |
| PCV196 | FY183 |
| PCV197 | FY183 |
| PCV198 | FY183 |
| PCV199 | FY183 |
| PCV200 | FY183 |
| PCV201 | FY183 |
| PCV202 | FY183 |
| PCV203 | FY183 |
| PCV204 | FY183 |
| PCV205 | FY183 |
| PCV206 | FY183 |
| PCV207 | FY183 |
| PCV208 | FY183 |
| PCV209 | FY183 |
| PCV210 | FY183 |
| PCV211 | FY183 |
| PCV212 | FY183 |
| PCV213 | FY183 |
| PCV214 | FY183 |
| PCV215 | FY183 |
| PCV216 | FY183 |
| PCV217 | FY183 |
| PCV218 | FY183 |
| PCV219 | FY183 |
| PCV220 | FY183 |
| PCV221 | FY183 |
| PCV222 | FY183 |
| PCV223 | FY183 |
| PCV224 | FY183 |
| PCV225 | FY183 |
| PCV226 | FY183 |
| PCV227 | FY183 |
| PCV228 | FY183 |
| PCV229 | FY183 |
| PCV230 | FY183 |
| PCV231 | FY183 |
| PCV232 | FY183 |
| PCV233 | FY183 |
| PCV234 | FY183 |
| PCV235 | FY183 |
| PCV236 | FY183 |
| PCV237 | FY183 |
| PCV238 | FY183 |
| PCV239 | FY183 |
| PCV240 | FY183 |
| PCV241 | FY183 |
| PCV242 | FY183 |
| PCV243 | FY183 |
| PCV244 | FY183 |
| PCV245 | FY183 |
| PCV246 | FY183 |
| PCV247 | FY183 |
| PCV248 | FY183 |
| PCV249 | FY183 |
| PCV250 | FY183 |
| PCV251 | FY183 |
| PCV252 | FY183 |
| PCV253 | FY183 |
| PCV254 | FY183 |
| PCV255 | FY183 |
| PCV256 | FY183 |
| PCV257 | FY183 |
| PCV258 | FY183 |
| PCV259 | FY183 |
| PCV260 | FY183 |
| PCV261 | FY183 |
| PCV262 | FY183 |
| PCV263 | FY183 |
| PCV264 | FY183 |
| PCV265 | FY183 |
| PCV266 | FY183 |
| PCV267 | FY183 |
| PCV268 | FY183 |
| PCV269 | FY183 |
| PCV270 | FY183 |
| PCV271 | FY183 |
| PCV272 | FY183 |
| PCV273 | FY183 |
| PCV274 | FY183 |
| PCV275 | FY183 |

IBI GROUP 40881
 TAP CONE CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 3.9643 in OD 101.20 mm
 2.3138 in W 58.77 mm
 BOWER 5357 + 5320
 PWD 11126
 9A5357 + 9A5320
 N 5357 + 5320

IBI GROUP 40881.1
 TAPERED CONE & CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.0000 in OD 101.60 mm
 1.2188 in W 30.96 mm
 TIMKEN 53177 + 53398
 USA-FSN 3110 00 227 3823

IBI GROUP 40882
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.0000 in OD 101.60 mm
 1.2500 in W 31.75 mm
 BOWER 49576 + 49520
 EATON 35933
 FAG K49576 + K49520
 GMC 455853
 GMC 457497
 IHC 116382R91
 IHC 116384R91
 SKF K49576 + K49520
 TIMKEN 49576 + 49520
 WEST ELEC 439A445H06

IBI GROUP 40883
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.0000 in OD 101.60 mm
 1.2500 in W 31.75 mm
 ABC 49577 + 49520
 ALLIS-CHLM 00813327-176
 BOWER 49577 + 49520
 EATON 32914
 FAG 202731
 FAG K49577 + K49520
 GMC 450573
 GMC 9413070
 GMC 80243R91
 GMC 80249R91
 TIMKEN K49577 + K49520
 TIMKEN 49577 + 49520

IBI GROUP 40884
 TAPERED CONE & CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.0000 in OD 101.60 mm
 1.3780 in W 34.93 mm
 AEC 748-1143
 ALBION 55392108
 ALBION 55392570
 ALLIS-CHLM 78015056
 ARMOCO 271753
 AUST MORR 27H8761
 AVEL BARF SLT201187
 BLAW KNOX 50410
 BMC 27H8761
 BMC 55392108
 BOWER 527 + 522
 BUCYR-ERIE 26-756-600
 CHRYSLER 3276042
 CHRYSLER 71803692
 CHRYSLER D14713-43-34
 CHRYSLER D14713 - 04334
 CITROEN 88095
 COLES 643101
 DENNIS 66223
 DODGE-BRI D14713 + 04334
 FAG 202156
 FAG K527 + K522
 FIAT-ALLIS 78015056
 PWD 15415
 PWD 9A527 + 9A522
 GMC 446031
 GMC 9412510
 GUY RF3981
 HYSTER 38333
 IHC 31423H
 LEYLAND 182434
 LEYLAND 35RF3981
 NORTHWEST MWS09
 NTN 47527 + 47522
 OSHKOSH 1421WA
 OSHKOSH 3041WA
 ROOTES 3276042
 SCAMMELL 46W211
 SCAMMELL 55392108
 SCAMMELL BLC3009
 SKF K527 + K522
 TIMKEN 527 + 522
 TYSON 527 + 522
 USA-FSN 3110-00-100-4184
 USA-FSN 3110-00-101-3174
 USA-FSN 703086
 USA-FSN CANX3AG

IBI GROUP 40885
 TAPERED CONE & CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.0625 in OD 103.19 mm
 1.7188 in W 43.66 mm
 BOWER 5356 + 5335
 FAG K5356 + K5335
 GMC 9423966
 JEFFREY 172471
 LE TOUNR HF5319
 NTN 475356 + 475335
 SKF K5356 + K5335
 TIMKEN 5356 + 5335

IBI GROUP 40886
 TAP CONE CUP, TAP VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.1250 in OD 104.78 mm
 1.1875 in W 30.16 mm
 ABC 460 + 453X
 BOWER 460 + 453X
 FAG K460 + K453X
 GMC 453808
 GMC 9412466
 IHC 775742R91
 NTN 47460 + 47453X
 SKF K460 + K453X
 TIMKEN 460 + 453X

IBI GROUP 40887
 TAP CONE CUP, TAP VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.1250 in OD 104.78 mm
 1.1875 in W 30.16 mm
 BOWER 45280 + 45221
 BOWER 45280C + 45221
 CLARK EQU 223286
 DEERE-JOHN J08040
 DEERE-JOHN J08040R
 DEERE-JOHN JDX22832
 DEERE-JOHN JDX22846
 DEERE-JOHN JDX27532
 GALION D44933
 NTN 4745280 + 4745221
 TIMKEN 45280 + 45221
 TIMKEN 45280C + 45221

IBI GROUP 40888
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.1250 in OD 104.78 mm
 1.4375 in W 36.51 mm
 ABC 59175 + 59412
 BERLIET 959901044
 BOWER 59175 + 59412
 EATON 14376
 EATON 32028
 FAG 202772
 FAG K59175 + K59412
 FORD BC8T4A000H
 GALION 8033413
 GMC 455821
 GMC 457327
 HYATT 5373
 IHC 65118H
 IHC 74433R91
 OSHKOSH 3135WA
 RELIANCE 52694
 SKF K59175 + K59412
 TIMKEN 59175 + 59412
 WEST ELEC 644491

IBI GROUP 40889
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.1250 in OD 104.78 mm
 1.4375 in W 36.51 mm
 BOWER 59175 + 59413
 CLARK EQU EV2893
 OLIVER M53005
 TIMKEN 59175 + 59413

IBI GROUP 40890
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.1250 in OD 104.78 mm
 1.4375 in W 36.51 mm
 BOWER 59176 + 59412
 CASE J.I. 40448
 FAG K59176 + K59412
 IHC 927890C91
 SKF K59176 + K59412
 TIMKEN 59176 + 59412

IBI GROUP 40891
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.1250 in OD 104.78 mm
 1.4375 in W 36.51 mm
 BOWER 59176 + 59413
 CLARK EQU 223235
 CLARK EQU SK203 58
 FAG K59176 + K59413
 GALION SK203 58
 SKF K59176 + K59413
 TIMKEN 59176 + 59413
 USA-FSN 3110 00 277-0483

IBI GROUP 40892
 TAP CONE CUP, TAP VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.1250 in OD 104.78 mm
 1.4375 in W 36.51 mm
 BERLIET 559901043
 BERLIET 959909043
 BERLIET 959909102
 BOWER HMB07040 + HMB07010
 BUCYR-ERIE 26 873-250
 CHRYSLER 3681010200
 DAIKLER 423173-39
 EATON 35504
 FAG KHMB07040 + KHMB07010
 FORD 1537810
 FORD 71LB4625A1A
 GMC 451983
 GMC 457343
 GMC 7329593
 HYATT 5431
 IHC 12990R91
 NTN 47HMB07040 + 47HMB07010
 RENAULT 959909102
 SKF KHMB07040 + KHMB07010
 TIMKEN HMB07040 + HMB07010
 TWIN DISC M2619
 USA-FSN 3110-00-293-9083

IBI GROUP 40893
 TAPERED CONE & CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.2500 in OD 107.95 mm
 1.0838 in W 27.78 mm
 ABC 460 + 453A
 ALLIS-CHLM 00813323-176
 BOWER 460 + 453A
 CHRYSLER 7149
 DEERE-JOHN J07852
 FAG 201910
 FAG K460 + 4453A
 NTN 47460 + 47453A
 SKF K460 + K453A
 TIMKEN 460 + 453A
 USA-FSN 3110-00-287-5478

IBI GROUP 40893.3
 TAP CONE CUP, TAP BORE
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.2500 in OD 107.95 mm
 1.0838 in W 27.78 mm
 ABC 460 + 453A
 ALLIS-CHLM 00813323-176
 BOWER 460 + 453A
 CHRYSLER 7149
 DEERE-JOHN J07852
 FAG 201910
 FAG K460 + 4453A
 NTN 47460 + 47453A
 SKF K460 + K453A
 TIMKEN 460 + 453A
 USA-FSN 3110-00-287-5478

IBI GROUP 40893.5
 TAPERED CONE & CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.2500 in OD 107.95 mm
 1.1842 in W 29.34 mm
 CHRYSLER 9192072
 CHRYSLER K7159
 CHRYSLER P60002
 FAG K460 + K453AS
 ROOTES 9192072
 ROOTES 307064C91
 SKF 46W249
 SKF K460 + K453AS
 TIMKEN 460 + 453AS

IBI GROUP 40894
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.2500 in OD 107.95 mm
 1.2818 in W 32.56 mm
 GMC 120801
 TIMKEN 458 + 452

IBI GROUP 40895
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.2500 in OD 107.95 mm
 1.2818 in W 32.56 mm
 ABC 460 + 452
 BOWER 460 + 452
 FAG K460 + K452
 MASS FERG 111128
 SKF K460 + K452
 TIMKEN 460 + 452

IBI GROUP 40896
 TAP CONE CUP, TAP BORE
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.2500 in OD 107.95 mm
 1.2818 in W 32.56 mm
 GMC 53394
 GMC 53455
 TIMKEN 458T + 452

IBI GROUP 40896.05
 TAPERED CONE & CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.2500 in OD 107.95 mm
 1.4375 in W 36.51 mm
 CHRYSLER 9192138
 FAG K535 + K532X
 ROOTES 9192138
 SKF K535 + K532X
 TIMKEN 535 + 532X

IBI GROUP 40896.1
 TAP CONE & FLANGED CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.2500 in OD 108.97 mm
 1.3750 in W 34.93 mm
 BOWER 59175 + 594208
 CASE J.I. G13604

IBI GROUP 40896.5
 DBL TAP CUP & TWO CONES
 001-003 END PLAY
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3300 in OD 109.98 mm
 2.9000 in W 63.50 mm
 BOWER 55176C + 55176C + 55433D + X1555176
 BOWER A2945

IBI GROUP 40897
 TAP CONE CUP, TAP BORE
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3300 in OD 110.00 mm
 1.0843 in W 27.80 mm
 AMER MOTOR 12456
 TIMKEN 458T + 454

IBI GROUP 40897.1
 TAPERED CONE & CUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3300 in OD 110.00 mm
 1.1875 in W 30.16 mm
 ABC 55175 + 55443
 BOWER 55175 + 55443
 FAG 203136
 LUFKIN AP12520
 TIMKEN 55175 + 55443
 USA-FSN 3110-00-827-4797

IBI GROUP 40898
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 1.1875 in W 30.16 mm
 AEC 5119-476
 BOWER 55175 + 55437
 BOWER 55175C + 55437
 EATON 33698
 FAG K55175 + K55437
 FIAT-ALLIS 70683991
 FODEN FL110-19
 FODENS FL110-19
 GMC 45584
 GMC 457385
 GMC 7451389
 GMC 7451652
 GMC 9422073
 HYATT 548
 IHC 12082R91
 IHC 28832C91
 IHC 307064C91
 IHC 420145C91
 IHC 69004R91
 IHC 928737C91

IBI GROUP 40899.01
 TAP CONE CUP, TAP VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 FODEN FL110 21
 FODENS FL110 21
 TIMKEN HM907635 + HM907614

IBI GROUP 40900
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 1.9000 in W 38.10 mm
 FAG K535 + K532
 IHC 36606H
 SKF K535 + K532
 TIMKEN 535 + 532

IBI GROUP 40901
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 1.8000 in W 38.10 mm
 ABC 535 + 532A
 AEC 249-46
 ALBION 61921
 ALLIS-CHLM E1716
 BMC 61921
 BMC 62221
 BOWER 535 + 532A
 COLES 614114
 DEERE-JOHN J07339
 EATON 4945
 ERF 5L84-12
 FAG K535 + K532A
 GMC 100624
 HYSTER 578W
 IHC 170516R91
 IHC 17319H
 IHC 74442R91
 LEYLAND 61921
 LEYLAND 69121
 NBC 535 + 532A
 SCAMMELL 61921
 SKF K535 + K532A
 TIMKEN 535 + 532A
 TYSON 535 + 532A
 WEST ELEC 159A415H06

IBI GROUP 40902
 MATCHED SET WITH SPACER,
 TWO CONES & TWO CUPS
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 2.3750 in W 60.33 mm
 ALLIS-CHLM 620875
 BOWER 55175 + 55175 + 55437 + 55437 + Y1355437
 TIMKEN 55175 + 55175 + 55437 + 55437 + Y1355437

IBI GROUP 40903
 DBL TAP CUP & 2 CONES
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 3.1250 in W 79.28 mm
 BOWER 535 + 535 + 533D
 GMC 444332
 GMC 9412519
 TIMKEN 535 + 535 + 533D
 TYSON 535 + 535 + 533D

IBI GROUP 40904
 TAP CONE CUP, TAP VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.4375 in OD 112.71 mm
 1.1875 in W 30.16 mm
 ABC 55176 + 55443
 ATLAS 122-42-00-33-122-42-00-38
 BOWER 55176 + 55443
 BOWER 55176C + 55443

NTN 4755175C + 4759437
 SKF K55175 + K55437
 TIMKEN 55175 + 55437
 TIMKEN 55175C + 55437
 TYSON 55175C + 55437
 USA-FSN 3110-00-227-2406
 USA-FSN 712622
 USA-FSN M0126045750

IBI GROUP 40899
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 1.1875 in W 30.16 mm
 ABC 55176 + 55437
 BOWER 55176 + 55437
 GMC 9422624
 TIMKEN 55176 + 55437
 YALE TOWNE 306551

IBI GROUP 40899.01
 TAP CONE CUP, TAP VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 FODEN FL110 21
 FODENS FL110 21
 TIMKEN HM907635 + HM907614

IBI GROUP 40900
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 1.9000 in W 38.10 mm
 FAG K535 + K532
 IHC 36606H
 SKF K535 + K532
 TIMKEN 535 + 532

IBI GROUP 40901
 TAP CONE CUP CHAM VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 1.8000 in W 38.10 mm
 ABC 535 + 532A
 AEC 249-46
 ALBION 61921
 ALLIS-CHLM E1716
 BMC 61921
 BMC 62221
 BOWER 535 + 532A
 COLES 614114
 DEERE-JOHN J07339
 EATON 4945
 ERF 5L84-12
 FAG K535 + K532A
 GMC 100624
 HYSTER 578W
 IHC 170516R91
 IHC 17319H
 IHC 74442R91
 LEYLAND 61921
 LEYLAND 69121
 NBC 535 + 532A
 SCAMMELL 61921
 SKF K535 + K532A
 TIMKEN 535 + 532A
 TYSON 535 + 532A
 WEST ELEC 159A415H06

IBI GROUP 40902
 MATCHED SET WITH SPACER,
 TWO CONES & TWO CUPS
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 2.3750 in W 60.33 mm
 ALLIS-CHLM 620875
 BOWER 55175 + 55175 + 55437 + 55437 + Y1355437
 TIMKEN 55175 + 55175 + 55437 + 55437 + Y1355437

IBI GROUP 40903
 DBL TAP CUP & 2 CONES
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.3750 in OD 111.13 mm
 3.1250 in W 79.28 mm
 BOWER 535 + 535 + 533D
 GMC 444332
 GMC 9412519
 TIMKEN 535 + 535 + 533D
 TYSON 535 + 535 + 533D

IBI GROUP 40904
 TAP CONE CUP, TAP VARIES
 FROM ADJOINING IBI GROUP
 1.7500 in ID 44.45 mm
 4.4375 in OD 112.71 mm
 1.1875 in W 30.16 mm
 ABC 55176 + 55443
 ATLAS 122-42-00-33-122-42-00-38
 BOWER 55176 + 55443
 BOWER 55176C + 55443

BALENS

62

CONVERSION DE CAMION FUERA DE CARRETERA
A EQUIPO DE PERFORACION
(JUMBO)

- VENTAJAS: INSTALAR EN UNA BASE PREFABRICADA 5 PISTOLAS PERFORADAS CON SUS BRAZOS A TODOS LOS GIROS (LEVANTE, GIRO - LATERAL).
- APLICACION: PERFORACION DE TUNELES.
- INSTALACION: SE REQUIERE DE LA ADAPTACION DE UN CHASIS CON CAPACIDAD DE CARGA DE 22 TONS. O MAYOR, LA ESTRUCTURA PARA SOPORTAR LOS BRAZOS PORTADORES, 5 PISTOLAS CON SUS -- CONTROLES NEUMATICOS Y UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

M O D U L O : I

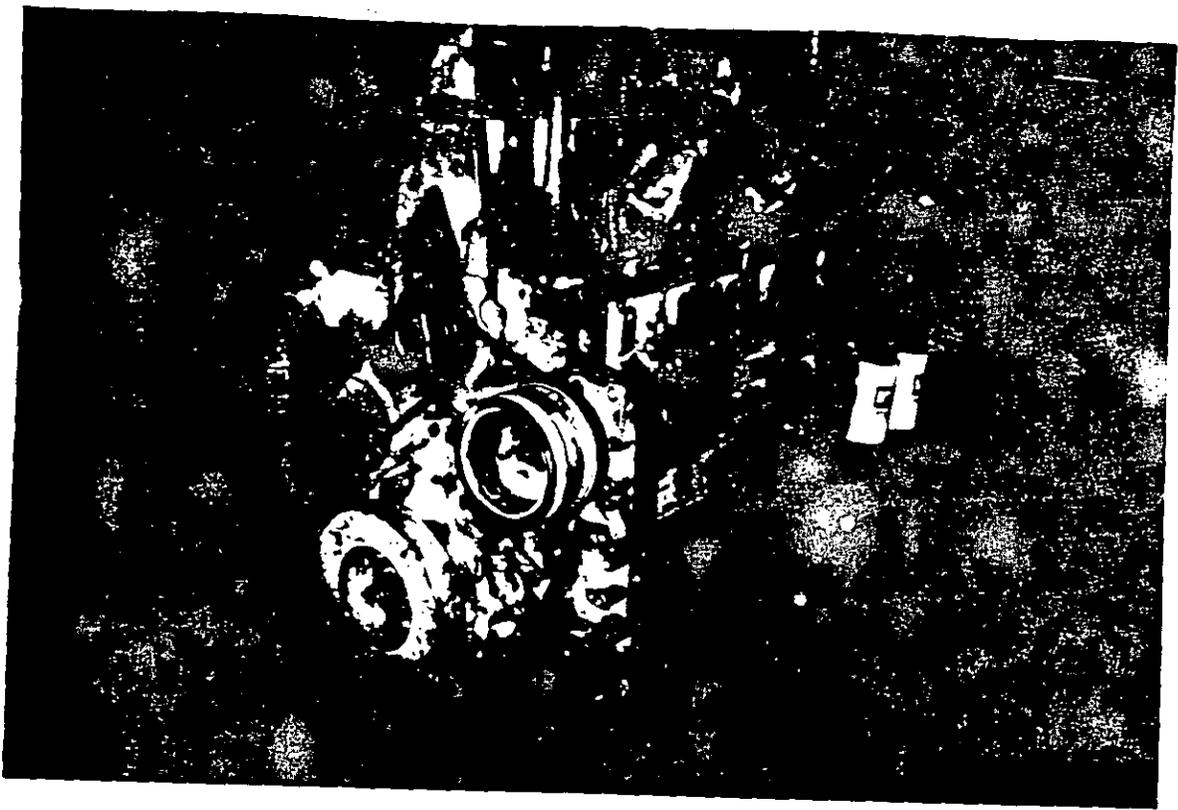
MOVIMIENTO DE TIERRAS

RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION
(COMPLEMENTO)

ING. ANDRES BENTON CUELLAR

CONVERSION DE MOTOR ASPIRACION NATURAL A TURBOCARGADOR

- VENTAJAS :** EL MOTOR DE ASPIRACION NATURAL AL AUMENTAR LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR PIERDE POTENCIA, EMITE EN DEMASIA GASES CONTAMINATES ESTE PROBLEMA SE RESUELVE ACOPLANDO UN COMPENSADOR DE ALTURA.
- APLICACION :** EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE EQUIPO PESADO.
- INSTALACION :** LOS FABRICANTES DE LOS MOTORES SUMINISTRAN LAS PARTES DE REEMPLAZO, PARA ESTA RECONVERSION.



CONVERSION PARA DETECTAR METALES EN UNA BANDA ALIMENTADORA DE UN EQUIPO DE TRITURACION

VENTAJAS : EVITAR DANOS DE LA GIROESFERA.

APLICACION : EN EQUIPOS DE TRITURACION.

INSTALACION : EN EL TRAYECTO DE LA BANDA SE COLOCA UN ELECTROIMAN, QUE AL ATRAER UN PEDAZO METALICO, ACTIVA UN SENSOR QUE DETIENE EL MOTOR ELECTRICO.



CONVERSION DE TREN DE RODAJE DE VARIAS MARCAS A MARCA CATERPILLAR

VENTAJAS :

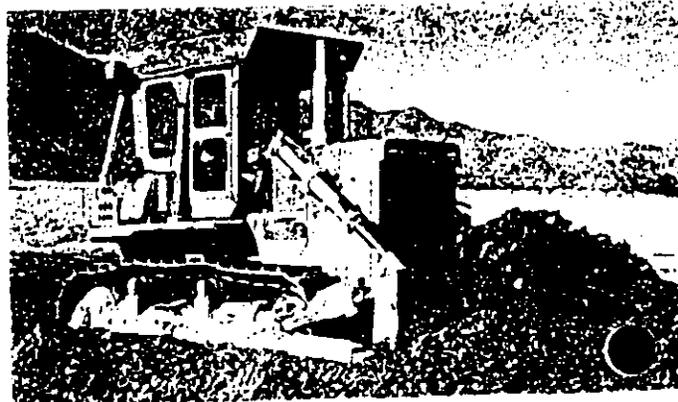
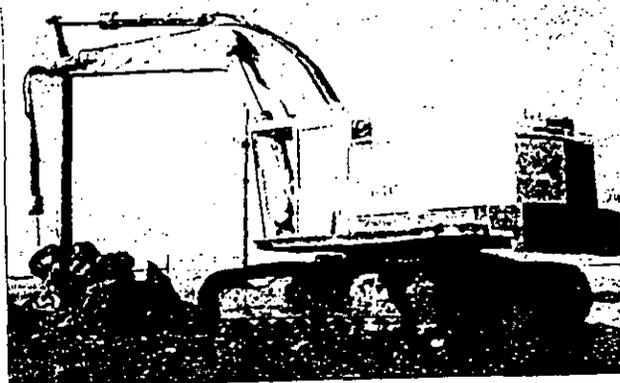
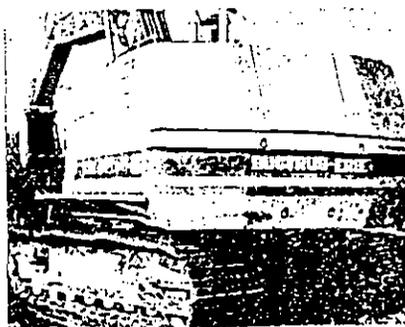
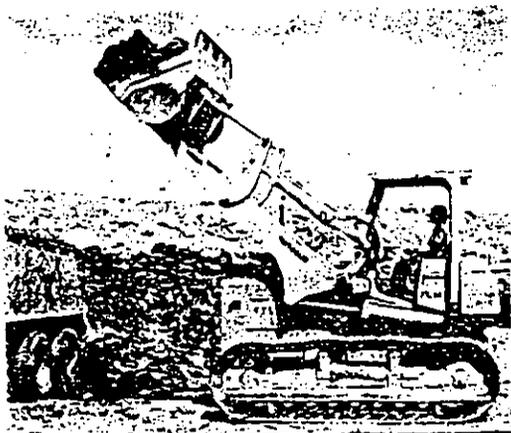
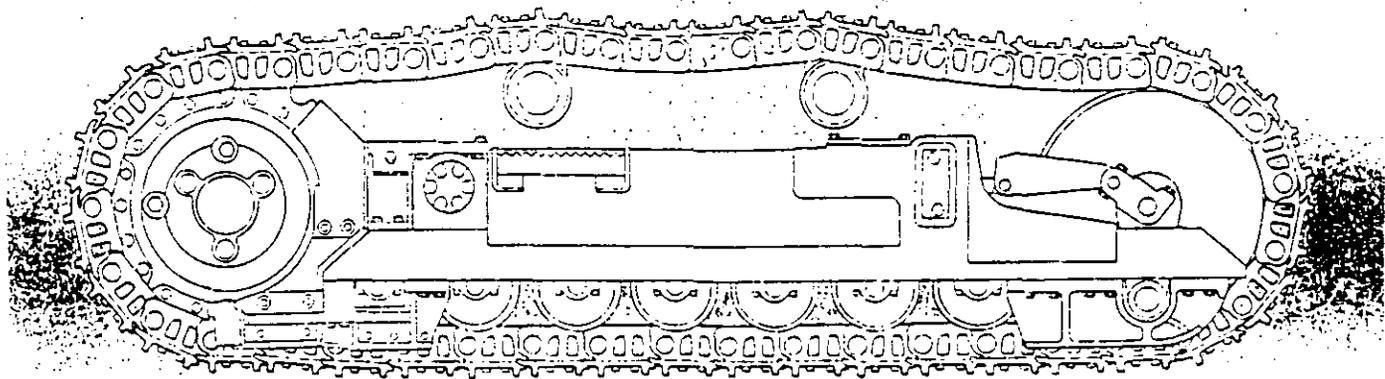
AL CONVERTIR LOS TRANSITOS A MARCA CATERPILLAR, SE TIENE UN MAYOR NUMERO DE DISTRIBUIDORES EN LA REPUBLICA Y MAYOR EXISTENCIA.

APLICACION :

LA GRAN MAYORIA DE CARRILES.

INSTALACION :

LA CATERPILLAR HA DESARROLLADO UN ESTUDIO DE INTERCAMBIO DE PARTES DE TRENES DE RODAJE CON NUMEROS EQUIVALENTES EN VARIAS MARCAS, POR LO QUE ES POSIBLE OBTENER LOS SISTEMAS DE CONVERSION Y SE PUEDEN VER FISICAMENTE INSTALADOS EN EQUIPOS TEREX, JOHN DEERE, ETC.



CONVERSION DE FRENOS A MARCA COMERCIAL

VENTAJAS :

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION ES EN SU MAYORIA DE IMPORTACION Y LOS REEMPLAZOS SON MUY DIFICILES DE OBTENER, POR LO QUE SE SUGIERE CONVERTIR ESTOS A UNA MARCA COMERCIAL EXISTENTE EN MEXICO.

APLICACION :

COMO POR EJEMPLO, EL SISTEMA DE FRENOS DEL COMPACTADOR DE RODILLO MULLER MODELO 45B, PUEDE SER SUSTITUIDO POR EL SISTEMA DE FRENOS DEL CARGADOR MICHIGAN MODELO 45B.

INSTALACION :

NO REQUIERE DE INSTALACION ESPECIAL, SE USAN LAS MISMAS BASES ORIGINALES Y SE CAMBIAN DE POSICION ALGUNOS BARRENOS.

CONVERSION DE TRANSMISION DE VOLTEO FUERA DE CARRETERA.

VENTAJAS : LA TRANSMISION AUTOMATICA FALLABA CONSTANTEMENTE Y SE SUBSTITUYO POR UNA HIDRAULICA CON SELECTOR MANUAL.

APLICACION : VOLTEO FUERA DE CARRETERA MARCA WABCO MODELO 35B.

INSTALACION : SE CAMBIA LA TRANSMISION, CON EL MISMO ACOPLAMIENTO.

CONVERSION DE CONTROL DE MANUAL A AUTOMATICO

VENTAJAS : **DAR AL TERRENO MEJOR NIVELACION.**

APLICACION : **MOTOCONFORMADORA.**

INSTALACION : **SE COLOCA UNA VALVULA EN PARALELO, DE TAL-
FORMA QUE ACCIONE LOS GATOS DE NIVELACION-
DE LA CUCHILLA, HACIENDO ACTUAR UNA LEVA
QUE ES DIRIGIDA POR UN CABLE ALINEADO PARA-
LELAMENTE CON LA RASANTE, ABRIENDO O CERRAN-
DO LA VALVULA Y ACCIONANDO DE ESTA FORMA
EL SISTEMA, SUBIENDO O BAJANDO LA CUCHILLA
AUTOMATICAMENTE.**

CONVERSION DE CAMION HIAB PARA MONTAJE Y DESMONTAJE DE LLANTAS GIGANTES

- VENTAJAS.-** MOVIMIENTO DE NEUMATICOS EN EL CAMPO, FACILIDAD DE MANEJO, REDUCCION DE -- TIEMPO DE INSTALACION Y MAYOR SEGURIDAD EN LA OPERACION.
- APLICACION.-** TODO TIPO DE MAQUINARIA PESADA SOBRE NEUMATICOS.
- INSTALACION.-** COLOCACION DE LA GRUA SOBRE PLATAFORMA DE CAMION DE 10 TON. DE CAPACIDAD, -- ADAPTACION DE SISTEMA ELECTROHIDRAULICO DE OPERACION Y CONTROL, HACIENDO USO DE LA BOMBA Y DE LAS VALVULAS CON QUE CUENTA LA GRUA HIAB E INTRODUCIENDO AL SISTEMA - UNA ELECTROVALVULA PARA ABRIR Y CERRAR LA GRAPA.

CONVERSION DE COPLER MECANICO A HIDRAULICO

VENTAJAS :

ABSORBE LOS IMPACTOS DE LA MAQUINA DANDO VELOCIDADES UNIFORMES Y OBTENIENDO MAYOR VIDA DE TODOS SUS CONJUNTOS, NO REQUIEREN AJUSTES Y NECESITANDO UN MANTENIMIENTO MINIMO.

APLICACION :

EQUIPO DE DRAGADO, MALACATES, EQUIPO DE PERFORACION Y EQUIPO PARA LA INDUSTRIA MADERERA.

INSTALACION :

ES UNA SUSTITUCION Y PARA UNA SELECCION APROPIADA SE REQUIEREN LOS DATOS DEL VOLANTE, CAPACIDAD DE MOTOR Y ACOPLAMIENTO DE SALIDA. LA INSTALACION DEBERA DISEÑARSE CUIDADOSAMENTE EN CUANTO A ESPACIO Y SOBRE TODO ALINEAMIENTO.

**CONVERSION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE
RETROEXCAVADORA YUMBO 3964.**

VENTAJAS.-

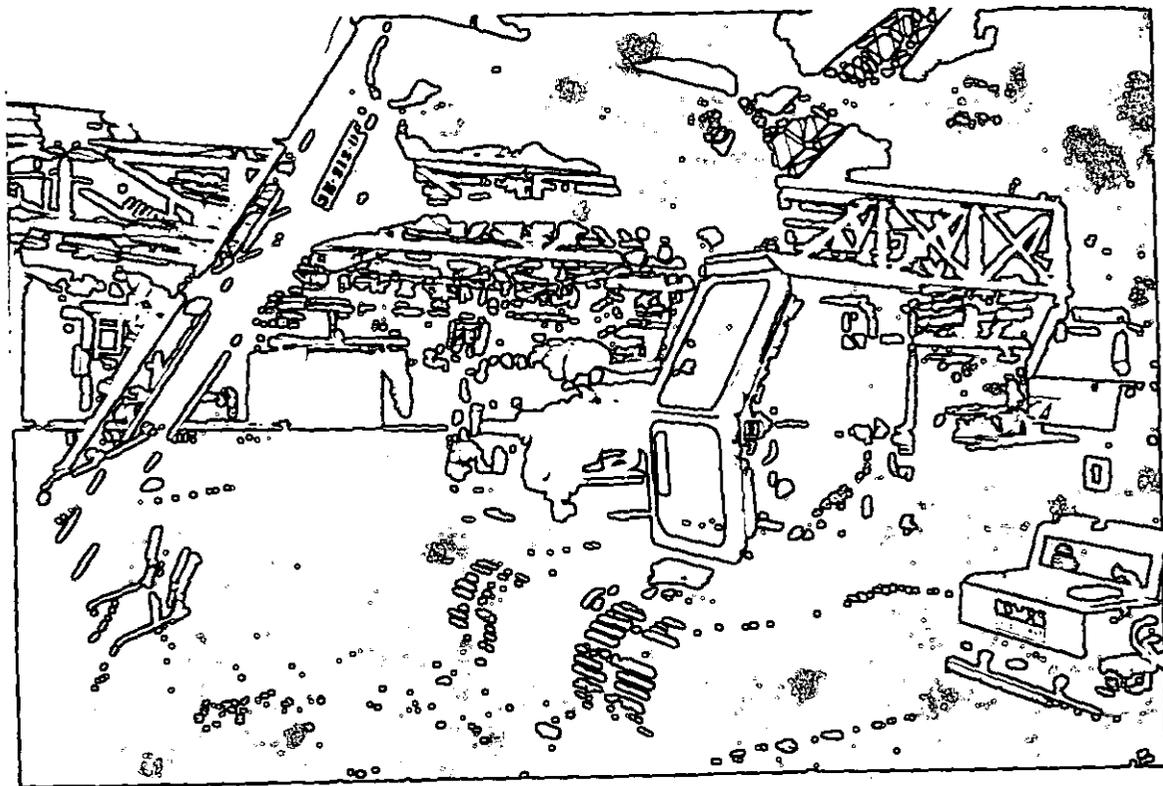
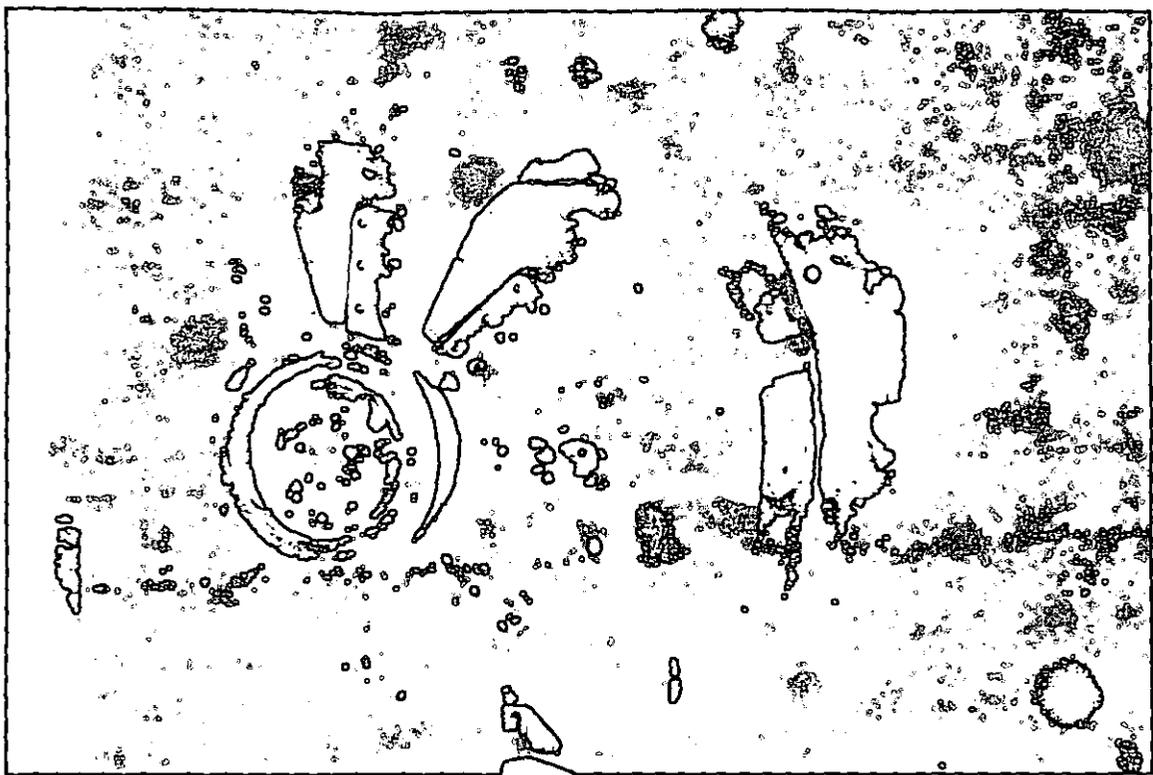
**EVITAR SOBRECALENTAMIENTO DE MOTOR, MAYOR
EFICIENCIA Y DURABILIDAD DEL MISMO.**

APLICACION.-

EN RETROEXCAVADORAS.

INSTALACION.-

**COLOCACION DE TOLVA CONICA EN EL RADIADOR
PARA CAPTAR MAYOR VOLUMEN DE AIRE, VENTI-
LADOR DE MAYOR DIAMETRO Y ASPAS MAS ANCHAS
LO QUE INCREMENTA EL FLUJO DE AIRE Y EL
ENFRIAMIENTO.**



**CONVERSION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA TRANSMISION
DE LA MOTOCONFORMADORA HUBER F-1400 Y F-1700.**

VENTAJAS.-

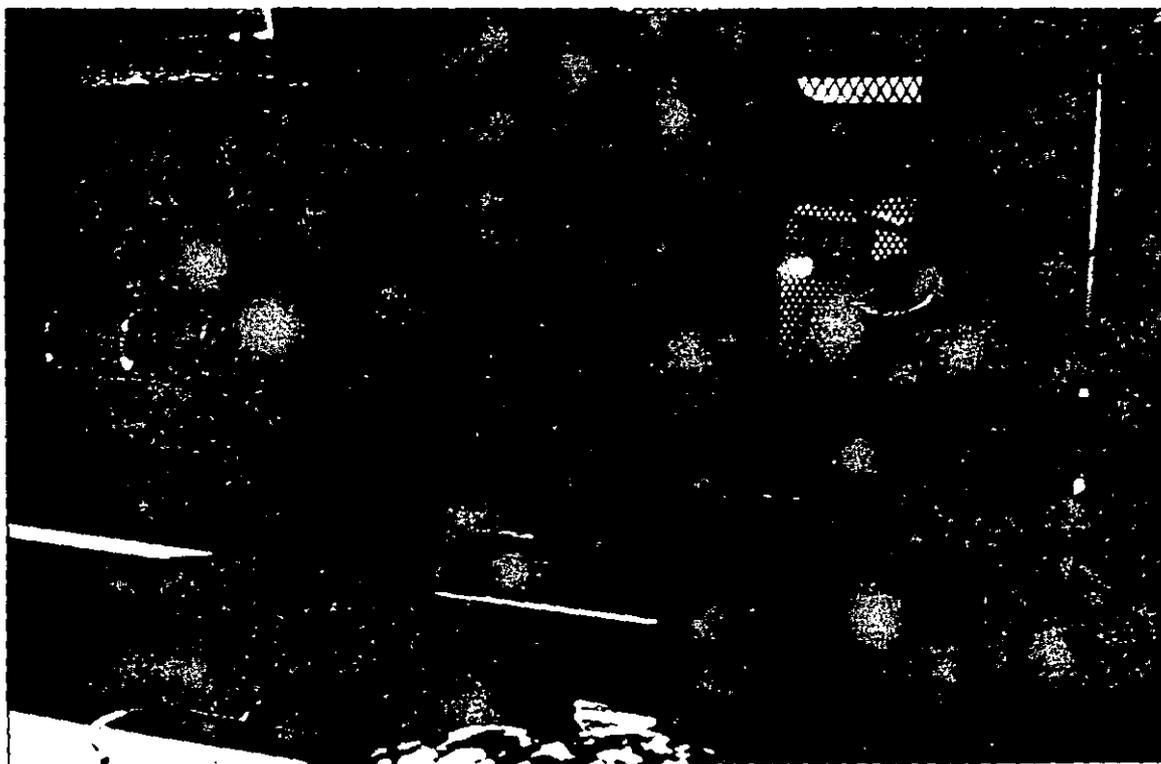
**MANTENER LA TEMPERATURA DE OPERACION EN
CUALQUIER CLIMA EN LAS SERVO TRANSMISIONES
DE LAS MOTOCONFORMADORAS.**

APLICACION.-

EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA TRANSMISION.

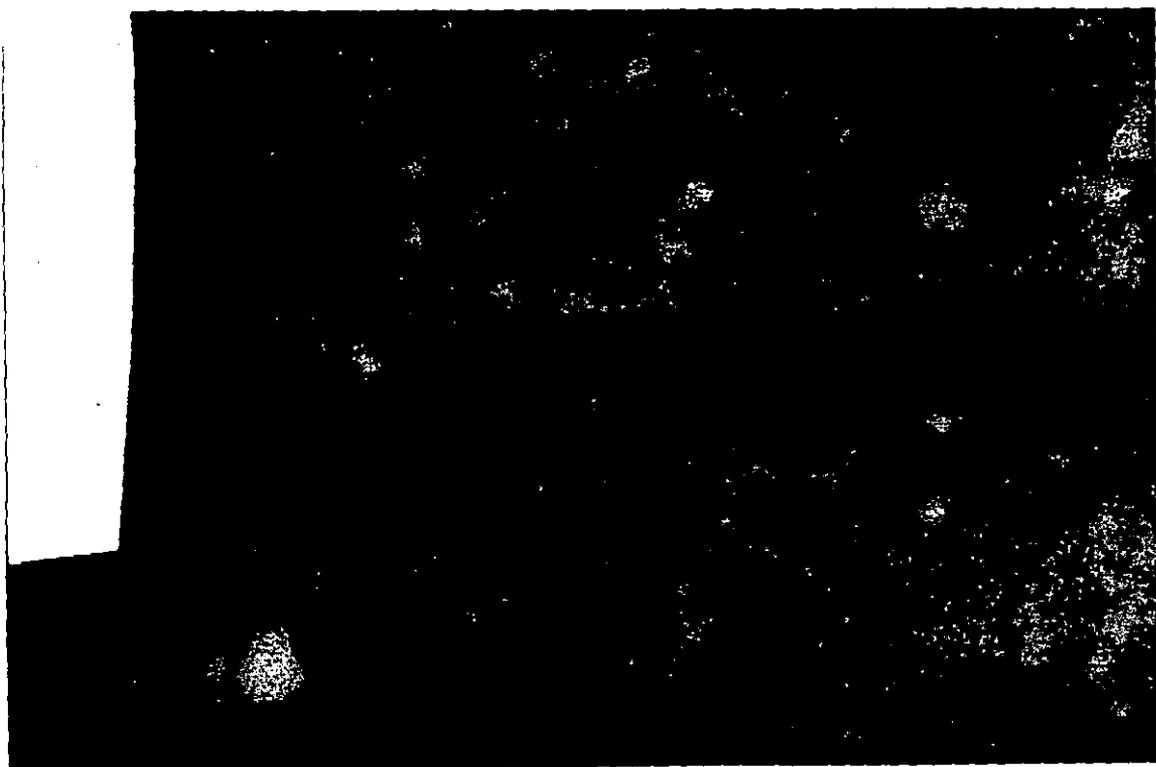
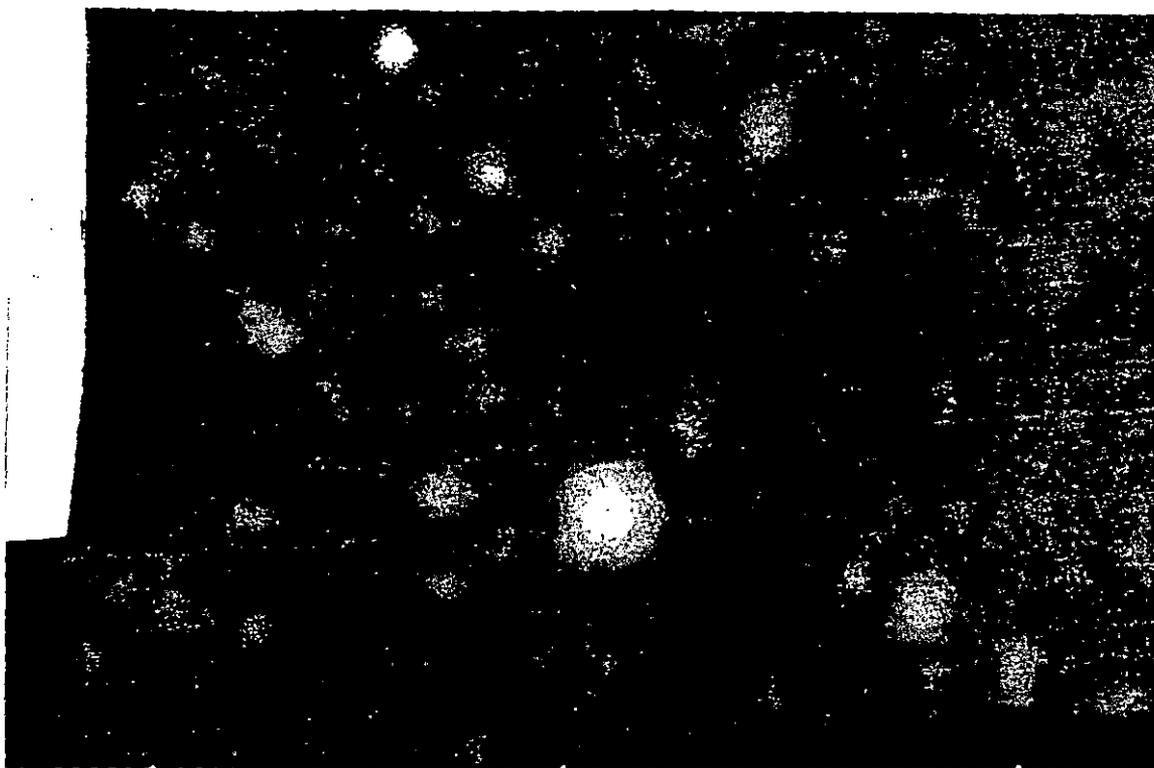
INSTALACION.-

**CAMBIO DE LA UBICACION Y DEL ENFRIADOR
PARA ACEITE DE LA TRANSMISION POR UNO DE
MAYOR CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO, MODIFI-
CANDO LAS BASES, TOLVAS Y SU POSICION.**



CONVERSION DEL SISTEMA MECANICO A HIDRAULICO

- VENTAJAS :** SE ELIMINA VARILLAJE, ENGRANES, CADENAS, VIBRACIONES, RUIDOS MOLESTOS, YA QUE LOS SISTEMAS HIDRAULICOS SON MAS PEQUENOS Y SE EVITA LO ANTERIOR.
- APLICACION :** EN LA MAYORIA DE LOS SISTEMAS TECNICOS DE EQUIPO ANTIGUO, COMO EJEMPLO LA MOTOCONFORMADORA HUBER.
- INSTALACION :** SE ADICIONA UN DEPOSITO, BOMBA LINEAS Y VALVULAS DE CONTROL ADEMAS DE SUSTITUIR LOS CONJUNTOS A MODERNIZAR.



CONVERSION DE SISTEMAS HIDRAULICOS EN GENERAL

VENTAJAS.-

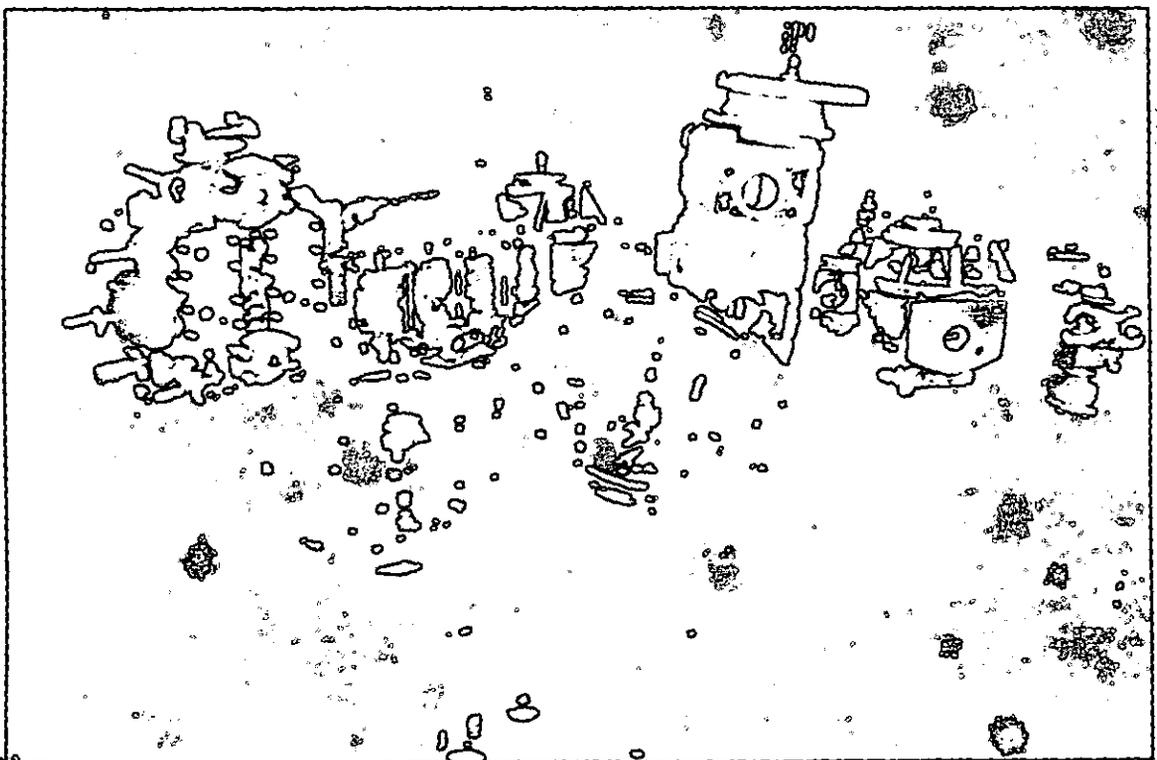
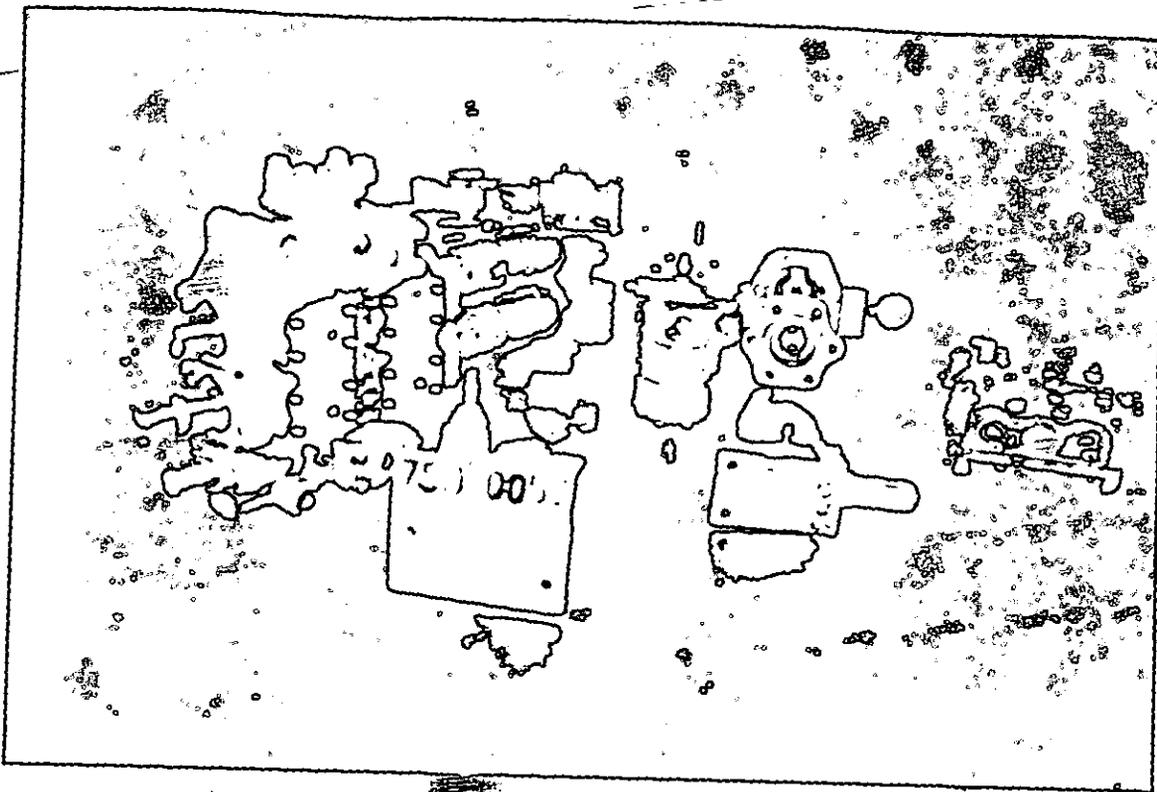
EN LOS SISTEMAS HIDRAULICOS LAS VALVULAS DE DIRECCION, DE CONTROL Y DERIVADORAS DE FLUJO, ELECTROVALVULAS Y SEGURIDAD O RETENCION ORIGINALES, REPRESENTAN UN ALTO COSTO Y EN OCASIONES SON DIFICILES DE LOCALIZAR, POR LO QUE LA SUSTITUCION CON VALVULAS COMERCIALES DE DIFERENTES MARCAS EXISTENTES EN EL MERCADO Y CON ADAPTACIONES MINIMAS, PERMITE IGUALAR EL FUNCIONAMIENTO Y LA OPERACION DE LOS EQUIPOS Y RESOLVER EL PROBLEMA EN FORMA LOCAL, RAPIDA Y ECONOMICA.

APLICACION.-

SISTEMAS HIDRAULICOS DE MAQUINARIA EN GENERAL.

INSTALACION.-

MODIFICACIONES MINIMAS DE SUJECION, CONEXION Y CONTROLES.



CONVERSION DE CAMION FUERA DE CARRETERA A EQUIPO DE PERFORACION (YUMBO)

VENTAJAS : INSTALAR EN UNA BASE PREFABRICADA 5 PISTOLAS PERFORADORAS CON SUS BRAZOS A TODOS LOS GIROS (LEVANTE, GIRO Y LATERAL).

APLICACION : PERFORACION DE TUNELES.

INSTALACION : SE REQUIERE DE LA ADAPTACION DE UN CHASIS CON CAPACIDAD DE CARGA DE 22 TONELADAS O MAYOR, LA ESTRUCTURA PARA SOPORTAR LAS 5 PISTOLAS CON SUS CONTROLES NEUMATICOS Y UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE.



CONVERSION DE NUMEROS ORIGINALES POR EQUIVALENTES.

VENTAJAS : OBTENCION DE REPUESTO EN DIFERENTES
MARCAS.

APLICACION : EN BALEROS, RETENES, FILTROS, COPLES.

INSTALACION : PARA INSTALAR ESTOS REPUESTOS NO ES
NECESARIO EFECTUAR MODIFICACIONES A
NUESTROS CONJUNTOS.

| | | |
|------------|-------|---------|
| JOY | E-150 | C |
| 202317 | E-151 | CA325 |
| 514895-4 | E-152 | CA173PL |
| 514785 | E-153 | CA306 |
| 514785-1 | E-154 | CA127 |
| 514785-2 | E-155 | CA3371 |
| 511795-4 | E-156 | CA114 |
| 511795-1 | E-157 | CA324A |
| 17002-12 | E-158 | CA340A |
| 512023-17 | E-159 | CA342 |
| 519002-18 | E-165 | CA136 |
| 519002-19 | E-166 | CA3492 |
| 519002-24 | E-191 | CA178PL |
| 519346 | E-194 | CA3538 |
| 525887-2 | E-195 | CA3537 |
| 543298-006 | E-198 | CA332 |

| | |
|-------------------------|----------------|
| BP-3 ¹ | C111A, CH167PL |
| BP-418 | CY88A |
| BP-718 | CH45PL |
| BP-718-N | CH45PL |
| D series Filter | |
| assembly(w/D-208 Holder | |
| CA5 (by-pass) CH45PL | |
| (full flow) | |
| D-196 | C45 |
| D-197 | C45 |
| D-216 | C45 |
| D-OEL | C45 |
| G-3 | C111A |
| G-3-OEL | C111A |
| G-300 | C111A |

| | | | |
|-----------------------------|--------------|---------|---------|
| GF580 | G4143 | VM-633A | FE2318A |
| GI | G3743 | VM-636 | |
| GF591 | G3741 | VM-637 | |
| GF800 | G3713 | VM-639 | FE2322 |
| GF810 | G4194 | | |
| GF888 | F3800 | | |
| KF404 | CG13 | | |
| KF500A, G2 (5/16" line), G3 | | | |
| (3/8" line) | | | |
| PCV5 | FY164 | K3 | |
| PCV10 | FY113 | K4 | |
| PCV11 | FY113 | K5 | |
| PCV13 | FY140 | K6 | |
| PCV15 ² | FY131, FY132 | K7 | |
| PCV16 | FY232 | K8 | |
| PCV17 | FY100 | KA1 | |
| PCV18 | FY111 | KA2 | |
| PCV19 | FY113 | KA3 | |
| PCV20 | FY112 | KA4 | |
| PCV21 | FY113 | KA5 | |
| PCV24 | FY132 | KA6 | |
| PCV30 | FY100 | KA7 | |
| PCV38 | FY100 | KA8 | |
| PCV41 | FY100 | KA9 | |
| PCV47 | FY132 | KA10 | |
| PCV48 ² | FY131, FY132 | KA11 | |
| PCV49 ² | FY112, FY164 | KA12 | |
| PCV51 | FY158 | KG1 | |
| PCV52 | FY158 | KG2 | |
| PCV54 | FY184 | KG3 | |
| PCV55 | FY158 | KG4 | |
| PCV57 | FY158 | | |
| PCV60 | FY163 | | |
| PCV61 | FY163 | | |
| PCV62 | FY156 | | |
| PCV64 | FY113 | | |
| PCV65 | FY184 | | |
| PCV66 | FY163 | | |
| PCV67 | FY165 | | |
| PCV68 | FY168 | | |
| PCV69 | FY179 | | |
| PCV70 | FY181 | | |
| PCV71 | FY184 | | |
| PCV72 | FY185 | | |
| PCV73 | FY177 | | |
| PCV74 | FY175 | | |
| PCV75 | FY176 | | |
| PCV78 | FY188 | | |
| PCV79 | FY184 | | |
| PCV80 | FY197 | | |
| PCV81 | FY188 | | |
| PCV82 | FY196 | | |
| PCV83 | FY190 | | |
| PCV84 | FY232 | | |
| PCV85 | FY194 | | |
| PCV86 | FY191 | | |
| PCV88 ² | FY191, FY197 | | |
| PCV89 | FY232 | | |
| PCV90 | FY164 | | |
| PCV92 | FY260 | | |
| PCV93 | FY229 | | |
| PCV94 | FY197 | | |
| PCV95 | FY196 | | |
| PCV96 | FY197 | | |
| PCV97 | FY221 | | |
| PCV98 | FY240 | | |
| PCV99 | FY237 | | |
| PCV103 ² | FY246, FY222 | | |
| PCV105 | FY242 | | |
| PCV106 | FY246 | | |
| PCV107 | FY243 | | |
| VM-605 | FE2305 | | |
| VM-608 | FE2307 | | |
| VM-609 | FE2306 | | |
| VM-613 | FE2310 | | |
| VM-615 | FE2307 | | |
| VM-625 | FE2315 | | |
| VM-626 | FE2313 | | |
| VM-628 | FE2314 | | |
| VM-629 | FE2316 | | |
| VM-631 | FE2317 | | |
| VM-632 | FE2319 | | |

| | |
|---------|---------|
| VM-633A | FE2318A |
| VM-636 | |
| VM-637 | |
| VM-639 | FE2322 |

| | | |
|----------------|------|---------|
| KENDALL | K1 | PH8A |
| | K2 | PH11 |
| | K3 | PH25 |
| | K4 | PH30 |
| | K5 | PH43 |
| | K6 | PH13 |
| | K7 | PH225 |
| | K8 | PH387A |
| | KA1 | CA136 |
| | KA2 | CA146PL |
| | KA3 | CA180PL |
| | KA4 | CA184PL |
| | KA5 | CA189PL |
| | KA6 | CA303 |
| | KA7 | CA395 |
| | KA8 | CA324A |
| | KA9 | CA328 |
| | KA10 | CA327 |
| | KA11 | CA328 |
| | KA12 | CA361 |
| | KG1 | G2 |
| | KG2 | CG11 |
| | KG3 | CG13 |
| | KG4 | G22A |

| | |
|----------|---------|
| KMA-180 | CA |
| KMA-178 | CA178PL |
| KMA-184 | CA184PL |
| KMA-188 | CA323 |
| KMA-189 | CA189PL |
| KMA-192 | CA192 |
| KMA-305 | CA305 |
| KMA-324A | CA324A |
| KMA-328 | CA326 |
| KMA-327 | CA327 |
| KMA-328 | CA328 |
| KMA-340A | CA340A |
| KMA-351 | CA351 |
| KMA-352 | CA352 |
| KMA-2821 | CA2821 |
| KMA-3300 | CA3300 |

| | | |
|---------------|-------------------|------------|
| K-MART | K-1 | PH8A |
| | K-2 | PH11 |
| | K-3 | PH30 |
| | K-4 | CH200PL |
| | K-5 | PH25 |
| | K-9 | PH43 |
| | K-10 | PH3506 |
| | K-11 | PH387A |
| | K-20 ² | PH16, PH43 |
| | K-21 | PH946B |
| | K-22 | PH2825 |
| | K-23 | PH2849A |
| | K-24 | PH2850 |
| | K-25 | PH2855A |
| | K-26 | PH2870A |
| | KA-1 | CA178PL |
| | KA-2 | CA189PL |
| | KA-3 | CA184PL |
| | KA-5 | CA146PL |
| | KA-6 | CA133 |
| | KA-7 | CA146PL |
| | KA-8 | CA180PL |
| | KA-10 | CA324A |
| | KA-12 | CA136 |
| | KA-13 | CA136 |
| | KA-14 | CA127 |
| | KA-15 | CA328 |
| | KA-17 | CA303 |
| | KA-18 | CA395 |
| | KA-19 | CA327 |
| | KA-20 | CA351 |
| | KA-21 | CA340A |
| | KA-22 | CA3306 |
| | KA-41 | CA19 |
| | KA-42 | CA24 |
| | KA-50 | CA352 |
| | KA-51 | CA353 |
| | KA-52 | CA2821 |
| | KA-53 | CA3073 |
| | KG-1 | G2 |
| | KG-2 | CG28 |
| | KG-4 | G22A |
| | KG-5 | CG11 |
| | KG-6 | CG12 |
| | KG-7 | CG13 |

| | | |
|-------------------------|-------|--------|
| KELLOGG AMERICAN | 50382 | CAK257 |
| | 51186 | CA3307 |

| | | |
|------------|-----------------------------|--------|
| KEM | CF101 | CA357 |
| | CF103 | CA357 |
| | CF104 | CA357 |
| | CF105 | CA357 |
| | FA79 | CA24 |
| | FA87 | CA24 |
| | FA88 | CA24 |
| | FAS76 | CA24 |
| | FB59 | CA19 |
| | GF117 | CG7 |
| | GF124 | CG3 |
| | GF149 | CG8 |
| | GF160 | CG29 |
| | GF200 ^{2B} | CG6 |
| | GF250 ^{2B} | CG6 |
| | GF427 | CG11 |
| | GF441 | CG12 |
| | GF470 | CG398B |
| | GF471 | CG398B |
| | GF476 | G3892 |
| | GF477 | G3893 |
| | GF478 | G3894 |
| | GF479 | G3896 |
| | GF481 | G3727 |
| | GF500A, G2 (5/16" line), G3 | |
| | (3/8" line) | |
| | GF514 | G1 |
| | GF516 | G2 |
| | GF518X | G12 |
| | GF517 | G8 |
| | GF518 | G7 |
| | GF519 | G3 |
| | GF520 | G23 |
| | GF521 | G22A |
| | GF522 | G3619 |
| | GF523 | G3427 |
| | GF524 | G3428A |
| | GF525 | G3896 |
| | GF528 | CG3861 |
| | GF530 | G19 |
| | GF531 | G3499 |
| | GF532 | G3894 |
| | GF533 | G3547 |
| | GF538 | G3 |
| | GF550 | G4 |
| | GF551 | G3398 |
| | GF552 | G3398 |
| | GF553 | G3394 |
| | GF554 | G3357 |
| | GF555 | CG802 |
| | GF556 | G4166 |
| | GF557 | G4166 |
| | GF558 | G4177 |
| | GF559 | G4191 |
| | GF560 | G3703 |
| | GF570 | G4188 |
| | GF571 | G4188 |

| | | |
|-----------------------------|------------|----------------------|
| KENWORTH² | 60368 | CA, CAP |
| | 304295 | CA270 |
| | 304322 | CA244 |
| | 919536 | CA268 |
| | 919704 | CA265 |
| | 944633 | CA281 |
| | 944809 | CAK258 |
| | 944954 | CAK254 |
| | 945058 | CAK256 |
| | 9030537 | CA265 |
| | 9030538 | CA270 |
| | 9030854 | CA244 |
| | K251-C-271 | PR3304 ^{2B} |
| | K251-C-272 | PR3304 ^{2B} |
| | K251-C-341 | PR3304 ^{2B} |
| | K251-C-342 | PR3304 ^{2B} |
| | K251-284 | CA313 |
| | K251-286 | CA314 |
| | KW101 | C1106PL |
| | KW104 | P1101PL |
| | KW105 | P1103 |
| | KW106D | P1103 |
| | KW110 | C1175PL |
| | KW111 | C1189 |
| | KW206 | P1147A |
| | KW207 | P1146 |
| | KW509 | CH33APL |
| | KW516 | CH211A |
| | KW632B | PH307 |
| | KW670 | PH3375 |
| | KW7500 | C175AP, C175E |
| | KW2001 | CR3305 |
| | KW2010 | PR3304 ^{2B} |
| | KW2011 | PR3305 ^{2B} |

| | | |
|-------------------------|--------|--------|
| KERSHAW MFG. CO. | 32288 | PA3006 |
| | 275452 | CA313 |
| | 351133 | CA282 |

| | | |
|-------------------------|-------|--------|
| KELLOGG AMERICAN | 50382 | CAK257 |
| | 51186 | CA3307 |

| | | |
|------------|-----------------------------|--------|
| KEM | CF101 | CA357 |
| | CF103 | CA357 |
| | CF104 | CA357 |
| | CF105 | CA357 |
| | FA79 | CA24 |
| | FA87 | CA24 |
| | FA88 | CA24 |
| | FAS76 | CA24 |
| | FB59 | CA19 |
| | GF117 | CG7 |
| | GF124 | CG3 |
| | GF149 | CG8 |
| | GF160 | CG29 |
| | GF200 ^{2B} | CG6 |
| | GF250 ^{2B} | CG6 |
| | GF427 | CG11 |
| | GF441 | CG12 |
| | GF470 | CG398B |
| | GF471 | CG398B |
| | GF476 | G3892 |
| | GF477 | G3893 |
| | GF478 | G3894 |
| | GF479 | G3896 |
| | GF481 | G3727 |
| | GF500A, G2 (5/16" line), G3 | |
| | (3/8" line) | |
| | GF514 | G1 |
| | GF516 | G2 |
| | GF518X | G12 |
| | GF517 | G8 |
| | GF518 | G7 |
| | GF519 | G3 |
| | GF520 | G23 |
| | GF521 | G22A |
| | GF522 | G3619 |
| | GF523 | G3427 |
| | GF524 | G3428A |
| | GF525 | G3896 |
| | GF528 | CG3861 |
| | GF530 | G19 |
| | GF531 | G3499 |
| | GF532 | G3894 |
| | GF533 | G3547 |
| | GF538 | G3 |
| | GF550 | G4 |
| | GF551 | G3398 |
| | GF552 | G3398 |
| | GF553 | G3394 |
| | GF554 | G3357 |
| | GF555 | CG802 |
| | GF556 | G4166 |
| | GF557 | G4166 |
| | GF558 | G4177 |
| | GF559 | G4191 |
| | GF560 | G3703 |
| | GF570 | G4188 |
| | GF571 | G4188 |

| | | |
|-----------------------------|------------|----------------------|
| KENWORTH² | 60368 | CA, CAP |
| | 304295 | CA270 |
| | 304322 | CA244 |
| | 919536 | CA268 |
| | 919704 | CA265 |
| | 944633 | CA281 |
| | 944809 | CAK258 |
| | 944954 | CAK254 |
| | 945058 | CAK256 |
| | 9030537 | CA265 |
| | 9030538 | CA270 |
| | 9030854 | CA244 |
| | K251-C-271 | PR3304 ^{2B} |
| | K251-C-272 | PR3304 ^{2B} |
| | K251-C-341 | PR3304 ^{2B} |
| | K251-C-342 | PR3304 ^{2B} |
| | K251-284 | CA313 |
| | K251-286 | CA314 |
| | KW101 | C1106PL |
| | KW104 | P1101PL |
| | KW105 | P1103 |
| | KW106D | P1103 |
| | KW110 | C1175PL |
| | KW111 | C1189 |
| | KW206 | P1147A |
| | KW207 | P1146 |
| | KW509 | CH33APL |
| | KW516 | CH211A |
| | KW632B | PH307 |
| | KW670 | PH3375 |
| | KW7500 | C175AP, C175E |
| | KW2001 | CR3305 |
| | KW2010 | PR3304 ^{2B} |
| | KW2011 | PR3305 ^{2B} |

| | | |
|-------------------|--------------------|------------|
| KERR-McGEE | KM-8A | PH8A |
| | KM-11 | PH11 |
| | KM-16 | PH16 |
| | KM-25 | PH25 |
| | KM-30 ² | PH13, PH30 |
| | KM-43 | PH43 |
| | KM-200 | CH200PL |
| | KM-2825 | PH2825 |
| | KM-2850 | PH2850 |
| | KM-2870A | PH2870A |
| | KMA-127 | CA127 |
| | KMA-133 | CA133 |
| | KMA-136 | CA136 |
| | KMA-146 | CA146PL |
| | KMA-148 | CA148PL |

| | |
|------------|---------------|
| MATL SEAL | 450229 |
| MATL SEAL | 471688 |
| MATL SEAL | 50229 |
| NOVA ENG | L-114-28 |
| HAMBORN | DV-41074 |
| SKY | 40043 |
| STEFA | 51551 |
| TROSTEL | 44227 |
| TROSTEL | 454243 |
| TROSTEL | 454243 |
| UNIVERSAL | 31-175 |
| USA FSN | 5330-895-1183 |
| U.S. ELEC. | A-25472 |
| VICTOR | 48666 |
| VICTOR | 60237 |
| VALE TOWNE | 5850-D-1004 |
| VALE TOWNE | 585-K-14 |

ISI GROUP 60572

SEE FIGURE NO. 214

| | |
|-------------|----------|
| .969 in ID | 24.61 mm |
| 1.828 in OD | 46.43 mm |
| .438 in W | 11.13 mm |

| | |
|------------|---------------|
| ALLIS-CHLM | 4302452 |
| ALLIS-CHLM | 432452 |
| ALLIS-CHLM | DE 2452 |
| AMER BRAKE | H165 |
| AMER CHAIN | PA3709 |
| BAKER-RAU | SM-2260 |
| BBS | 142B |
| BENO WEST | P15-C-7863 |
| BEND WEST | P15-C-7863-01 |
| BEND WEST | P15-C-7863-1 |
| BURTONWOOD | 1501 |
| COTTA TRAN | TX106 |
| C/R | 10925 |
| C/R | 18331 |
| C/R | 18331-M1 |
| C/R | 502214 |
| C/R | 503432 |
| C/R | 9680 |
| C/R | 9681 |
| FAIR MORSE | 18331 |
| FELT PROO | 15652 |
| FELT PROO | 315652 |
| GARLOCK | 51X277 |
| GARLOCK | 51X279 |
| GARLOCK | 53X27 |
| GARLOCK | 53X278 |
| GIGIOLI | 55389 |
| GMC | 063192 |
| HUBER-WROO | 514999 |
| HUSTER | 29117 |
| IHC | 22767-D |
| IHC | 3-25-R91 |
| JOHNS-MAN | 59438 |
| LAUSON | 21151 |
| LAUSON | 54-7 |
| LINK BELT | 319W28-31 |
| MACK | 88AX14 |
| NICH-SHOV | 31183 |
| MOPAR | 7762 |
| NATL AUTO | X-30162-53 |
| NATL SEAL | 450040 |
| NATL SEAL | 50040 |
| NATL SEAL | 50040S |
| OWENS-ILL | NW-338-C |
| ROOTE | 10005-98 |
| SACD LOW | 4X3318-3 |
| SKY | 40003 |
| SKYLINE | 54-7 |
| SMITH A.O. | ATS134 |
| SPICER DAN | 649-463-1 |
| STEFA | 51492 |
| TROSTEL | 44039 |
| TROSTEL | 44040S |
| TROSTEL | 454041 |
| TROSTEL | 454041S |
| UNIVERSAL | 31-182 |
| USA FSN | 5330-291-2349 |
| USA FSN | 5330-599-6189 |
| VICTOR | 49485 |
| VICTOR | 60239 |
| WAUKESHA | 65944 |
| WESTON | 18310943 |

ISI GROUP 60572.4

O RING-VARIOUS COMPOUNDS

| | |
|-------------|----------|
| .875 in ID | 24.77 mm |
| 1.295 in OD | 35.43 mm |
| .210 in W | 5.33 mm |

| | |
|------------|-------|
| DOWTY | 318 |
| MINN RUB | 8318 |
| PARKER | 2-318 |
| PREC ASSOC | 1-318 |
| U.S. STAND | 318 |
| U.S. STAND | AS318 |

ISI GROUP 60572.8

O RING-VARIOUS COMPOUNDS

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 1.262 in OD | 32.05 mm |
| 1.39 in W | 3.53 mm |

| | |
|-----------|-------|
| ANGUS | R4100 |
| DOWTY | 214 |
| HALLPRENE | 0519 |

| | |
|------------|--------|
| MINN RUB | 8214 |
| MATL SEAL | 622719 |
| PARKER | 2-214 |
| PREC ASSOC | 1-214 |
| U.S. STAND | 214 |
| U.S. STAND | AS214 |

ISI GROUP 60573

SEE FIGURE NO. 135

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 1.378 in OD | 35.00 mm |
| .250 in W | 6.35 mm |

| | |
|-----------|--------|
| MATL SEAL | 1159 |
| TROSTEL | A45534 |

ISI GROUP 60574

SEE FIGURE NO. 326

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 1.378 in OD | 35.00 mm |
| .276 in W | 7.01 mm |

| | |
|-----------|--------|
| GMC | 714400 |
| NATL SEAL | 1166 |

ISI GROUP 60575

SEE FIGURE NO. 123

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 1.499 in OD | 38.07 mm |
| .250 in W | 6.35 mm |

| | |
|-----------|--------|
| NATL SEAL | 322324 |
| VICTOR | 63448 |

ISI GROUP 60576

SEE FIGURE NO. 132

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 1.375 in OD | 40.01 mm |
| .378 in W | 9.53 mm |

| | |
|-----------|---------|
| GARLOCK | 51X7746 |
| GARLOCK | 63X7746 |
| NATL SEAL | 450930 |
| NATL SEAL | 519083 |
| TROSTEL | A545895 |
| WAYNE | 901027 |

ISI GROUP 60577

SEE FIGURE NO. 132

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 1.828 in OD | 46.43 mm |
| .437 in W | 11.10 mm |

| | |
|-----------|--------|
| DALMO VIC | X84570 |
| NATL SEAL | 450457 |
| NATL SEAL | 50457 |
| NATL SEAL | 50457S |

ISI GROUP 60578

SEE FIGURE NO. 319

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 2.126 in OD | 54.00 mm |
| .593 in W | 15.06 mm |

| | |
|-----------|--------|
| C/R | 10167 |
| C/R | 212C1 |
| NATL SEAL | 270925 |
| TROSTEL | 47377S |
| TROSTEL | A81017 |
| TROSTEL | A81068 |

ISI GROUP 60579

SEE FIGURE NO. 10180

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 3.129 in OD | 79.38 mm |
| .463 in W | 11.76 mm |

| | |
|-----------|-----------|
| C/R | 10180 |
| C/R | 12958A |
| C/R | 14606A |
| C/R | 312W1-L |
| IHC | 350865R91 |
| IHC | 358800R91 |
| IHC | 358835R91 |
| MC CORD | 84496 |
| MC CORD | 84655 |
| NATL SEAL | 6179 |
| VICTOR | 47006 |

ISI GROUP 60580

SEE FIGURE NO. 45

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.378 in OD | 35.00 mm |
| .276 in W | 7.00 mm |

| | |
|------------|--------------|
| APAX | 53515 |
| BORGWARD | 9212 609-000 |
| BUSSING | 752 590-648 |
| C/R | 550175 |
| FIAT | 400 01150 |
| FIAT | 4046786 |
| FICH SACHS | 0950-136-000 |
| HATZ | A2107 |
| HATZ | A1581 |
| MERCEDES | 000-987 4346 |
| OPEL | 714-400 |
| OPEL | 902 681 |
| PAYEN | NA115 |
| PORSCHE | 043018 |
| RANS S & J | M012102 |
| RANS S & J | MIM2535 |
| SAAB | 703339 |
| SAAB | 707-722 |
| SAAB | 707-722UR |
| SIMCA | 14090J |

| | |
|---------|----------|
| SIMCA | 38296 |
| STEFA | CB253507 |
| TROSTEL | 55968 |
| TROSTEL | 71159 |
| VICTOR | 44024 |
| WESTON | WR345 |

ISI GROUP 60581

SEE FIGURE NO. 48

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.457 in OD | 37.00 mm |
| .276 in W | 7.00 mm |

| | |
|-----------|---------------|
| APAX | 53703 |
| BMW | 0001-506 |
| BMW | 1114-0001-506 |
| BMW | 9962-218 |
| C/R | 550153 |
| DKW | 06503-011-90 |
| GEON | 8422 |
| ISSETTA | 000-1506 |
| MC CORD | F31134 |
| MOPAR | 73539 |
| NATL SEAL | 1134 |
| PAYEN | 8422 |
| STEFA | CB253707 |
| TROSTEL | 41009 |
| TROSTEL | 127 |
| VICTOR | 527 |

ISI GROUP 60582

SEE FIGURE NO. 45

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.375 in OD | 40.00 mm |
| .315 in W | 8.00 mm |

| | |
|-----------|----------------|
| APAX | 54014 |
| BMW | 23-111-030-540 |
| C/R | 550142 |
| ISSETTA | 00-30540 |
| ISSETTA | 1030540 |
| ISSETTA | 0030504 |
| MC CORD | F31133 |
| MOPAR | 73528 |
| NATL SEAL | 1133 |
| PAYEN | 8421 |
| PAYEN | NA118 |
| PORSCHE | 043228 |
| STEFA | CB254008 |
| TROSTEL | 55564 |
| TROSTEL | A45526 |
| VICTOR | 44175 |
| WESTON | WR354 |

ISI GROUP 60583

SEE FIGURE NO. 7

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.375 in OD | 40.00 mm |
| .394 in W | 10.00 mm |

| | |
|---------|-----------|
| APAX | 54015 |
| LANCIA | 250-60210 |
| LANCIA | 4165910 |
| PAYEN | 8459 |
| PAYEN | NA130 |
| PORSCHE | 043021 |
| STEFA | AA254010 |
| WESTON | WR357 |

ISI GROUP 60584

SEE FIGURE NO. 178

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.986 in OD | 46.54 mm |
| .250 in W | 6.35 mm |

| | |
|-----|------|
| C/R | 9700 |
|-----|------|

ISI GROUP 60585

SEE FIGURE NO. 131

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 24.99 mm |
| 1.396 in OD | 40.54 mm |
| .328 in W | 8.33 mm |

| | |
|------------|------------|
| AMER BOSCH | PK 766 |
| C/R | 159GH1 Q6 |
| C/R | 300882 |
| C/R | 9905 |
| JOY MFG. | 901241-460 |
| SCINTILLA | L-8053-30 |

ISI GROUP 60586

SEE FIGURE NO. 7

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.654 in OD | 42.00 mm |
| .394 in W | 10.00 mm |

| | |
|--------|----------|
| APAX | 54218 |
| PAYEN | 8460 |
| STEFA | AA254210 |
| WESTON | WR360 |

ISI GROUP 60587

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.772 in OD | 45.00 mm |
| .394 in W | 10.00 mm |

| | |
|-----------|---------------|
| APAX | 54503 |
| BROWN O. | 130681 |
| GOGGOMBIL | 6001-02012-00 |
| PAYEN | 8461 |
| WESTON | WR365 |

ISI GROUP 60588

SEE FIGURE NO. 45

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.811 in OD | 46.00 mm |
| .276 in W | 7.00 mm |

| | |
|-----------|----------|
| APAX | 54601 |
| C/R | 550202 |
| C/R | CB254607 |
| GEON | C932 |
| MC CORD | F31062 |
| MOPAR | T3577 |
| NATL SEAL | 1062 |
| PAYEN | 8289 |
| PAYEN | 8506 |
| PAYEN | NA153 |
| RENAULT | 8240087 |
| STEFA | CB254607 |
| TROSTEL | A45460 |
| VICTOR | 44014 |
| WESTON | WLK68 |
| WESTON | WR368 |

ISI GROUP 60589

SEE FIGURE NO. 7

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.850 in OD | 46.99 mm |
| .394 in W | 10.00 mm |

| | |
|------------|-------------|
| ALFA ROMEO | 2340-34349C |
| ALFA ROMEO | 350-017 |
| APAX | 54708 |
| BORGWARD | N15049 |
| FIAT | 543310 |
| LANCIA | 2137330 |
| LANCIA | C10-19061 |
| PAYEN | 8462 |
| PAYEN | NA131 |
| SCAN VABIS | 14193 |
| STEFA | AA254710 |
| WESTON | WR372 |

ISI GROUP 60590

SEE FIGURE NO. 48

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 1.969 in OD | 50.01 mm |
| .394 in W | 10.00 mm |

| | |
|----------|--------------|
| APAX | 55003 |
| MERCEDES | 000-997-4347 |
| PAYEN | 8467 |
| SAAB | 707-282 |
| STEFA | CB255010 |
| WESTON | WR807 |

ISI GROUP 60591

SEE FIGURE NO. 48

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 2.047 in OD | 52.00 mm |
| .394 in W | 10.00 mm |

| | |
|---------|----------|
| APAX | 55202 |
| BAMFORD | 40728-1 |
| BUSSING | 30-14645 |
| BUSSING | 30-1465 |
| PAYEN | CB56 |
| STEFA | AA255210 |
| STEFA | CB255210 |
| WESTON | WR385 |
| WESTON | WR548 |

ISI GROUP 60592

| | |
|------------|---------|
| APAX | 513303 |
| CHRYSLER | 9102192 |
| COMMER | 661003 |
| MARSH FOW. | 2500035 |
| PAYEN | 7109 |
| PAYEN | MA880 |
| ROOTE | 661003 |
| WESTON | WL574 |

ISI GROUP 60593

SEE FIGURE NO. 7

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 2.047 in OD | 52.00 mm |
| .472 in W | 12.00 mm |

| | |
|-------|----------|
| APAX | 55202 |
| PAYEN | C782 |
| STEFA | AA255212 |

ISI GROUP 60594

SEE FIGURE NO. 7

| | |
|-------------|----------|
| .984 in ID | 25.00 mm |
| 2.441 in OD | 62.00 mm |
| .394 in W | 10.00 mm |

| | |
|--------|----------|
| APAX | 56227 |
| PAYEN | CB57 |
| STEFA | AA256210 |
| WESTON | WR582 |

ISI GROUP 60594.4

O RING-VARIOUS COMPOUNDS

| | |
|-------------|----------|
| .987 in ID | 25.07 mm |
| 1.183 in OD | 30.30 mm |
| .103 in W | 2.62 mm |

| | |
|-----------|--------|
| ANGUS | R3100 |
| DOWTY | 120 |
| HALLPRENE | 01604M |
| MINN RUB | 8120 |
| NATL SEAL | 610066 |

| | |
|------------|-------|
| PARKER | 2-120 |
| PREC ASSOC | 1-120 |
| U.S. STAND | 120 |
| U.S. STAND | AS120 |

ISI GROUP 60594.8

O RING-VARIOUS COMPOUNDS

| | |
|-------------|----------|
| .989 in ID | 25.12 mm |
| 1.329 in OD | 28.66 mm |
| .870 in W | 1.78 mm |

| | |
|------------|--------|
| ANGUS | R2100 |
| DOWTY | 022 |
| HALLPRENE | 01510M |
| MINN RUB | 8022 |
| NATL SEAL | 610033 |
| PARKER | 2-022 |
| PREC ASSOC | 1-022 |
| U.S. STAND | 022 |
| U.S. STAND | AS022 |

ISI GROUP 60595

SEE FIGURE NO. 143

| | |
|-------------|----------|
| 1.000 in ID | 25.40 mm |
| 1.250 in OD | 31.75 mm |
| .125 in W | 3.18 mm |

| | |
|------------|--------|
| ALLIS-CHLM | 053926 |
| ALLIS-CHLM | 542629 |
| AV | |

IBI GROUP 40881

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 3.9843 in OD 101.20 mm.

IBI GROUP 40881.1

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.0000 in OD 101.60 mm.

IBI GROUP 40882

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.0000 in OD 101.60 mm.

IBI GROUP 40883

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.0000 in OD 101.60 mm.

IBI GROUP 40884

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.0000 in OD 101.60 mm.

USA FSN H012 6013300
USA FSN JAN751-00525 5300
USA FSN M0050248030

IBI GROUP 40884.1

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.0000 in OD 101.60 mm.

IBI GROUP 40885

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.0625 in OD 101.19 mm.

IBI GROUP 40886

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.1250 in OD 104.78 mm.

IBI GROUP 40887

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.1250 in OD 104.78 mm.

IBI GROUP 40888

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.1250 in OD 104.78 mm.

IBI GROUP 40889

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.1250 in OD 104.78 mm.

IBI GROUP 40890

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.1250 in OD 104.78 mm.

IBI GROUP 40891

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.1250 in OD 104.78 mm.

IBI GROUP 40892

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.1250 in OD 104.78 mm.

IBI GROUP 40893

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40893.3

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40893.5

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40894

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40895

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40896

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40896.05

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40896.1

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40896.5

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.2500 in OD 107.95 mm.

IBI GROUP 40897

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3307 in OD 110.00 mm.

IBI GROUP 40897.1

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3307 in OD 110.00 mm.

IBI GROUP 40898

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

NTN 4755175C - 4755437
SAF K55175 + K55437
TIMKEN 55175 + 55437

IBI GROUP 40899

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

IBI GROUP 40899.01

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

IBI GROUP 40900

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

IBI GROUP 40901

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

IBI GROUP 40902

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

IBI GROUP 40902.1

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

IBI GROUP 40903

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

IBI GROUP 40904

Table with 2 columns: Part Number and Description. Includes items like 1.7500 in ID 44.45 mm and 4.3750 in OD 111.13 mm.

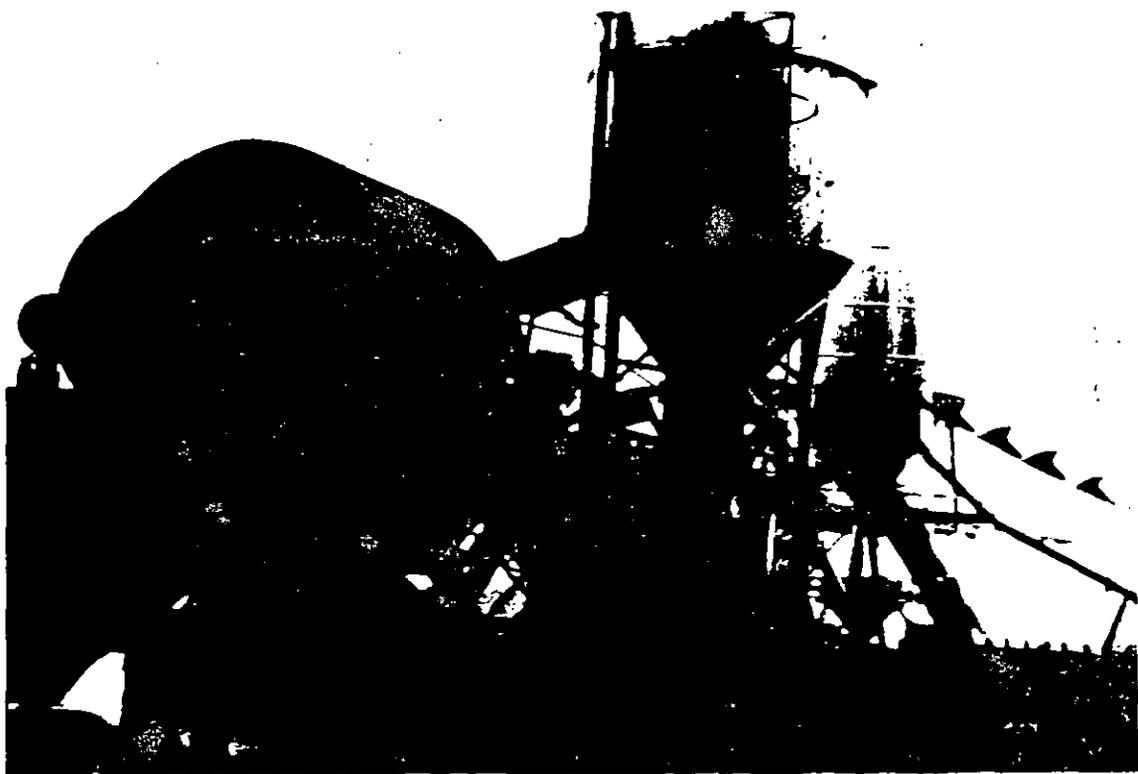
BALEFROS

CONVERSION PARA DETERMINAR EL REVENIMIENTO DE LA MEZCLA MEDIANTE UN AMPERIMETRO

VENTAJAS : **DAR EL REVENIMIENTO CORRECTO DEL CONCRETO
HIDRAULICO.**

APLICACION : **EN PLANTAS DE CONCRETO.**

INSTALACION : **MEDIANTE UN AMPERIMETRO Y BOBINA DE IN-
DUCCION, CONECTADOS AL MOTOR DE LA REVOL-
VEDORA (TROMPO), SE DETECTA A TRAVES DEL
CONSUMO DE AMPERES, SI LA MEZCLA TIENE EL
AGUA NECESARIA O NO.**



CONVERSION DE MANDO DIRECTO A SERVOTRANSMISION EN TRACTORES

VENTAJAS : SE APROVECHA LA PROTECCION DEL MOTOR
AUMENTANDO LA TORSION EN EL TREN DE
FUERZA.

APLICACION : EN TRACTORES MARCA CATERPILLAR.

INSTALACION : SE REQUIERE INSTALAR LINEAS HIDRAULICAS
AL CONVERTIDOR Y TRANSMISION, ASI COMO
COLOCAR EL CONTROL DE VARILLAJE PARA SU
OPERACION.

CONVERSION DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA A DIESEL DE UNA MARCA A OTRA

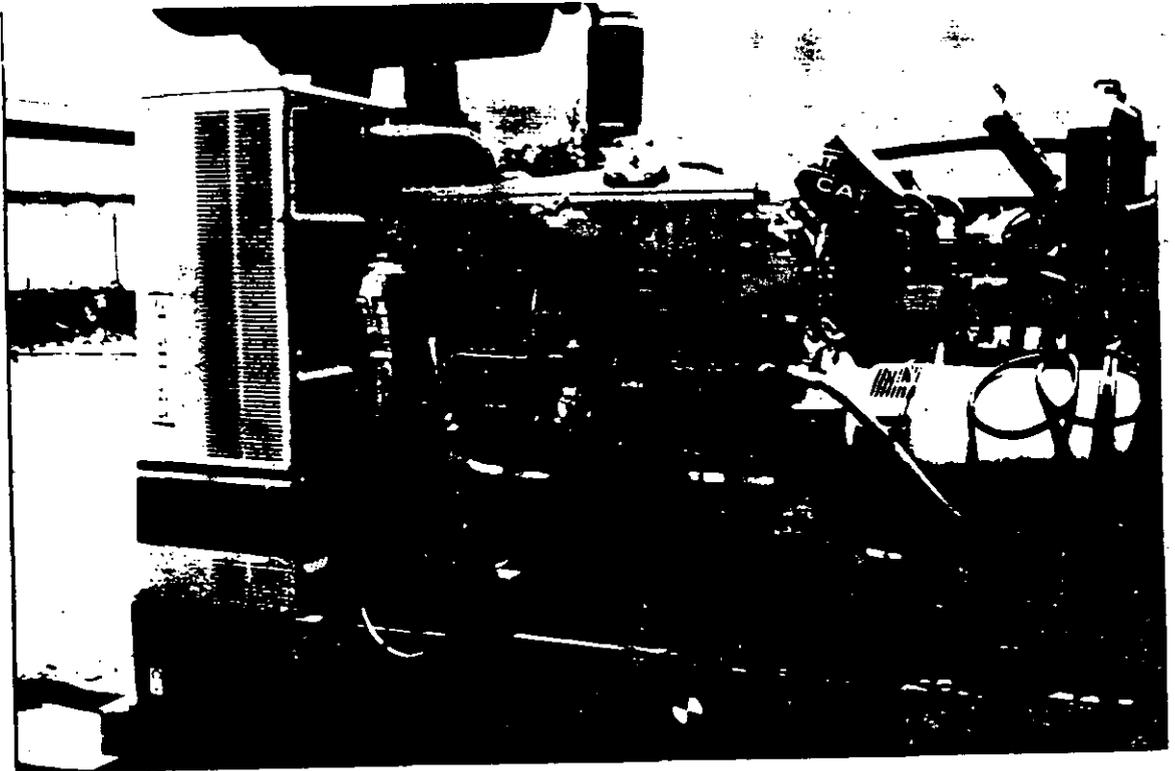
VENTAJAS.-

LOS PROBLEMAS QUE PRESENTA UN MOTOR DE MANUFACTURA INGLESA EN LOS COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO POR LO CARO DE SUS PARTES, SE REDUCEN CONSIDERABLEMENTE AL SUSTITUIRLO POR UNO DE PROCEDENCIA NACIONAL CON SOPORTE DE SERVICIOS EN TODA LA REPUBLICA, LO QUE RESULTA EN AHORROS HASTA DE UN 60% ADEMAS DE QUE LOS PERIODOS DE MANTENIMIENTO SON MAS PROLONGADOS.

CONVERSION DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA A DIESEL DE UNA MARCA A OTRA

APLICACION.- EN MAQUINARIA PESADA COMO SON : UNIDADES GENERADORAS, COMPRESORES PORTATILES Y GRUAS SOBRE ORUGAS.

INSTALACION.- GENERADORAS : MODIFICACION EN LOS PLATOS DE ACOPLAMIENTO PARA CENTRADO DE BARRENOS VERIFICANDO EL ALINEAMIENTO DEL ROTOR CON EL CIGÜEÑAL DEL MOTOR.
COMPRESORES : ADAPTACION DE VOLANTE Y CARGAZA DE ACOPLAMIENTO DE UNIDAD COMPRESORA A MOTOR.
GRUAS : INSTALAR VOLANTE PARA ALINEAR CON EL EMBRAGUE MODIFICANDO BASES DE MOTOR Y TOLVA DE CADENA SILENCIOSA.



CONVERSION DE CONVERTIDOR TWIN DISC POR CONVERTIDOR Y GOBERNADOR ALLISON

VENTAJAS.-

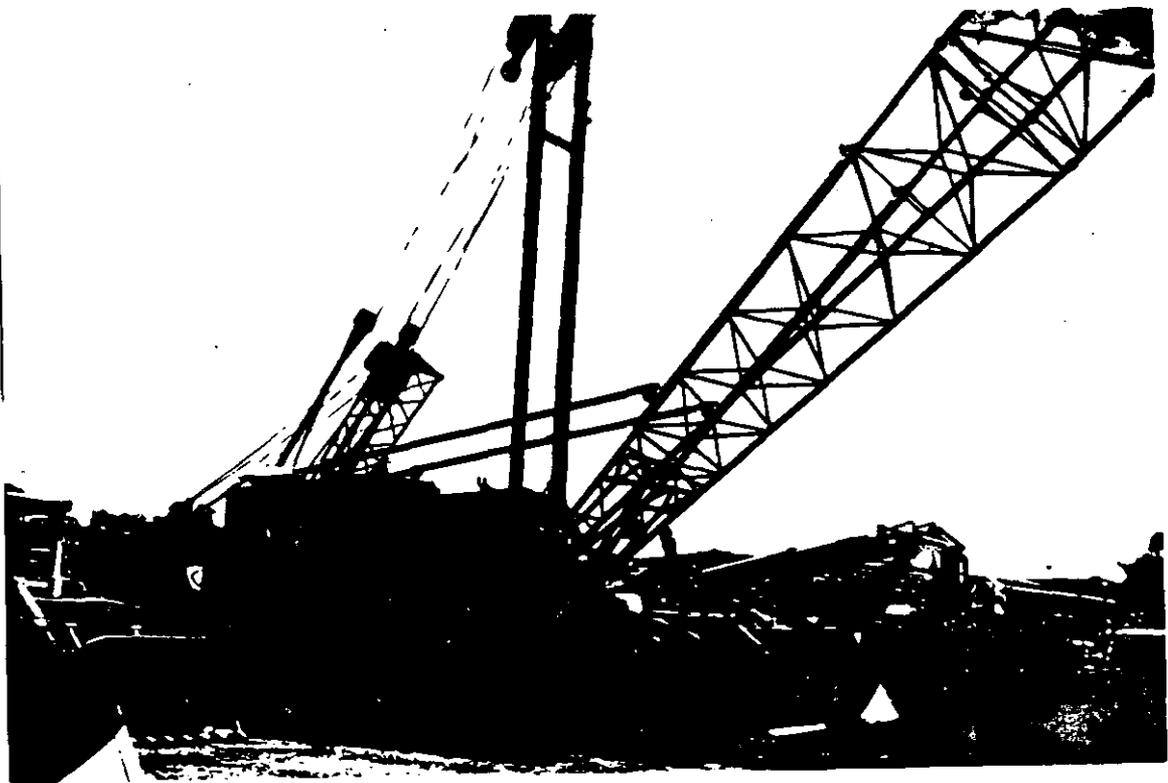
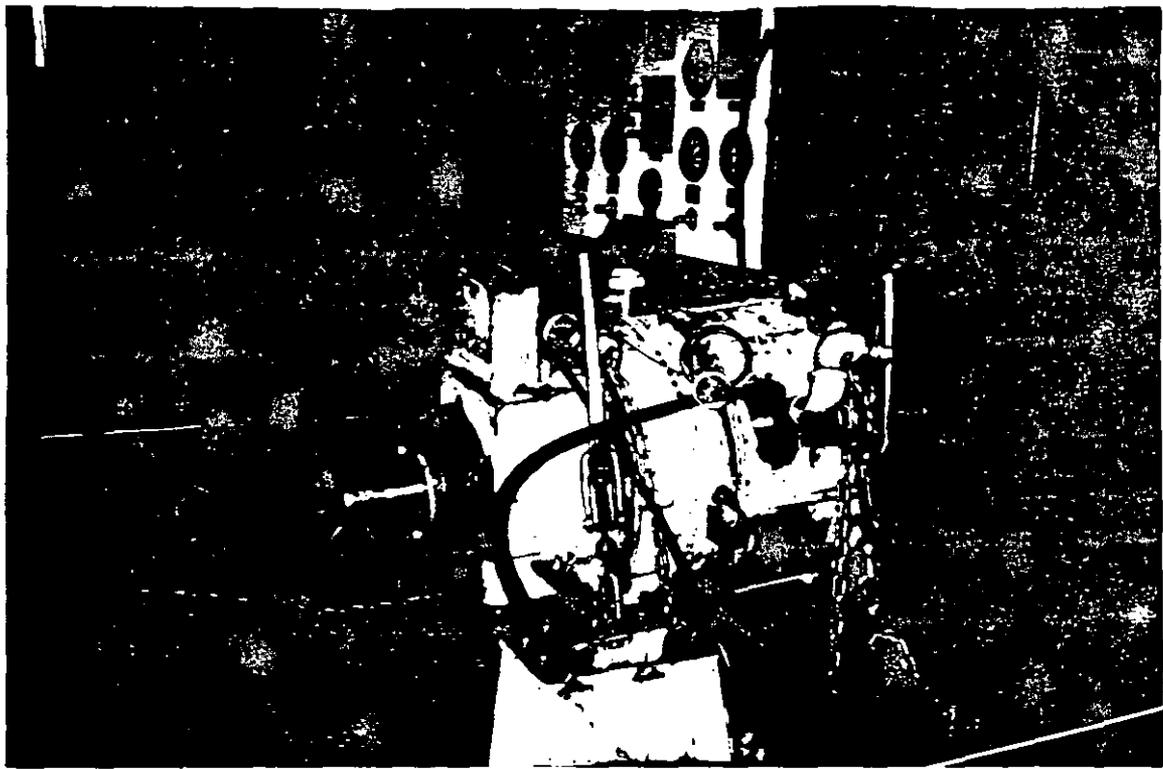
SE ELIMINAN PROBLEMAS DE AJUSTE DEL CONVERTIDOR, LO QUE ORIGINA EL CALENTAMIENTO DEL CONVERTIDOR Y MOTOR, CON LA CONVERSION A ALLISON SE FACILITAN LOS AJUSTES DE CONTROL Y SE LOGRA UNA MEJOR OPERACION.

APLICACION.-

EN GRUAS SOBRE ORUGAS.

INSTALACION.-

ADAPTACION DEL EMBRAGUE, CONVERTIDOR Y MOTOR MODIFICANDO SOPORTES Y SISTEMAS DE CONTROL.



**CONVERSION DE MOTOR A GASOLINA POR MOTOR A DIESEL MARCA
LISTER, EN VOLQUETE DE FABRICACION EUROPEA, PARA ACARREAR
DE MATERIALES.**

VENTAJAS.-

**DEBIDO A QUE DESAPARECIO DEL MERCADO ESTA
MAQUINA DE MARCA EUROPEA, LAS REFACCIONES
TAMBIEN PRACTICAMENTE DEJARON DE SURTIRSE,
GENERANDO LA NECESIDAD DE INSTALAR UN MOTOR
MAS COMERCIAL CON UN RESPALDO DE SERVICIO Y
REFACCIONES. SE AUMENTO LA POTENCIA DEL
MOTOR Y SE FACILITO LA OPERACION Y EL
MANTENIMIENTO.**

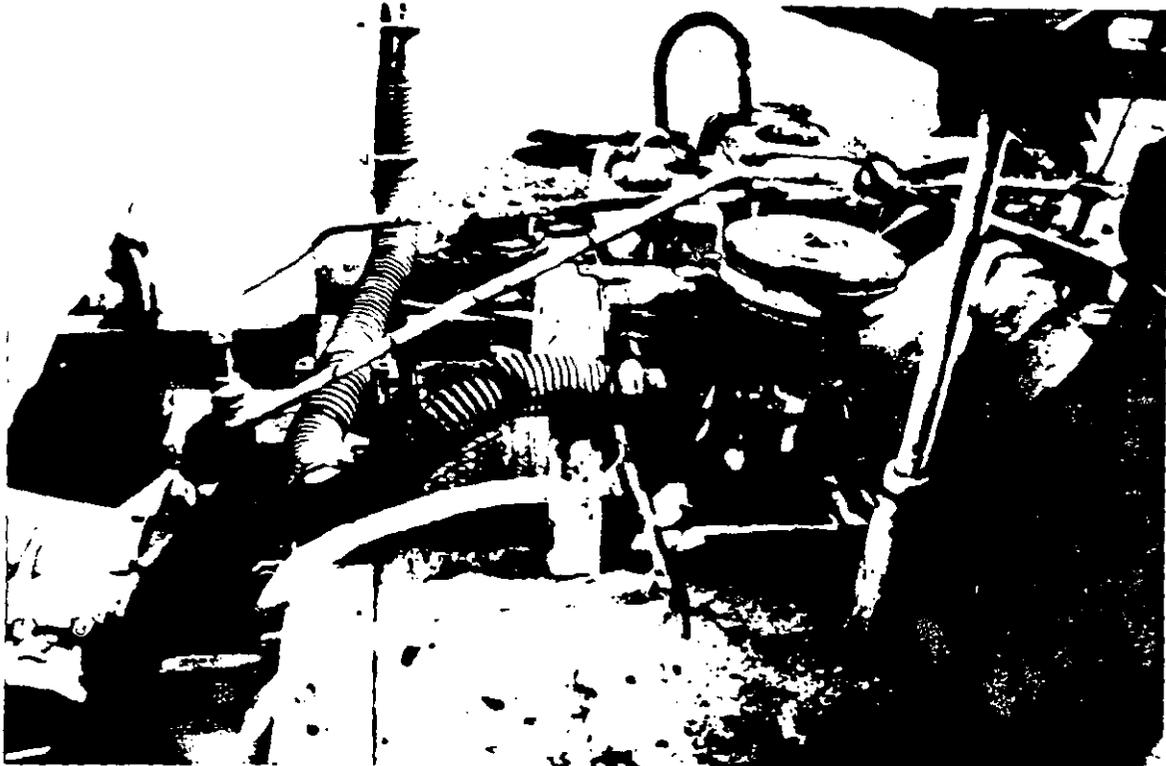
**CONVERSION DE MOTOR A GASOLINA POR MOTOR A DIESEL MARCA
LISTER, EN VOLQUETE DE FABRICACION EUROPEA, PARA ACARREO
DE MATERIALES.**

APLICACION .-

**EQUIPOS QUE SON UTILIZADOS PARA
MOVIMIENTOS DE MATERIALES CON
MOTORES DE 12 A 16 CABALLOS DE
POTENCIA Y EQUIPOS QUE NO TENGAN
UN BUEN SOPORTE DE SERVICIO.**

INSTALACION .-

**SE FABRICA UN VOLANTE Y CONCHA
PARA ACOPLAR EL EMBRAGUE AL
MOTOR Y LA TRANSMISION Y SE
ALARGA EL CHASIS 15 CENTIMETROS.
SE ADAPTAN LOS MECANISMOS DE
ACELERACION Y ARRANQUE.**



36

**CONVERSION DE UN MOTOR DE GASOLINA A MOTOR DIESEL
Y MODIFICACION DE SISTEMA HIDRAULICO EN UNA GRUA
HIDRAULICA.**

**COMO EJEMPLO DE CONVERSION EN UNA GRUA MARCA BULL
MOOSE DE MODELO MUY ATRASADO Y CON PROBLEMAS DE
SUMINISTRO DE REFACCIONES.**

VENTAJAS.-

**POR LO OBSOLETO DE LOS SISTEMAS EL EQUIPO
SE OPERABA DEFICIENTE Y LENTAMENTE, AL
CONVERTIR SE AUMENTA LA POTENCIA DEL
MOTOR, EL SISTEMA HIDRAULICO DE PLUMA Y
DIRECCION OBTIENE MAYOR RAPIDEZ Y DURACION
POR LO QUE MEJORA EN GENERAL LA EFICIENCIA
DEL EQUIPO.**

**CONVERSION DE UN MOTOR DE GASOLINA A MOTOR DIESEL
Y MODIFICACION DE SISTEMA HIDRAULICO EN UNA GRUA
HIDRAULICA.**

APLICACION.-

**EN GRUAS DE MODELOS ATRASADOS DE
CAPACIDADES DE 5 A 10 TONELADAS.**

INSTALACION.-

**SE MODIFICA EL EMBRAGUE Y LA CONCHA DEL
ACOPLAMIENTO AL MOTOR, SE ADAPTAN
LOS SOPORTES, LA BOMBA HIDRAULICA SE
CAMBIA POR UNA DE MAYOR GALONAJE Y DE
FABRICACION NACIONAL.**



**CONVERSION DE UNIDAD COMPRESORA DE TIPO ROTATIVO
ACCIONADA POR ROTOR DE PALETAS A COMPRESORAS DE
TORNILLO.**

VENTAJAS.-

**EL AHORRO RESULTA SIGNIFICATIVO POR EL
CONSUMO DE LAS ASPAS, SEPARADORES, BA-
LERS Y ADEMAS DE QUE SE ESCASEAN EN EL
MERCADO SON CARAS. EL RENDIMIENTO Y LA
EFICIENCIA DEL COMPRESOR ES MAS ALTO Y
SUS AJUSTES Y TOLERANCIAS SE HACEN DE
UNA MANERA FACIL.**

APLICACION.-

**COMPRESORES PORTATILES DE UNA Y DOS ETAPAS
Y DE ALTA Y BAJA PRESION.**

INSTALACION.-

**YA EXISTEN EN EL MERCADO PAQUETES DE
CONVERSION PRACTICA PARA INSTALARSE
CON MINIMAS MODIFICACIONES.**



CONVERSION DE SISTEMA DE DIRECCION PARA CAMIONES FUERA DE CARRETERA

VENTAJAS.-

SE PUEDE MODIFICAR UN SISTEMA DE DIRECCION
HIDRAULICA POR UN SISTEMA HIDRAULICO CON
ACUMULADOR DE NITROGENO QUE MANTIENE LA
PRESION HASTA 3 MINUTOS DESPUES DE PARARSE
SUBITAMENTE EL MOTOR, EVITANDO ASI ACCIDEN-
TES Y OFRECIENDO SEGURIDAD EN LA OPERACION
DEL EQUIPO A CUALQUIER VELOCIDAD.

CONVERSION DE SISTEMA DE DIRECCION PARA CAMIONES FUERA DE CARRETERA

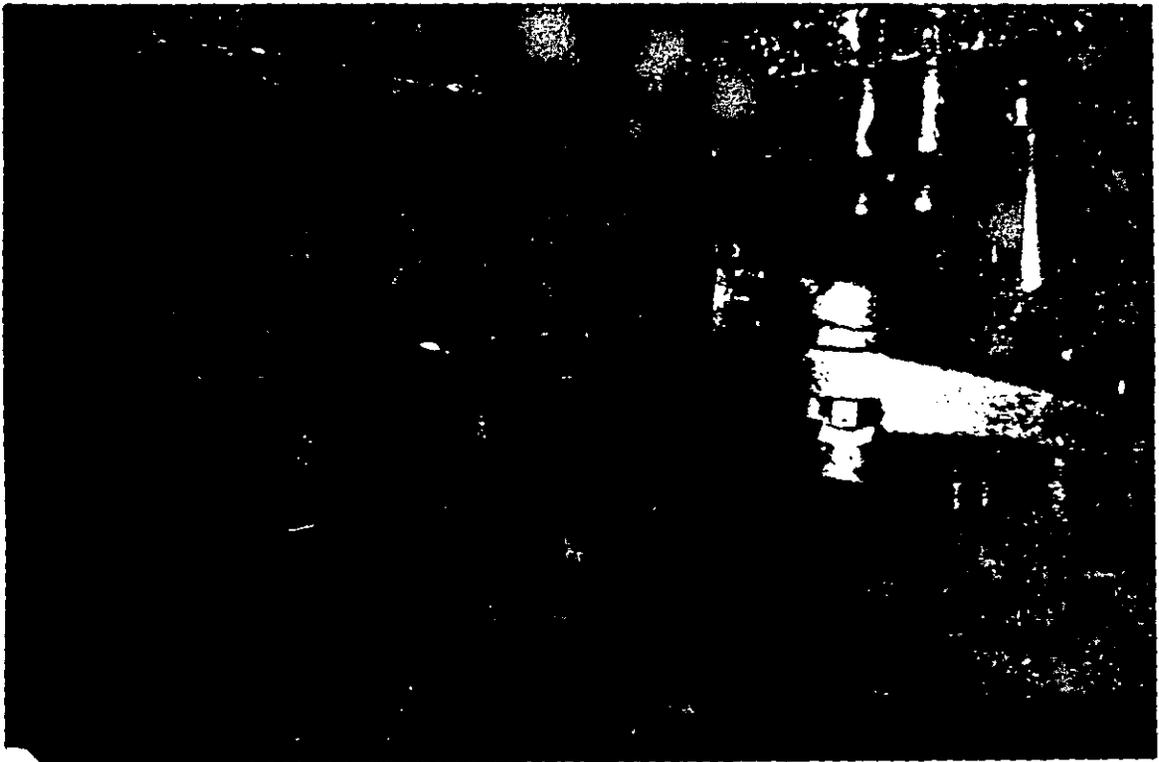
APLICACIONES.-

**CAMIONES FUERA DE CARRETERA MARCA EUCLID
Y TEREX.**

INSTALACION.-

**MODIFICACION AL SISTEMA EN GENERAL EN
TODOS SUS COMPONENTES, ADICIONANDO UN
ACUMULADOR DE NITROGENO Y U-N TANQUE
HIDRAULICO ADEMAS SE ADICIONAN LAS -
PARTES PRINCIPALES DEL SISTEMA COMO
SON LA BOMBA DE CAUDAL VARIABLE, VAL-
VULAS DE ACUMULADOR Y DE ALMIO, ACUMU-
LADOR DE NITROGENO, CILINDROS DE DIREC-
CION Y EL INTERRUPTOR AUTOMATICO POR --
CAIDA DE PRESION.**





NUEVOS SISTEMAS DE VOLADURAS DE ROCAS

ANTECEDENTES :

DESDE FINES DEL SIGLO PASADO, SE HAN UTILIZADO PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN PARA VOLADURA MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS, INICIALMENTE ESTE TIPO DE HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN FUERON DISEÑADAS PARA SER OPERADAS MEDIANTE EL USO DE LA ENERGÍA PROPORCIONADA POR EL VAPOR DE AGUA Y LA APLICACIÓN DE ÉSTOS PROCEDIMIENTOS EN EL TUNELEO Y EN LA MINERÍA BAJO SUPERFICIE, FORZÓ AL USO DE AIRE COMPRIMIDO Y CONSECUENTEMENTE AL DESARROLLO DE COMPRESORES DE AIRE.

EN 1861 SE UTILIZÓ POR PRIMERA VEZ LA PERFORACIÓN NEUMÁTICA PARA EL TUNELEO EN EUROPA Y EN 1865 EN ESTADOS UNIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SU PRIMER TUNEL.

INICIALMENTE SE DESARROLLO EL MARTILLO DE FONDO COMO LA HERRAMIENTA NEUMÁTICA DE PERFORACIÓN Y DEBIDO A LA UTILIZACIÓN DE ESTOS PROCEDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE TUNELES Y A LOS PROBLEMAS QUE PRESENTA LA UTILIZACIÓN DE UN MARTILLO DE FONDO DURANTE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL, SE DESARROLLÓ LA UTILIZACIÓN DE MARTILLOS DE CABEZAL DE LA MÁQUINA PERFORADORA, QUE TRANSMITEN LA ENERGÍA NECESARIA AL ACERÓ DE PERFORACIÓN Y A TRAVÉS DE ÉSTA A LA BARRENA, COMO SE VE, ESTE ÚLTIMO

PROCEDIMIENTO QUE EN EL TUNELEO ES NECESARIO Y MUY ADECUADO, PIERDE EFICIENCIA EN LA TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA, COMPARADO CON EL USO DE MARTILLO DE FONDO QUE PERMITE LLEVAR LA ENERGÍA PRÁCTICAMENTE A LA BROCA CON MENORES PÉRDIDAS DE CARGA.

EL ÉXITO DEL MARTILLO EN EL CABEZAL Y SU DESARROLLO TECNOLÓGICO, FUE DE TAL MAGNITUD, QUE DESPLAZÓ TOTALMENTE EL DISEÑO ORIGINAL DEL MARTILLO DE FONDO EN TODO TIPO DE PERFORACIONES, AÚN EN AQUELLAS REALIZADAS VERTICALMENTE DESDE LA SUPERFICIE, DONDE RESULTA MÁS INDICADO SU USO.

LA TECNOLOGÍA DESARROLLADA EN SUECIA EN EL CAMPO DE VOLADURA DE ROCAS, SE EMPEZÓ A EXTENDER EN TODO EL MUNDO Y EN NUESTRO PAÍS PARTICULARMENTE, HABIÉNDO ADOPTADO SUS PROCEDIMIENTOS, Y POR LO MISMO EL USO DE SUS MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, DURANTE ESTE SIGLO.

ES INTERESANTE HACER NOTAR QUE LOS PROCEDIMIENTOS SUECOS DE VOLADURA FUERON INFLUENCIADOS EN FORMA MUY IMPORTANTE POR EL AMBIENTE DONDE SE IMPLEMENTARON Y DESARROLLARON, (PENÍNSULA ESCANDINAVA), QUE ES PRINCIPALMENTE GRÁNITICA Y CUYAS CARACTERÍSTICAS DE DUREZA, INDICAN EL USO PREFERENTEMENTE DE DIÁMETROS PEQUEÑOS.

3.

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE HA CREADO LA NECESIDAD DE MOVER GRANDES VOLUMENES DE ROCA, PRINCIPALMENTE EN LA MINERÍA A CIELO ABIERTO Y EN LAS GRANDES PRESAS, LO QUE HA PERMITIDO EL USO DE EXCAVADORAS Y DE CAMIONES DE GRAN CAPACIDAD. EN FORMA NATURAL, SE HAN IMPLEMENTADO LOS SISTEMAS Y MÁQUINAS DE PERFORACIÓN DE AGUJEROS DE GRAN DIÁMETRO, LOGRANDO ASÍ BALANCEAR EL EQUIPO DE EXCAVACIÓN QUE SE UTILIZA EN ESTOS CASOS.

INICIALMENTE LOS SISTEMAS DE PERFORACIÓN UTILIZADOS PARA LOGRAR AGUJEROS DE GRAN DIÁMETRO, HAN SIDO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÁQUINAS PERFORADORAS CON UNA GRAN CAPACIDAD DE EMPUJE Y TORSIÓN, PARA PERFORAR A ROTACIÓN ENTRE 8" Y 15" DE DIÁMETRO Y A PROFUNDIDADES ENTRE 12 Y 15 MTS. APROXIMADAMENTE. ESTAS MÁQUINAS RESULTAN DE GRAN TAMAÑO Y PESO, DIFÍCILES DE MANIOBRAR Y CON UN COSTO POR UNIDAD MUY ALTO, AL IGUAL QUE LAS HERRAMIENTAS QUE SE UTILIZAN.

ULTIMAMENTE SE HA RETOMADO EL DISEÑO ORIGINAL Y SE HAN REDISEÑADO Y MEJORADO NOTABLEMENTE LOS MARTILLOS DE FONDO, HACIÉNDOLOS CADA VEZ MÁS EFICIENTES, LO QUE HA PERMITIDO EL USO DE MÁQUINAS MÁS LIGERAS, MANIOBRABLES Y POR LO TANTO MÁS ACCESIBLES EN SU PRECIO Y OPERACIÓN, PARA LOGRAR UNA PERFORACIÓN A PERCUSIÓN, MÁS ECONÓMICA Y A LOS MISMOS DIÁMETROS Y -

PROFUNDIDADES QUE AQUELLAS QUE LO HACEN SOLAMENTE A ROTACIÓN.

LA PERFORACIÓN A GRAN DIÁMETRO HA CAUSADO GRANDES CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE VOLADURA PERMITIENDO UNA MAYOR ECONOMÍA EN LA EXTRACCIÓN DE LAS ROCAS, SIENDO TODO LO ANTERIOR - EL MOTIVO DE ESTE TRABAJO.

5.

VOLADURAS DE ROCAS EN PERFORACIONES DE DIAMETRO GRANDE

EL HABERSE HECHO ACCESIBLES LOS PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN PARA VOLADURA A DIÁMETROS GRANDES, MEDIANTE GRANDES MÁQUINAS O EL USO DE MARTILLOS NEUMÁTICOS, SE HICIERON EVIDENTES SUS VENTAJAS SOBRE LA PERFORACIÓN A PEQUEÑOS DIÁMETROS - COMO SON :

1. MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA (MAYOR EFICIENCIA).
2. MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN (m^3 / ML).
3. MENOS SUB-BARRENACIÓN POR m^3 .
4. MAYOR FRAGMENTACIÓN DEL PISO DEL BANCO.
5. MEJOR MANEJO DE LA ENERGÍA LIBERADA.
6. ECONOMÍA EN EL EXPLOSIVO.
7. MENOS MÁQUINA POR m^3 .
8. MENOS PERSONAL POR m^3 .
9. MENOR ADMINISTRACIÓN POR m^3 .
10. MEJOR SUPERVISIÓN A MENOR COSTO POR m^3 .

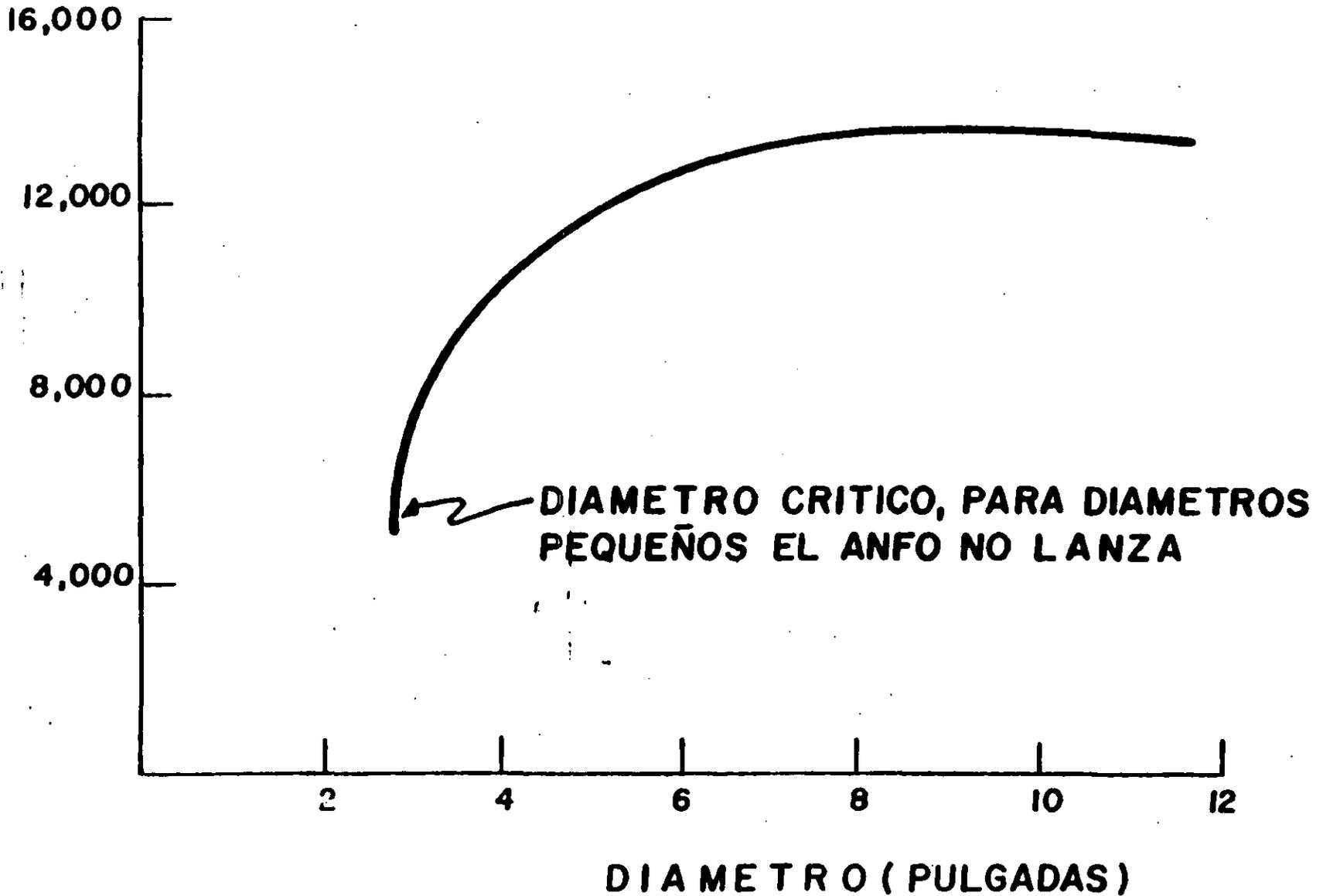
1. MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA (MAYOR EFICIENCIA) .

EL NITRATO DE AMONIO ALCANZA DIFERENTES VELOCIDADES DE ONDA AL EXPLOTAR EN AGUJERO DEPENDIENDO DEL DIÁMETRO DE ÉSTE, CONFORME SE PUEDE APRECIAR EN LA FIG. 1, DONDE AL INCREMENTAR EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN SE INCREMENTA LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN, POR EJEMPLO : EL ANFO AL EXPLOTAR EN UN AGUJERO DE 3" DE Ø, ALCANZA UNA VELOCIDAD DE ONDA DE 7,000 PIES/SEG., PERO AL HACERLO EN UN AGUJERO DE 7" DE Ø, ALCANZA 12,000 PIES/SEG. Y EN UN AGUJERO DE 9" DE Ø, ALCANZA 13,000 PIES/SEG.

CON LO ANTERIOR SE PUEDE CONCLUIR QUE AL UTILIZAR ANFO EN DIÁMETROS PEQUEÑOS SE ESTA PERDIENDO GRAN PARTE DE SU EFICIENCIA, LO QUE NO SUCEDE EN FORMA MUY IMPORTANTE EN AQUELLOS CASOS EN QUE EL AGUJERO TIENE UN DIÁMETRO MAYOR A 8". TODAVÍA EN DIÁMETROS CERCANOS A 6" SE ALCANZAN VOLADURAS ADECUADAS Y MÁS EFICIENTES QUE LAS QUE SE LOGRAN EN DIÁMETROS DE 3".

SE PUEDE CONCLUIR QUE LA UTILIZACIÓN DE ANFO EN DIÁMETROS GRANDES RESULTARÁ EN UNA GRAN ECONOMÍA EN LA CANTIDAD DEL EXPLOSIVO UTILIZADO Y EN EL COSTO. ADEMÁS AL PODER DESARRO

VELOCIDAD DE DETONACION (PIES/SEG.)



VELOCIDAD DE DETONACION EN BARRENOS CARGADOS CON ANFO

LLAR EL EXPLOSIVO MAYOR ENERGÍA EN EL AGUJERO GRANDE, LA PRESIÓN QUE SE DESARROLLA DENTRO DEL BARRENO ES MAYOR Y POR LO TANTO EL FRACTURAMIENTO QUE SE PUEDE LOGRAR EN UNA MISMA --ROCA, ES TAMBIÉN MAYOR POR ESTE SOLO HECHO.

2.- MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACION (m^3/ML).

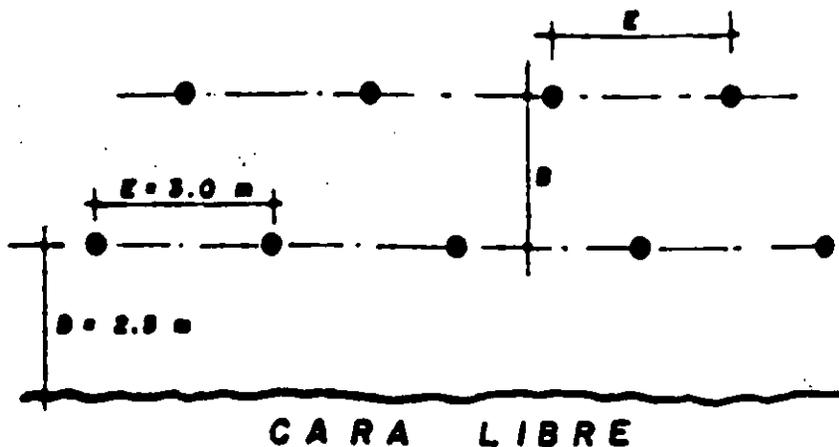
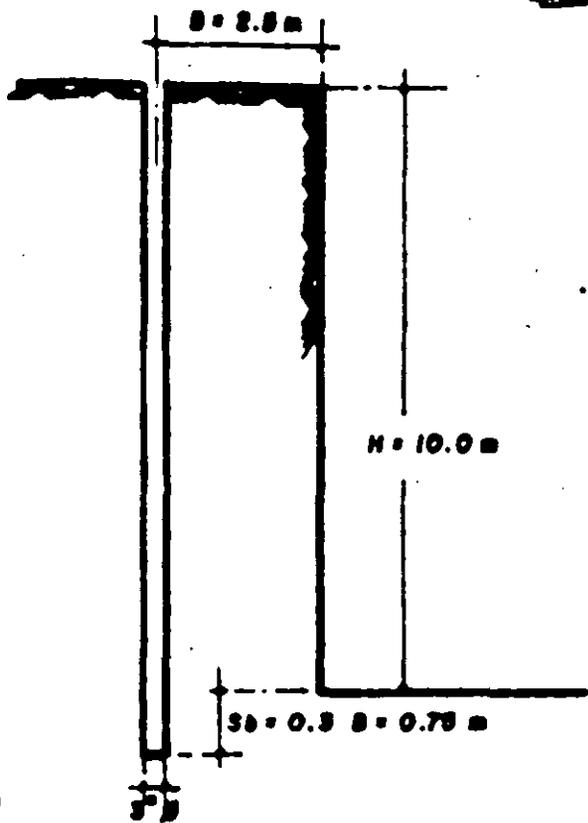
AL UTILIZARSE UN DIÁMETRO PEQUEÑO DE PERFORACIÓN, EL PATRÓN DE VOLADURA ES MENOR AL QUE RESULTA AL PERFORAR A UN DIÁMETRO MAYOR.

POR EJEMPLO :

EN EL BANCO DE LA PRESA DE " EL GUINEO " (FIG. NO. 2), EN EL ESTADO DE GUERRERO, SE UTILIZÓ UN PATRÓN DE VOLADURA DE 2.50 X 3.00 M. AL PERFORAR CON 3" DE Ø, EN UNA GRANODIORITA, CONTENIENDO 7.50 m^3/ML DE BARRENACIÓN.

AL EFECTUAR UNA VOLADURA A MAYOR DIÁMETRO, ES POSIBLE TENER UN PATRÓN DE VOLADURA MAYOR, COMO FUE, EN EL MISMO CASO DE " EL GUINEO ", DE 4.50 X 5.50 M. AL PERFORAR A 6" Ø EN LA MISMA GRANODIORITA, CON UN VOLUMEN DE 24.75 m^3/ML .

BANCO EL GUINEO^N, GRO.
BARRENACION A 3"



BARRENACION A 6 1/2"

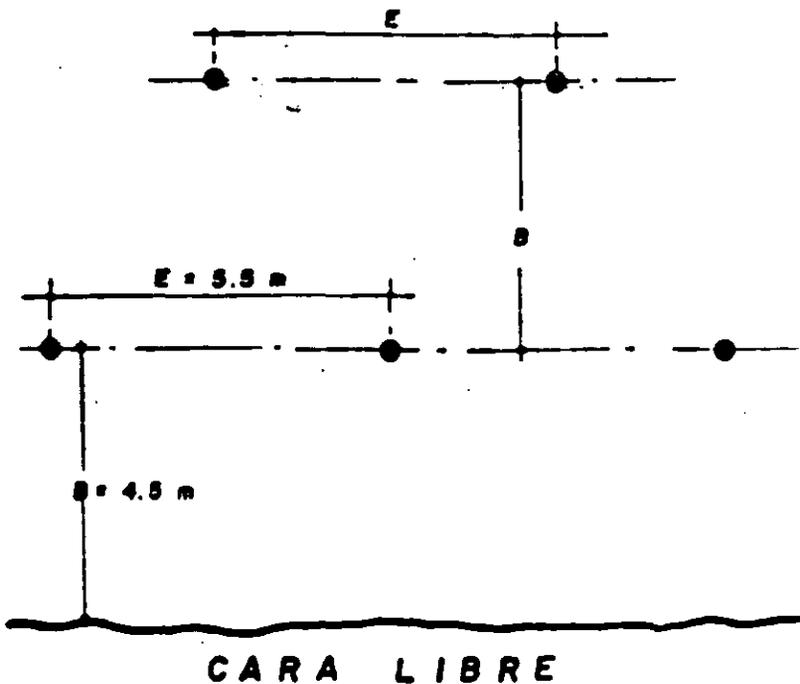
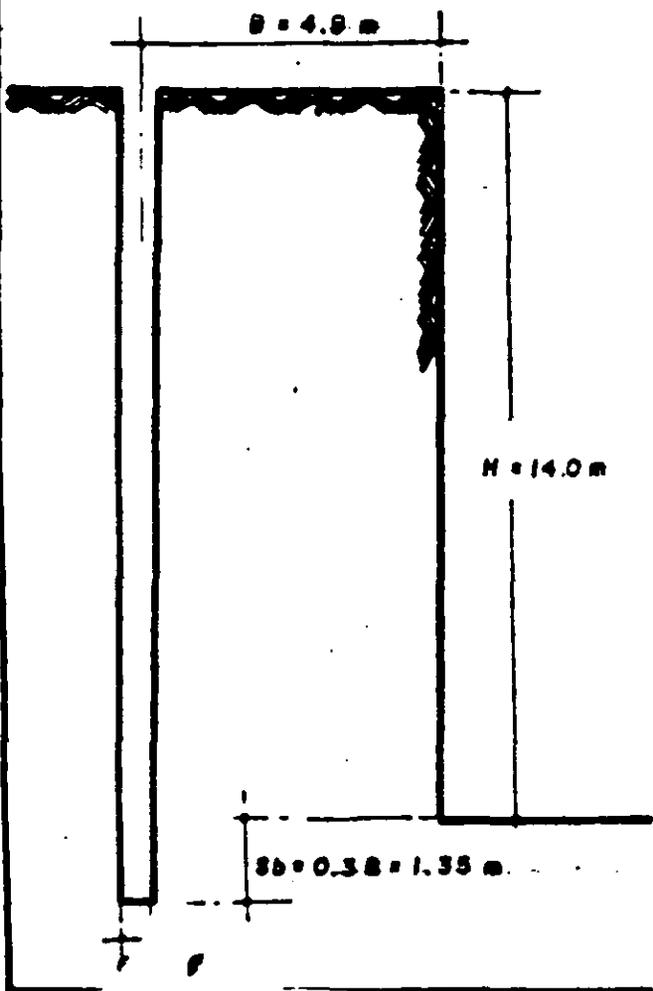


FIG. 2

COMO SE VE, EN EL EJEMPLO ANTERIOR EL VOLUMEN OBTENIDO POR -
ML. DE PERFORACIÓN DE 6" DE Ø, FUE 230 % MAYOR QUE EL QUE SE
OBTUVO AL PERFORAR A 3" Ø.

EL RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN EN EL MISMO CASO DEL EJEMPLO,-
FUE EL SIGUIENTE :

AL PERFORAR A 3" DE Ø SE TUVO UN RENDIMIENTO DE 9.0 ML/HR.

AL PERFORAR A 6½" DE Ø CON UN MARTILLO DE FONDO SE OBTUVO UN
RENDIMIENTO DE 13.0 ML/HR. EN ESTE CASO, NO SOLAMENTE SE -
IGUALÓ LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN, SINO QUE FUE 44 % MAYOR-
AL PERFORAR AL DIÁMETRO MAYOR DE 6½".

CABE HACER LA ACLARACIÓN DE QUE PARA LOGRAR ESTE RENDIMIENTO
CON MAYOR DIÁMETRO DE PERFORACIÓN, SE UTILIZARON MÁQUINAS -
MÁS GRANDES, DE MAYOR CAPACIDAD, CON MAYOR VOLUMEN Y PRESIÓN
DE AIRE, CON LO QUE SE INCREMENTÓ EL COSTO HORARIO.

SERÁ NECESARIO EN CADA CASO HACER UN ANÁLISIS ECONÓMICO DE -
DETALLE, PERO SE PUEDE ESPERAR COMO GENERALMENTE HA SUCEDIDO
UNA REDUCCIÓN EN EL COSTO DE PERFORACIÓN POR M³.

9.

3. MENOR SUB-BARRENACION POR M³ .

AL TENER LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR UN PATRÓN DE VOLADURA - CON MAYOR ESPACIAMIENTO, EN LA MISMA FORMA SE INCREMENTA LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR UN BORDO (B) MAYOR, CONFORME SE INCREMENTA EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN. LO ANTERIOR PERMITE DISEÑAR UNA MAYOR ALTURA DE BANCO (H) (SI ÉSTE LO ADMITE).

AÚN MANTENIENDO LA MISMA RELACIÓN (B/H) ENTRE BORDO Y ALTURA DE BANCO Y POR LO TANTO EL MISMO PORCENTAJE DE BARRENACIÓN - POR ML. PERFORADO (0.3B), COMO EL VOLUMEN EXPLOTADO POR CADA BARRENO SE INCREMENTA, POR EJEMPLO EN EL CASO DE "EL GUINEO", DE 7.5 A 24.75 M³, ES DECIR EL 230%, AL BARRENAR CON 6½" DE Ø, SE REDUCE EL PORCENTAJE DE SUB-BARRENACIÓN POR M³ DE ROCA EXPLOTADA, EN LA MISMA PROPORCIÓN.

CUANDO LA PROPORCIÓN (B/H) ENTRE BORDO Y ALTURA DE BANCO VARÍA, INFLUIRÁ TAMBIÉN EN FORMA NEGATIVA O POSITIVA.

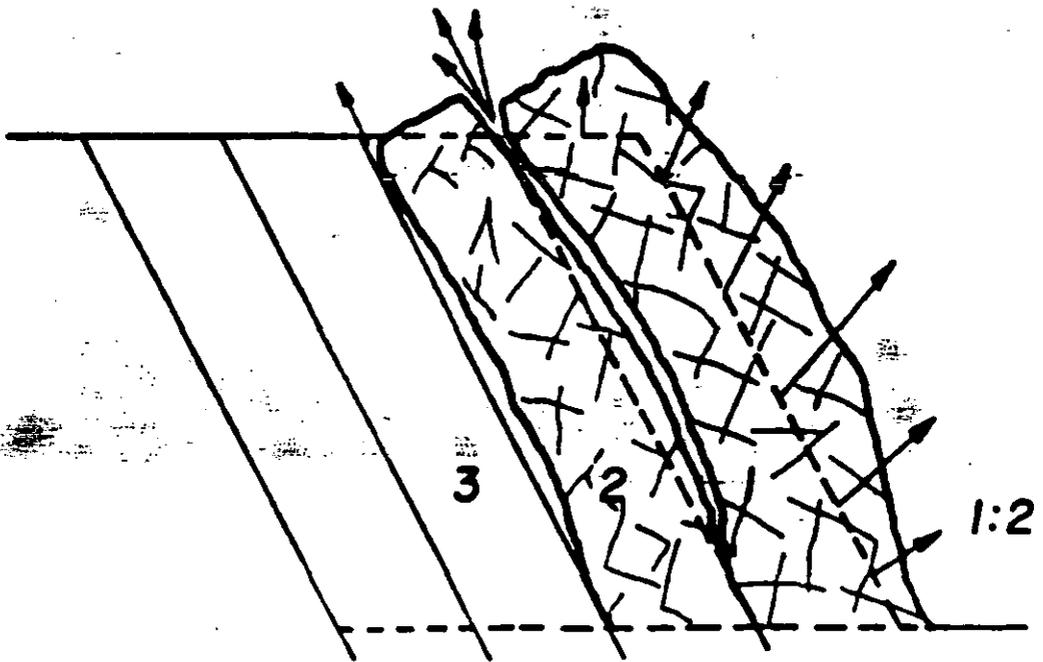
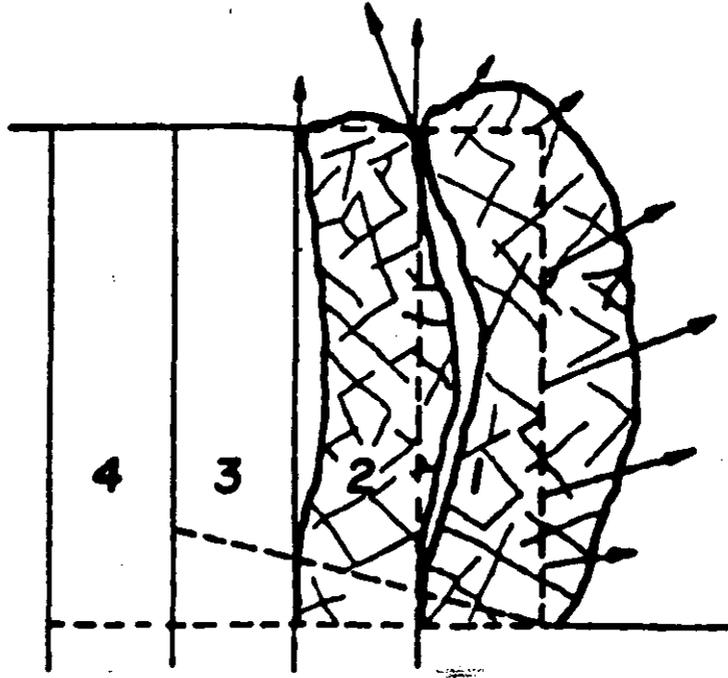
EN EL EJEMPLO DE " EL GUINEO ", LA ALTURA DE BANCO PERFORADO CON 3" DE Ø ERA DE 10.0 M. Y LA SUB-BARRENACIÓN 0.75 M., ES DECIR UN COEFICIENTE DE 0.075 M/ML.

LA ALTURA DE BANCO PERFORADO A 6½" DE Ø FUE DE 14.0 M. Y LA-SUB-BARRENACIÓN DE 1.35 M. ES DECIR SE TUVO UN COEFICIENTE - DE 0.096 M/ML.

EN EL EJEMPLO DE " EL GUINEO " RESULTÓ UN 28 % MEJOR, LA RE-LACIÓN BORDO-ALTURA DE BANCO, CUANDO SE PERFORÓ A 3" DE Ø. - EN ESTE CASO DEBIÓ DISEÑARSE UNA ALTURA DE BANCO MÁS ADECUA-DA PARA PERFORACIÓN DE 6½", COMO HUBIERA SIDO EL ALCANZAR -- UNA ALTURA (H) DE 18.0 M., CON LO QUE NO SE HUBIERA PERDIDO-EFICIENCIA POR ÉSTA RAZÓN.

SIN EMBARGO EN EL EJEMPLO A PESAR DE QUE LA ALTURA DE BANCO NO FUE LA MÁS ADECUADA, RESULTÓ MUCHO MEJOR LA RELACIÓN DE -SUB-BARRENACIÓN POR M³ OBTENIDO AL PERFORAR A 6½" DE Ø - - (0.055 M/M³) QUE AL PERFORAR A 3" DE Ø (0.1), ES DECIR FUE-UN 82 % MEJOR.

SIEMPRE SERÁ NECESARIO CONSIDERAR LA POSIBILIDAD O NO DE EX-CAVAR CON UNA MAYOR ALTURA DE BANCO, SI LA FORMACIÓN GEOLÓGI-CA Y DEMÁS CONDICIONES TOPOGRÁFICAS Y PIEZOMÉTRICAS LO PERMI-TEN, YA QUE EL FRACTURAMIENTO QUE SE LOGRA, SE INCREMENTA AL SER MÁS ALTO EL BANCO, YA QUE EL MOMENTO FLEXIONANTE QUE GE-NERA LA PRESIÓN DEL BARRENO FAVORECE LO ANTERIOR COMO SE IN-DICA EN LA (FIG. No. 3).



MOMENTO FLEXIONANTE

$$M = \frac{w l^2}{8}$$

4. MAYOR FRAGMENTACION DEL PISO DEL BANCO.

CONFORME SE VIÓ EN EL EJEMPLO DE " EL GUINEO ", LA SUB-BARRENACIÓN AL SER EFECTUADA A UN MAYOR DIÁMETRO, ES PROPORCIONALMENTE MAYOR, POR LA RELACIÓN QUE GUARDA CON EL BORDO (0,38)

LO ANTERIOR TIENE GRAN IMPORTANCIA EN LA FRAGMENTACIÓN DEL PISO DEL BANCO A LA BASE DEL BORDO, DEBIDO A QUE LA CARGA DE FONDO SE COLOCA A UNA MAYOR PROFUNDIDAD Y ADEMÁS LA CONCENTRACIÓN DE CARGA EN ESTE PUNTO EN PARTICULAR, ES MUCHO MAYOR, YA QUE ESTÁ EN FUNCIÓN DEL CUADRADO DEL DIÁMETRO, LO QUE PERMITE LIBERAR UNA ENERGÍA MÁS GRANDE AL EFECTUAR LA VOLADURA EN UN DIÁMETRO MAYOR Y HACERLO COMO YA SE COMENTÓ, A UNA MAYOR PROFUNDIDAD, LO QUE REDUCE LA POSIBILIDAD DE PRESENTACIÓN DE ÁREAS POCO FRACTURADAS EN EL ÁREA DEL PISO (PATAS), QUE CUANDO SE PRESENTAN, OBLIGAN A UNA BARRENACIÓN Y VOLADURA ADICIONAL QUE INCREMENTAN EL COSTO.

ES INTERESANTE MENCIONAR LO QUE MENCIONAN AL RESPECTO ULF -- LANGEFORS Y KIHLMSTROM, EN SU LIBRO DE TÉCNICAS MODERNAS DE VOLADURA DE ROCA (1963) PAG.44, "LA DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA AFECTA AL PODER DE ROTURA : UNA CARGA DE FONDO ALARGADA, TENDRÁ MENOS EFECTO EN DICHO FONDO, QUE SI ESTUVIERA ENTERAMEN-

TE CONCENTRADA EN ÉL". ESTE CONCEPTO ACLARA LO DESCRITO ANTERIORMENTE.

5. MEJOR MANEJO DE LA ENERGIA LIBERADA.

COMO YA SE COMENTÓ, SE LOGRA TENER UNA MAYOR EFICIENCIA AL UTILIZAR PERFORACIONES DE MAYOR DIÁMETRO PARA VOLADURA, ÉSTO DEBIDO A QUE LA PRESIÓN DE BARRENO QUE SE LOGRA, ES MAYOR -- CONFORME SE INCREMENTA EL DIÁMETRO, YA QUE LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN ES MAYOR EN AGUJEROS MÁS GRANDES.

LA PRESIÓN QUE SE LOGRA EN EL BARRENO, ES LA SIGUIENTE :

A. $P_b = 1.60 \times 10^{-3} v^2$
 P_b = PRESIÓN DEL BARRENO (LBS/PULG²).
 = DENSIDAD DEL EXPLOSIVO (GR/CM³)
 v = VELOCIDAD DE DETONACIÓN (PIÉ/SEG)

EJEMPLO PARA 4", 7" Y 9" DE Ø.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 4" Ø - 10,400 FT/SEG.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 7" Ø - 12,000 FT/SEG.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 9" Ø - 13,000 FT/SEG.

UTILIZANDO COMO EXPLOSIVO NITRATO DE AMONIO.

CON UNA DENSIDAD DE $0.85 \text{ (GR/CM}^3 \text{)}$, SE TIENE:

B. PERFORACIÓN DE 4"

$$P_{b4} = 1.69 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3 \text{)} \times 10,400^{-2} \text{ (PIE/SEG)}$$

$$P_{b4} = 155,372 \text{ (LBS/PULG}^2 \text{)}$$

PERFORACIÓN DE 7"

$$P_{b7} = 1.69 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3 \text{)} \times 12,000^{-2} \text{ (PIE/SEG)}$$

$$P_{b7} = 206,856 \text{ (LBS/PULG}^2 \text{)}$$

PERFORACIÓN DE 9"

$$P_{b9} = 1.60 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3 \text{)} \times 13,000^{-2} \text{ (PIE/SEG)}$$

$$P_{b9} = 242,768 \text{ (LBS/PULG}^2 \text{)}.$$

COMO SE OBSERVA, LA PRESIÓN QUE SE LOGRA EN UN AGUJERO DE 9" DE Ø, ES DE 242,768 LBS/PULG², CUANDO EN 4" DE Ø, SOLO SE OBTIENEN 155,372 LBS/PULG².

DE ACUERDO CON LA TABLA NO. 1, AL EFECTUAR LA VOLADURA EN 4" DE Ø, SE SOBREPASA 4.4 VECES LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN GRANITO Y AL HACERLO EN 9" DE Ø, SE SOBREPASA PRÁCTICAMENTE 7.0 VECES LA RESISTENCIA DEL GRANITO, SI LA ROCA ES BUENA TRANSMISORA DE LA ONDA, SE PUEDE LOGRAR POR ÉSTA RAZÓN

TABLA No. 1

DUREZAS DE MINERALES Y ROCAS

| <u>ROCA 6 MINERAL</u> | <u>RESISTENCIA A LA COMPRESION</u> <u>P.S.I. (KG/CM²)</u> | | <u>DUREZAS</u> <u>ESCALA MOHS</u> | |
|-----------------------|---|---------|--------------------------------------|------|
| DIAMANTE | | | | 10.0 |
| CARBORUNDO | | | | 9.5 |
| ZAFIRO | | | | 9.0 |
| SERPENTINA | | | | 8.5 |
| TOPACIO | | | | 8.0 |
| CIRCON | | | | 7.5 |
| CUARZO | 60,000 | (4,200) | | 7.0 |
| HORTENO | 55,000 | (3,900) | | 6.5 |
| ORTOCLASA | | | | 6.0 |
| MAGNETITA | 15,000 | (1,050) | | 5.5 |
| ESQUISTO (c) | 30,000 | (2,100) | | 5.0 |
| APATITA (c) | | | | 4.5 |
| GRANITO (c) | 35,000 | (2,500) | | 4.0 |
| DOLOMITA (c) | 28,000 | (1,980) | | 3.5 |
| CALCITA (b) | 18,000 | (1,200) | | 3.0 |
| GALENA (b) | | | | 2.5 |
| POTASA (a) | 9,000 | (630) | | 2.0 |
| YESO (a) | | | | 1.5 |
| TALCO (a) | | | | 1.0 |

N O T A : Dureza es la resistencia a la abrasión de una superficie lisa. Una medida aproximada puede ser hecha rayando el material con la uña (a), ó con una moneda de cobre (b) y una navaja (c). Resistencia a la compresión de rocas. los valores presentados son valores promedio.

PERFORACION POR ROTACION

UNA MAYOR FRAGMENTACIÓN, DE SER ASÍ NECESARIO.

SI SE PERFORA UNA ROCA CON MENOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y CON BUENAS CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LA ONDA, SE PODRÁ REDUCIR EL FACTOR DE CARGA, PARA LOGRAR EL RESULTADO DESEADO Y LA REDUCCIÓN ECONÓMICA CORRESPONDIENTE.

COMO SE VÉ, LLEVANDO A CABO PERFORACIONES GRANDES, SE TIENEN MAYORES POSIBILIDADES DE FRACTURAMIENTO Y/O DE MANEJO DE LAS CARGAS DENTRO DEL BARRENO, PARA ALCANZAR EL EFECTO DESEADO, CON LO QUE ES POSIBLE TENER UN MAYOR CONTROL DE LA ENERGÍA QUE SE LIBERA EN LA VOLADURA, UTILIZANDO ÚNICAMENTE LA NECESARIA EN CADA CASO.

6. ECONOMIA EN EL EXPLOSIVO

EL INCREMENTO DE LAS VELOCIDADES DE DETONACIÓN DEL ANFO, AL UTILIZARSE EN AGUJEROS CON DIÁMETRO MAYOR, ES REPRODUCIDO, CON CIERTA RELACIÓN, POR ALGUNOS HIDRO-GELES DISPONIBLES EN NUESTRO PAÍS, POR LO QUE ES POSIBLE REDUCIR LA CARGA DE FONDO, AL INCREMENTAR EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN.

15.

EN EL EJEMPLO DEL " EL GUINEO ", SE TUVO LO SIGUIENTE, UTILIZANDO UN MISMO FACTOR DE CARGA.

| | | |
|------------------------------|---------|---------|
| DIAMETRO PERF. | 6½" | 3" |
| RELACIÓN DE FACTOR DE CARGA. | 0.98 | 1.0 |
| CARGA DE FONDO | 18.8 % | 32.4 % |
| CARGA DE COLUMNA | 81.2 % | 67.6 % |
| CARGA TOTAL | 100.0 % | 100.0 % |

SE OBSERVA LA IMPORTANTE REDUCCIÓN EN EL PORCENTAJE DE CARGA DE FONDO UTILIZADA EN 6½" CON RESPECTO A LAS PERFORACIONES DE 3", LO QUE REDUNDÓ EN UNA ECONOMÍA DE LA VOLADURA TAMBIÉN SE OBTIENE UNA MEJORA SUSTANCIAL, EN EL PRECIO DE ADQUISICIÓN DEL EXPLOSIVO EMPACADO A DIÁMETROS GRANDES, CON RESPECTO A LOS DIÁMETROS PEQUEÑOS. ÉSTA MEJORA INCIDE TAMBIÉN EN EL MANEJO Y COLOCACIÓN DEL EXPLOSIVO DENTRO DEL BARRENO, REDUCIENDO EL TIEMPO DE CARGADO, LA MANO DE OBRA UTILIZADA Y LOS TIEMPOS OCIOSOS.

ES EVIDENTE QUE CONFORME SE INCREMENTA LA CAPACIDAD DE VOLADURA POR MÁQUINA, SE TENDRÁ UN MENOR NÚMERO DE ÉSTAS EN EL -

FRENTE DE TRABAJO, LOGRANDO REDUCIR LA OPERACIÓN ESPECIALIZADAS, MEJORANDO TAMBIÉN LA CALIDAD DE LA SUPERVISIÓN AL REDUCIR LOS GRUPOS DE MAQUINARIA, TANTO DESDE EL PUNTO DE VISTAMECÁNICO, COMO OPERATIVO Y TÉCNICO.

LO ANTERIOR FACILITA EL LOGRAR UN MEJOR BALANCE DEL EQUIPO - DE BARRENACIÓN CON EL DE CARGA Y TRANSPORTE, SOBRE TODO CUANDO SE TRATA DE EXCAVAR Y MOVER VOLUMENES IMPORTANTES.

AL REDUCIR LA OPERACIÓN, SUPERVISIÓN Y MANTENIMIENTO, EN FORMA NATURAL SE REDUCE LA CARGA ADMINISTRATIVA DEL FRENTE DE TRABAJO.

EN BASE A LO COMENTADO ANTERIORMENTE, SE PUEDE CONCLUIR QUE EL USO DE PERFORACIONES DE MAYOR DIÁMETRO Y POR LO TANTO PATRONES MÁS AMPLIOS PARA VOLADURA DE ROCAS, DA COMO PRIMER RESULTADO UN INCREMENTO NOTABLE EN EL VOLUMEN QUE PUEDE SER EXPLOTADO POR UNA MÁQUINA.

EN SEGUNDO LUGAR, EL USO DE MARTILLOS DE FONDO RESULTA EN UN INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE PERFORACIÓN DE UNA MISMA MÁQUINA Y POR ÚLTIMO, TODO LO ANTERIOR INCIDE EN UNA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN DE ROCA, ASÍ COMO UNA REDUCCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE EXCAVACIÓN, COMPARADO CON LOS PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN A ROTACIÓN Y CON MARTILLO EN EL CAPEZAL, QUE SON NORMALMENTE UTILIZADOS EN ESTE TIPO DE TRABAJOS.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

MODULO: I
MOVIMIENTO DE TIERRAS

CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS

ING. VICENTE SAISO SIMPERE

PRIMERA SESION DE TRABAJO

I.- INTRODUCCION.

- A) DESARROLLO,
- B) IMPORTANCIA.
- C) JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.
- D) CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

II.- PLANEACION

- A) OBJETIVOS.
- B) ANALISIS DE INFORMACIÓN.
- C) PROGRAMACIÓN Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS.

III.- ORGANIZACION.

- A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.
- B) SISTEMA ADMINISTRATIVO.
- C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.
- D) SISTEMAS DE INFORMACIÓN.
- E) SISTEMAS DE CONTROL.

SEGUNDA SESION DE TRABAJO.

IV.- TEMAS ESPECÍFICOS.

- A) ANALISIS DE PARÁMETROS DE INFORMACIÓN.
- B) LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN.
- C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.
- D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRÁCTICOS.
- E) DIAGRAMAS.

I.- INTRODUCCION

A) DESARROLLO

- HISTÓRICAMENTE EL MANTENIMIENTO SE INICIA COMO UN SISTEMA ADMINISTRATIVO, MANEJADO POR PERSONAL CON FORMACIÓN ADMINISTRATIVA.
- APARECEN LOS PRIMEROS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES. (INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACIÓN).
- SUFREN UN CAMBIO PAULATINO DE SU CARACTER ADMINISTRATIVO A UN CARACTER TÉCNICO.
- SU DESARROLLO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN HA SIDO SEMEJANTE AL DE LA INDUSTRIA EN GENERAL.

PRESENTA CARACTERÍSTICAS ESPECIALES QUE LO HACEN MAS DIFÍCIL DE REALIZAR CON ÉXITO, COMO POR EJEMPLO:

- A) EL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN ES TOTALMENTE MÓVIL.
- B) LAS INSTALACIONES NO SON DEFINITIVAS.
- C) LA VARIEDAD DEL EQUIPO UTILIZADO ES MUY GRANDE.
- D) LAS OBRAS EN GENERAL ESTAN UBICADAS LEJOS DE CENTROS IMPORTANTES DE POBLACIÓN, ETC..

----- 0 -----

I.- INTRODUCCION

B) IMPORTANCIA.

LA IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE PUEDE MEDIR A TRAVÉS DE SU IMPACTO EN LOS SIGUIENTES FACTORES.

- INVERSION DE EQUIPO - DISMINUYE

A) INCREMENTO EN LA VIDA ÚTIL.

B) INCREMENTO EN LA VIDA ECÓNOMICA.

- PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO = PRODUCCION - AUMENTA

A) INCREMENTO EN EL VALOR DE RESCATE.

B) DISMINUCIÓN DEL COSTO DE REPARACIONES.

C) DISMINUCIÓN DEL COSTO POR MÁQUINA PARADA.

D) INCREMENTO DEL NÚMERO DE HORAS DISPONIBLES.

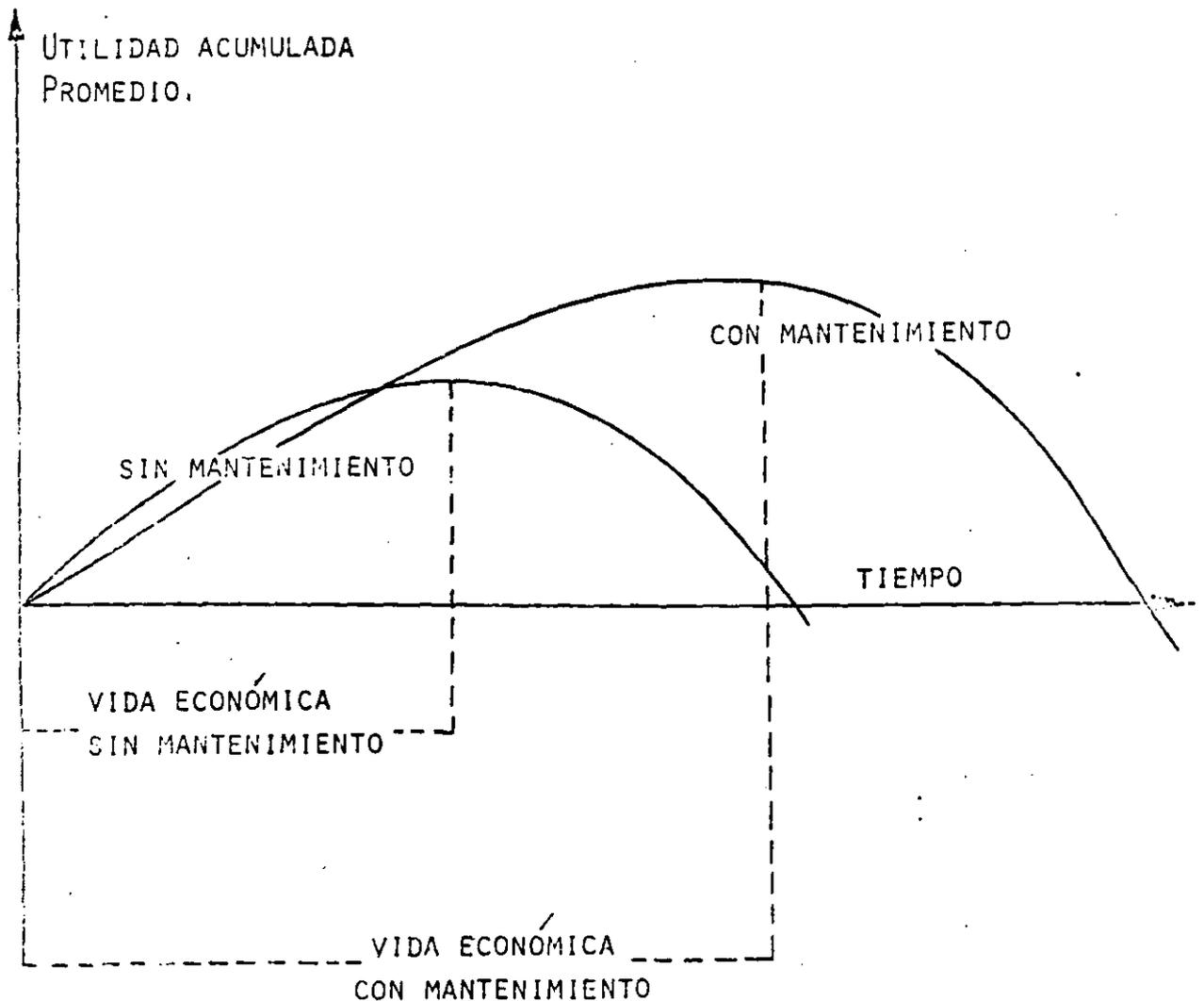
E) EQUIPO EN ÓPTIMAS CONDICIONES DURANTE HORAS DE TRABAJO.

C) JUSTIFICACION ECONOMICA.

SE DERIVA DE LA CUANTIFICACION DE:

- A) DISMINUCIÓN DE LA INVERSIÓN.
- B) AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.
- C) DISMINUCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.

EL EFECTO ECONÓMICO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE ILUSTR_U EN LA GRÁFICA SIGUIENTE:



D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

MANTENIMIENTO PLANEADO.

ES EL MANTENIMIENTO ORGANIZADO ORIENTADO A MANTENER EN CONDICIONES DE MÁXIMA PRODUCCIÓN EL EQUIPO MEDIANTE LA PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DE LA PRODUCCIÓN Y LAS CONDICIONES DE LA OBRA.

SE COMPONE DE:

- A) MANTENIMIENTO PREDICTIVO.
- B) MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- C) MANTENIMIENTO DE RUTINA.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

ES EL DIAGNÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO INTERNO Y EXTERNO DE LOS DIVERSOS CONJUNTOS Y SUBCONJUNTOS DEL EQUIPO.

SE BASA EN:

- ANÁLISIS DE LABORATORIO (ANÁLISIS DE DESGASTE INTERNO DE METALES).
- EQUIPO DE DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS.
- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VIDA ÚTIL DE CONJUNTOS Y SUBCONJUNTOS.

PROPORCIONA.

- ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- LOCALIZA E INFORMA PARA QUE SE CORRIJAN FALLAS CUANDO ESTÁN EN SU FORMA MAS INCIPIENTE.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- ES LA APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MANTENIMIENTO PLANEADO.
- ES EL MANTENIMIENTO REALIZADO ANTES DE LA FALLA.
- INCLUYE DESDE AJUSTE DE MECANISMOS HASTA CAMBIO DE CONJUNTOS.
- ES MENOS COSTOSO Y CONSUME MENOS TIEMPO QUE EL MANTENIMIENTO OBLIGADO.

MANTENIMIENTO DE RUTINA.

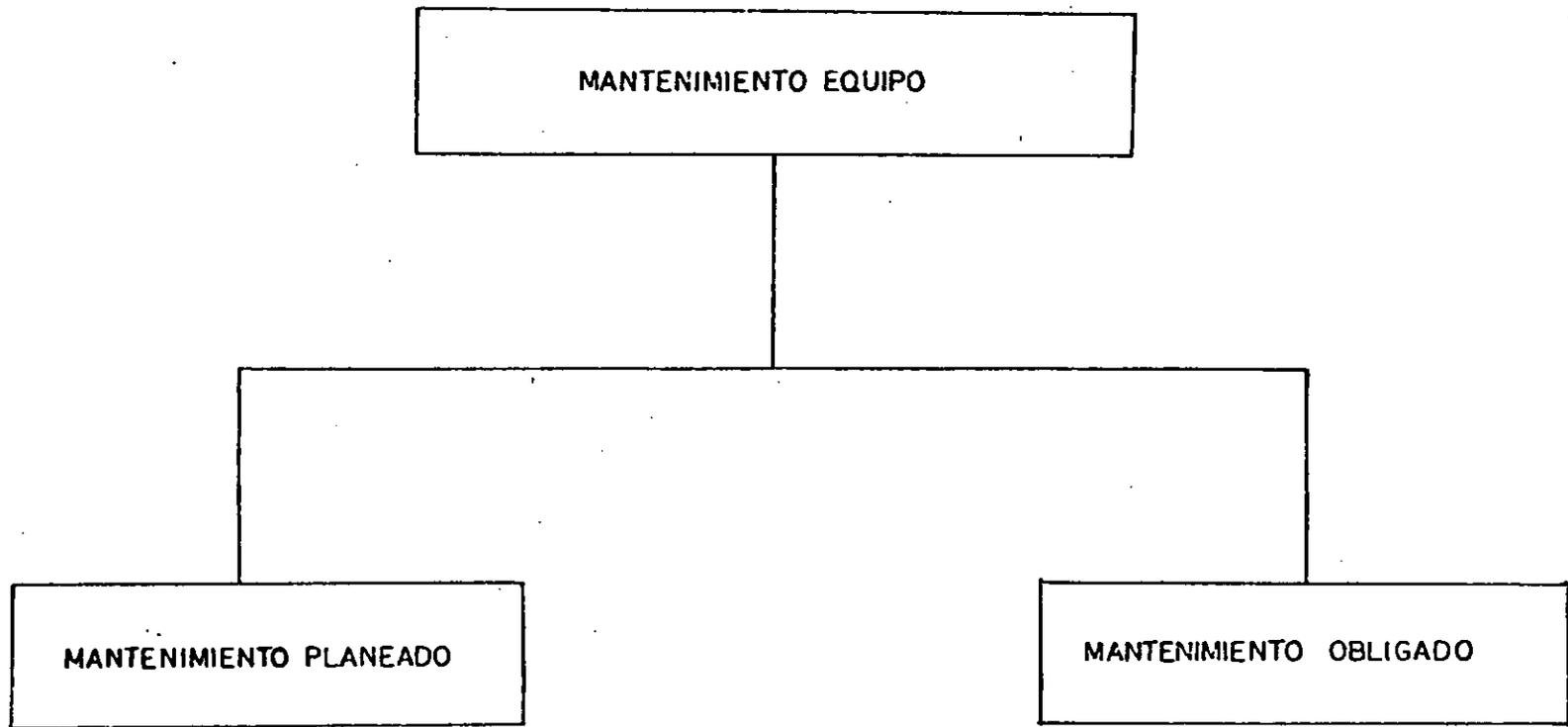
ES EL MANTENIMIENTO QUE DEBE EJECUTARSE A CIERTOS PERIODOS DE TIEMPO PREESTABLECIDOS DE ANTEMANO Y QUE NO ES NECESARIO QUE SE EJECUTEN POR PERSONAL ALTAMENTE CALIFICADO - - (EJEMPLO: ENGRASE DE LOS EQUIPOS).

MANTENIMIENTO OBLIGADO.

- ES EL MANTENIMIENTO REALIZADO DESPUES DE LA FALLA.
- ES EL MANTENIMIENTO FUERA DE PROGRAMA.
- SU EJECUCIÓN INMEDIATA ES IMPERATIVA.
- LOS TIEMPOS DE PARO DEL EQUIPO SON PROLONGADOS.
- SU COSTO DE EJECUCIÓN ES SUMAMENTE ELEVADO.

----- 0 -----

ESTRUCTURAS DEL MANTENIMIENTO



MANTENIMIENTO PLANEADO

**MANTENIMIENTO
PREDICTIVO**

ANÁLISIS DE LABORATORIO.
EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO.
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE
VIDA ÚTIL.

**MANTENIMIENTO
PREVENTIVO**

INSPECCIÓN DE EQUIPO.
SERVICIOS DE CONSERVACION.
DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE
FALLAS.
SUPERVISIÓN DE OPERACION.
REPARACIONES MAYORES PRO-
GRAMADAS.
INTERCAMBIO DE CONJUNTOS.

**MANTENIMIENTO
RUTINA**

LUBRICACION DE LOS EQUIPOS.
LIMPIEZA DEL EQUIPO.
ABASTECIMIENTO DE COMBUS-
TIBLE

A) OBJETIVOS.

OBJETIVO BÁSICO: MAXIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD (EN SU SENTIDO MÁS AMPLIO) DEL EQUIPO EN OBRA.

EN TÉRMINOS SIMPLIFICADOS.

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{PRODUCCIÓN}}{\text{COSTO}}$$

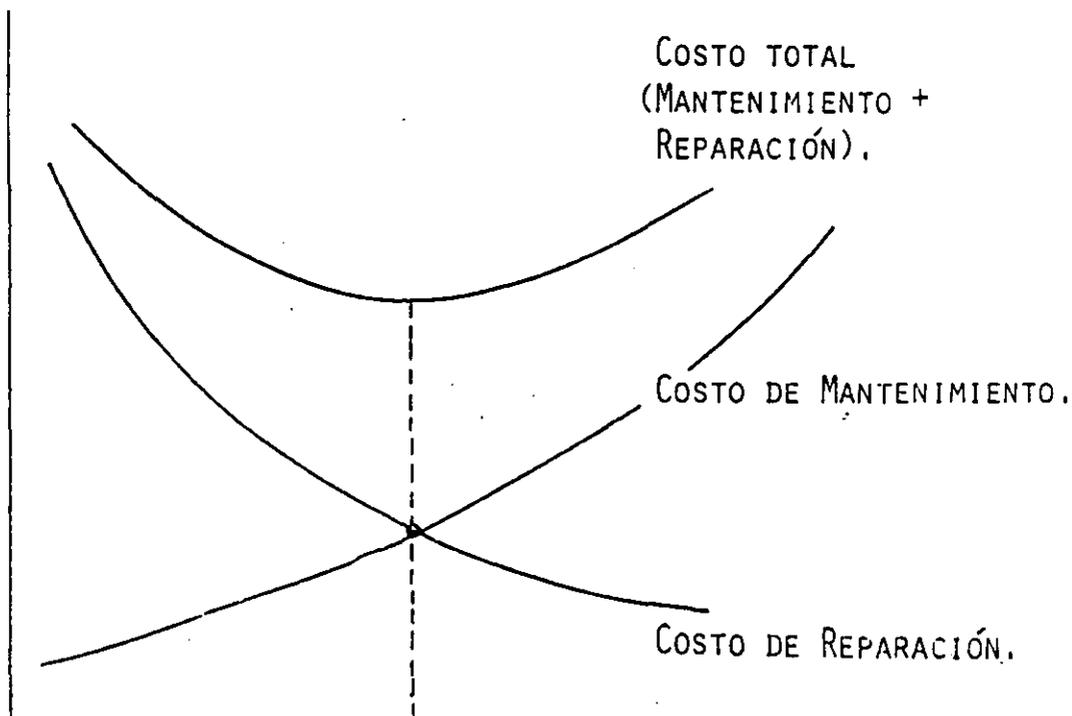
UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO ORIENTADO HACIA ESTE OBJETIVO- TRATARÁ DE MAXIMIZAR PRODUCCIÓN Y MINIMIZAR COSTO.

- MAXIMIZARÁ PRODUCCIÓN.

ALCANZANDO EN FORMA ÓPTIMA LOS FACTORES MENCIONADOS EN 1-B.

- MINIMIZARÁ COSTO :

PROPORCIONANDO EL MANTENIMIENTO AL NIVEL ÓPTIMO.



B) ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

POR LAS CARACTERÍSTICAS ESPECIALES QUE SE PRESENTAN DE LA CONSTRUCCIÓN, ES NECESARIO HACER UNA PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICO PARA CADA OBRA.

POR LO QUE SE NECESITA CONSIDERAR:

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

LOCALIZACIÓN.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN.

PROGRAMA DE UTILIZACIÓN DEL EQUIPO.

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

- OBRAS DONDE SE TIENE AREAS DE GRAN CONCENTRACIÓN DE EQUIPO (PRESAS),
- OBRAS DONDE SE TIENE EL EQUIPO DISTRIBUIDO A LO LARGO DE GRANDES DISTANCIAS (CARRETERAS)
- OBRAS DONDE EL EQUIPO SE ENCUENTRA DISTRIBUIDO EN AREAS EXTENSAS Y A GRANDES DISTANCIAS (ZONAS DE RIEGO).

LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.

- VÍAS DE ACCESO O COMUNICACIÓN.
- DISTANCIA A CENTROS DE ABASTECIMIENTO.
- CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA.
- CLASE DE TRABAJO A DESARROLLAR Y MATERIAL PREDOMINANTE.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION

- CALENDARIO Y SECUENCIA DEL TRABAJO.
- NÚMERO DE TURNOS DE TRABAJO DE PRODUCCIÓN Y HORARIO DE LOS MISMOS.
- NÚMERO DE FRENTES DE PRODUCCIÓN ATACÁNDOSE SIMULTANEAMENTE.
- DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPO EN LOS DIVERSOS FRENTES DE TRABAJO.
- DISTANCIA APROXIMADA ENTRE LOS DIVERSOS FRENTES DE PRODUCCIÓN.
- COSTOS Y RENDIMIENTOS CON LOS QUE FUE PLANEADA LA OBRA.

PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

- RITMO DE TRABAJO A QUE TIENE QUE SOMETER LAS MÁQUINAS PARA CUMPLIR CON EL PROGRAMA.
- CANTIDAD, CLASE Y ANTIGÜEDAD DEL EQUIPO QUE SE TENDRÁ EN OBRA.
- FECHA DE RECEPCIÓN Y DESOCUPACIÓN.
- CANTIDAD Y CLASE DE EQUIPO QUE REQUIERE DE INSTALACIÓN.

PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

- HUMANOS.
 - EQUIPO AUXILIAR.
 - HERRAMIENTA.
 - INSTALACIONES.
- RECURSOS HUMANOS.

- SELECCIÓN.
- CAPACITACIÓN.
- DISTRIBUCIÓN.

- SUPERVISIÓN.
- PERSONAL DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO , PREVENTIVO Y DE RUTINA.
- PERSONAL DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL.
- OPERADORES DEL EQUIPO.

SE DEBE CONSIDERAR:

- CANTIDAD DE PERSONAL Y VARIACIÓN DEL MISMO DE ACUERDO CON EL PROGRAMA DE LA OBRA.
- CAPACIDAD, PREPARACION Y EXPERIENCIA DEL TRABAJADOR.
- DIFERENTES ESPECIALIDADES.
- SALARIOS POR ESPECIALIDAD.
- ESTABLECIMIENTO DE TURNOS Y HORARIOS DE TRABAJO.

DISTRIBUCION DE PERSONAL.

SE DISTRIBUYE DE ACUERDO CON:

- DISTANCIA ENTRE LOS DIFERENTES FRENTE DE TRABAJO, NÚMERO Y TIPO DE EQUIPO POR FRENTE.
- IMPORTANCIA DEL FRENTE DENTRO DE LA OBRA.

CAPACITACION.

- PROMOVER CONTINUOS CURSOS DE ACTUALIZACION.
- CAPACITAR PERSONAL SIN EXPERIENCIA.
- CALIFICAR AL PERSONAL PERIÓDICAMENTE.

EQUIPO AUXILIAR

- A.- EQUIPO ESPECIALIZADO.
- DE LABORATORIO
- ESPECTOFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.
- DE CAMPO.

*SS

- EQUIPO DE DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS.

EQUIPO DE MANTENIMIENTO

FIJO.

INSTALACIONES DE TALLER.

- | | | |
|---------------------------------|---|--|
| AIRE COMPRIMIDO | - | COMPRESOR, LÍNEAS |
| LIMPIEZA. | - | LAVADORAS DE VAPOR Y BOMBAS DE ALTA PRESIÓN. |
| LUBRICACIÓN. | - | EQUIPO DE LUBRICACIÓN. BOMBAS, CARRETES TAMBORES. |
| SOLDADURA. | - | SOLDADORAS. EQUIPO DE CORTE. EQUIPO DE TRAZO. |
| FUNDICIÓN Y FORJA (HERRERÍA) | - | FRAGUA, AFILADORAS. |
| ELECTRICIDAD | - | PROBADOR DE ARMADURAS. CARGADOR DE BATERÍAS. |
| MÁQUINAS HERRA- MIENTAS. | - | TORNO, TALADRO. FRESADORA, ROSCADORA. |
| MÓVIL | - | EQUIPO DE LIMPIEZA. EQUIPO DE LUBRICACIÓN Y ENGRASE. TALLER MÓVIL. SOLDADORAS. EQUIPO DE TRANSPORTE (VEHÍCULOS). |

HERRAMIENTA.

FIJA:

HERRAMIENTA PARA TALLER.

ESMERIL - TORNILLO DE BANCO, PRENSA HIDRAÚLICA,
PULIDORA.

CAJA DE HERRAMIENTA PARA TALLER.

HERRAMIENTA PNEUMÁTICA Y ELÉCTRICA.

HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN.

MÓVIL.:

HERRAMIENTA PARA CAMPO.

HERRAMIENTA PARA MANIOBRAS.

HERRAMIENTA PARA LLANTAS.

HERRAMIENTA DE MEDICIÓN.

HERRAMIENTAS PARA CALIBRACIONES.

INSTALACIONES.

LAS INSTALACIONES EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN SON:

A) INSTALACIONES DE SERVICIO.

- TALLER MECÁNICO.
- ALMACÉN.
- ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

B) INSTALACIONES DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA.

- ELÉCTRICAS.
- AIRE COMPRIMIDO.
- VENTILACIÓN.
- HIDRAÚLICAS.

C) INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN.

- CONCRETO ASFÁLTICO.
- CONCRETO HIDRÁULICO.
- PRODUCCIÓN DE AGREGADOS.
- INSTALACIONES DE SERVICIO.
- TALLER MECÁNICO Y ALMACÉN.

A) AREA DE INSTALACIÓN.

- DE FÁCIL ACCESO.
- EQUIDISTANTE A LOS DIVERSOS FRENTE DE TRABAJO.
- ORIENTACIÓN ADECUADA.
- FUERA DE ZONAS DE TRABAJO PARA EVITAR CONTAMINACIÓN.

B) DIMENSIONES.

- ADECUADA A LA DEMANDA DE TRABAJO SEGÚN PROGRAMA.
- INSTALACIÓN SENCILLA Y DE SER POSIBLE MODULAR.
- AREA NECESARIA PARA MANIOBRAS Y ALMACENAJE.
- DIVISIÓN POR DEPARTAMENTOS.

ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

SE CONSIDERA BÁSICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN DE LOS MOTORES.

SE REQUIERE:

- TANQUE PARA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.
- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE CENTRIFUGADO O FILTRADO.
- CENTRIFUGADORA O FILTROS.

LOS TANQUES DEBEN TENER INCLINACIÓN PARA ASENTAMIENTOS Y LIMPIEZA PERIÓDICA.

A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

- ORGANIGRAMA.
- DISTRIBUCIÓN DE AREAS DE RESPONSABILIDAD.
- DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES.

B) SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN.

- ARCHIVO GENERAL.
- MANEJO DE REGISTROS
- EXISTENCIAS DE ALMACÉN.
- ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE COSTOS.
- MANEJO DE CUENTAS.

C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.

- ELABORACIÓN DE HOJAS DE SERVICIOS DE CONSERVACIÓN PERIÓDICOS.
- HOJAS DE RENTA DE LUBRICACIÓN.
- CARTAS DE LUBRICACIÓN.
- REPORTES DE OPERACIÓN.

D) SISTEMAS DE INFORMACIÓN.

- DIAGRAMAS DE FLUJO.
- REPORTES DEL PERSONAL DE CAMPO.
- REPORTES DE INSPECCIÓN DEL EQUIPO.
- INFORMES DE LABORATORIO Y DIAGNÓSTICO.

E) SISTEMAS DE CONTROL.

- HISTORIA DE LA MÁQUINA.
- TARJETAS DE COSTOS.
- INVENTARIO FÍSICO DE EQUIPO.

- INVENTARIO DE ALMACÉN.
- ÓRDENES DE TRABAJO.

RECURSOS COMPLEMENTARIOS.

AQUÍ CONSIDERAMOS LOS RECURSOS EXTERNOS QUE SE ENCUENTRAN A DISPOSICIÓN DE USUARIOS DE EQUIPO O CONSUMIDORES DE CIERTOS ARTÍCULOS PROPORCIONADOS GENERALMENTE POR PROVEEDORES.

- CATÁLOGOS DE PARTES.
- CATÁLOGOS DE OPERACIÓN.
- CATÁLOGOS DE MANTENIMIENTO.
- INSTRUCCIÓN DE OPERADORES.
- INSTRUCCIÓN DE MECÁNICOS.
- INFORMACIÓN TÉCNICA.

- 10.- EXISTENCIA DE ALMACEN. EN CANTIDAD ADECUADA QUE PERMITEN UN TRABAJO CONTINUO Y SUFICIENTEMENTE BAJAS PARA NO TENER UNA GRAN INVERSION SIN MOVIMIENTO. PIEZAS DE MOVIMIENTO CONTINUO QUE PERMITAN TENER UNA REVOLUCION ADECUADA DE ALMACEN.
-
- 11.- HISTORIA DE LA MAQUINA. PARA TENER UN COMPORTAMIENTO MECANICO Y ECONOMICO DE LA VIDA UT DEL EQUIPO. PARA ANALIZAR LA CONVENIENCIA DE LA UTILIZACION Y PRODUCTIVIDAD LOS EQUIPOS.
-
- 12.- ORDENES DE TRABAJO. PARA CONTROLAR TIEMPOS, COSTOS Y ACTIVIDADES EN LAS REPARACIONES O EN EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.
-
- 13.- REQUISICIONES. PARA CONTROLAR PIEZAS QUE SE REPONEN AL EQUIPO. PARA CONTROLAR TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO. PARA CONTROLAR COSTOS DE MANTENIMIENTO.
-
- 14.- RAZON DE FALLAS. PARA DETERMINAR QUE SINTOMAS PROVOCAN LAS FALLAS. PARA DETERMINAR QUE FALLA SE PRESENTA CON MAS FRECUENCIA Y ESTABLECER SU CAUSA (MOTOR, TRANSMISION, SISTEMA ELECTRICO). PARA IDENTIFICAR QUE FALLA ES ANORMAL Y CUAL SE DEBE A DESGASTE ANORMAL.
-
- 15.- NUMERO DE FALLAS. PARA EVALUAR LA VIDA DE LA MAQUINA Y SUS CONJUNTOS. PARA INVESTIGAR LA CAUSA. PARA LLEVAR ESTADISTICAS DEL COMPORTAMIENTO Y ESTABLECER PROGRAMA
-
- 16.- TIEMPO DE TRABAJO ENTRE FALLAS.

V.- TEMAS ESPECIFICOS.

B) LIMPIEZA, LUBRICACION, CONTROL DE ACEITES.

- LIMPIEZA COMO FACTOR DE MANTENIMIENTO.

A) PROGRAMAS DE LIMPIEZA, FRECUENCIA, TIPO DE LIMPIEZA, LUGAR -
DONDE SE REALIZA.

B) EQUIPOS DE LIMPIEZA, CARACTERISTICAS, COSTO.
COMO EQUIPO INDEPENDIENTE Y COMO EQUIPO COMPLEMENTARIO.

C) OPERACION, - SE MENOSPRECIA LA ACTIVIDAD, CONTRATACION Y ENTRE-
NAMIENTO.

- LUBRICACION ELEMENTO BASICO DE MANTENIMIENTO.

A) PROGRAMACION DE LA LUBRICACION.

- SU IMPORTANCIA.

- SU RELACION CON LA PRODUCCION.

B) EFECTOS PRODUCIDOS POR FALTA O INADECUADA LUBRICACION.

C) EQUIPOS DE LUBRICACION.

D) PERSONAL DE LUBRICACION.

- CONTROL DE ACEITES Y LUBRICACION .

A) ESTANDARIZACION.

B) IDENTIFICACION DEL ACEITE ADECUADO, PROPIEDADES.

C) TABLAS DE LUBRICACION.

D) EXISTENCIAS EN ALMACEN.

E) NOMENCLATURA.

F) ALMACENAJE. Y MANEJO.

G) EXISTENCIAS.

C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.

EL EQUIPO QUE NO SE ENCUENTRA TRABAJANDO EN OBRA Y QUE SE ALMACENA (POR POLITICA DE LA EMPRESA), HASTA SER REQUERIDA NECESITA MANTENIMIENTO QUE PRESENTA CARACTERISTICAS PARTICULARES.

A) PROTECCION (CONTRA-INTEMPERIE),

B) LIMPIEZA Y LUBRICACION (ACEITES PRESERVADORES).

C) FUNCIONAMIENTO PROGRAMADO.

V.- TEMAS ESPECIFICOSD) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS.1º HUMANOS.

- PREPARACION.
- COMUNICACION.

2º LOCALIZACION.

- TRABAJO A LA INTEMPERIE.
- LEJANIA DE CENTROS IMPORTANTES DE POBLACION.

3º TIPO DE TRABAJO.

- RITMO MUY ACELERADO (A PRESION).
- FECHAS DE TERMINACION AGRESIVAS.
- NECESIDAD DE ALTOS PORCENTAJES DE UTILIZACION.

4º INSTALACIONES.

- MOVILES.
- RUDIMENTARIAS.
- DE BAJO COSTO.

DIAGRAMA DE FLUJO

VALES DE SALIDA DE ALMACEN

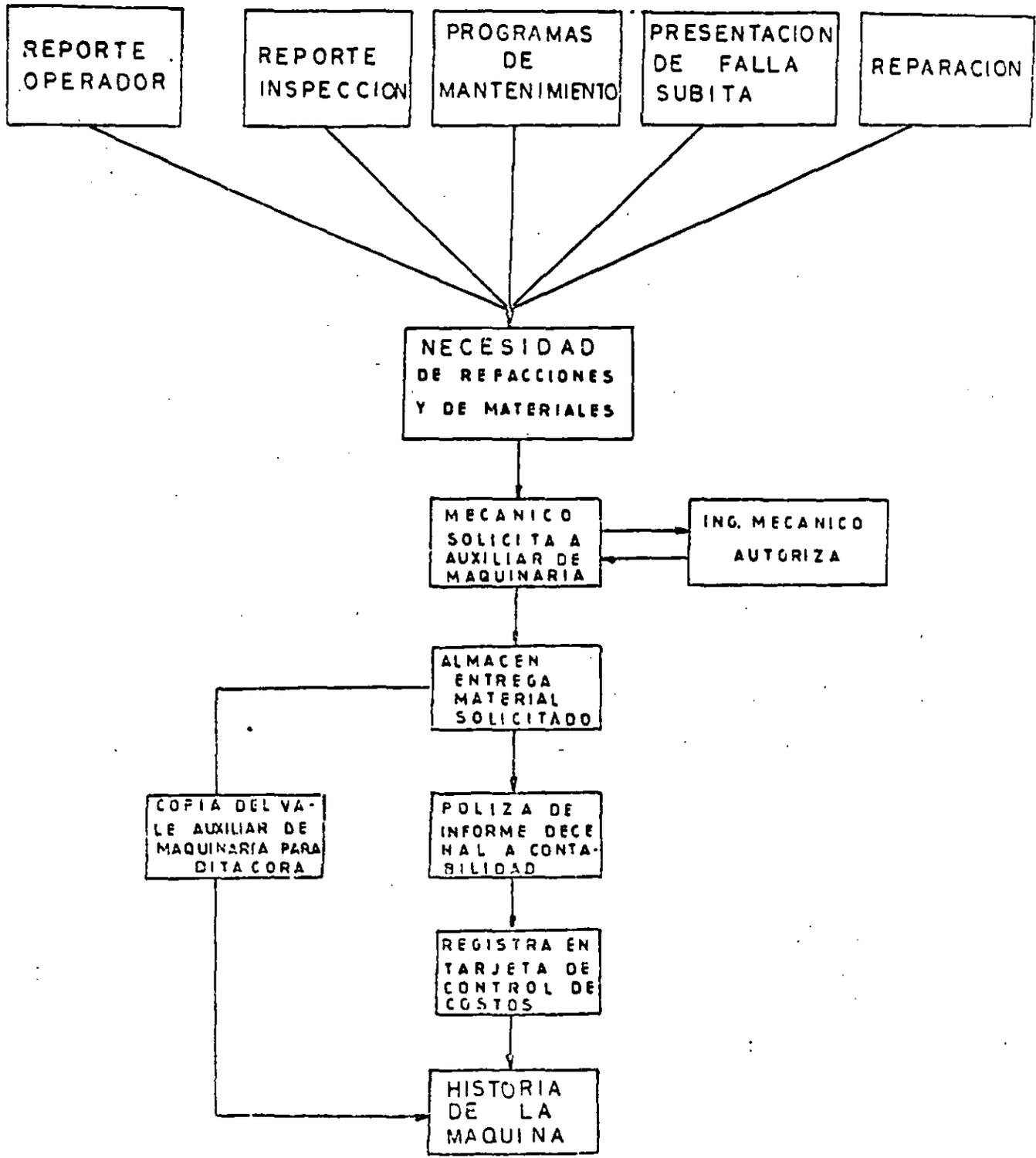


DIAGRAMA DE FLUJO

REPORTE DE OPERADORES

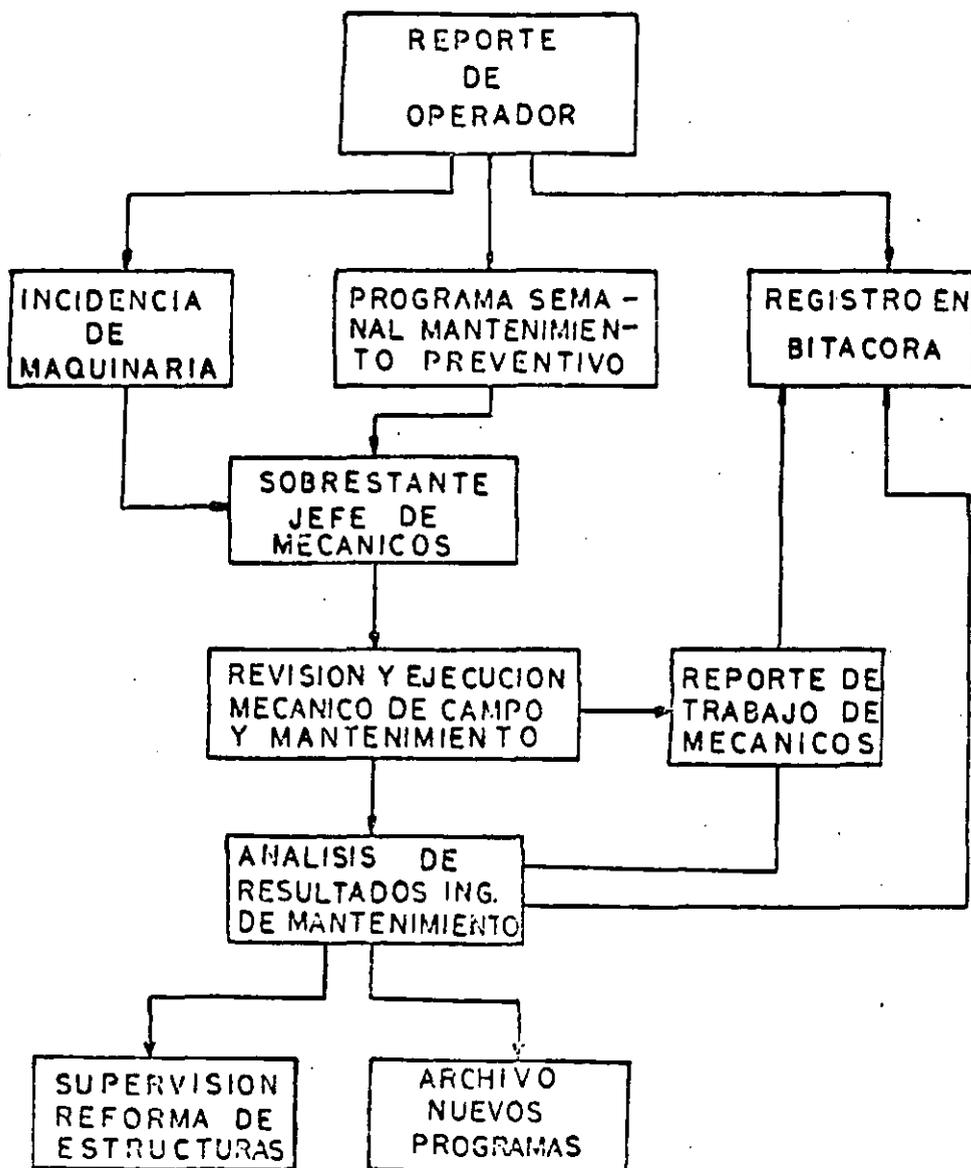
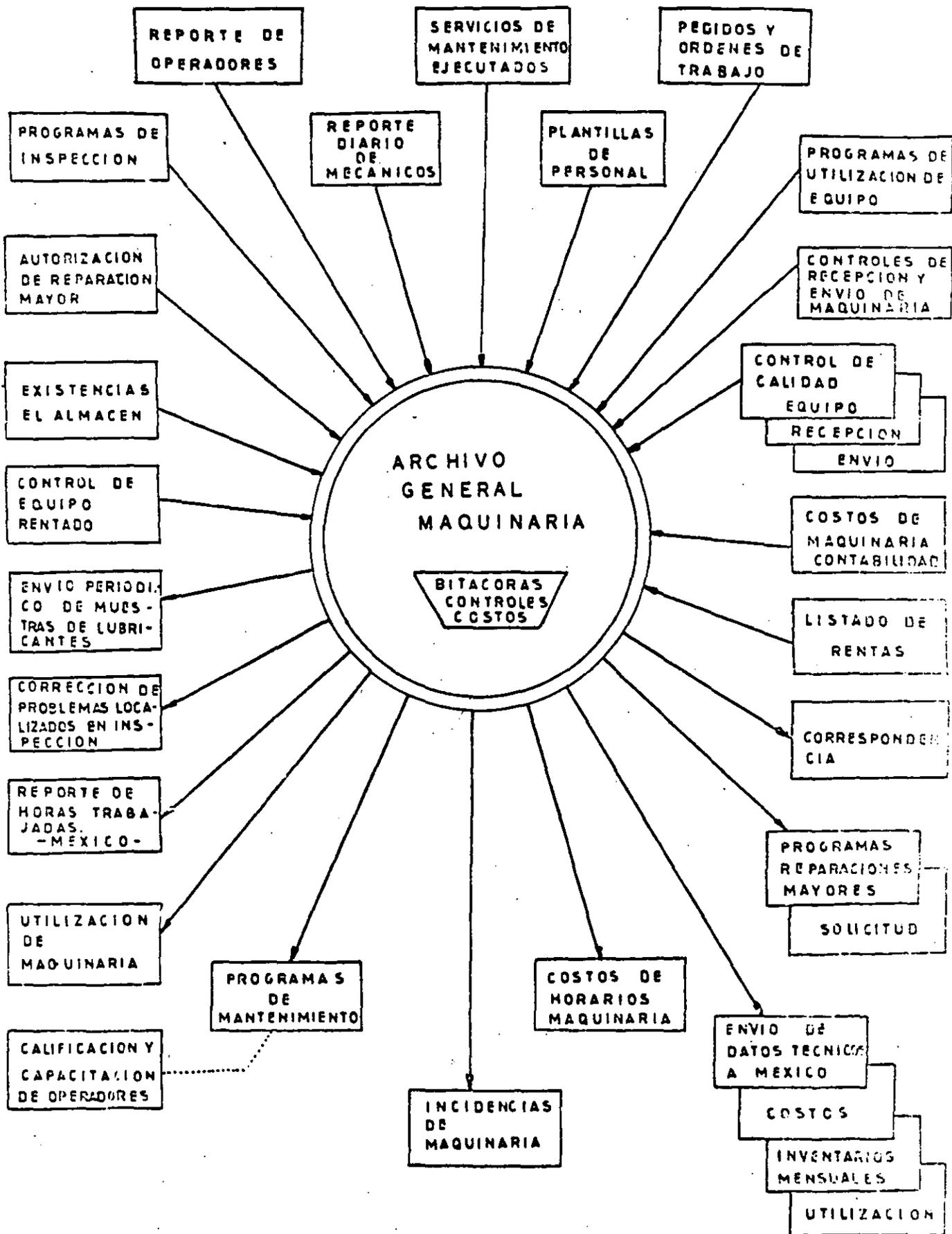


DIAGRAMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO



C A P A C I T A C I O N

- 1.- EL PORQUE DE LA CAPACITACION.
- 2.- DESCRIPCION DEL PUESTO.
- 3.- EXAMEN PREVIO PARA DETERMINAR EL GRADO DE CAPACITACION.
- 4.- DISTINTAS FORMAS DE CAPACITAR.

1.- EL PORQUE DE LA CAPACITACION.

Uno de los factores que mayor importancia tienen para lograr una productividad adecuada en el mantenimiento, cuidado y operación de la maquinaria es el de contar con el personal mecánico y de operación con los conocimientos suficientes para que pueda desarrollar su trabajo con eficacia. Para lograr esto se tiene que "CAPACITAR" a ese personal para que pueda cumplir cabalmente con los requerimientos.

En la actualidad, en México y en el área Maquinaria de Construcción se adolece de grandes deficiencias en la capacidad del personal mecánico y de operación; Las razones son muy sencillas, no existe ningún lugar donde el personal obrero pueda adquirir conocimientos en relación a los campos de construcción. El sistema escolar formal no tiene ningún centro de enseñanza para maquinaria de construcción, excepción hecha del CAO, que a partir de 1978, pasó a formar parte del ICIC; Sin embargo su capacidad de enseñanza es del orden de 60 egresados por año y la Industria de la Construcción sola, tiene de 40 a 50 mil personas en estos trabajos, la mayoría ejerciendo sus funciones con grandes defectos por falta de oportunidad de mejorar su preparación.

En la construcción, el 80 % del capital de las empresas se invierte en la compra de activos fijos en maquinaria, equipos y herramientas y la cifra invertida supera los \$ 20,000 millones de pesos. A pesar del valor tan alto de las inversiones el constructor enfrenta con indolencia y apatía el problema de la capacitación, teniendo la mayoría la idea de que la mejor solución es el "PIRATEO" de personal ya capacitado y que generalmente sale de los Distribuidores de maquinaria y empresas que por su organización están en mejores condiciones para capacitar. Sin embargo esta solución no es suficiente o completa, pues el distribuidor maneja 1 o 2 marcas de equipo y el constructor 8 o 10.

Por tanto hay que dar un énfasis muy fuerte a los aspectos de capacitación en este campo, si queremos que nuestras inversiones de capital nos reditúen adecuadamente.

2.- DESCRIPCION DEL PUESTO.

Uno de los principales obstáculos para poder juzgar la capacidad del personal es que no existe un criterio uniforme en cuanto a los requisitos de conocimientos que debe tener una persona para ocupar un puesto, y que se basa en una técnica de la administración científica que nos indica que cada puesto de una organización debe tener una descripción por escrito de: Sus funciones, requisitos de conocimientos previos y actitud hacia el trabajo. Este se conoce como descripción del puesto.

En la actualidad la Sria. del T. y P.S., está tratando de elaborar lo que llaman el catálogo de empleos, pero como se supone debe abarcar todas las actividades productivas del país, pues será a un plazo largo cuando este elaborado.

Sin embargo cada empresa debiera tener descripciones de puestos acordes a sus necesidades con el fin de conocer las características que deberán reunir las personas que los vayan a ocupar. Si en la empresa no se sabe qué funciones y responsabilidades se van a delegar en una persona, los criterios para contratarla tampoco estarán definidos y por tanto quedará al criterio (bueno o malo) del encargado de llevar a cabo la contratación, el que se tomen bases reales ó no y por tanto la contratación será un acto de azar. Existen ejemplos grotescos en relación a las formas de contratación para operadores de maquinaria pesada.

Por tanto hay que recalcar en que es de suma importancia que la empresa sepa los requisitos que debe reunir una persona para cubrir un puesto.

3.- EXAMEN PREVIO.

El método más sencillo para seleccionar al personal es que basados en la descripción del puesto elaboremos un exámen de conocimientos para determinar si los candidatos reúnen un mínimo de conocimientos. Es muy posible que con la aplicación de estos exámenes previos podamos mejorar en un alto porcentaje nuestros sistemas de contratación y seleccionar más atinadamente a los futuros técnicos y obreros.

Por desgracia hay poco material al respecto y por tanto dificultad en contar con él.

La capacitación deberá entonces ser planeada para que sea útil y apoyarse en el sistema escolar, que se lleva el 25 % de los impuestos que pagamos y que por tanto por conveniencia propia debemos cuidar.

~~El 80% de los activos de las empresas constructoras~~ lo consti-
tuyen las ~~máquinas y equipos~~, ya sean pesados ó ligeros y por
tanto representan el renglón más importante en inversiones --
que tienen las constructoras. Es ilógico que esa inversión,
que además es el pilar de la producción de la empresa no cuen-
te con el personal seleccionado y capacitado para que se en-
cargue de su operación y mantenimiento.

La mayoría de las empresas de construcción no se preocupan --
por cuidar su equipo sino hasta que ya tienen entre sus manos
15 ó 20 máquinas y una inversión que sobrepasa los \$ 20 millo-
nes de pesos. Entonces se dan cuenta que tienen una inver-
sión altísima y que nunca han cuidado su productividad y mante-
nimiento. Para ello deciden que lo mejor es contratar a una
persona, de preferencia ingeniero mecánico, que tenga experien-
cia en éste trabajo y al cual le van a confiar la labor de --
que en corto plazo haga que toda esa maquinaria quede en per-
fectas condiciones, sin tomar en cuenta que:

1. ~~Hay muy poco personal especializado~~ en ese campo y por --
tanto será difícil encontrarlo.
2. Que las ~~máquinas~~ que le quieren entregar a esa persona ~~no~~
~~tienen historia escrita~~ de los cuidados, reparaciones y --
uso, y que por tanto no será posible en poco tiempo ente-
rarse de cual es el comportamiento que se puede esperar --
de ellos.
3. Que esa persona ~~no puede cambiar~~ la mentalidad de todo el
personal de la empresa que por años ha descuidado las má-
quinas y que por tanto la solución del problema no se re-
duce a contratar un ingeniero, sino que deberán estructu-
rarse un conjunto de políticas que permitan que permitan
que la acción con la maquinaria sea positiva.
4. Que al crear el ~~Departamento de Maquinaria~~, automáticamen-
te se generan ~~problemas de autoridad~~ con los superinten-
dentes de obra que deberán preverse, y que solo con un --
programa bien estructurado, su difusión adecuada y el con-
vencimiento a los superintendentes para que actúen apoyan-
do la nueva estructura, podrán obtener resultados positi-
vos.

En México todos los problemas relacionados con la organización de las empresas tienen como primer obstáculo el escaso interés de los empresarios en mejorar sus sistemas de organización, que se apoyan en la tesis simplista de que si en la forma en que trabajan les ha ido bien no hay necesidad de sofisticar y complicar a la empresa, sin darse cuenta de que los resultados que han obtenido podían haber sido mejores si hubieran implementado sistemas de trabajo, selección y capacitación adecuados a las necesidades de la empresa.

PLAN PARA SELECCIONAR Y CAPACITAR AL PERSONAL DE MAQUINARIA

Lo más importante, antes de querer implantar sistemas de selección y capacitación, es llevar a cabo una campaña de sensibilización y motivación entre los ejecutivos, ya sean gerentes ó superintendentes que se verán involucrados en la aplicación del sistema. Por otra parte debe hacerse la presentación del plan sin entrar en aspectos concretos con el fin de que los responsables puedan intervenir en su elaboración, pues al tener el plan ideas suyas pondrán más interés en que resulte satisfactorio.

Por lo general (y aquí ~~en el caso de Anfo de Ind. S. A., que tiene una organización profesional en todos sus niveles~~), en las ~~Obras el amo y señores es el Superintendente y en la mayoría de las ocasiones sus conocimientos mecánicos dejan mucho que desear, pues su profesión, la ingeniería civil en la mayoría de los casos, no le dá conocimientos en el área mecánica.~~

Sin embargo, él es el que toma las ~~decisiones en todos los aspectos de la obra, sean administrativos de producción o de mecánica~~. Si éste Superintendente no cuenta con el ~~respaldo de un Intendente de Maquinaria competente y a un nivel dentro de la obra adecuado, sus decisiones serán siempre influidas por los residentes de frente. Esto quiere decir que, si el Intendente de maquinaria opina que una máquina debe pararse de inmediato, y el residente de frente desea a toda costa seguirla trabajando, por lo general decidirá que la máquina trabaje, porque al no tener conocimientos mecánicos suficientes, los argumentos de producción le parecerán más convincentes.~~

Esto nos lleva a la necesidad de que, para poder aplicar un sistema de selección y capacitación, ~~debemos empezar por capacitar a los responsables de llevarlo a la práctica, pues si no fracasaremos, como ya dijimos antes.~~

La capacitación de gerentes y superintendentes no tendrá como objetivo el que aprendan a reparar el equipo, sino que separar las decisiones adecuadas a su nivel y a las políticas que la empresa considera más convenientes.

La mayoría de las empresas constructoras establecen como política general que los talleres de campo se dediquen exclusivamente a labores de mantenimiento preventivo y de intercambio de piezas o componentes dañados. Esto es lógico, pues por lo general los talleres en las obras no cuentan con instalaciones herméticas que aislen del polvo, enemigo número uno de las máquinas, y por tanto una reparación en campo corre riesgos de que el polvo se infiltre entre las piezas, provocando daños a corto plazo; tampoco se cuenta por lo general en estos talleres con la herramienta, el equipo de medición y los manuales de servicio que permitan garantizar la calidad y la duración de la reparación, lo que acarrea que una reparación hecha en el campo sin contar con estos elementos no se puede asegurar que dure el tiempo que debería. Por ejemplo, el overhaul de un motor, que hecho en un taller con todos los elementos, deberá durar 6000 horas, si se hace en el campo es muy posible que a las 300 ó 500 horas tenga problemas, lo que hace que el costo de la reparación se eleve a 20 veces sobre lo debido.

Por tanto la obra debe estar organizada para dar el mantenimiento preventivo y hacer el cambio de las piezas o componentes que se dañen, sea por accidente o porque llegaron al término de su vida normal.

Para ello el superintendente deberá saber con certeza que es mantenimiento, que es intercambio y que es reparación y cuáles son los trabajos mecánicos que no se deben llevar a cabo en la obra. En todo caso, debe solicitar la intervención del Taller Central para decidir que se debe hacer cuando hay duda. Es muy frecuente que en la obra se sobrevalore la capacidad técnica de los elementos con que se cuenta y se desarrollen trabajos mecánicos que son antieconómicos y hasta contraproducentes.

Si la Intendencia de Maquinaria de la Obra actuara con firmeza en los aspectos de mantenimiento y supervisión de operación, se lograría una mejoría notable en la productividad y disponibilidad de los equipos. Si las cuadrillas de mantenimiento en sus revisiones diarias vigilaran que todos los manómetros y medidores de la máquina funcionan bien; que los tapones de gasolina, agua y aceite se limpien y estén en buenas condiciones; que los niveles de aceite se chequeen antes de cada turno; que los operadores reporten las fugas o fallas que detecten, etc; los problemas con las máquinas disminuirían mucho y si a eso aunamos el control por escrito de todas las intervenciones de los mecánicos en cada máquina para contar con su historia, pues entonces la disponibilidad de los equipos se incrementaría notablemente.

Alguien puede decir, todo esto se ve muy fácil, pero a la hora de ponerlo en práctica es muy difícil, porque no se cuenta con el personal idóneo. El que diga esto tiene razón, si par-
timos de la base del elemento humano con que contamos y los sistemas arcaicos de contratación que usamos, pero si cambiamos esto los resultados serán espectaculares.

~~Para seleccionar al personal tanto mecánico como de operación~~ deberemos tomar en cuenta los siguientes factores que son los que mayor influencia tienen en la problemática del equipo:

- 1) La maquinaria de construcción tiene una ~~tecnología compleja y sofisticada~~ y por tanto debe hacerse cargo de ella personal con una ~~escolaridad y conocimientos~~ acordes a complejidad
- 2) La ~~productividad~~, combinada con el ~~cuidado de la máquina~~ solo pueden lograrse con ~~personal capacitado y responsable~~.
- 3) La ~~mínima escolaridad~~ que debiera requerirse, pues es la que permitirá la comprensión de los problemas es ~~la secundaria~~, ~~tanto para mecánicos como operadores~~ y la ~~preparatoria~~ ~~para sobrestantes y otros niveles similares~~.
- 4) Por lo general el personal que tiene estos niveles de escolaridad, ~~no se interesa en estos trabajos~~ debido a que tienen un ~~bajo prestigio social~~ y ~~sobre todo~~ porque desconoce -- las posibilidades de ingresos que se pueden lograr.

Por ello es tarea inaplazable el llevar a cabo una campaña -- permanente para prestigiar socialmente estos trabajos y pugnar por contratar a las personas que tengan la escolaridad adecuada.

Para seleccionar al personal deberan además hacerse exámenes previos por escrito y luego pruebas en el trabajo con la supervisión del Intendente de Maquinaria, que deberá poder vetar operadores cuando vea que su forma de trabajar es nociva al equipo.

En cuanto a la capacitación, lo ideal es formular programas sencillos que, se puedan exponer previamente al inicio del -- trabajo y que sean recalcados durante el trabajo mismo por un instructor, que les mostrará las formas de trabajo, de usar -- las herramientas y equipos y supervisará el trabajo individual.

En una obra con maquinaria no debe escatimarse un sueldo y -- por ello es que se recomienda ~~que las constructoras tengan~~ ~~instructores en el trabajo~~, que según la magnitud de las --

obras puede estar de planta en una, o servir a varias obras de la empresa.

Así mismo deberá haber un supervisor que certifique la operación de las maquinas y de los talleres de las obras y valore la calidad de trabajo de todos.

El personal mecánico y obrero deberá estar participando en -- cursos de capacitación en la empresa o fuera, así como todo el demás personal.

Se considera que hay 3 niveles de trabajo, el obrero, el técnico y el especialista:

- 1° El obrero deberá tener de 100 a 150 horas al año de cursos de capacitación o actualizaciones.
- 2° El técnico, como ingenieros o administradores, tendrá hasta 15% de su tiempo de trabajo ocupado en cursos.
- 3° El especialista puede llegar a tener hasta el 80% de su tiempo en estudio, porque cuando se le necesite resolverá problemas de gran envergadura.

Como se verá la labor que tenemos por delante no es fácil, -- pues implica entre otras cosas hacer cambios en las estructuras de trabajo y dedicar tiempo a promover entre personas que actualmente no se interesan en la maquinaria, el que cambien su actitud mental, esto puede ser una tarea que rendirá frutos a largo plazo, pero para México y para la Industria de la Construcción el tomar cartas en el asunto es ya inaplazable, -- pues si no el déficit de personal calificado crecerá en la medida en que crezca la industria.

De inmediato las medidas más adecuadas serán las de tener supervisores e instructores y el tratar que en el área de maquinaria el personal tenga como minimo la primaria terminada, -- que aunque este nivel de escolaridad no es el ideal por lo menos es un nivel mejor que los que en la actualidad tenemos.

I N T R O D U C C I O N

Tratar de exponer ó explicar todo lo concerniente a "MANTENIMIENTO" en un resúmen como el presente es tarea muy difícil, y temeraria, quizás hasta imposible por los grandes alcances que el tema tiene y las derivaciones que de él emanan.

Por lo tanto, al tratar éste tópicó, lo haremos concretamente sobre el "Mantenimiento de la Maquinaria y Equipo de Construcción" en todos sus aspectos. (Maquinaria Mayor, Menor y Vehículos, Etc.).- Tratando de lograr interesar a todos los que en forma directa o indirecta se ven involucrados en las múltiples actividades de la Maquinaria y Equipos de Construcción - en LA IMPORTANCIA ACTUAL DEL MANTENIMIENTO.

Al fijar nuestra atención en la Maquinaria, nos daremos cuenta de ciertos "Síntomas de degradación" de sus componentes y de los factores que incrementan la importancia y necesidad del Mantenimiento. En consecuencia de lo anterior, al conocer los factores que se deban controlar, éstos se convierten en los OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.

Es importante anticipar que el Mantenimiento tiene un COSTO - que se debe analizar buscando el equilibrio con los COSTOS DE OPERACION. Esto quiere decir que el Mantenimiento, requiere CONTROL Y PLANEACION, con diferentes técnicas de aplicación y programación.

Otra consecuencia del Mantenimiento es la instalación, operación y Administración de Talleres de reparación y reconstrucción, así como las instalaciones de apoyo necesarias como las de lubricación, almacenes, etc. En fin, sería muy largo discutir o tan solo mencionar todas las operaciones ligadas con éste tema, tales como la medición del tiempo, y la eficiencia del mantenimiento, control de trabajos, clasificaciones, motivaciones y reportes; por lo tanto esperamos que quienes asisten a éste curso puedan posteriormente motivados por las dudas o curiosidad que de éste se desprendan, puedan hacer un estudio más concienzudo de los diferentes aspectos que el Mantenimiento involucra.

Agregaremos por último, que las actividades del Mantenimiento son "dinámicas"; es decir que están en constante cambio, por lo que es posible que alguna o algunas de las cosas que en el

I.- MANTENIMIENTO EN GENERAL

1. GENERALIDADES

Con la introducción de la Maquinaria Pesada dentro de los métodos modernos de Construcción, ha sido necesario catalogar ciertas actividades involucradas íntimamente al uso y aprovechamiento del equipo; éstas actividades se conocen generalmente como:

MANTENIMIENTO:

Se denomina mantenimiento, a aquella serie de actividades que dirigida por una persona o grupo de personas, tiene como fin lograr y asegurar el aprovechamiento más ventajoso de las máquinas y equipo que otros elementos de una organización necesitan para el desempeño de sus funciones y obtener la óptima recuperación de la inversión. Esta inversión puede ser maquinaria, materiales o mano de obra.

Visto el mantenimiento como se definió anteriormente, se entiende que debe ser una función integral o parte muy importante de cualquier organización pues maneja una fase de las operaciones de dicha organización.

El campo de acción de las actividades de mantenimiento difiere en la práctica para cada tipo de actividad y de empresa y es influenciado por el tamaño de la empresa y la política de la misma.

No obstante, es posible agrupar las principales actividades y clasificarlas en la siguiente forma:

- A. Funciones primarias, que son la justificación misma del mantenimiento y
- B. Funciones secundarias, que son aquellas que por conveniencia, experiencias anteriores, ó porque no hay otra división lógica dentro de la empresa, se delegan también en el departamento de servicio o mantenimiento.

Para los fines que nos ocupan analizaremos únicamente las funciones primarias que podemos agrupar en la siguiente forma:

FUNCIONES PRIMARIAS:

~~Mantenimiento del equipo y maquinaria de la empresa.~~

- a) ~~Mantenimiento preventivo~~
 - b) Mantenimiento predictivo
 - c) Mantenimiento correctivo.- Reparaciones menores y reparaciones mayores.
 - d) Mantenimiento por conjuntos o componentes.
2. Lubricación e inspección del equipo
 3. Servicios de generación y distribución
 4. Reforma al equipo existente
 5. Nuevas instalaciones de equipos
- C. Administración de servicio
- a) Control de equipo
 - b) Recuperación
 - c) Control de personal, etc.
 - d) Programas

MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Entendemos por "Mantenimiento Preventivo". Todas las operaciones de ajuste, comprobación, reemplazo de partes o conjuntos, lubricación y limpieza, que como rutina y a intervalos - definidos, son necesarios para asegurar al usuario que la maquinaria y equipo que necesita están en condiciones apropiadas para su uso inmediato.

También se dice que "MANTENIMIENTO PREVENTIVO" es la serie de actividades cuyo fin es evitar el desgaste excesivo o prematuro que hacen necesarias las reparaciones costosas y originan los tiempos muertos.

Por lo anterior se deduce que el Mantenimiento Preventivo logra considerables ahorros y baja los costos de operación.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

La característica principal de éste tipo de mantenimiento es-

que es teórico, es decir es la planeación del mantenimiento, es más una filosofía que un método de trabajo; se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregir sin perjuicio al servicio.

Se basa en el análisis estadístico de vidas útiles, de piezas y conjuntos; el análisis físico de piezas de desgaste; el análisis de laboratorio y diagnóstico de campo.

Este mantenimiento predictivo nos proporciona: el Programa de Mantenimiento Preventivo; pronóstico de cambios y reposiciones; datos para el reemplazo económico. Esto significa pues que con el Mantenimiento Predictivo de aplicarse adecuadamente se han acabado los siguientes problemas:

- a) Sustituir en forma rutinaria partes costosas sólo para estar del lado seguro.
- b) Adivinar qué tiempo le quedan de vida a baleros, aislamientos, recipientes, engranes, motores, transmisiones, etc.
- c) Suspender el servicio fuera del programa por fallas imprevistas.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este es el mantenimiento realizado después de la falla, ya sea por síntomas claros y avanzados ó por falla total. Es el mantenimiento fuera de programa y origina cargas de trabajo incontrolables que causan actividad intensa y lapsos sin trabajo; su ejecución inmediata es imperativa, es decir nos obliga al pago de horas extras, se interrumpe el servicio y la producción; hay necesidad de comprar todos los materiales en un momento dado. En resumen son las consecuencias lógicas cuando se sufre un accidente inesperado.

Esta forma de aplicar mantenimiento impide el diagnóstico exacto de las causas que provocaron la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento de manejo, por tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación, por desgaste natural, etc.

Son muchos los aspectos negativos que trae consigo éste sistema y sólo debe aplicarse como emergencia.

MANTENIMIENTO POR CONJUNTOS O COMPONENTES.

Es una variante del mantenimiento correctivo en cuanto a que substituye una parte o un todo de un conjunto en mal estado, o bien una variante del mantenimiento preventivo en lo que se refiere a evitar mediante la substitución de un componente reparado o nuevo a tiempos predeterminados o planeados que el componente original sea severamente dañado e inutilizado por uso excesivo.

Este tipo de mantenimiento es el verdadero mantenimiento planeado o programado, cuando se cuenta con flotillas de maquinaria del mismo tipo y marca y debe coordinarse con un buen manejo de partes y reparaciones en taller.

Tiene además la ventaja de que pueden hacerse las reparaciones fuera de obra y con mucha anticipación. Igualmente permite hacer pedidos de partes anticipadamente y a máquina abierta, lo cual se traduce en economía y eficiencia.

Día a día, tiene más adeptos éste sistema en las grandes constructoras con la colaboración de los distribuidores de maquinaria y talleres especializados.

Los componentes de principal movimiento son:

Motores Diesel

Transmisiones hidraulicas (automáticos y semi-automáticos)

Embragues de dirección

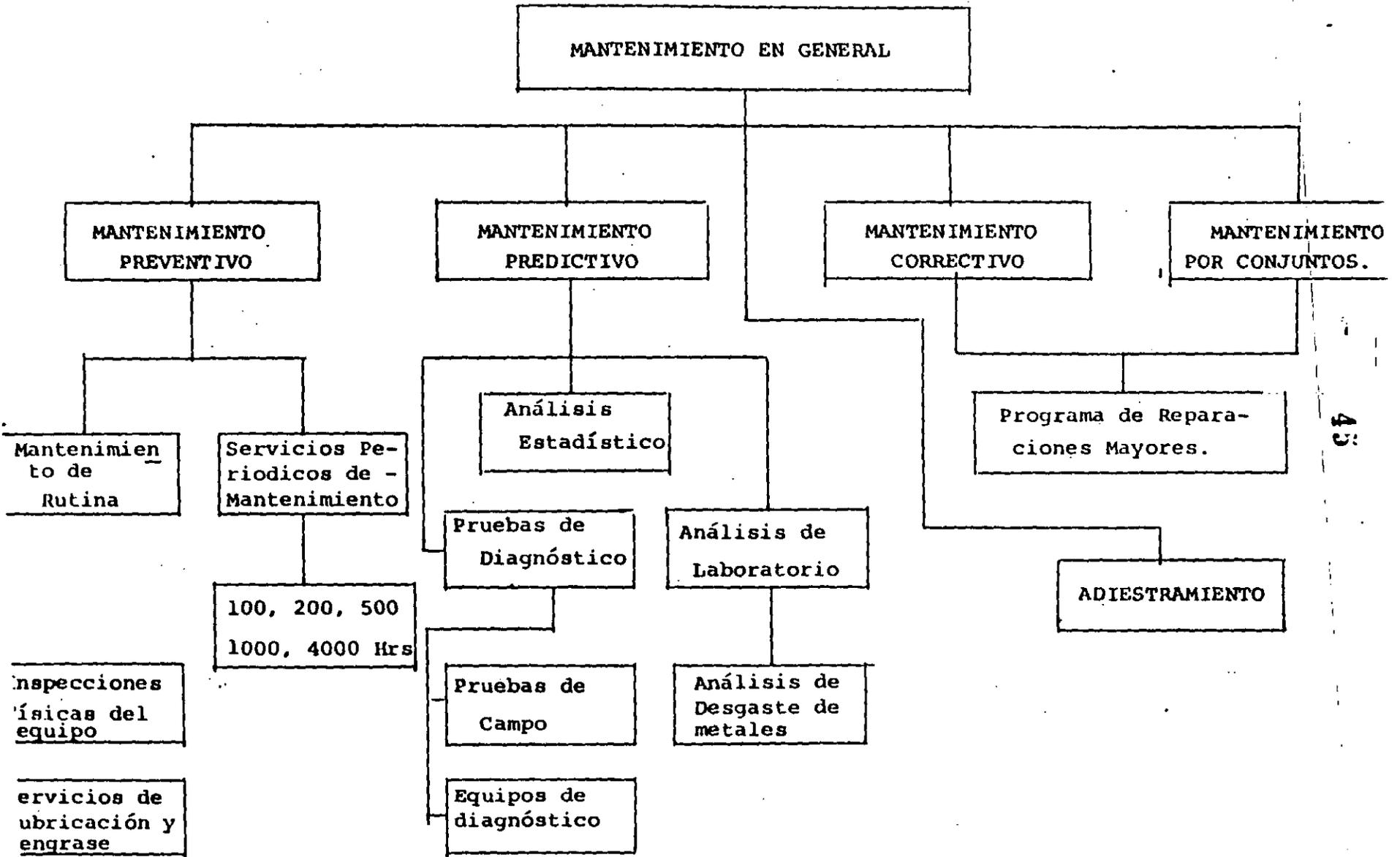
Motores de arranque (marchas)

Alternadores y Generadores, etc.

Objetivos de un Sistema de Mantenimiento.

Ya mencionamos que de las ventajas fundamentales del mantenimiento es aumentar la productividad, y es así el objetivo básico de la planeación del mantenimiento es decir maximizar la productividad, lo cual nos hace pensar en la relación producción-costos.

De modo que un sistema de mantenimiento orientado hacia este objetivo tratará de maximizar producción y minimizar costo.



43

Métodos de Mantenimiento Predictivo.

Ya mencionamos que para el Mantenimiento Predictivo se disponen de los siguientes métodos:

- Análisis Estadístico
- Análisis Físico
- Análisis de Laboratorio y Diagnóstico de Campo.

ANALISIS ESTADISTICO. Este consiste en recopilar toda la información posible sobre el equipo e instalaciones que vamos a proteger. En nuestro caso queremos pensar en máquinas mayores para la construcción.

Si damos a la máquina-tractor la identificación como un sistema, mientras que sus diferentes conjuntos como motor, transmisión, mandos finales la identificación como subsistemas; es posible controlar y predecir estadísticamente la vida útil de cada uno de éstos conjuntos y se tratará de determinar las probabilidades de falla.

| | <u>Vida Promedio Nueva</u> | <u>Vida Promedio des pues de Manteni-- miento Mayor.</u> |
|----------------|----------------------------|--|
| Motor | 6000 | 5000 |
| Transmisión | 6000 | 5000 |
| Tránsito | 3000* | 3000 |
| Mandos finales | 6000 | 5000 |

* Reconstrucción Cadenas, Zapatas y rodillos.

Hemos tomado estos cuatro conjuntos básicos del tractor como ejemplo de las partes que requieren más atención del mantenimiento y se ha encontrado que en el caso del motor se tiene una vida promedio desde nueva de 6000 hrs. de trabajo; tiempo en que se realiza el cambio de éste conjunto o se procede a su reparación. Después de su reparación la vida promedio de éste motor es sobre 5000 hrs., tiempo en que nuevamente debe programarse su mantenimiento mayor ó reemplazo del conjunto.

Estas horas promedio en lo que se refiere al motor, transmisión y mandos finales son datos puramente estadísticos; lo cual nos obliga a hacer una reparación ó cambio de conjunto -

como parte del Mantenimiento Preventivo.

Pero no existe la seguridad de que en realidad ésta reparación o reemplazo sea necesaria en ese tiempo para cada máquina; es decir no sabemos el desgaste interno de sus piezas; posteriormente veremos que ya existe un sistema de análisis de laboratorio el cual eficazmente nos ayudará a predecir el tiempo -- exacto de reemplazo ó reparación.

En el caso del subsistema tránsito se ha encontrado que la vida promedio desde nuevo de éste conjunto es sobre 3000 hrs. - Algunos reacondicionan después de las 3000 hrs. los tránsitos cambiando bujes, pernos y zapatas, y reconstruyendo las cadenas, y rodillos; los cuales después de reconstruídos tienen - en conjunto una vida promedio de 2500 hrs.

ANALISIS FISICO. Este análisis nos ayuda a controlar la velocidad de desgaste de piezas y/o conjuntos mediante la medición directa de los mismos y así poder pronosticar su durabilidad. Así por ejemplo en nuestro caso podemos realizar - esas mediciones directamente sobre los conjuntos de tránsitos y llantas del equipo móvil.

ANALISIS DE LABORATORIOS Y DIAGNOSTICOS DE CAMPO. Ya mencionamos para el caso de análisis estadísticos que es posible -- formar la estadística y probabilidades de desgaste y establecer vidas útiles promedios de piezas y conjuntos, sin embargo al llegarse el tiempo estadísticamente aceptado, no contamos con la certeza de que sea indispensable en ese momento realizar la reparación o cambio del conjunto.

Oportunamente algunos fabricantes de equipo pesado para la -- construcción han ideado un SERVICIO DE MUESTREO PERIODICO DEL LUBRICANTE, con el fin de preveer y minimizar las fallas de - motores, transmisiones y mandos finales.

Así, gracias a éste exámen del interior de la máquina se podrán corregir las irregularidades antes de que se conviertan en problemas graves.

Algunas de las ventajas del muestreo periodico del lubricante son las siguientes:

1. Al obtener datos MAS EXACTOS sobre la condición del equipo se podrá decidir si deben comenzar una nueva obra con las máquinas en el estado en que se hallan.

2. Advierte cualquier deficiencia en el mantenimiento. Es - decir se puede estar haciendo algo erróneo en lo que tie - ne que ver con los cambios y el tipo de lubricantes a - usar en el mencionado conjunto y consiguientemente, hacer las mejoras necesarias al sistema.
3. Eleva la vida útil de los componentes, pues percibe los - primeros indicios de desgaste excesivo. De modo que pode - mos programar un cambio inmediatamente y evitar paros en - el servicio de la máquina; en caso contrario, aunque el - análisis estadístico nos indique que ya es el tiempo de - reparación pero el análisis de muestreo no detecta desgas - te de consideración, entonces el componente sigue funcio - nando.
4. Se pueden planear los períodos de inactividad basada en - datos que revela la tasa de desgaste. Este a su vez tie - ne las siguientes ventajas:
 - a) Mayor disponibilidad de las máquinas y reducción de - costos de posesión y operación.
 - b) Los costos de operación se mantienen bajos debido a - que se pueden hacer las reparaciones antes de que ha - yan serios desperfectos.

Brevemente indicaremos la forma en que se efectúa el muestreo periódico del lubricante:

Cada pieza móvil de una máquina tiene un índice normal de des - gaste, a medida que se desgastan los componentes, las partícu - las microscópicas de metal que no retienen los filtros se mez - clan con el lubricante. La medición de la cantidad relativa - de éstas partículas microscópicas revela el índice de desgas - te de la máquina. La cantidad relativa de éstas partículas - provenientes del desgaste es posible medirlas ~~mediante un es - pectrofotómetro de absorción atómica~~, el cual se basa en el - principio de que los átomos de cada elemento absorben luz tan sólo de una longitud de onda específica. El instrumento se - regula para que emita y detecte luz de la longitud de onda de cada uno de los cinco elementos que se estudian: cobre, alumi - nio, hierro y silicio.

Se sitúa un quemador entre la fuente de luz y el dispositivo - detector y, mediante un tubo, se somete la muestra a la ac - ción de la llama y se produce la separación de los átomos.

Los átomos libres pasan al rayo de luz, y entonces se mide la luz que absorben. La cantidad de luz que absorben es proporcional al número de átomos en la llama, y esto depende, a su vez de la cantidad de cada uno de los elementos en la muestra del lubricante.

~~El hierro generalmente revela desgaste en la bomba del lubricante, en el cigüeñal y en las camisas de los cilindros.~~

El cromo muestra el desgaste de los anillos, de los pistones, de los cojinetes y en algunos motores, de los vástagos de las válvulas.

El cobre indica el desgaste de los cojinetes de empuje, la entrada del agua de los enfriadores y el desgaste de la transmisión, y de los discos de la dirección.

El aluminio indica el desgaste de los pistones ó de los cojinetes.

El silicio evalúa la entrada de tierra.

Dentro de los diagnósticos de campo uno de los más confiables ~~es la prueba de gota.~~ Esta prueba es una forma práctica para determinar el comportamiento de operación de un motor de combustión interna y también de establecer el período de cambio del aceite con el fin de obtener el rendimiento del mismo. Es decir tener un aceite y mantenerlo sin perder sus características propias como lubricante.

Esta prueba consiste sencillamente en obtener una muestra, -- después de equis horas de operación a partir del último cambio de aceite, se saca la bayoneta de medición y se deja caer una gota del aceite en el centro del papel especial.

Siempre se debe sacar la muestra con el motor operando, ó inmediatamente después que se haya parado. Es muy importante - que al depositar la gota de aceite en el papel especial, éste esté sostenido por los extremos, sin ningún objeto de apoyo - en la cara inferior, lo cual evitaría la absorción correcta - de la gota.

Con ésta muestra podemos observar cuatro aspectos:

1. Si hay detergente en el aceite.

2. Acumulación de contaminantes en el aceite
3. Dilución por combustible
4. El estado mecánico del motor.

La base de la evaluación de este tipo de prueba es la comparación de los resultados obtenidos en las pruebas anteriores -- del mismo tipo de aceite, y del mismo motor, contra los resultados de la prueba que se está efectuando.

Entre dos pruebas consecutivas que difieren grandemente entre sí, son aviso de que la operación es anormal y las causas de ésta deberán investigarse y corregirse de inmediato para evitar problemas posteriores.

Es difícil tratar de establecer una guía fija para las manchas de aceite obtenidas por la prueba de gota, ya que cada tipo de motor tiene características propias, aún dentro de la misma marca. Influyen también grandemente las condiciones -- del motor, el tipo de trabajo que está efectuando y los hábitos del operador.

Ventajas que se obtienen con la prueba de gota:

1. Una de las ventajas es que el Departamento de Mantenimiento puede llevar un registro de cada motor, así comparando la última prueba con pruebas anteriores, se puede determinar el estado mecánico en que se encuentra el motor pudiendo planear la revisión y/o reparación de los mecanismos con toda oportunidad.
2. Otra ventaja es establecer el control de períodos de cambio de aceite, cualesquiera que sean las condiciones de trabajo de la máquina.
3. También se determina si hay dilución en el aceite -- que se está utilizando para poder investigar las causas y corregirlas de inmediato.

GUIA PARA PROGRAMAR REPARACIONES MAYORES (HORAS-HOROMETRO)

| | Vida Util | (1) Motor | (2) Tránsito | (3) Mandos Finales* | (4) Trans. Hid. ó Hidrósta- ticas. | (5) Dif. | (6) Mec. Lev. y Viraje | (7) Otros | Nombre del Mecanismo. |
|------------------------------|------------|--------------|-----------------|---------------------------|---|-------------|------------------------------|--------------|--------------------------|
| Tractores de Orugas | 12000 hrs. | 6000 | 3000 | 6000 | 6000 | | | 6000 | Sist. Hidráulico |
| Tractores Ruedas | 12000 " | 6000 | | 6000 | 6000 | 6000 | | | |
| Cargadores de Orugas | 14000 " | 6000 | 3500 | 6000 | 6000 | | | 6000 | Sist. Hidráulico |
| Cargador S/Neumáticos | 14000 " | 6000 | | 6000 | 6000 | 6000 | | 6000 | Sist. Hidráulico |
| Aplanadoras Estáticas | 16000 " | 7000 | | | 7000 | | | | |
| Compactadores Vibratorios | 12000 " | 6000 | | | 6000 | | | | |
| Motoconformadoras | 14000 " | 7000 | | | 7000 | | | 7000 | Tándem |
| Grúas sobre Ruedas | 14000 " | 7000 | | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | Sist. Hidráulico |
| Excavadoras de Orugas | 12000 " | 6000 | 6000 | | | | 6000 | 6000 | Sist. Hidráulico |
| Camiones Volteo Pesado | 15000 " | 5000 | | 5000 | 5000 | 5000 | | 5000 | Sist. Hidráulico |
| Motoescrepas autopropulsadas | 15000 | 5000 | | 5000 | 5000 | 5000 | | 5000 | Sist. Hidráulico |
| Plantas Eléctricas | 16000 | 8000 | | | | | | 8000 | Generador |
| Compresores Rotatorios | 14000 | 7000 | | | | | | 7000 | Unidad Comp. |
| Compresores Reciprocantes | 16000 | 8000 | | | | | | 8000 | Unidad Comp. |

NOTA: Estas recomendaciones se hicieron considerando un uso normal del equipo, en condiciones extremas, la duración de los componentes se reducirá hasta en un 25%.

I INTRODUCCION

Anteriormente se consideraba que el Taller era el lugar - en donde se llevaba a cabo un mantenimiento rudimentario y las reparaciones obligadas por paro de maquinaria, era un mal inevitable al cuál había que hacerle frente de la manera menos costosa posible.

Por lo anterior, para escoger un Taller se seleccionaba - cualquier tipo de bodega, la que medio se adaptaba para - protegerse de las inclemencias del tiempo. En ella se - contaba con escasas herramientas de mano, por lo que los - mecánicos siempre tenían que recurrir a su ingenio para - poder llevar a cabo los trabajos más variados.

A medida que los adelantos técnicos han avanzado, mecani- zando en forma notoria los trabajos de construcción y per- mitiendo mayor volumen de obra, también han mejorado los - programas de servicio par parte de los proveedores y como consecuencia natural, la mayoría de las empresas construc- toras se han dado cuenta de la importancia que tiene el - conservar sus equipos en condiciones de trabajo el mayor - tiempo posible, mediante un eficaz mantenimiento preventi- vo y reparaciones oportunas.

Las empresas constructoras actualmente están concientes - de que sus equipos necesitan atención ininterrumpida des- de el momento de su adquisición. Se puede decir que es- tán obligadas a disponer de instalaciones y sobre todo de talleres apropiados y previamente estudiados, que resuel- van en cualquier circunstancia los problemas de maquina- ria en forma efectiva.

Para la reparación de la maquinaria, las empresas cons- tructoras normalmente se apoyan en tres tipos de talleres

Talleres Centrales
Talleres de Campo
Talleres Externos (Ajenos a la Empresa)

TALLERES DE CAMPO

Podemos decir que existen dos tipos, que son:

Talleres móviles
Talleres Semipermanentes.

TALLERES MOVILES

Descripción.- Este tipo de talleres, son de gran ayuda en la conservación y mantenimiento del equipo.

Básicamente consiste en una adaptación de un vehículo a las necesidades propias de cada empresa, debe de estar dotado de las herramientas adecuadas e incluso llegar a disponer de --- equipos propios de un taller semi-permanente, puesto que de otra forma resultaría difícil transportarlos al sitio de operación de la máquina.

A continuación mencionamos los componentes de éstas unidades:

- 1 Vehículo
- 1 Planta luz 5 KVA
- 1 Equipo de oxiacetileno
- 1 Tornillo banco
- 1 Juego de autocle - 1-1/4. a 2-3/8 entrada 3/4
- 1 Juego de autocle - 3/8 a 1-1/4 - 1/2
- 1 Esmeril
- 1 Juego extractores mecánicos
- 1 Taladro
- 1 Tablero de presiones (manómetro y vacuómetro)
- 1 Estretoscopio
- 1 Compresómetro
- 1 Juego de llaves de impacto
- 1 Garrucha
- 1 Banco de trabajo.

VENTAJAS DEL TALLER MOVIL

Elimina el inconveniente de trasladar el equipo averiado al taller más cercano.

Ahorro en tiempo y gastos de fletes, desplazamiento de personal, refacciones, etc.

La ejecución de su mantenimiento en el mismo lugar de operación es posible con su empleo.

Su instalación requiere del empleo de un vehículo de uso común como camión ó camioneta.

Puede operar a grandes y cortas distancias según sean las condiciones existentes.

Su uso es recomendable para todo tipo de equipos, pero en especial al montado sobre orugas.

Pueden ser empleados en varias ocasiones y obras.

TALLERES SEMIPERMANENTES

Descripción.- Son locales fijos que se adaptan con anticipa-

54
ción, de manera que no se podrá desalojar antes de terminar -
cierta etapa constructiva ó profijada de antemano.

Una vez terminada ésta, el taller semipermanente podrá trasladarse a otra obra u otro frente de trabajo en donde proporcione atención a los equipos que lo requieran. Entre mayor sea la maquinaria pesada que requiera atención, mejor equipado deberá estar, llegando a un momento que sean autosuficientes para poder resolver los problemas ó reparaciones que se presenten.

También deberemos separarlo por áreas, siendo las siguientes:

Lavado
Reparaciones Diesel
Reparaciones Gasolina Soldadura
Electricidad
Soldadura
Engrase
Pintura

Este tipo de talleres debe ser montado en donde se considere el centro geográfico, por así decirlo, de los diferentes - -- frentes de trabajo de la obra.

APLICACION DEL TALLER SEMIPERMANENTE.

Será en la concentración de los equipos en la realización de trabajo tales como presas, minas, bancos de materiales, plantas de producción, etc. Mientras la movilidad influye en las obras en que los equipos se puedan desplazar con facilidad, ó bien de equipos montados sobre neumáticos.

Su labor se puede resumir en dos aspectos:

- a) Se puede dedicar a efectuar todo tipo de reparaciones a los equipos, ó bien reacondicionar los equipos.
- b) El mantenimiento en sí de los equipos que nos recomienda el fabricante de los equipos en los períodos que por su experiencia ellos recomiendan.

En éste tipo de taller, cuando se dispone de un número considerable de equipo en donde la Gerencia de una empresa demuestra si está ó no dando todo su apoyo a la conservación y mantenimiento de sus máquinas.

Son todos aquellos talleres que existen en México y que no -- pertenecen a la Empresa.

Es importante conocerlos puesto que estos talleres auxilian a la empresa para reparar todo aquello que en los talleres propios no es posible atacar, ya sea por carecer de equipo para hacerlo ó por no tener suficiente capacidad en determinado momento.

También son utilizados para efectuar trabajos cuya realiza---ción no es costeable se lleve a cabo en los talleres de la empresa.

Existen talleres especializados en reparar ciertas marcas de--máquinas (Caterpillar, G.M., etc.), taller donde reparar in--distintamente cualquier máquina ó conjunto y aquellos que se--dedican exclusivamente a algún tipo de reparación (motores, -marchas, etc.).

IV.- CONTROL DE MANTENIMIENTO EN OBRA

El control de mantenimiento que se efectúa a la maquinaria y equipo de construcción en obra, tiene tanta ó más importancia que el mismo mantenimiento.

Tiene como objetivo, optimizar los recursos utilizados para llevar a cabo la función propia al mantenimiento; es decir, que dichos recursos no sean malgastados. Teniendo en cuenta que se puede estar gastando por arriba o por debajo del nivel óptimo.

Siendo el mantenimiento indispensable para conservar en condiciones óptimas de trabajo a todas y cada una de las máquinas que se encuentran en Obra, se debe proceder a estudiar cómo coordinar la producción con los períodos en que debe parar cada máquina.

Lo anterior se basa principalmente en el programa de la obra a ejecutar; programa que sirve a su vez para elaborar uno que relaciona el trabajo a realizar en cada área de la obra con el equipo adecuado para ejecutar dicho trabajo, este se denomina "Programa de Utilización" (Ver anexo de Formas de Control).

Este programa es afinado por el departamento de Maquinaria llegando a ser el Programa maestro de utilización. (Es el mismo programa de utilización, pero adecuado al equipo requerido en la obra).

Maquinaria se encarga de surtir el equipo programado en la fecha prevista; cuando exista algún cambio en los programas y se requiera otra máquina, se utilizará la forma "Solicitud de Equipo"

Para efectos de control, cualquier envío de maquinaria irá acompañado con la Forma de Envío, de Control de Calidad, de Avalúo de Llantas, y al ser recibida se formula la de Recepción de Equipo.

Todas éstas formas se envían a la obra destinataria, quedando se copia en la obra consignataria. (Obra ú Oficina Matriz, según sea el caso).

Cada máquina debe llegar a obra con sus documentos:

1. Bitácora de Mantenimiento, Catálogo de Partes y Manuales de Operación.

En caso de ser zona libre ó fronteriza:

2. Factura ó Pedimento Aduanal.

El control de Mantenimiento empieza al conocerse el plan general de la obra. Un paso importante constituye el tener el -- programa Maestro de Utilización, pero esto nada significa si no conocemos o sabemos a qué y a cuál equipo se le debe dar -- mantenimiento.

Cuando se conocen las condiciones de arriba a obra de una máquina, se pueden planear eficazmente los servicios y cambios de los elementos de desgaste, prevenir el mantenimiento correctivo menor, que según experiencia, sea necesario y programar el mantenimiento correctivo mayor que será efectuado en -- el Taller Central.

Este mantenimiento correctivo mayor es programado y discutido con Oficina Matriz para su aprobación (Programa de Reparaciones Mayores). La obra se encargará de utilizar bien la máquina hasta la fecha programada de su reparación mayor. Cual--- quier adelante a ésta fecha se considerará como responsabilidad de Obra.

Cuando se acerque la fecha de una reparación mayor, será solicitada a oficina matriz por medio de la forma correspondiente La solicitud es tomada como una confirmación del envío a Taller Central de dicha máquina y será liquidada (uso de la reserva de mantenimiento).

Los conceptos que deben ser controlados exhaustivamente por -- Obra son el Mantenimiento Correctivo Menor (Taller Mecánico) -- y el Mantenimiento Preventivo. Dado que las reparaciones mayores son efectuadas en el Taller central no es tan importante su control por Obra.

Los conceptos anteriores, Taller Mecánico y Mantenimiento Preventivo, nos proporcionan la seguridad y continuidad en la -- producción de cada máquina.

Es importante hacer incapié sobre el punto de optimizar los -- esfuerzos, ya que si no se le dan importancia debida a estos -- conceptos, la obra puede sufrir de "Máquinas Paradas" y su -- costo respectivo.

Todos los costos en que se incurren son controlados en un -- "Cuaderno Mensual de Maquinaria" (Se anexa el Índice de dicho cuaderno).

CUADERNO MENSUAL DE MAQUINARIA C.P.CONTENIDOI. PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO

- a) Solicitudes
- b) Rentas

II. REPORTE DE HORAS

- a) Trabajadas
- b) Reparación
- c) Ociosas

III ANALISIS DE COSTOS HORARIOS DEL EQUIPO

NOTA: Favor de pasar los siguientes datos en el costo del taller.

- a) Operación (Obra de mano)*
- b) Consumos *
- c) Herramientas
- d) Equipo Auxiliar

IV INVENTARIOS FISICOS DE MAQUINARIA
-----V REPARACIONES MAYORES : (CUADERNO RESUMEN)*

- a) Programas
- b) Solicitudes
- c) Liquidaciones

VI REPORTE DE LABORATORIO, ANALISIS DE ACEITE *
-----VII ALMACEN DE REFACCIONES *

- a) Saldos Mensuales
- b) Pedidos pendientes
- c) Inventarios (cada 6 meses: Sep., Marzo, Septiembre)

VIII CONTROLES DE CALIDAD *

- a) Equipo enviado
- b) Equipo recibido

IX INFORMACION TECNICA FALTANTE *

- a) Catálogos y Manuales
- b) Bitácoras
- c) Varios

* Conceptos que son usados para controlar el manteni-
miento.

Fase importante es el mantenimiento preventivo, el cual tiene su mejor representación por las Camionetas de Mantenimiento.- Estas camionetas están equipadas con todo lo necesario para realizar un ajuste en el campo: herramienta, compresor de aire y planta de generación de energía eléctrica.

Se tienen además otros apoyos tales como el taller móvil, que es lo mismo que una camioneta de mantenimiento, pero con el espacio suficiente para reparar sobre el camión, ya que generalmente se utiliza un camión de plataforma para adaptarlo como taller móvil; y como las camionetas de engrase y lubricación las que efectúan su trabajo en el sitio en que se encuentra la máquina.

El Mantenimiento Predictivo resulta tan interesante o más que el preventivo, ya que se lleva a cabo con una tecnología más desarrollada.

Se tienen dos métodos para la realización de éste tipo de trabajo; el primero es el LABORATORIO DE DIAGNOSTICO en el cual se analizan los elementos en suspensión en los aceites lubricantes, mediante un Espectro-Fotómetro de absorción atómica, siendo necesarias las pruebas de dilución de combustible y agua y la viscosidad del aceite.

Por estas pruebas es posible predecir el grado de desgaste de una pieza determinada del conjunto al cual se analizó el aceite lubricante.

El otro renglón, lo forma el personal, el equipo y las camionetas de diagnóstico. El equipo está compuesto por una serie de aparatos montados en una camioneta con la que se va al lugar donde se encuentra trabajando una máquina y ahí mismo se le analizan sus presiones, temperaturas y otros factores que indican el estado general de la máquina.

Este tipo de gentes (Ingenieros y Mecánicos) elaboran un programa de atención a todas las obras y cuando se encuentran en la obra programada, en una fecha dada se juntan con los Ingenieros de obra para programar, máquina por máquina, la atención a ésta obra.

Cada máquina es analizada en su turno y se elabora un reporte de dicho análisis el cuál, sirve para confirmar el estado físico y mecánico en que se encuentra cada máquina. Este reporte será información importante para los coordinadores de maquinaria, para los ingenieros de obra y para afirmar o desmentir el chequeo que se lleva a cabo por medio del análisis del aceite por el Laboratorio de Diagnóstico

Se anexan a continuación las formas utilizadas en el sistema del Control del Mantenimiento; además, ejemplos de Manuales de Operación, de Mantenimiento y de Catálogo de Partes.

Se anexa también una serie de diagramas que explican el funcionamiento del sistema siendo:

- | | |
|----------------|---|
| Diagrama No. 1 | Programación del Mantenimiento |
| 2 | Control del Mantenimiento; Conceptos y Relaciones |
| 3 | Formación del Cuaderno Mensual de Maquinaria. |
| 4 | Laboratorio de Diagnóstico |
| 5 | Diagnóstico por Aparatos-Camionetas |
| 6 | Las formas y sus relaciones. |

V.- BITACORAS DE MANTENIMIENTO

Las bitácoras de mantenimiento son cuadernos o libros de registro donde se anotan todos aquellos datos o información importante por cada máquina, cuyo objetivo es conocer las características, (Marca, Modelo, Serie, Tipo, Capacidad, Dimensiones, etc.) Servicios Efectuados, Incidentes de Operación o Mantenimiento, Síntomas, Horas Trabajadas, Tiempos de Ocio, Tiempos de Reparación y Observaciones Diversas.

La hoja de control de servicios, cubre la operación de un año como mínimo y nos sirve para registrar diariamente la lectura del horómetro y el tipo de servicio realizado.

La hoja de Control General de Horas por máquina por mes, muestra en sus columnas el nombre de la obra el mes, la lectura del Horómetro Inicial y Final, las horas trabajadas durante el mes, las acumuladas en obra y el total de las horas trabajadas.

Se incluyen Hojas para Servicios de Mantenimiento cada 100, - 500, 1000..... etc./Horas y en cada uno de los períodos señalados, se consignan las operaciones de revisión y ajuste a efectuar a cada mecanismo de la máquina.

Generalmente son las mismas operaciones que recomiendan los fabricantes pero algunos las modifican o adicionan con la información o estadísticas que posean experimentalmente. Por último se incluye una forma de Control Mensual que nos muestra en sus columnas las horas trabajadas por turno, horas totales y tiempos improductivos o perdidos, ya sea por reparaciones o en ocio por diferentes causas, que se anotarán en la columna de observaciones.

Todos los registros mencionados tienen como finalidad el control del mantenimiento, operación del equipo, calidad de fabricación de máquina, calidad de mano de obra y modificaciones necesarias, que podemos denominar como Objetivo Técnico. Además proporcionan datos sobre costo de mano de obra, materiales y refacciones involucradas en las distintas operaciones de mantenimiento que sirve para evaluar la ventaja o desventaja del sistema empleado, así como para estudios de rentabilidad, Costos de Operación, o Reposición del Equipo, esto último podemos llamarlo el Objetivo Económico. Existen cartas de mantenimiento ("Bitácoras"), para algunas máquinas que son proporcionadas por el mismo Fabricante; desgraciadamente, la mayoría están en Inglés o en el idioma del fabricante.

A N E X O

" B I T A C O R A "

D E

M A N T E N I M I E N T O

por tal razón es necesario que la Gerencia de Maquinaria de la Empresa, en combinación con el fabricante o distribuidor de maquinaria correspondiente, elabore las Bitácoras de Mantenimiento adecuadas a su maquinaria, medio y tipo de control que necesite.

A continuación se da un ejemplo de una Bitácora de tipo general que se adapta a la mayoría de las máquinas de construcción. Para casos especiales, es mejor diseñar o utilizar cartas de mantenimiento específicas para el tipo de maquinaria en uso, - (Tractores de Oruga, Motoescrapas, Malacates, Locomotoras, etc).

Algunas sugerencias especiales hemos de hacer referente a las Bitácoras de Mantenimiento.

- 1.- Deben poseer información actual y verdadera.
- 2.- Debe haber un responsable de la actualización uso y conservación de las mismas.
- 3.- Deben acompañar, siempre a cualquier máquina.

(Ver Anexo "Bitacora")

INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LAS
CARTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- 1.- "Reporte del operador" (forma MP 1); Este reporte debe contener el informe acerca del estado físico de la máquina y lectura de norómetro, datos indispensables para la realización del mantenimiento preventivo.
- 2.- "Control de Servicios" (forma MP2); El secretario encargado del Departamento de Mantenimiento Preventivo, en la obra deberá vaciar diariamente en esta hoja de Control, las lecturas de horómetros que contiene el "Reporte del Operador"

Con base en esta hoja de Control, el secretario deberá formular el "Programa de Mantenimiento Preventivo" (forma MP 3), mismo que entregará al jefe de Maquinaria y al Jefe de Servicio, para su ejecución.

- 3.- "Programa Diario de Mantenimiento Preventivo" (forma MP 3); Como se dijo anteriormente esta hoja la formulará el secretario quien se encargará de ver con el Jefe de Servicio, que se lleve a cabo de acuerdo con la Carta de Mantenimiento correspondiente, la cual deberá ser llenada y firmada por el Jefe de Servicio y Vo. Bo. del Ing. de Mantenimiento correspondiente.
- 4.- "Carta de Mantenimiento" (El número de la forma varía de acuerdo con los tipos de máquinas a que corresponde).

En estas cartas se especifican todas las operaciones que es necesario realizar para darle a la máquina el Servicio que le corresponde.

A la derecha de cada hoja aparecen cuadros que deberán llenarse con la clave siguiente:

Servicio Ejecutado

Servicio NO Ejecutado (Anotaciones al Reverso)

El reverso de cada carta se deberá llenar con anotaciones importantes referidas al servicio efectuado, como por ejemplo: Medida de compresión del motor en los diferentes cilindros, piezas o partes que requieren cambio o ajuste o reparación, servicio que no se ejecutó y motivo o causa por lo que no se hizo, etc.

- 5.- "Control Mensual" (forma MP 4). Esta hoja deberá de -- llenarla el Secretario y prácticamente servirá como auxiliar en el mantenimiento.

SERVICIO DIARIO

- A.- Revisar Reporte del Operador
- B.- Motor
 - 1.- Revisar nivel de Aceite del Motor
 - 2.- Localizar fugas de aceite y corregir
 - 3.- Revisar temperatura de operación
 - 4.- Revisar tensión de las bandas.
- C.- Convertidor de Par y Transmisión
 - 1.- Revisar nivel de Aceite
 - 2.- Localizar fugas y corregir
 - 3.- Revisar temperatura y presión de operación
- D.- Sistema de Enfriamiento
 - 1.- Revisar mangueras y accesorios
 - 2.- Revisar nivel de agua
 - 3.- Revisar radiador y ventilador
- E.- Sistema de Combustible
 - 1.- Drenar tanque de combustible
 - 2.- Drenar filtros
 - 3.- Revisar y corregir fugas en el sistema
- F.- Sistema de Aire
 - 1.- Limpiar filtro de aire
 - 2.- Checar abrasaderas y apretar si se requiere
 - 3.- Revisar fugas de aire en el Sistema
 - 4.- Checar indicador (vacuometro)
- G.- Sistema Eléctrico
 - 1.- Revisar nivel de agua en baterías
 - 2.- Revisar funcionamiento del sistema generador, indicadores, luces, alambrado, motor de arranque, etc.
- H.- Sistema Hidráulico
 - 1.- Revisar nivel de aceite
 - 2.- Revisar fugas en el sistema
 - 3.- Checar su funcionamiento.

I.- Motor Auxiliar (Los que traigan)

- 1.- Revisar nivel de aceite
- 2.- Limpiar el purificador de aire
- 3.- Checar funcionamiento

J.- Mandos Finales y Carriles

- 1.- Revisar nivel de aceite
- 2.- Revisar fugas de aceite
- 3.- Revisar templado de las cadenas
- 4.- Revisar muelle estabilizadora.

SERVICIO DE 100 HRS.

- A.- Revisar Reportes de Operación () () () ()
- B.- Motor
- 1.- Cambiar filtros y aceite () () () ()
 - 2.- Corregir fugas () () () ()
 - 3.- Lubrique baleros del ventilador () () () ()
- C.- Convertidor de par y Transmisión
- 1.- Checar nivel de aceite () () () ()
 - 2.- Cambiar filtros y aceite a las 300 Hrs. () () () ()
 - 3.- Revisar tapón magnético (ver si tiene
samborebaba) () () () ()
- D.- Sistemas de Aire
- 1.- Revisar condiciones de elementos () () () ()
 - 2.- Limpiar elementos () () () ()
 - 3.- Revisar mangueras y abrazaderas () () () ()
 - 4.- Checar funcionamiento del indicador () () () ()
- E.- Sistema de Combustible
- 1.- Cambiar elementos de combustible () () () ()
 - 2.- Localizar y corregir fugas () () () ()
 - 3.- Drenar tanque de combustible () () () ()
- F.- Sistema de Enfriamiento
- 1.- Revisar nivel de agua () () () ()
 - 2.- Checar el anticorrosivo (si se usa) () () () ()
 - 3.- Revisar y localizar fugas de agua en:
radiador, mangueras y bomba () () () ()
 - 4.- Checar tensión de las bandas () () () ()
- G.- Sistema eléctrico
- 1.- Checar nivel de agua en las baterías () () () ()
 - 2.- Lavar y engrasar terminales () () () ()
 - 3.- Revisar generadores o alternador () () () ()
 - 4.- Checar funcionamiento del motor de
arranque, (en caso de tener de este
tipo) () () () ()

H.- Motor Auxiliar

- 1.- Cambio de aceite y filtro () () () ()
- 2.- Limpiar filtro de aire () () () ()
- 3.- Drenar tanque de gasolina () () () ()

I.- Sistema Hidráulico

- 1.- Revisar nivel de aceite () () () ()
- 2.- Revisar fugas y corregir () () () ()
- 3.- Checar funcionamiento () () () ()

J.- Tránsitos

- 1.- Checar templado de las cadenas () () () ()
- 2.- Inspeccionar desgastes anormales () () () ()
- 3.- Revisar nivel de aceites de mandos finales () () () ()

K.- Varios

- 1.- Apretar tornillería suelta () () () ()
- 2.- Lubricación general de la máquina () () () ()
- 3.- Revisar y ajustar si es necesario embragues direccionales () () () ()
- 4.- Revisar y limpiar respiraderos de mandos finales. () () () ()

SERVICIO DE 500 HRS.

- 1.- Revisar reporte del operador ()
- 2.- Lavar la unidad ()
- 3.- Cambiar agua del radiador, localizar y corregir fugas en: radiador, bomba de agua, mangueras, etc. ()
- 4.- Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de bandas y estado de las mismas reemplazarlas de ser necesario. ()
- 5.- Cambiar elementos de filtros de aire, revisar mangueras y apretar abrazaderas del sistema. ()
- 6.- Cambiar elementos de filtro de combustible, lavar tapones de los tanques, localizar y corregir fugas del mismo. ()
- 7.- Cambiar aceites y elementos de filtros del motor ()
- 8.- Revisar nivel de agua en la batería, limpiar y engrasar terminales, revisar tensión de bandas del alternado o generador, baleros de los mismos, revisar funcionamiento de motor de arranque. ()
- 9.- Revisar y drenar aceite del convertidor de tensión lavar filtros magnético y metálico del mismo. ()
- 10.- Cambiar aceite de la transmisión y elemento de filtro del mismo, lavar respiradero, cedazo y tapones. ()
- 11.- Revisar tornillería, sellos y mangueras de la transmisión. ()
- 12.- Cambiar aceite de la toma de fuerza, revisar ajuste de la misma, lubricar palancas. ()
- 13.- Revisar embragues direccionales si son de plástico cambiarlos ()
- 14.- Revisar aceite y elemento de filtro de mandos finales, reemplazar si es necesario ()
- 15.- Revisar y corregir ajuste de frenos de ser necesario ()

- 16.- Revisar ajuste de embrague de la dirección ()
- 17.- Revisar puente estabilizador, muelle y tacones ()
- 18.- Revisar tornillos tensor del tránsito, ajuste de bandas del mismo; ajustar baleros de las catari-
nas de tránsito ()
- 19.- Efectuar revisión general del tránsito, elaborar programa de reparación ()
- 20.- Apretar tornillería y tolvas sueltas ()
- 21.- Limpiar purificador de aire del motor auxiliar ()
- 22.- Revisar ajuste del embrague del motor auxiliar ()
- 23.- Calibrar bujías y platinos del motor auxiliar ()

SERVICIO DE 1000 HRS.

- 1.- Revisar reporte del operador ()
- 2.- Lavar la unidad ()
- 3.- Cambiar agua de radiador, revisar el sistema en cuanto a fugas en: panal, bomba y mangueras. ()
- 4.- Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de bandas y estado de las mismas-reemplazarlas de ser necesario. ()
- 5.- Cambiar elementos de filtro de aire, revisar mangueras y apretar abrazaderas. ()
- 6.- Cambiar elementos de filtro de combustible, lavar tanque y tapones del mismo, localizar y corregir fugas del sistema ()
- 7.- Cambiar aceite y elementos de filtro en motor, localizar y corregir fugas en el sistema ()
- 8.- Revisar nivel de agua, medir densidad limpiar y engrasar terminales de batería, revisar tensión de bandas de generador o alternador, cambiar bujes o baleros de los mismos, revisar funcionamiento del motor de arranque ()
- 9.- Efectuar afinación al motor, apretar cabezas y calibrar válvulas, revisar soplador o turbocargador. ()
- 10.- Cambiar aceite a la transmisión, lavar respiradero, cedazo y tacones. ()
- 11.- Revisar tornillería, sellos y mangueras de transmisión ()
- 12.- Cambiar aceite de la toma de fuerza ()
- 13.- Revisar cruceta de la toma de fuerza, ajuste de la misma lubricar palancas. ()
- 14.- Lavar tanque del hidráulico y caldera del mismo, cambiar aceite del sistema y sellos del filtro hidráulico ()

- 15.- Revisar luces y tablero de instrumentos, localizar cables y conexiones sueltas, reemplazar cables en mal estado. ()
- 16.- Revisar embragues direccionales, cambiar de ser necesario. ()
- 17.- Cambiar aceite y filtro de mandos finales. ()
- 18.- Revisar y corregir de ser necesario ajuste de frenos. ()
- 19.- Revisar ajuste del embrague de la dirección. ()
- 20.- Revisar físicamente puente estabilizador, muelle y tacones ()
- 21.- Revisar tornillo tensor del tránsito, ajustar baleros de las catarinas, revisar ajuste de las bandas del tránsito, formular informe del mismo. ()
- 22.- Revisar chasis, localizando y soldando fracturas, revisar equipo bulldozer y reparar lo necesario. ()
- 23.- Apretar tornillería y tolvas sueltas. ()
- 24.- Limpiar purificador de aire del motor auxiliar, revisar ajuste del embrague, ajustar y calibrar bujías y platinos en el mismo. ()

VI.- OTRAS FORMAS DE CONTROL.

A) De Operaciones

76

Un sistema de mantenimiento no es completo si no comprende un método para su control y evaluación.

Así es posible pensar en el Control de Operaciones con la ayuda de:

REPORTE DEL OPERADOR. Este reporte realizado diariamente debe incluir las horas trabajadas, los tiempos perdidos, - indicando sus causas; fallas presentadas, trabajo realizado y el frente de trabajo en que esté operando el equipo, indicándose el comportamiento de la máquina ante la adversidad de materiales que puedan hallarse.

Este reporte del operador a menudo se pasa por alto, no - tanto en el hecho de que éste sea llenado, sino en que alguna observación que esta persona esté haciendo, no se le dé la atención que se merezca y entonces pierde su valor - como detector de los problemas del equipo, ya que el operador mismo, quién al estar en contacto directo con la máquina puede escuchar ruidos anormales que deben ser analizados cuidadosamente por el Departamento de Mantenimiento y corregir el mal.

REPORTE DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y PROGRAMACION DE -- SERVICIOS. Este reporte incluye el Programa de Servicio-Semanal, es decir, el programa en el que van fijadas las - fechas ó tiempos previstos de iniciación y de terminación de actividades ó trabajo.

REPORTE DIARIO DE TRABAJO DEL PERSONAL MECANICO. Indica - los tiempos normales y tiempos extras dedicados a una ó - varias máquinas durante el día.

REPORTE DE CONSUMO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO. Es la - información que controla el personal de mantenimiento y - que tiene que ver con lubricantes, combustibles, filtros, partes de desgastes, etc., indicando la máquina que haya - consumido éstos.

B) De Costos.

La mayor partida de gastos de operación del equipo de mo-

Costo Total de Mantenimiento

$$\% \frac{\text{Costo de Mantenimiento del Equipo}}{\text{Costo de Reposición del Equipo}} \times 100$$

Este índice es indispensable para efectos de determinar - el tiempo de reposición del equipo.

vimiento de tierra es el costo de mantenimiento y reparaciones.

Durante un período de ocho años se puede gastar una cantidad equivalente al 100% del precio de compra para mantener éste equipo; bajo condiciones severas, esta suma se puede llegar a gastar en sólo tres o cuatro años.

Sin embargo los costos para una máquina en particular pueden mostrar un patrón irregular. Este es el resultado de reparaciones mayores o reparaciones costosas de conjuntos tales como: carriles, motores y transmisiones, lo que ocasiona altos costos en el año en que ocurre. Por ésta razón es importante que los usuarios de maquinaria lleven un registro completo de los costos de cada máquina en particular.

Este control de costos es el elemento básico para operar cerca del nivel óptimo del mantenimiento.

Para llevar un buen control de costos es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Unificación de Criterios. Con esto queremos decir que se necesita definir claramente los conceptos de los costos para poder clasificarlos; a menudo se confunde lo que puede ser un material de consumo con una refacción ó un material simplemente, ejemplo: Filtros, soldaduras, estopa.

El usuario será responsable de definir el criterio.

2. Diseño del sistema contable adecuado al tamaño de la obra. Esto fundamentalmente se aplica al diseño de los reportes ó formas para la integración de los costos, incluyendo los conceptos anteriores.
3. Reportes de Costos a diferentes niveles. El Departamento de Mantenimiento es quién llevará el Control de Costos por máquina, esta información deberá reportarse: Al Departamento de Maquinaria para sus juicios y evaluación del equipo, así como también poder realizar los reemplazos de una manera más tecnificada; al Departamento de Planeación de obras civiles para que éste pueda incluir los resultados de los costos horarios de las máquinas y proceder a los cálculos de costos de producción y considerar ésta información real para los presupuestos de la construcción de obras futuras.

Por último también debe enviarse estos reportes a la Gerencia, para que en función de la política de la compañía sea ésta quien haga los juicios finales en cuanto a la efectividad de los sistemas, tanto de mantenimiento como de utilización del equipo.

C) De Resultados.

Ya decíamos que un sistema de mantenimiento no es completo si no comprende un método para su evaluación; existen métodos empíricos y métodos racionales para la evaluación de un sistema: los primeros se basan en la observación del objetivo inmediato y los segundos en el objetivo básico.

Métodos Empíricos.

Estos métodos son recomendables, pues aquí lo más importante es revisar periódicamente el trabajo de mantenimiento para determinar el tiempo muerto del equipo, instalaciones, etc., comparándolo con el tiempo de utilización en ese período. Se puede agregar el costo de la mano de obra, el costo de materiales, el costo del tiempo muerto del personal de mantenimiento, el porcentaje del trabajo de emergencias en relación con el total.

El registro de los datos tales como tiempo muerto del equipo, tiempo de utilización, tiempo muerto del personal de los diversos departamentos, por causa de mantenimiento, etc., puede hacerse mediante TABLAS ó CUADROS, mediante GRAFICAS ó ambas cosas.

La técnica más eficaz para aplicar los métodos empíricos consiste en llevar el registro de lo indicado anteriormente en forma gráfica, las cuales, analizadas, permiten observar las tendencias y proporcionan información valiosa para la toma de decisiones.

La presentación gráfica tiene la ventaja, sobre la presentación en forma de cuadros, de la objetividad; los hechos o características importantes se advierten con mayor facilidad.

La evaluación del sistema de mantenimiento se hace por comparación es decir tomando como patrón determinado período del tiempo del pasado y midiendo con él los sucesivos períodos.

Cuando durante un período ciertas características del sistema de mantenimiento mejoran mientras que otras empeoran, como sucede generalmente, es necesario establecer un criterio para determinar si al final de cuentas el mantenimiento mejoró ó empeoró; dicho criterio debe ser económico, de carácter estimativo normalmente.

Métodos Racionales.

Este método es el comúnmente llamado Método de Índices, y a continuación daremos algunos de los cuales pueden ser representativos, indicando que algunas empresas han desarrollado sus propios índices:

Eficiencia Administrativa de Mantenimiento.

$$\% \frac{\text{Horas-Hombre Extra}}{\text{Horas-Hombre Total}} \times 100$$

Este índice fácilmente nos detecta la cantidad de tiempo-extra que estamos empleando en el mantenimiento.

Cobertura de Mantenimiento Preventivo

$$\% \frac{\text{Horas empleadas en Mantenimiento Preventivo}}{\text{Horas totales de trabajo de la máquina}} \times 100$$

Este nos informa el tiempo llevado en realizar el mantenimiento preventivo en relación con las horas de producción del equipo

Efectividad de Mantenimiento

$$\% \frac{\text{Horas-Hombre en Mantenimiento Correctivo}}{\text{Horas-Hombre en Mantenimiento Preventivo}} \times 100$$

Este índice refleja la cantidad de tiempo invertido en emergencias, en relación con el total de mantenimiento programado.

Costo de Mantenimiento Correctivo

$$\% \frac{\text{Costo de Mantenimiento Correctivo}}{\text{Costo total de Mantenimiento (Predictivo + Preventivo + Correctivo)}} \times 100$$

Aquí se observa lo que cuestan las emergencias en relación con el costo de mantenimiento.

VII.- PLANTILLAS BASICAS DE PERSONAL

Se entiende por plantilla básica de personal aquella compuesta por un grupo mínimo de personas cuya actividad y capacidad individual permita que la empresa logre sus objetivos primordiales.

Se entiende además que este personal sirve de base para conseguir y entrenar personal adicional de acuerdo con los requerimientos de trabajo.

En el caso de mantenimiento debemos contar con personal básico de:

1. Supervisión y control
2. Operadores de maquinaria
3. Mecánicos de taller. (Especialidades según se requiera).
4. Lubricación
5. Electricistas corriente continua y alterna
6. Soldadores
7. Mecánicos de campo (Mantenimiento Preventivo)

CLASIFICACIONES:

Es costumbre clasificar al personal calificado de mantenimiento de maquinaria de acuerdo a su especialidad, en la siguiente forma:

1. Superintendente de maquinaria o jefe de maquinaria
2. Intendente, sobrestante de maquinaria o supervisor
3. Mecánico "A" ó Universal
4. Mecánico "B" ó Especializado
5. Mecánico "C"
6. Ayudantes
7. Operador Universal en operador maestro
8. Operador de máquina específica
9. Ayudante.

DEFINICIONES:

1. El Superintendente de maquinaria es generalmente un Ingeniero Mecánico experimentado, cuyas funciones básicas son
 - a) Supervisión de mantenimiento y operación del equipo.
 - b) Administración de mantenimiento
 - c) Planeación de mantenimiento e instalaciones

- d) Selección de personal
- e) Capacitación del personal

2. Sobrestante ó Supervisor.- Es el contacto entre los operadores y mecánicos, así como con Sobrestantes de construcción y el Superintendente de maquinaria en obra.

Dirige, supervisa y auxilia en las reparaciones y mantenimiento del equipo generalmente es un mecánico especializado, con mucha experiencia, dotes administrativos y de liderazgo con el personal.

De la buena selección y preparación que se haga con ésta persona depende en mucho la eficiencia del equipo en una obra. Debe ser un técnico mecánico con conocimiento en motores diesel, eléctricos, neumáticos, transmisiones hidráulicas e hidrostáticas, plantas de trituración y asfalto, etc. Así como en operación básica de equipo pesado.

No debe ser reacio a programar su trabajo y debe saber elaborar informes y reportes al Superintendente.

3. Mecánico "A".- Un trabajador o empleado clasificado como "A", es aquella persona que está altamente capacitada y experimentada en el mantenimiento, reparación y reconstrucción de la mayoría de los equipos de construcción o que cuando menos es especialista en mantenimiento, reparación de equipo de construcción y quien no necesita inmediata supervisión para el funcionamiento exitoso de sus deberes. Generalmente es una persona con más de 15 años de experiencia en el ramo y cuando menos 5 años en el campo, con la empresa actual.
4. Mecánico "B".- Es un mecánico diestro en el mantenimiento, reparación y reconstrucción de la mayoría de los equipos de construcción pero no en forma tan satisfactoria como el de clase "A". Generalmente no necesita supervisión en los trabajos de campo y cuenta con más de 5 años de entrenamiento y práctica en el campo.
5. Mecánico "C".- Es un mecánico técnicamente capaz pero que necesita mucha supervisión por su falta de experiencia.
6. Ayudante.- Puede ser un estudiante de alguna especialidad a fin, o recién egresado de una escuela técnica. Como su nombre lo indica ayudará en todas las labores de lim-

pieza, desensamble, suministro de piezas y armado a los -
mecánicos experimentados que así lo requieran.

NOTA: En las especialidades de electricidad, soldadura
equipos neumáticos, gasolina, etc.

Se puede usar el mismo criterio de calificación.

CURSO DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

" D I S C U L P A S "

Noviembre de 1977.

Ing. José R. Lozano

" D I S C U L P A S "

=====

Desde que se comenzó a utilizar equipo para la construcción, - se ha establecido que la correcta conservación de ese equipo - marca la diferencia entre el éxito y el fracaso de una empresa - ésta premisa es particularmente cierta en ésta época en que - los precios de los equipos y sus refacciones se elevan día -- con día en forma y proporciones que nunca llegamos a imaginar en efecto, en el año de 1972 un tractor Caterpillar D8H equipado con cuchilla recta y desgarrador de un diente valía - -- \$ 990,000.00 mientras que al 20 de diciembre del año pasado - se nos cotizó un tractor D8K con los mismos equipos en - - -- \$ 3'788,000.00; es decir que en algo menos de cinco años el - valor de la máquina aumentó en un trescientos por ciento.

Se me dirá, especialmente si entre el auditorio se encuentra algún vendedor de maquinaria, que no estoy haciendo una comparación correcta ya que no se trata de dos máquinas iguales, - puesto que el tractor D8K tiene 30 caballos de fuerza más que el D8H, pesa una tonelada y media más y está equipado con carriles lubricados; sin embargo, la diferencia en potencia y - productividad de la máquina nueva no es suficiente para compensar las grandes diferencias en costo de operación pues además de la diferencia en precio, de cinco años a la fecha el - salario mínimo y por consiguiente los salarios de los operadores, han aumentado en un 160% y el precio de combustibles, lubricantes y en general todo el material de consumo y refacciones há aumentado también muy considerablemente de manera que para que las mejoras de los nuevos modelos llegaran a compensar esas alzas en los costos de operación, sería necesario -- que dichos modelos fueran dos o más veces más eficientes que los modelos de hace cinco años, cosa que desde luego sabemos que no sucede; así pues, para desempeñar un determinado trabajo necesitamos ahora desembolsar dos ó tres veces más que hace cinco años.

No tenemos a la vista nada que nos haga pensar en un cambio - de ésta situación; por el contrario, la grave escasez de energéticos y la carencia de materias primas que el mundo está padeciendo no puede dejar otra alternativa que nuevos y mayores aumentos en los precios y en consecuencia no tenemos otro camino que el tratar de compensar tales alzas sacando mayor - provecho de nuestros actuales equipos buscando que se conserven en perfecto estado de trabajo por más tiempo, con menos - paralizaciones, menor consumo de refacciones y menos desperdicios que tanto inciden en los costos.

En términos generales y como promedio podemos pensar que en la mayoría de los trabajos de construcción pesada, por cada peso de obra estimada, de ochenta a ochenta y cinco centavos se hicieron con equipo y solamente de quince a veinte centavos se hicieron con mano de obra y materiales de construcción. Ante todas éstas consideraciones nos preguntamos: ¿A quién corresponde vigilar que a las máquinas se les dé el debido mantenimiento y se operen en forma correcta para aumentar su rendimiento, disminuir paralizaciones, incrementar el tiempo de vida útil y conseguir costos de operación más bajos?

Indiscutiblemente que es en el Superintendente de la obra en quien recae la total responsabilidad de ese cuidado y mantenimiento puesto que si es el equipo la herramienta que le permite ejecutar del 80 al 85% de su trabajo, también debe ser el equipo quien absorba la mayoría de sus cuidados y atenciones, sin embargo, hartamente frecuente es encontrarnos con Superintendentes "de oficina" que no salen al campo y que si alguna vez lo hacen es tan solo para observar el avance de alguna cuadrilla de albañiles ejecutando obras secundarias que no le representarán nada en los resultados de la obra. ¿Cuál puede ser la causa de que nuestros Superintendentes actúen en una forma tan absurda...? . Simplemente el desconocimiento total del equipo que tienen en las manos, no lo conocen, no lo entienden y por consiguiente jamás se acercan a él y procuran evitarlo dejando su manejo y cuidado en manos del sobrestante, mecánicos y engrasadores que no solamente abandonan su mantenimiento sino que incluso lo operan en forma incorrecta acelerando su destrucción.

Esó sí, es denominador común de todos esos Superintendentes pretender justificarse a base de muy usadas y sabidas "Disculpas".

Si preguntamos la razón por la que una máquina está trabajando tirando el agua del radiador se nos responde de inmediato: "~~La vamos a arreglar el domingo.~~" tengo establecido el sistema de hacer los servicios de mantenimiento los domingos por que así no se pierde tiempo de trabajo... obviamente ese Superintendente es un iluso si piensa de veras que su mecánico, después de haber trabajado toda la semana va a poder ejecutar las debidas labores de mantenimiento a toda una flotilla de máquinas en la mañana del domingo y auxiliado solamente por dos o tres ayudantes ignorantes y las más de las veces crudos y desvelados, naturalmente que no puede ni siquiera cambiarles aceite y filtros mucho menos corregir fallas que en la mayoría de las veces ni siquiera le reportan, así que aquella máquina que vimos tirando el agua del radiador habrá de seguir

igual no por unos días como el Superintendente supuso sino - por varias semanas, al estar roto el radiador el sistema de - enfriamiento no puede trabajar a mayor presión que la atmosférica, en consecuencia el agua hervirá y se convertirá en vapor que se aloja en las partes altas de las cámaras de enfriamiento formando trampas hidráulicas que impiden la correcta - circulación del refrigerante y dando lugar a puntos calientes que acaban por provocar la rotura de las cabezas, es entonces cuando forzosamente habrá que parar la máquina y arreglarla - con todo el disgusto del Superintendente que nos dirá indignado "Todas las máquinas que me mandan son viejas y se descomponen a cada rato...".

Otras veces las máquinas resultan muy aguantadoras y duran mucho tiempo trabajando en adversas condiciones sin "tronarse", el operador se acostumbra a esa situación y simplemente se limita a estar reponiendo el agua perdida "cuando se acuerda" y lo hace utilizando del agua disponible, el charco más cercano aguas sucias, cargadas de sales atacan las camisas y paredes de las cámaras de enfriamiento, además las burbujas de aire - contenido en el refrigerante golpean las partes atacadas desprendiendo las costras de óxido hasta la perforación total de la camisa o paredes del block... la reparación es todo un ajuste completo de motor que además de lo muy costoso mantendrá paralizada la máquina quizás por mucho tiempo pues es muy probable que el distribuidor local no tenga todas las piezas requeridas y se necesite importarlas.

Si observamos que la rueda guía o la catarina de un tractor se están gastando incorrectamente y preguntamos al Superintendente la causa por la que no ha ordenado que se corrija el desalineamiento de los carriles de la máquina nos contestará: ~~no~~ ~~hemos podido revisar la máquina porque ha habido muchísimo~~ ~~trabajo~~... es necesario terminar tal parte para cerrar la estimación... pasa el tiempo, se terminan las obras que se requerían y se ejecutan muchas otras sin que nadie se vuelva acordar del estado en que estaba trabajando aquella máquina - hasta que llega el momento en que se revienta un eslabón de la cadena y la máquina se desbanda... entonces nos damos cuenta de que al trabajar la máquina desalineada se provocaron - fricciones extraordinarias y desgastes imprevistos que dieron por resultado la total destrucción de cadena, rodillos, guía y catarina... algo que también habrá de encender la furia del Superintendente al enterarse del costo de reposición de tales piezas tal vez cercano al medio millón de pesos.

Si preguntamos la causa por la que ~~no se ha repuesto~~ la tolva protectora del tornillo tensor de un tractor se nos dirá que-

"Como ya se está acabando la obra ya se cortó el personal" y por eso no há sido posible hacer esa tolva... es casi seguro que esta disculpa provenga de la misma persona que meses antes, cuando la obra estaba en plena actividad nos argumento la anterior... cuando la obra está en ebullición no queremos parar las máquinas ni un solo minuto para atenderlas y cuando ya ha llegado la calma c ya se cortó al personal o ya no hay dinero y lo único cierto es que a las máquinas nunca se las atiende porque el Superintendente no entiende que toda máquina debe ser objeto de determinadas atenciones mínimas y jamás está dispuesto a proporcionarselas; si en ese tornillo tensor llega a acuñarse alguna piedra que impida su libre movimiento es muy probable que tengamos que padecer la rotura de la cadena, de la rueda guía o de los mecanismos del mando final, lo que dará pié para que el Superintendente vuelva a trinar contra las máquinas "viejas" que le han mandado.

¿Por qué no se han mandado apretar los tornillos de las zapatas de esa máquina?... es que "mi obra es muy chica y no aguan ta tener un mecánico que la atienda"... le voy a pedir al operador que él apriete esos tornillos, ... pero el operador ni tiene la herramienta necesaria ni tiene idea de cómo y qué -- tanto debe de apretar esos tornillos que vuelven a aflojarse abocardando los agujeros de la cadena y de la zapata e inutilizándolas... Nada hay más falso que ésta disculpa "mi obra es muy chica"... , si se decidió enviar equipo a una obra es porque resulta más económico ejecutar el trabajo con máquinas que a mano y el costo de operación de una máquina incluye, -- desde luego, su mantenimiento o sea los salarios del personal encargado de ejecutarlo y los materiales de consumo y refacciones requeridos... bien triste será la actuación de un Superintendente que pretenda obtener utilidades a base de negar el mantenimiento a su equipo, no obtendrá tales utilidades y si en cambio se acabará torpemente el equipo que se puso a su cuidado.

Se observan en la obra máquinas trabajando sin el tapón del depósito de combustible y al preguntar la causa se nos informa "apenas se perdió en el turno de anoche" y si dos semanas después volvemos a la obra todavía encontramos esa máquina trabajando sin tapón porque el Superintendente considera que no es necesario gastar dinero en algo cuya carencia no impide que la máquina trabaje... no entiende que la falta de -- ese tapón puede dar lugar a que entre polvo y contamine el -- combustible, provocando fallas y descomposturas del sistema de inyección muchísimo más costosas que el tapón cuyo costo se pretendió economizar.

Enseñar desde las aulas a los futuros Superintendentes habrá de redondear y complementar la magnífica labor de la comisión de Capacitación y se traducirá en un aumento notable de la -- productividad y desde luego de la remuneración y bienestar de todo el personal ligado al equipo.

"No lo arreglamos porque sólo iba a trabajar un par de días". sin embargo el trabajo se alargó más de lo previsto y ahora - nos damos cuenta de que el no haber colocado a tiempo un dien te del bote de un cargador frontal provocó la caída de otros- dientes y la total destrucción del labio y adaptadores, una - intervención a tiempo hubiera costado bien poco dinero y se - hubiera realizado en cinco minutos el no haberlo hecho requere- rirá ahora de mucho tiempo y alto costo para rehacer totalmen te el bote.

"La máquina está sucia porque no nos han surtido estopas pero siempre se le hacen los servicios de mantenimiento indicados" desgraciadamente este razonamiento es totalmente falso, no es posible que una máquina que a la distancia se ve sucia esté - siendo atendida; una máquina no se ensucia de un día para - - otro, primero, estando originalmente limpia, aparece una pri- mera fuga, si hay mantenimiento, el encargado de llevarlo a - cabo corregirá la causa de la fuga y limpiará la parte sucia, labor que le demandará quizás quince minutos o media hora pe- ro si no hay mantenimiento, si nadie ve la falla, a la vuelta de ocho días toda la máquina estará totalmente sucia y ni si- quiera será fácil distinguir por donde está la fuga.

Al observar una motoescropa trabajando con un llanta sensible mente baja preguntamos si se han verificado presiones encon- trando que el operador no tiene medidor de aire y el Superin- tendente nos explica: "esos medidores son muy caros y no se - les puede dar a todo mundo... en el almacén tenemos uno"... - efectivamente, el costo de ese medidor de presión de aire os- cila entre ciento cincuenta y doscientos pesos, cifra que al Superintendente le parece muy elevada mas no así los cincuen- ta y ocho mil pesos que vale una llanta de esa medida y que - se destruirá al rodarse baja, el total desconocimiento del -- equipo que está manejando hace que ese Superintendente actúe- en forma tan absurda.

Las máquinas estacionarias constituyen un problema todavía ma- yor que aquellas que se desplazan debido a que el Superinten- dente considera que las primeras pueden ser operadas por cual- quier persona; no se mueven; no hay por consiguiente peligro- de colisiones o vuelcos, no es posible atropellar a nadie y - en consecuencia el operador no necesita experiencia ni conoci- miento: no tiene que hacer nada... solo vigilar la máquina"... y manda como operador de compresor a una persona totalmente - ignorante y como nadie se preocupa por darle instrucciones de talladas de lo que tiene que hacer y atender simplemente lo - encontramos junto a la máquina en calidad de "velador"... por

supuesto que esa persona no se dará cuenta de ninguna falla - de la máquina y como además a ésta se le han desconectado los dispositivos de seguridad porque: "tan mucha lata"... cuando - menos lo esperemos habremos de enfrentarnos a una seria des--compostura que el Superintendente achacará a que "ya las má--quinas están muy trabajadas"...

Todos los que nos encontramos en contacto con el equipo escuchamos constantemente éstas y muchas otras "Disculpas" que -- nuestros Superintendentes nos ofrecen tratando de justificar-- el abandono en que tienen las máquinas a su cargo, sin embar--go su actitud, si no se justifica, cuando menos si se explica ya que nunca nadie les há hablado de lo que es una máquina, - cómo funciona, cuáles sus ventajas y limitaciones, cuales las condiciones en que son más eficientes y cuales las hacen in--costeables, que cuidados requieren y como pueden variar los - costos al aumentar o disminuir las paralizaciones; al cambiar el coeficiente de eficiencia en la operación y al variar el - tiempo de vida útil de una máquina.

La gran mayoría de los equipos que utilizamos en la construc--ción son de importación y en consecuencia la adquisición tanto de la máquina como de sus refacciones repercute adversamen--te en nuestra balanza, por ello es obligatorio que a toda cos--ta tratemos de aumentar la productividad de esos equipos y pa--ra lograrlo no creo que exista otro camino que la capacitación del personal encargado de operar y conservar esos equipos.

Ya se há dado el primer paso, la Cámara Nacional de la Indus--tria de la Construcción con la Asociación Mexicana de Distri--buidores de Maquinaria, A.C., han iniciado conjuntamente un - programa de capacitación para mecánicos y operadores de maqui--naria de construcción a través de la "Comisión de Capacita--ción para Operación y Mantenimiento de Maquinaria" mediante - dicho programa hábilmente dirigido por el Sr. Ing. Vicente --Saisó Sempere, se espera mejorar notablemente el promedio de--conocimientos del personal de maquinaria en todos los niveles pero dado que mientras que el Superintendente de construcción no esté convencido de la necesidad de atender sus máquinas po--co podrán hacer los mecánicos y demás personal a sus órdenes, quiero decir, que en el Décimo Primer Congreso Mexicano de la Industria de la Construcción, solicité, que dentro de sus con--clusiones finales se incluyera el solicitar y obtener de las--Autoridades Universitarias que en los planes de estudio de -- las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica se in--cluya, como materia obligatoria, la "operación y Mantenimien--to del Equipo de Construcción".



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

M O D U L O : I

MOVIMIENTO DE TIERRAS

METODO PARA LA SELECCION DE EQUIPO

AUTOR: ING. JOSE PIÑA GARZA

EXPOSITOR: ING. ESTEBAN FIGUEROA P.

MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPO

USO DE MODELOS

Ing. José Piña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

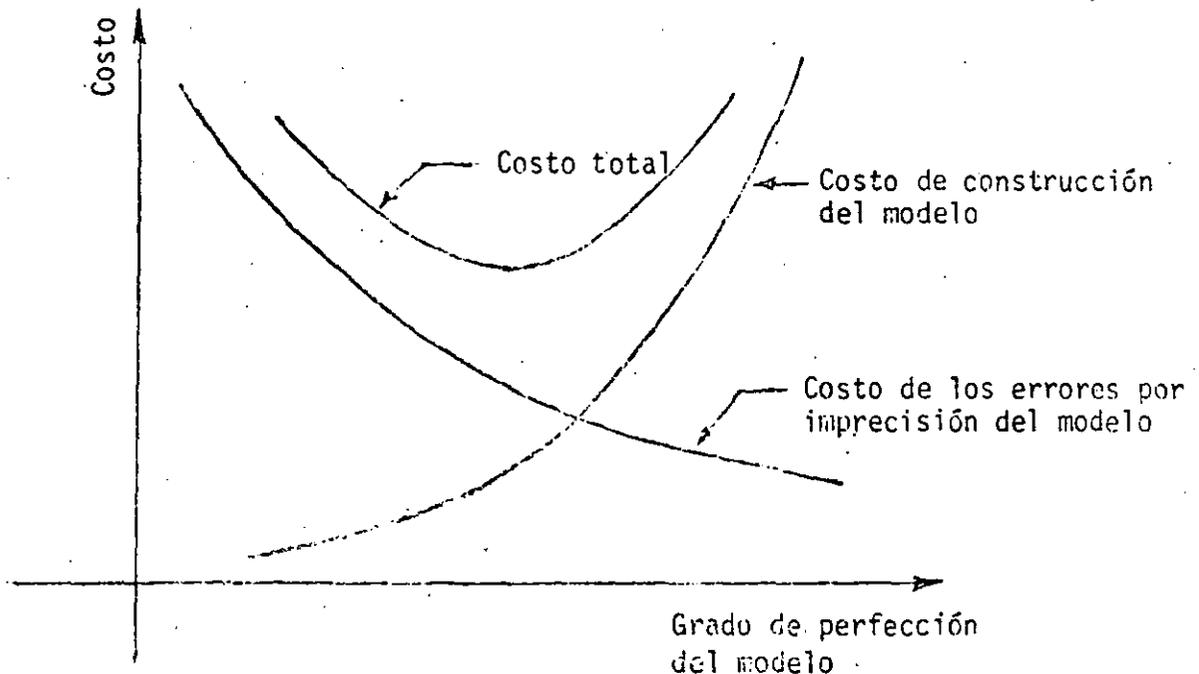
Por la forma de representación

Descripción escrita (hablada)
Icónicos
Lógicos (diagramáticos)
Analógicos
Simbólicos (matemáticas)

Por el uso

Comunicación
Análisis
Predicción
Control
Entrenamiento

- Modelo versus realidad



- Actitud ante el uso de modelos matemáticos.
- Preparación matemática del ingeniero

| | Materia | Créditos |
|---|----------------------------|-----------|
| 1 | Matemáticas I | 9 |
| 2 | Matemáticas II | 9 |
| 3 | Matemáticas III | 9 |
| 4 | Matemáticas IV | 9 |
| 5 | Algebra Lineal | 9 |
| 6 | Computación Numérica | 9 |
| 7 | Probabilidad y Estadística | 9 |
| 8 | Ingeniería de Sistemas I | 6 |
| 9 | Ingeniería de Sistemas II. | 6 |
| | Total de créditos | <u>75</u> |

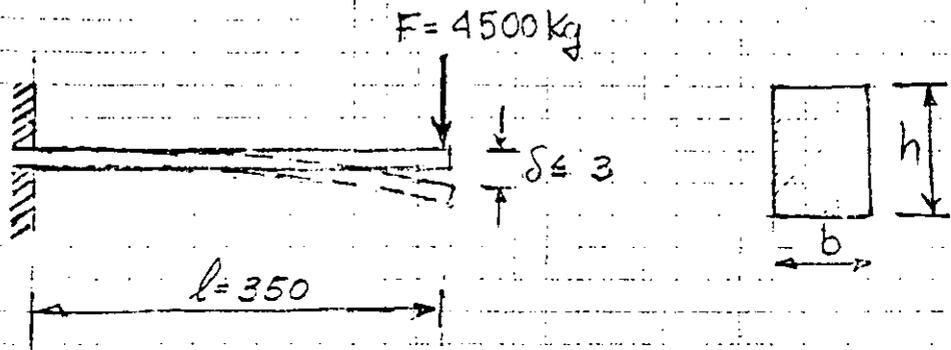
- Objetivos de la formación matemática del ingeniero
- Evolución de las herramientas para el manejo matemático de problemas
- Concepto de sistemas
- Limitaciones para el empleo del instrumental matemático
- Dimensionamiento económico de los problemas de movimiento de tierras
- Costo y valor de la información

Problema:

Se desea determinar las dimensiones de una viga de madera en voladizo de 3.50 m de longitud, sujeta a una carga en el extremo libre de 4.5 ton.

En atención a las características de trabajo se requiere un desplazamiento vertical menor de 3 cm. en el extremo libre.

Se deberá especificar una sección rectangular en que la relación base/peralte sea de 1:1.5



$$\delta_{\text{máx}} \geq \frac{Fl^3}{3EI}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\delta_{\text{máx}} \geq \frac{4Fl^3}{Ebh^3}$$

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{1.50}; \quad b = 0.67h$$

$$\delta_{\text{máx}} \geq \frac{6Fl^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \sqrt[4]{\frac{6Fl^3}{E\delta_{\text{máx}}}} \quad (1)$$

$$f_{\text{máx}} \geq \frac{6M}{b \cdot h^2}$$

para $h \leq 40 \text{ cm}$

$$f_{\text{máx}} \geq \frac{9Fl}{h^3}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9Fl}{f_{\text{máx}}}}$$

(2)

$$f_{\text{máx}} = \frac{6M}{k b h^2}$$

$$k = 0.81 \left(\frac{h^2 + 363}{h^2 + 223} \right)$$

$$\text{Minimizar costo} \quad C = s \cdot l \cdot h \cdot b \quad (3)$$

"Problema de Transporte"

a) Se tienen n orígenes posibles de un determinado artículo.

b) En cada uno de ellos se produce una cantidad conocida de artículos:

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_n$$

d) Los artículos se deben transportar a m diferentes destinos.

d) En cada destino se requiere una cantidad definida de tales artículos:

$$b_1, b_2, b_3, \dots, b_j, \dots, b_m$$

e) Se conoce el costo unitario c_{ij} que resulta de obtener un artículo en cada uno de los j destinos según cada uno de sus n posibles orígenes

El problema consiste en:

f) Determinar la cantidad x_{ij} de artículos que conviene enviar de cada uno de los orígenes i a cada uno de los destinos j , de tal manera que el costo total de transporte sea mínimo.

g) Suponiendo que existe una variación lineal de costo de producción y transporte en función del número de unidades requeridas, o sea que si el costo de producir y enviar un artículo del origen i al destino j es c_{ij} el costo de entregar x_{ij} artículo será $c_{ij} x_{ij}$

Formulación del modelo matemático

Variables X_{ij} $i=1,2,\dots,n$ $j=1,2,\dots,m$ $m \cdot n$ variables

Función objetivo Minimizar $Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} X_{ij}$ (1)

Sujeto a las restricciones: Costo total de transporte

$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$ (2)
Total de disponibilidades Total de requerimientos

$\sum_{j=1}^m X_{ij} = a_i$ para $i=1,2,\dots,n$ (3) a (n+2)
Cant enviada del origen i a todas las destinos Cant disp en el origen i

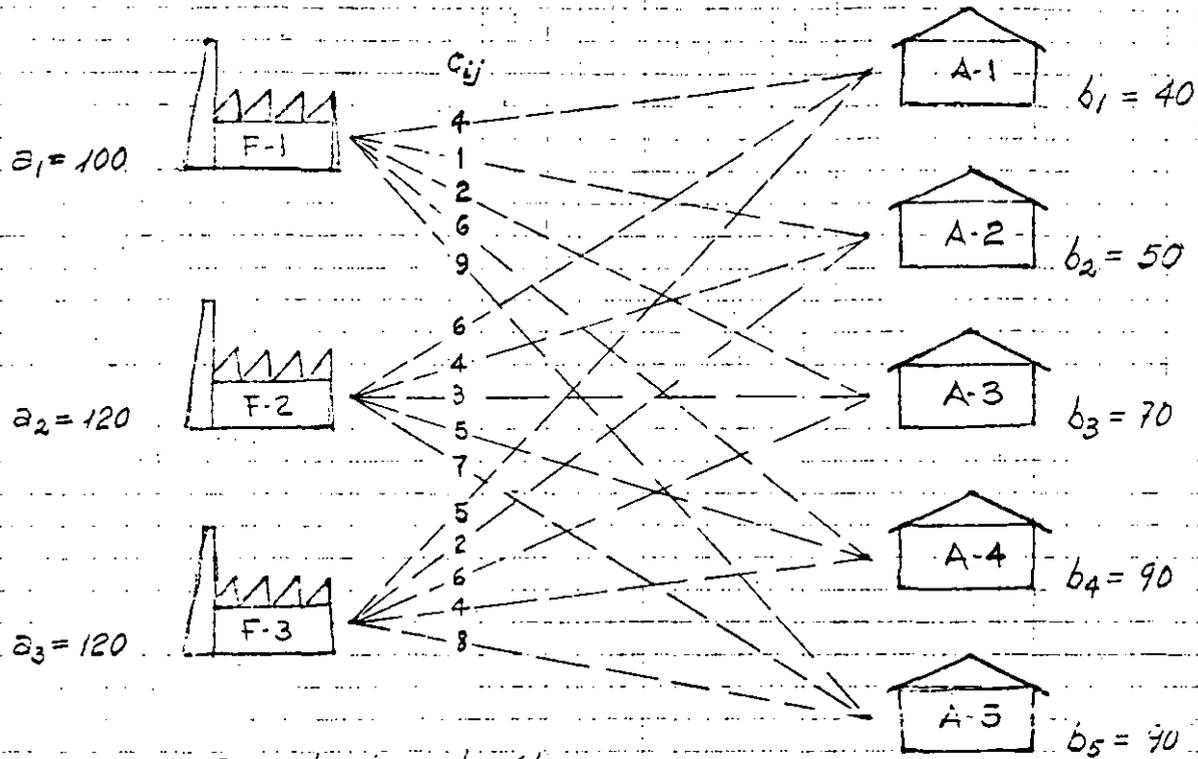
$\sum_{i=1}^n X_{ij} = b_j$ para $j=1,2,\dots,m$ (n+3) a (n+m+2)
Cant recibida en el destino j de todos los orígenes Cant recibida en el destino j

$X_{ij} \geq 0$ para $i=1,2,\dots,n$ $j=1,2,\dots,m$ (n+m+3) a (n+m+3+m)

(No tiene sentido físico que las variables adquieran valores negativos.)

7
de aquí a la p.
calidad
Molina

EJEMPLO



Formulación matemática:

(1) Minimizar $Z = 4x_{11} + x_{12} + 2x_{13} + 6x_{14} + 9x_{15} + 6x_{21} + 4x_{22} + 3x_{23} + 5x_{24} + 7x_{25} + 5x_{31} + 2x_{32} + 6x_{33} + 4x_{34} + 8x_{35}$

Sujeta a las restricciones

(2) $\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$ $100 + 120 + 120 = 40 + 50 + 70 + 90 + 90 = 340$

(3) $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 100$

(4) $x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} = 120$

(5) $x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} = 120$

(6) $x_{11} + x_{21} + x_{31} = 40$

(7) $x_{12} + x_{22} + x_{32} = 50$

(8) $x_{13} + x_{23} + x_{33} = 70$

(9) $x_{14} + x_{24} + x_{34} = 90$

(10) $x_{15} + x_{25} + x_{35} = 90$

Solución factible

| | | Destinos | | | | | |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| | | 1 (40) | 2 (50) | 3 (70) | 4 (90) | 5 (90) | |
| Orígenes | 1 (100) | 40 | 50 | 10 | — | — | 230 |
| | | 4 | 1 | 2 | 6 | 9 | |
| 2 | (120) | — | — | 60 | 60 | — | 480 |
| | | 6 | 4 | 3 | 5 | 7 | |
| 3 | (120) | — | — | — | 30 | 90 | 840 |
| | | 5 | 2 | 6 | 4 | 8 | |
| | | — | — | — | 120 | 720 | 1550 |

x_{ij}
 c_{ij}
 $c_{ij}x_{ij} \rightarrow \Sigma$

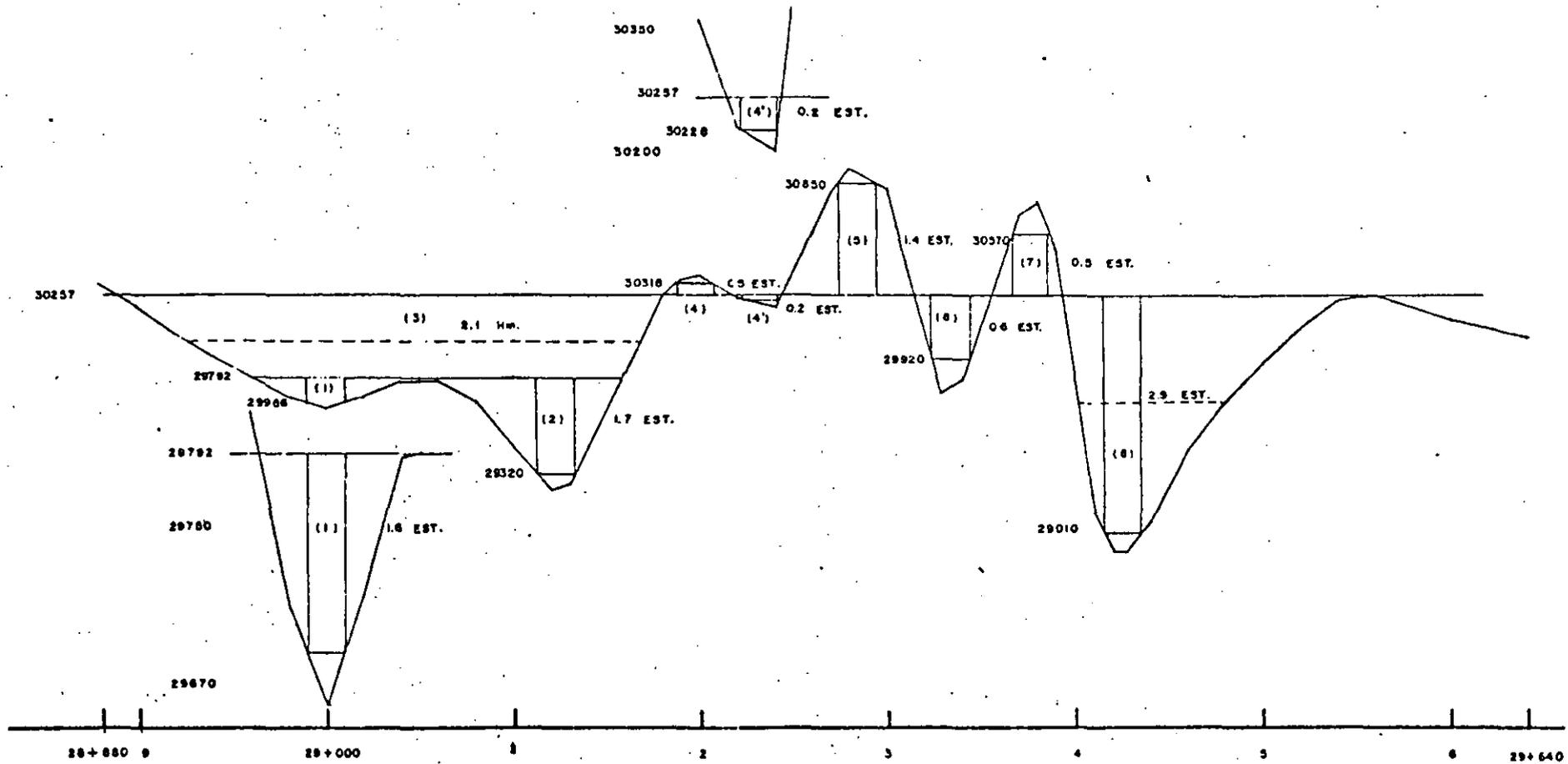
Solución óptima

| | | Destinos | | | | | |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| | | 1 (40) | 2 (50) | 3 (70) | 4 (90) | 5 (90) | |
| Orígenes | 1 (100) | 40 | 20 | 20 | — | — | 260 |
| | | 4 | 1 | 2 | 6 | 9 | |
| 2 | (120) | — | — | 30 | — | 90 | 720 |
| | | 6 | 4 | 3 | 5 | 7 | |
| 3 | (120) | — | 30 | — | 90 | — | 420 |
| | | 5 | 2 | 6 | 4 | 8 | |
| | | — | 60 | — | 360 | — | 1400 |

Disposición de datos

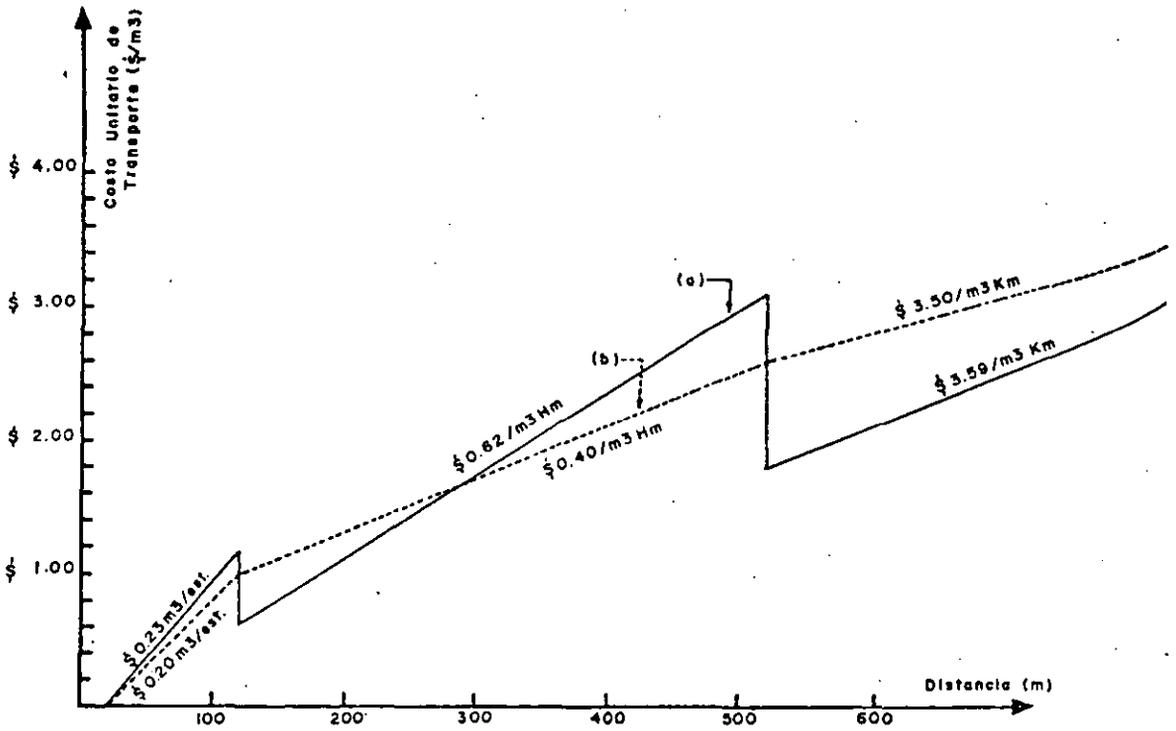
| |
|--|
| x_{ij} c_{ij} $c_{ij}x_{ij}$ |
|--|

$\rightarrow \sum_{j=1}^5 c_{ij}x_{ij}$

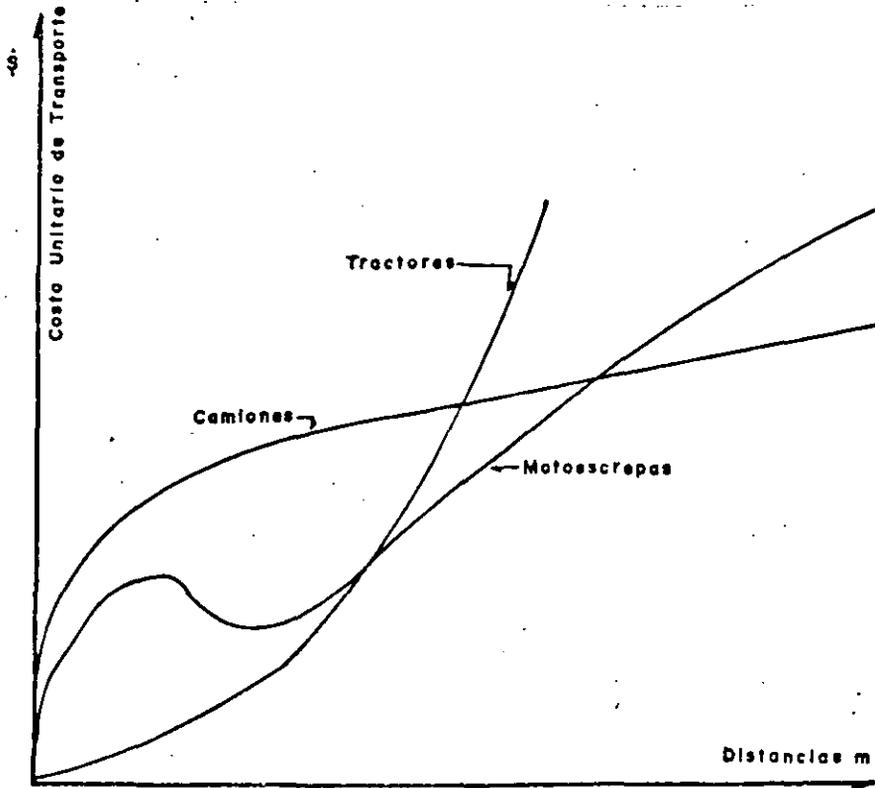


Curva masa y Movimiento de terracerías (Convencional)

| UBICACION | CORTE | | TERRAPLEN | |
|------------------------------------|------------|---------|------------|---------|
| | Origen No. | Volumen | Destino No | Volumen |
| 28+880 a 28+900 | | | 1 | 1 |
| 28+900 28+920 | | | 2 | 154 |
| 920 940 | | | 3 | 118 |
| 940 960 | | | 4 | 110 |
| 960 980 | | | 5 | 102 |
| 28+980 29+000 | | | 6 | 50 |
| 29+000 29+020 | 1 | 57 | | |
| 020 040 | 2 | 70 | | |
| 040 060 | 3 | 2 | | |
| 060 080 | | | 7 | 87 |
| 28+080 29+100 | | | 8 | 244 |
| 29+100 29+120 | | | 9 | 217 |
| 120 140 | 4 | 203 | | |
| 140 160 | 5 | 406 | | |
| 160 180 | 6 | 392 | | |
| 29+180 29+200 | 7 | 126 | | |
| 29+200 29+220 | | | 10 | 142 |
| 220 240 | | | 11 | 26 |
| 240 260 | 8 | 386 | | |
| 260 280 | 9 | 344 | | |
| 29+280 29+300 | | | 12 | 122 |
| 29+300 29+320 | | | 13 | 780 |
| 320 340 | | | 14 | 217 |
| 340 360 | 10 | 580 | | |
| 360 380 | 11 | 359 | | |
| 29+380 29+400 | | | 15 | 985 |
| 29+400 29+420 | | | 16 | 849 |
| 420 490 | 12 | 161 | | |
| 440 460 | 13 | 367 | | |
| 460 480 | 14 | 252 | | |
| 29+480 29+500 | 15 | 201 | | |
| 29+500 29+520 | 16 | 189 | | |
| 520 540 | 17 | 136 | | |
| 540 560 | 18 | 34 | | |
| 560 580 | | | 17 | 67 |
| 29+580 29+600 | | | 18 | 60 |
| 29+600 29+620 | | | 19 | 47 |
| 29+620 29+640 | | | 20 | 52 |
| Bco a 500 m. der. de est. 33 + 000 | 19 | 5000 | | |
| Terraplén ficticio | | | 21 | 4712 |
| Sumas iguales | | 9265 | | 9265 |



Costos Unitarios de transporte de terracerías



Costo Unitarios del Movimiento de terracerías para Diversos Equipos de Construcción

FUNCION OBJETIVO 433626

COSTOS UNITARIOS DE TRANSPORTE.

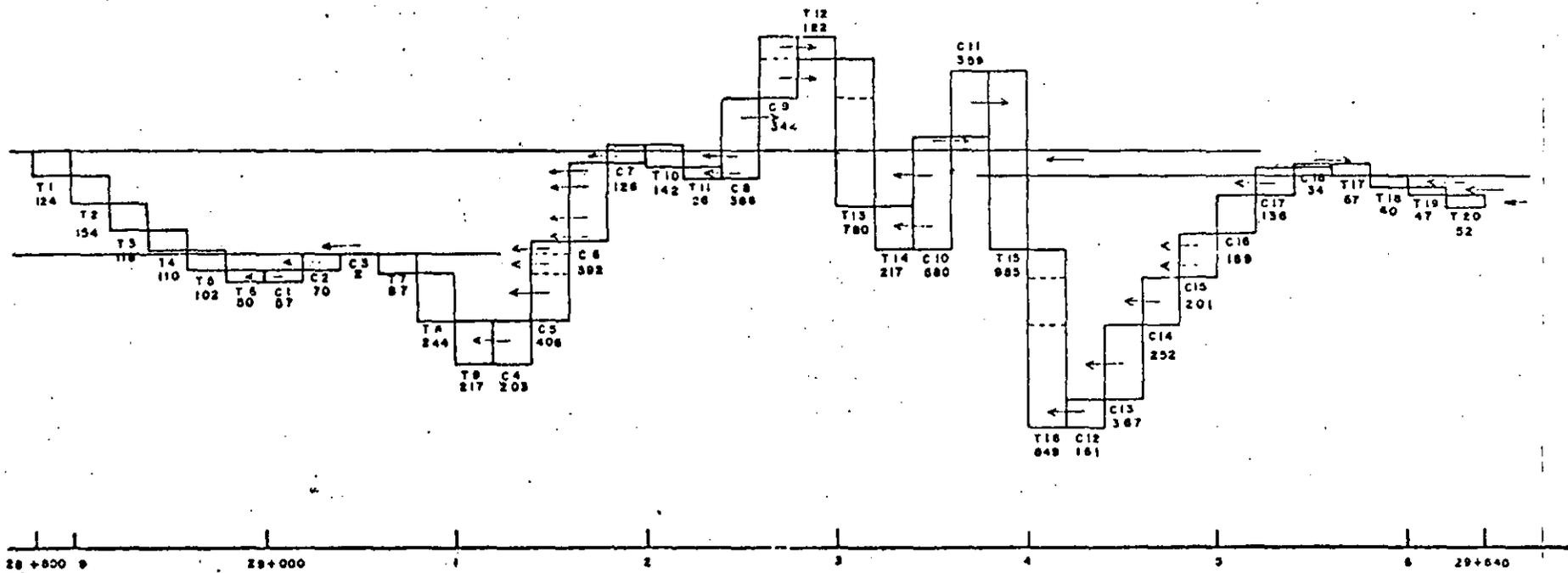
| Terraplén/Corte | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | |
|-----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1 | 124 | 100 | 108 | 116 | 148 | 156 | 164 | 172 | 196 | 204 | 236 | 244 | 267 | 274 | 281 | 238 | 295 | 302 | 309 | 1081 |
| 2 | 154 | 87 | 100 | 108 | 140 | 148 | 156 | 164 | 188 | 195 | 228 | 236 | 260 | 267 | 274 | 281 | 288 | 295 | 302 | 1074 |
| 3 | 118 | 60 | 80 | 100 | 132 | 140 | 148 | 156 | 180 | 188 | 220 | 228 | 252 | 260 | 267 | 274 | 281 | 288 | 295 | 1067 |
| 4 | 110 | 40 | 60 | 80 | 124 | 132 | 140 | 148 | 172 | 180 | 212 | 220 | 244 | 252 | 260 | 267 | 274 | 281 | 288 | 1060 |
| 5 | 102 | 20 | 40 | 60 | 116 | 124 | 132 | 140 | 164 | 172 | 204 | 212 | 236 | 244 | 252 | 260 | 267 | 274 | 281 | 1053 |
| 6 | 50 | 0 | 20 | 40 | 108 | 116 | 124 | 132 | 156 | 164 | 196 | 204 | 228 | 236 | 244 | 252 | 260 | 267 | 274 | 1046 |
| 7 | 87 | 40 | 20 | 0 | 40 | 60 | 80 | 100 | 124 | 132 | 164 | 172 | 196 | 204 | 212 | 220 | 228 | 236 | 244 | 1018 |
| 8 | 244 | 60 | 40 | 20 | 20 | 39 | 60 | 80 | 116 | 124 | 156 | 164 | 188 | 196 | 204 | 212 | 220 | 228 | 236 | 1011 |
| 9 | 217 | 80 | 60 | 40 | 0 | 20 | 40 | 60 | 108 | 116 | 148 | 156 | 180 | 188 | 196 | 204 | 212 | 220 | 228 | 1004 |
| 10 | 142 | 132 | 124 | 116 | 60 | 40 | 20 | 0 | 20 | 40 | 108 | 116 | 140 | 148 | 156 | 164 | 172 | 180 | 188 | 969 |
| 11 | 26 | 140 | 132 | 124 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 | 20 | 160 | 108 | 132 | 140 | 148 | 156 | 164 | 172 | 180 | 962 |
| 12 | 122 | 164 | 156 | 148 | 116 | 108 | 100 | 80 | 20 | 0 | 40 | 60 | 108 | 116 | 124 | 132 | 140 | 148 | 156 | 941 |
| 13 | 780 | 172 | 164 | 156 | 124 | 116 | 108 | 100 | 39 | 20 | 20 | 40 | 100 | 108 | 116 | 124 | 132 | 140 | 148 | 934 |
| 14 | 217 | 180 | 172 | 164 | 132 | 124 | 116 | 108 | 60 | 40 | 0 | 20 | 80 | 100 | 108 | 116 | 124 | 132 | 140 | 927 |
| 15 | 985 | 204 | 196 | 188 | 156 | 148 | 140 | 132 | 108 | 100 | 20 | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 108 | 116 | 906 |
| 16 | 849 | 212 | 204 | 196 | 164 | 156 | 148 | 140 | 116 | 108 | 40 | 20 | 0 | 19 | 40 | 60 | 80 | 100 | 108 | 899 |
| 17 | 67 | 274 | 267 | 260 | 228 | 220 | 212 | 204 | 180 | 172 | 140 | 132 | 108 | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 0 | 843 |
| 18 | 60 | 281 | 274 | 267 | 236 | 228 | 220 | 212 | 188 | 180 | 148 | 140 | 116 | 108 | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 836 |
| 19 | 47 | 288 | 281 | 274 | 244 | 236 | 228 | 220 | 196 | 188 | 156 | 148 | 124 | 116 | 108 | 100 | 80 | 60 | 40 | 829 |
| 20 | 52 | 295 | 288 | 281 | 252 | 244 | 236 | 228 | 204 | 196 | 164 | 156 | 132 | 124 | 116 | 108 | 100 | 80 | 60 | 822 |
| 21 | 4712 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 9265 | 57 | 70 | 2 | 203 | 406 | 392 | 126 | 386 | 304 | 580 | 359 | 161 | 367 | 252 | 201 | 189 | 136 | 34 | 5000 |

Mala calidad

FUNCION OBJETIVO 433626

SOLUCION AL PROBLEMA DE TRANSPORTE

| Terraplén/Corte | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|-----------------|------|----|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| 1 | 124 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 | 76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 154 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 113 | 0 | 0 | 0 | 0 | 118 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 110 | 0 | 0 | 0 | 38 | 72 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 102 | 7 | 70 | 2 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 50 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 87 | 0 | 0 | 0 | 87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 244 | 0 | 0 | 0 | 244 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 217 | 0 | 0 | 0 | 116 | 101 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 142 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 780 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 268 | 222 | 290 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 217 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 217 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 985 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 | 359 | 161 | 0 | 160 | 0 | 0 | 103 | 0 | 129 |
| 16 | 849 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 367 | 92 | 201 | 189 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 34 | 0 |
| 18 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 19 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 |
| 20 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 |
| 21 | 4712 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4712 |
| | 9265 | 57 | 70 | 2 | 203 | 406 | 392 | 126 | 386 | 344 | 580 | 359 | 161 | 367 | 252 | 201 | 189 | 136 | 34 5000 |



Compensación de terracerías por medio del problema de transporte

SIMULACION

- Otra clasificación de modelos

| | |
|-----------------|----------|
| determinísticos | estático |
| estocásticos | dinámico |

- Concepto de Simulación

- Metodología

Definición de objetivos
 Obtención y revisión de datos, análisis del problema
 Diseño del experimento
 Construcción del modelo
 Validación (calibración del modelo)
 Simulación
 Análisis e interpretación de resultados

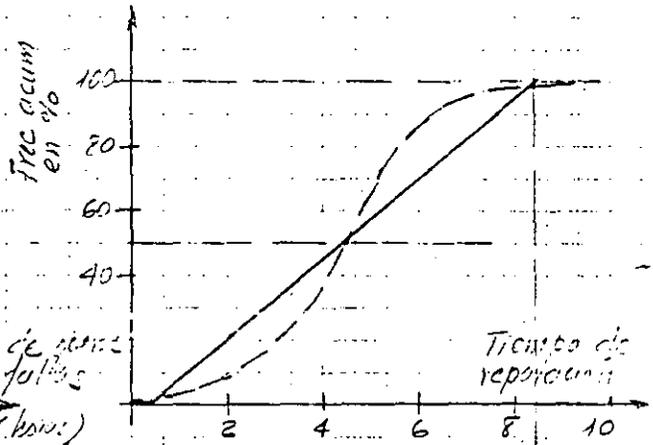
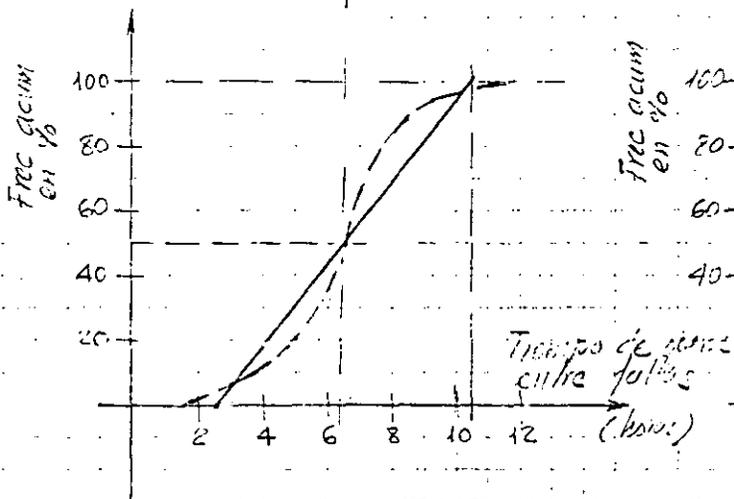
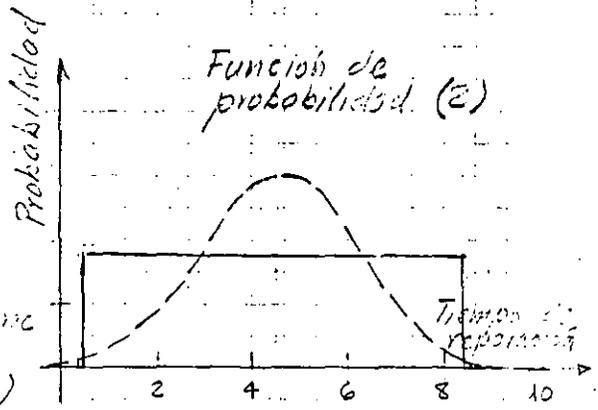
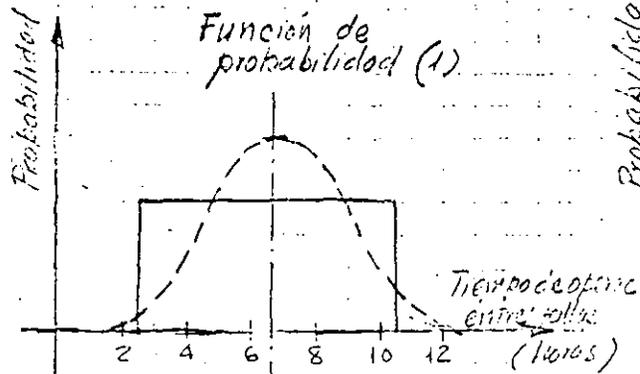
Problema de selección de equipo

Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m³ de un banco a un tiradero; la longitud de acarreo es de 1 200 m.

Se ha analizado el problema y se recomienda efectuar el movimiento utilizando un cargador Michigan de 3 1/2 yd³ y 8 camiones fleteros, cuando se presenta una opción interesante que conviene analizar.

Características de la opción.

- Cargadores de la misma capacidad a un costo horario efectivo de \$ 160.00/hr vs \$ 200.00/hora del primero.
- Los cargadores son defectuosos; el tiempo promedio entre fallas es de 6.5 horas según función de probabilidad (1) y el tiempo de compostura promedio es de 4.5 horas según función de probabilidad (2). Esta información se garantiza ampliamente.
- En compensación, el fabricante ofrece enviar sin costo para el constructor, otro cargador igual por el cual sólo se pagará el costo horario efectivo, de manera que cuando uno esté descompuesto entra el otro en operación.
- El fabricante también ofrece proporcionar a un mecánico y cubrir las reparaciones que surjan durante el desarrollo del trabajo.
- El constructor tiene la obligación con los fleteros de pagar \$ 60.00/hora en caso de descompostura del cargador, en compensación por tiempo de espera.



| 1° | 2° | 3° | Operación | Reparación |
|----|----|----|-----------|------------|
| A | A | A | 3 | 1 |
| | | S | 4 | 2 |
| | S | A | 5 | 3 |
| | | S | 6 | 4 |
| S | A | A | 7 | 5 |
| | | S | 8 | 6 |
| | S | A | 9 | 7 |
| | | S | 10 | 8 |

Mala calidad

Simulación

| Cargador | En operación | | | En reparación | | | repar | Espera camiones | | | |
|----------|--------------|---------------|------|---------------|--------------|------|-------|-----------------|------|--------------|-------|
| | Inicio | Tiempo operac | Susp | Inicio | Tiempo repar | Term | | Inicio | Term | Tiempo esper | Costo |
| A | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | |
| S | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | |

Mala calidad

Bibliografía

- 1- Introducción a la Investigación de Operaciones - A. Raiffman - Ariel
- 2- Principles of Operations Research - Harry A. Wagner - Prentice-Hall, Inc.
- 3- New Power for Management (Computer Systems and Management Science) - David B. Hertz - Mc Graw Hill
- 4- Introduction to Operations Research - C.W. Churchman, R.L. Ackoff, E.L. Aloff - John Wiley
- 5- El Desarrollo Americano - J. J. Serran, Schreiber - Plaza & Janés S.A.
- 6- Las Técnicas Modernas de Fabricación y Control Electrónico - Los Aspectos del Diseño de Capítulos en México - Gerardo Cruzchank Guala - Revista Ingeniería, Fabricación y Gestión. N° 2, Nov-Dic 1970
- 7- Minimización de Tercerías a Costo Mínimo - José Pineda - Revista Ingeniería Civil N° 168 Marzo-Abril 1971



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

C U R S O S A B I E R T O S

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

M O D U L O : I

MOVIMIENTO DE TIERRAS

REEMPLAZO DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ

INTRODUCCION

El equipo de construcción representa para quien lo posee, un bien de capital que, mediante el trabajo que desarrolla, debe reportar utilidades de tal magnitud, que haga atractiva la inversión en él.

En muchas Empresas dedicadas sobre todo a la construcción pesada, gran parte de su activo lo constituye precisamente la MAQUINARIA, por lo que es indispensable cuidar con esmero su operación y mantenimiento para lograr resultados satisfactorios.

Además, las máquinas, por razón natural de su uso, van sufriendo desgastes en sus piezas y mecanismos que ocasionan, por una parte, una disminución gradual en su capacidad de producción y por otra, costos excesivos de mantenimiento que hacen antieconómica su operación.

Se plantea entonces la necesidad de saber en qué momento, desde el punto de vista económico, es conveniente reemplazar la maquinaria o bien, ejercer sobre ella alguna operación tal, que nos permita alargar su vida económica.

El propósito de estos apuntes, es el de dar a conocer los factores que se consideran en los modelos de reemplazo de equipo, sin mayor ambición que la de despertar la inquietud en este tipo de estudios promoviendo la implementación de un sistema de información adecuado a las necesidades

particulares de cada interesado.

1. CICLO DE VIDA DE UNA MÁQUINA

El ciclo de vida útil de una máquina, se inicia con su fabricación. Actualmente, la fabricación de la mayor parte del equipo que utilizamos, se lleva a cabo en el extranjero, si bien algunas motoconformadoras o motoniveladoras, tractores, equipo de trituración y dragas pequeñas son construidas en nuestro país.

Al salir de la fábrica y ponerse a la venta, el equipo de construcción pasa a formar parte de una amplia gama de productos similares contra los cuales habrá de competir. En esta etapa son muy importantes sus características físicas, los mecanismos que lo integran, su diseño y desde luego, la versatilidad que pueda tener para adaptarse a las condiciones de trabajo del medio donde se vende.

Al comprador, le interesan aspectos tales como el soporte de servicio que pueda recibir, el futuro valor de rescate que podrá obtener por el equipo, las facilidades económicas que el vendedor le otorgue, etc.

Asimismo, una vez adquirido el equipo, la preocupación del usuario será lograr la máxima producción al menor costo posible. Esto puede lograrse si, entre otras cosas, se le proporciona a la máquina el mantenimiento adecuado que le permita estar siempre en condiciones óptimas de servicio, así como una correcta operación.

Sin embargo, la operación del equipo no puede prolongarse indefinidamente por lo cual, en un momento determinado, el

propietario deberá decidir sobre su reemplazo e iniciar nuevamente el proceso de seleccionar otro equipo de características similares.

2. MODELOS DE REEMPLAZO

Muchos de los modelos matemáticos aplicados en los estudios de reemplazo de equipo, toman como fuente de información los COSTOS que se van generando a lo largo de la vida útil del equipo.

Por ello, el establecimiento de un sistema de información de costos que nos permita integrar un banco de información de cada una de las máquinas con datos provenientes directamente de las obras, es fundamental al tratar de aplicar las metodologías disponibles.

2.1 FACTORES QUE DETERMINAN EL REEMPLAZO

Las causas principales que provocan que un activo sea reemplazado son:

- a) El deterioro físico
- b) El cambio de necesidades
- c) La obsolescencia

a) EL DETERIORO FISICO.— El uso de un activo, provoca su deterioro a través del tiempo, esto trae como consecuencia la elevación de los costos por pérdidas de tiempo debidas a descomposturas cada vez más frecuentes, por mayor consumo de

energía y por pérdida de potencia o eficiencia.

b) EL CAMBIO DE NECESIDADES.— Cuando existe un cambio en el tipo de trabajo que la Empresa desarrolla por efectos de la demanda, puede ocasionar que el equipo que se tiene resulte insuficiente o sobrado para atender la carga de trabajo a la que está sometido, lo cual se traduce en altos costos de producción.

c) OBSOLESCENCIA.— Cuando en el mercado aparecen innovaciones tecnológicas en el tipo de activo que se utiliza en una Empresa, esta ve incrementados sus costos de oportunidad; es decir, el costo que se puede ahorrar si compra el nuevo activo que es más eficiente.

La vida económica de una máquina, será entonces el periodo que transcurre desde que dicho activo entra en operación, hasta que se alcanza la maximización de las utilidades generadas por el mismo.

Desde este punto de vista, existen realmente dos tipos de problemas relacionados con la vida del equipo que influyen en las más importantes decisiones relacionadas con el mismo: del equipo que ya se tiene y de los reemplazos futuros.

El primero, es un problema de sustitución del equipo que ya no es suficientemente rentable para la Empresa. El segundo, es un problema de estimación de la vida económica con el objeto de determinar cuánto tiempo conviene retener el activo. En estas breves notas, se trata el segundo caso.

Paralelamente, la estimación de la vida económica, puede resultar muy útil también para los siguientes propósitos:

- 1.— Establecer políticas de reemplazo

2.- Estimar costos de operación y precios de venta

3.- Planear actividades futuras de la Empresa

2.2 COSTOS ACUMULADOS PROMEDIO

La vida económica de un activo, es función de los patrones de variación que a través del tiempo tienen los costos siguientes:

2.2.1.- DE OPERACION EN EFECTIVO

2.2.2.- DE OPORTUNIDAD POR DESCOMPOSTURAS Y PERDIDAS
DE PRODUCTIVIDAD

2.2.3.- DE OPORTUNIDAD POR OBSOLESCENCIA

2.2.4.- DE PROPIEDAD DEL ACTIVO

La variación de estos costo a lo largo del tiempo, se representa gráficamente en los anexos, donde se observa que los tres primeros aumentan con el tiempo con lo que influyen para acortar la vida económica, en tanto que el último, al disminuir con el tiempo influye en alargar dicha vida económica.

La vida económica, queda determinada por el tiempo en el cual la suma de los costos anteriores se minimiza.

2.2.1.- COSTOS DE OPERACION EN EFECTIVO.

Estos costos, incluyen los cargos de consumos de combustibles, lubricantes, energía y otros, mano de obra, y materiales de operación y mantenimiento rutinario, materiales

y mano de obra de reparaciones y mantenimiento preventivo y los costos indirectos variables de talleres. Los costos de operación en efectivo no deben incluir los cargos de depreciación e intereses ya que estos se incluyen en los costos de propiedad. Se deben incluir en este renglón, todos los costos en efectivo que dependan de la edad de la máquina. Estos costos, provienen directamente de las obras donde se emplean los equipos y conviene agruparlos de la siguiente manera:

2.2.1.1 OPERACION.

Es el costo total derivado de las erogaciones que se hacen por concepto de pago de salarios al personal encargado de operar las máquinas. Se determina en base a la lista de raya, identificando a los operadores y ayudantes directamente encargados de la máquina o grupo de máquinas, cuantificándose a partir del costo total que para la Empresa representa la labor del trabajador.

2.2.1.2 CONSUMOS.

Incluye los cargos originados por el consumo de combustible o cualquier otra fuente de energía, lubricantes y filtros.

Se determina en base al reporte de cargos que el almacén mensualmente acumula de los vales de salida, que indican básicamente la descripción de la pieza, el número de parte, el número económico de la máquina en que se usa y el cargo que corresponde de acuerdo con el catálogo de cuentas de la obra.

2.2.1.3.- ELEMENTOS DE DESGASTE.

Comprende cargos originados por sustitución de elementos

varios como cuchillas, gavilanes, tornillos y tuercas, dientes para hotes y para escarificadores, cable de acero, etc. y materiales usados para el revestimiento de los mismos elementos. Este costo se determina de la misma manera que el del inciso anterior.

2.2.1.4.- MANTENIMIENTO MENOR.

Incluye los costos ocasionados por materiales y refacciones necesarios para llevar a cabo todas las operaciones de rutina, servicios y mantenimiento que se requieren para conservar en condiciones de trabajo a las máquinas, y que no están contemplados en el inciso anterior. Se determina de la misma forma que los consumos.

2.2.1.5.- LLANTAS.

Es el costo debido a la disminución del valor original de las llantas como consecuencia del uso, más los cargos por las refacciones, materiales y equipo auxiliar necesario para hacer las reparaciones de las llantas (cámaras, válvulas, corbatas, birlos). Se determina de acuerdo al reporte de horas trabajadas mensualmente por cada equipo, agregándosele los costos de operación que se reciben como cargos en las pólizas del almacén que contabiliza los vales de salida correspondientes.

2.2.1.6.- TALLER MECANICO.

El costo de taller mecánico, se divide en mano de obra, equipo auxiliar y herramientas y mantenimiento. Comprende los cargos anteriores que no pueden identificarse directamente

con alguna máquina. El costo obtenido por estos conceptos, se prorratea entre todas las máquinas, tomando como base la tarifa de renta horaria.

2.2.2.- COSTOS DE OPORTUNIDAD POR DESCOMPOSTURAS Y PERDIDA DE PRODUCTIVIDAD.

Se incurre en estos costos, cuando un activo no opera por problemas de descomposturas que hacen necesario sustituirlo temporalmente por otro de la propia Empresa o rentado. También se incurre en estos costos cuando, por efecto del deterioro físico del equipo, este pierde productividad.

El costo por hora que se aplica por este concepto, debe ser un cargo fijo que puede incluir una parte de los sueldos y prestaciones de los operadores, costos fijos de mantenimiento y otros.

Se considera que el tipo de maquinaria pesada, experimenta una pérdida de eficiencia a razón del 2 % anual, con lo cual se puede cuantificar también el costo de oportunidad derivado de este rubro.

2.2.3.- COSTOS DE OPORTUNIDAD POR OBSOLESCENCIA

El avance tecnológico en los nuevos modelos de máquinas puede poner en desventaja a aquellas que se encuentran en uso, cuando los nuevos modelos resultan más eficientes en la realización del mismo tipo de trabajo. Estos costos, probablemente son los que presentan mayor problema en su estimación, ya que es muy difícil predecir los cambios tecnológicos que se presentarán en un determinado tipo de

activos. Sin embargo, se han desarrollado modelos matemáticos que permiten expresar algebraicamente las tendencias en las variaciones de estos costos.

A través de la entrevista a personas experimentadas en la utilización de maquinaria de construcción, se concluye que, a partir del cambio de mandos mecánicos por medio de cables a mandos hidráulicos, no se han presentado en los últimos años cambios tecnológicos de importancia, que pongan en considerable desventaja los modelos viejos ante los nuevos. Pudiera considerarse una tasa del 2 % anual como la tendencia hacia la obsolescencia en los equipos de construcción y valorar de esta manera el costo de oportunidad por las horas adicionales que el equipo usado debe trabajar para equiparar su producción con el equipo nuevo.

Es fácil darse cuenta lo complicado que resulta una predicción en este aspecto, ya que por ejemplo, el desarrollo en robótica o en computación puede provocar un cambio trascendente en el diseño de la maquinaria de construcción y, lógicamente estos desarrollos son difíciles de preveer pues se llevan a cabo a nivel internacional. Un método aproximado para inferir estos cambios, es el análisis de los presupuestos destinados a investigación y desarrollo en los países más avanzados en tecnología.

2.2.4.- COSTOS DE PROPIEDAD.

El costo de propiedad está constituido por dos cargos: el debido a los intereses sobre la inversión realizada al adquirir el activo, y el de la depreciación del mismo. Sin

embargo, si se desea, pueden incluirse en este costo, todos aquellos gastos que varían con el tiempo y que son debidos a la posesión de un equipo como son las tenencias, los seguros, etc.

El costo de depreciación, es la pérdida debida a la baja del valor actual de una máquina causada por el uso y por su antigüedad. Es simplemente, la diferencia entre el precio inicial de compra y el precio de reventa o canje.

El costo de reposición, a su vez, es el resultado del aumento en precios de adquisición de la maquinaria nueva.

Por otra parte, el costo de inversión, se interpreta como el costo del capital invertido en la compra de equipo.

En algunas Empresas, este costo se determina dividiendo la renta de una máquina determinada, que carga la Empresa administradora del equipo a la obra, entre las horas que trabaje dicha máquina en el periodo de tiempo que se considere.

ANEXOS

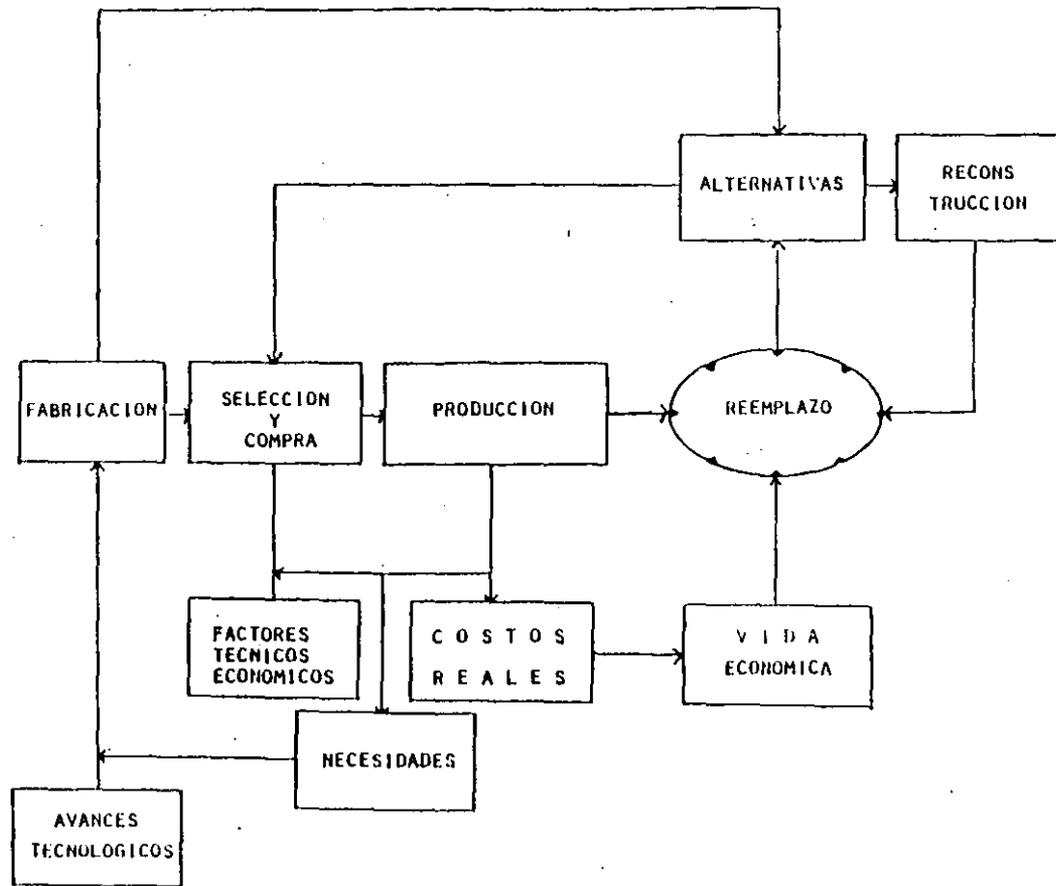
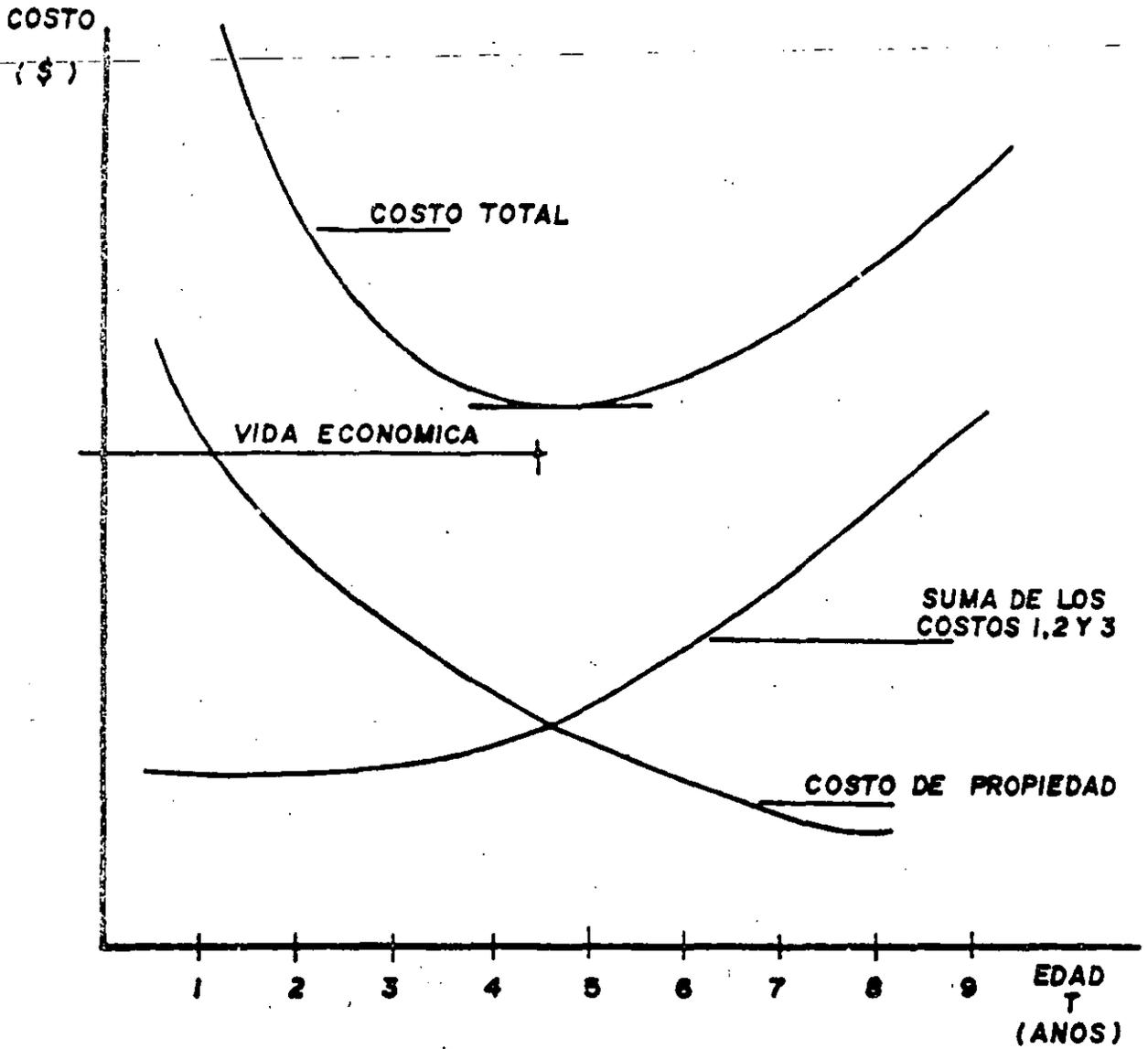
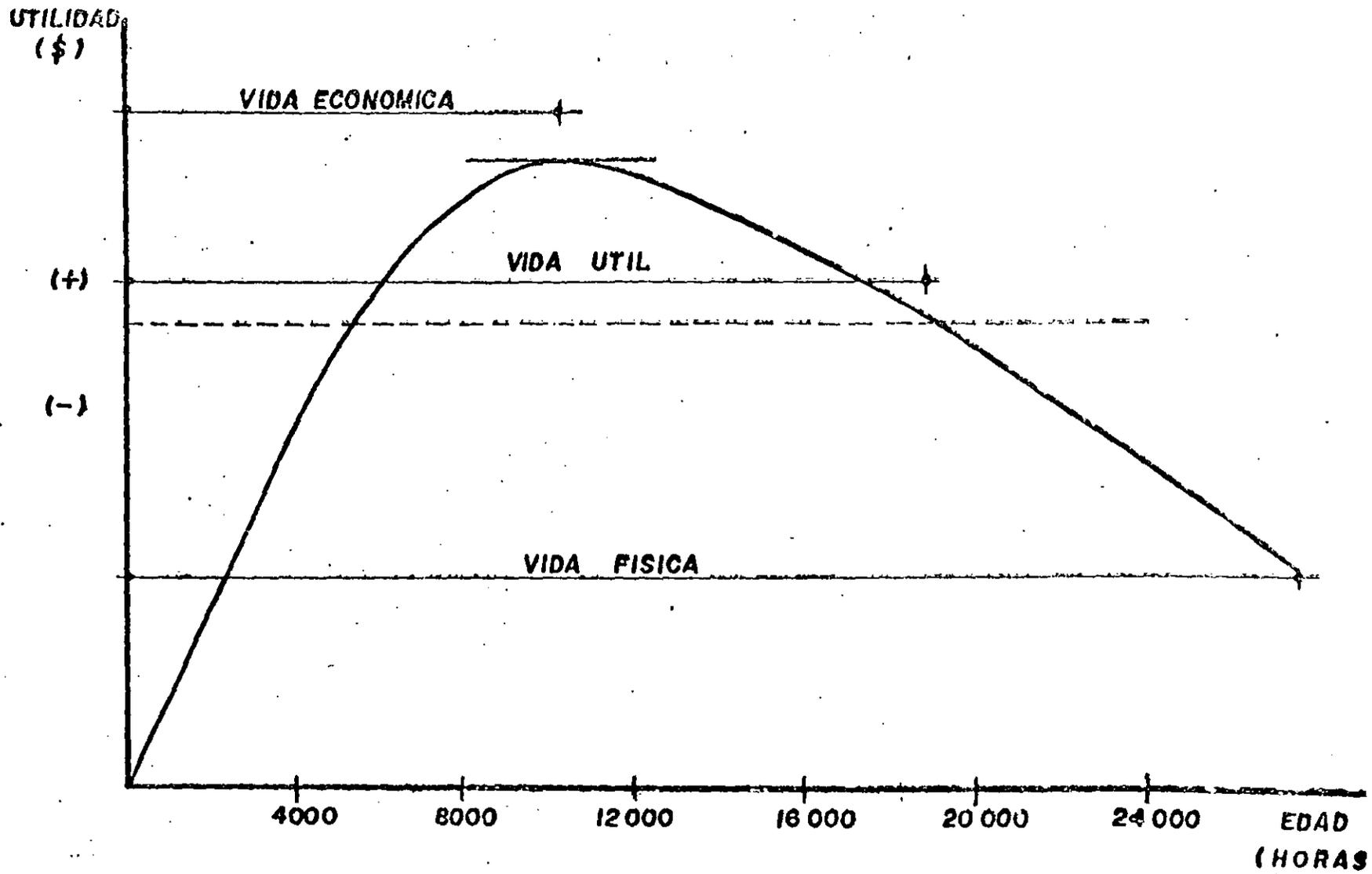


FIGURA 1. CICLO DE VIDA DE UNA MAQUINA

FIGURA 3 - II



CURVAS DE VARIACION DE LOS COSTOS DEL EQUIPO A TRAVES DEL TIEMPO



CURVA UTILIDAD - EDAD DE UN ACTIVO

FIGURA 2-II
CONTROL DE COSTOS HORARIOS
EQUIPO MAYOR

83-05 CARRETERA ACAYOCAN, VER.

MAYO DE 1964

| NO. REG. | DESCRIPCION | HORAS TRAB. | OPERACION | | CANTIDAD | | ELEMENTOS DE DEGRADO | | MANTENIMIENTO | | RENTAS | | LLANTAS | | V. MECANICO | | COSTO TOTAL | | UTILIZACION | | NO. MOTOS |
|----------|-------------------|----------------|-----------|-------|----------|-------|----------------------------|-------|---------------|-------|--------|--------|---------|-------|-------------|-------|-------------|--------|-------------|-------|--------------|
| | | | MEC | PRIM. | MEC | PRIM. | MEC | PRIM. | MEC | PRIM. | MEC | PRIM. | MEC | PRIM. | MEC | PRIM. | MEC | PRIM. | MEC | PRIM. | |
| 212-340 | RETROEXCAVADORA | 142 | 578 | 487 | 2033 | 890 | - | - | 733 | 199 | 3804 | 4057 | - | - | 1574 | 801 | 8722 | 6314 | 35.50 | 27.50 | 3 |
| 223-126 | CARGADOR S/M | 120 | 388 | 343 | 856 | 477 | - | - | 170 | 174 | 1251 | 1167 | 203 | 198 | 2066 | 1138 | 4934 | 3497 | 30.00 | 34.25 | 2 |
| 223-142 | CARGADOR S/M | 199 | 228 | 282 | 498 | 361 | - | - | 361 | 134 | 1006 | 1313 | 206 | 1037 | 552 | 397 | 2851 | 3521 | 49.75 | 32.93 | 7 |
| 250-182 | MOTOCONFORMADORA | 108 | 661 | 730 | 830 | 617 | 459 | 143 | 193 | 524 | 4781 | 5548 | 473 | 465 | 1731 | 1050 | 9128 | 5074 | 27.50 | 27.66 | 4 |
| 250-RC01 | MOTOCONFORMADORA | 110 | 623 | 635 | 1243 | 1152 | - | - | 75 | 39 | 4543 | 6000 | - | - | 739 | 867 | 7225 | 6693 | 27.50 | 20.83 | 4 |
| 250-RC02 | MOTOCONFORMADORA | 45 | 1791 | 908 | 2458 | 1388 | 2255 | 622 | - | - | 11,111 | 6748 | 47 | 89 | 6051 | 2618 | 23713 | 12373 | 11.25 | 15.53 | 3 |
| 260-030 | COMPACTADOR AUT. | 81 | 729 | 1337 | 1006 | 1081 | - | - | 251 | 674 | 2290 | 5555 | 173 | 345 | 753 | 1971 | 5202 | 10753 | 20.25 | 8.42 | 4 |
| 260-RC01 | COMPACTADOR AUT. | 47 | 950 | 837 | 957 | 767 | - | - | 457 | 122 | 7447 | 9393 | - | - | 1471 | 2007 | 11282 | 13126 | 11.75 | 6.05 | 5 |
| 260-RC02 | COMPACTADOR AUT. | 50 | 717 | 717 | 99 | 99 | - | - | - | - | 10000 | 10000 | - | - | 3033 | 2033 | 12049 | 12049 | 12.50 | 12.50 | 1 |
| 330-028 | PLANTA DE ASFALTO | 128 | 1157 | 549 | 20629 | 20689 | - | - | 4565 | 3705 | 32284 | 42553 | - | - | 754 | 1471 | 55069 | 69367 | 32.00 | 22.53 | 3 |
| 514-410 | PLANTA DE LUZ | 197 | 875 | 204 | 906 | 327 | - | - | 321 | 207 | 2941 | 3005 | - | - | 103 | 99 | 5146 | 3843 | 49.25 | 59.94 | 4 |
| 514-470 | PLANTA DE LUZ | 418 | 345 | 337 | 334 | 228 | - | - | 48 | 21 | 851 | 744 | - | - | 49 | 95 | 1597 | 1497 | 104 | 81.17 | 3 |
| 514-474 | PLANTA DE LUZ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 122397 | 122397 | - | - | - | - | 122397 | 122397 | - | - | 1 |
| 740-425 | TRACTOR S/O | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3734 | 3734 | - | - | - | - | 3734 | 3734 | - | - | 1 |
| 740-478 | TRACTOR S/O | 146 | 444 | 362 | 990 | 450 | - | - | 672 | 221 | 256 | 2593 | - | - | 613 | 377 | 6775 | 4003 | 36.50 | 38.55 | 5 |

COSTO MENSUAL YALLER MECANICO

EQUIPO MENOR
VEHICULOS
EQUIPO MAYOR

176,715.49
97,288.37
1'626,159.84
1'900,164.40

9.30
5.12
85.58
100.00

SR. OLIVERIO RIVERA CRUZ

ING. ENRIQUE MENA ROJERO

T A B L A 4 - 3
PROMEDIO DE HORAS TRABAJADAS POR AÑO

| TRACTOR No. ECO. | E D A D E N A Ñ O S | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 1 | 206 | 3,756 | 2,977 | 742 | 1,709 | 2,218 | 2,922 | 2,102 | 1,980 | |
| 2 | 224 | 2,560 | 2,519 | 2,709 | 579 | 1,610 | 1,355 | 1,196 | 580 | 542 |
| 3 | 237 | 1,725 | 1,994 | 1,458 | 1,250 | 1,432 | 1,695 | 1,133 | 30 | 1,159 |
| 4 | 239 | 3,163 | 2,748 | 759 | 671 | 2,472 | 1,777 | 1,337 | 431 | 722 |
| 5 | 241 | 2,453 | 3,902 | 326 | 775 | 2,595 | 1,154 | 1,719 | 104 | 1,493 |
| 6 | 331 | 1,562 | 1,346 | 950 | 1,377 | 809 | 2,087 | 1,143 | 1,053 | 2,934 |
| 7 | 333 | 3,197 | 1,881 | 2,127 | 1,326 | 1,702 | 1,479 | 691 | | |
| 8 | 334 | 1,861 | 1,595 | 2,206 | 775 | 364 | 2,163 | 3,577 | 1,012 | 1,884 |
| 9 | 336 | 2,101 | 1,157 | 637 | 854 | 399 | 917 | 1,547 | 1,577 | |
| 10 | 352 | 2,470 | 1,477 | 2,122 | 1,078 | 1,475 | 1,087 | 712 | 269 | 962 |
| 11 | 353 | 2,142 | 1,641 | 2,277 | 1,863 | 359 | 1,031 | 687 | 1,657 | 428 |
| 12 | 401 | 2,772 | 1,918 | 806 | | | | | | |
| 13 | 405 | 3,483 | 3,006 | 2,744 | 1,048 | | | | | |
| 14 | 406 | 3,503 | 2,996 | 722 | 364 | | | | | |
| 15 | 410 | 3,324 | 205 | 1,701 | 2,607 | | | | | |
| 16 | 417 | 1,886 | 2,545 | 1,794 | 2,300 | | | | | |
| 17 | 419 | 2,436 | 2,230 | 1,569 | 2,090 | | | | | |
| 18 | 421 | 3,059 | 2,362 | 789 | 264 | | | | | |
| 19 | 463 | 3,097 | 2,186 | 2,229 | | | | | | |
| | PROMEDIO ANUAL. | 2,660 | 2,141 | 1,525 | 1,231 | 1,403 | 1,606 | 1,440 | 869 | 1,265 |
| | PROM. ANUAL ACUMULADO. | 2,660 | 4,801 | 6,326 | 7,557 | 8,960 | 10,566 | 12,006 | 12,875 | 14,140 |

REFERENCIAS

1. **URIBEGAS TORRES, CARLOS.**
Análisis Económico de Sistemas en la Ingeniería, especialmente capítulos 6, 7, 8 y 11.
Editorial Limusa SA, México, D.F., 1987.
2. **DOUGLAS, JAMES.**
Construction Equipment Policy .
Especialmente capítulos 2,3,4 y 5.
Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1975.
3. **PIÑA GARZA, JOSE.**
El Equipo de Construcción en el Proceso Inflacionario.
Curso de Movimiento de Tierras. División de Educación
Continúa, Facultad de Ingeniería, UNAM.
México, D.F., 1984.
4. **COSS BU, RAUL.**
Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión.
Editorial Limusa, S.A., México, D.F., 1982.
5. **CANADA, JOHN Y WHITE, JOHN.**
Capital Investment Decision Analysis for management and
Engineering.
Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1980.
6. **MAO, JAMES C.T.**
Quantitative Analysis of Financial Decisions.
The Macmillan Company, New York, 1969.
7. **CONTRERAS TRONCOSO, JOSE M.**
Ajuste de Precios Unitarios en Contratos de Obra de
Construcción Pesada.
Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería, UNAM.
México, D.F., 1984.
8. **CATERPILLAR TRACTOR Co.**
Caterpillar Performance Handbook.
Caterpillar Tractor Co., Peoria, Illinois, U.S.A. 1981
9. **BANCO DE MEXICO.**
Informes Anuales.
Banco de México, México, D.F., 1973 A 1983.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

MODULO: I

MOVIMIENTO DE TIERRAS

MECANISMO DE CONTROL POR COMPUTADORA

ING. ARTURO FLORES ALDAPE

I. INTRODUCCION

La computación se presenta en la actualidad como una herramienta de uso práctico e inmediato que conduce a la toma de decisiones acertadas sobre aspectos tales como Presupuestos, Análisis de Precios Unitarios, Control de Obra, Sistemas de Apoyo al Diseño tanto Arquitectónico como Industrial.

Dadas las circunstancias económicas por las que atraviesa el País, es necesario hacer más eficiente nuestro trabajo tanto en la parte técnica como en la parte administrativa de las obras, puesto que la falta de control atenta contra el aspecto fundamental de cualquier obra que es el ECONOMICO.

El uso de métodos computarizados se justifica plenamente por el volumen de datos que se generan dentro de una empresa constructora, ya que el proceso en forma manual requiere un gran esfuerzo tanto humano como de recursos, ocupando también una gran cantidad de tiempo.

En un informe de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción encontramos que de una muestra de 50 empresas constructoras el 92 % de dichas empresas cuenta con equipo de computo. Asimismo dentro de ese 92 %, el 90% procesa su información en microcomputadoras.

La ventaja del uso de microcomputadoras radica en su inmediata utilización, a lo que se agrega el gran volumen de paquetería para muy diversas aplicaciones que existe en el mercado.

El hecho anterior permite que el usuario final de la microcomputadora no requiere tener conocimientos amplios de computación para desarrollar sus aplicaciones. En el campo de la construcción y el control de las obras existen múltiples sistemas de aplicación inmediata: como son Sistemas de Precios Unitarios, Control de Inventarios, Control de Avances de Obra, Programación de obras mediante Ruta Critica, etc.

Para una adecuada selección de equipo y de los sistemas computacionales se deben tomar en cuenta los factores problema más representativos como son:

- Obsolescencia e incompatibilidad de los equipos
- Servicio de mantenimiento
- Soporte técnico de los programas
- Uso de paquetes incompletos o poco documentados

- Falta de información sobre actualizaciones
- Deficiencias en los paquetes sobre todo en cálculos muy especializados

Para el caso de los especialistas en computación a la búsqueda de necesidades de paquetes para desarrollar tenemos los siguientes por orden de necesidad:

- Programas para Planeación de Obras
- Programas de Administración de obras
- Programas de Ingeniería
- Programas de Control de Estimaciones
- Programas de Control Financiero

Aun cuando queda mucho camino por recorrer en el campo de la computación aplicada a la Construcción, el futuro se presenta muy prometedor en este campo. En un futuro no lejano se contará con computadoras instaladas directamente en la obra con comunicación directa al sistema general de la empresa u organismo controlador. En cuanto al costo de instalación y de desarrollo de equipos y sistemas, dado el volumen de competencia que existe en el mercado, es muy probable que tienda a ser menos representativo dentro de los gastos indirectos y traiga consigo además un mayor aprovechamiento de los recursos humanos.

II. TIPOS DE SISTEMAS

Independientemente de los paquetes comerciales de aplicación especializada como pueden ser: Precios Unitarios, Ruta Crítica, Control de Estimaciones, etc. existen cuatro grandes aplicaciones que permiten el uso de las microcomputadoras sin necesidad de desarrollar paquetes especializados.

Estas son las siguientes:

PROCESADORES DE PALABRAS

HOJAS DE CALCULO ELECTRONICAS

PROCESADORES DE BASES DE DATOS

AYUDAS PARA EL DISEÑO (CAD)

En el caso de los procesadores de palabra su uso va más encaminado a labores de tipo secretarial y para la redacción de informes técnicos o administrativos. No tienen una gran relevancia en el control de las obras.

Por el lado de los Sistemas de Ayuda para el Diseño su aplicación se orienta más hacia labores de proyecto aún cuando pueden aprovecharse para la misma obra como apoyo de gabinete.

El uso de Hojas de Cálculo Electrónicas representa un gran apoyo para los mecanismos de control de la obra, ya que existen paquetes de muy fácil aplicación que lo mismo sirven para desarrollar precios unitarios que elaborar programas de obra y programas de avance físico financiero.

Por otro lado cuando se cuenta con un gran volumen de información de características afines se recomienda el uso de Paquetes de manejo de bases de datos muchos de los cuales con la práctica permiten desarrollar aplicaciones propias tales como Precios Unitarios, Control de recursos, Control de almacenes, Control de inventarios, Nóminas, etc.

El uso de Hojas de Cálculo o bien de Sistemas de manejo de bases de datos está sujeto al volumen de la información y a la complejidad de los cálculos requeridos.

III. LA PLANEACION INICIAL DE LA OBRA

Para desarrollar este capítulo partamos de una base dentro de la práctica común en la construcción en México. La contratación de las obras mediante el mecanismo de licitación pública o concurso de obra a precios unitarios.

Los primeros pasos dentro de un concurso de obra se refieren a los trámites administrativos para la inscripción al mismo concurso. El control en este paso se refiere únicamente al control de la documentación necesaria para ser aceptado como proponente al concurso. Una simple relación de los documentos necesarios lleva a cabo el control de esta etapa.

Cuando se cuenta con las bases del concurso es necesario elaborar un control más ordenado de la documentación que debe acompañar a la propuesta. Las reglas del juego en los concursos de obra son muy estrictas, dado que la falta de un solo documento puede motivar la descalificación al concurso de obra. El control de esta parte debe llevarse muy rigurosamente para evitar probables descalificaciones. El costo en sí de la elaboración de un

concurso motiva a un adecuado control de los tiempos y la integración de la documentación.

La parte más importante dentro de la elaboración de un concurso de obra lo es indudablemente la elaboración del presupuesto de obra.

Los pasos que se recomiendan para la obtención del presupuesto de obra se mencionan a continuación haciendo notar que la selección del paquete de computadora para la elaboración de los precios unitarios y la obtención del presupuesto correspondiente debe cubrir los pasos en la medida más cercana.

Corresponde al responsable de la elaboración de los precios y presupuestos aceptar el mecanismo de control o bien de acuerdo a su experiencia acoplar un sistema ya elaborado a su forma de trabajo.

Partamos de las siguientes bases.

No se ha definido el indirecto de obra puesto que éste será producto del importe de la misma en costo directo y del programa de ejecución de la obra.

Se tomarán en cuenta todos los aspectos de dificultad o facilidades en la elaboración del presupuesto correspondiente, lo anterior será producto de la o las visitas al lugar de la obra.

La obtención de los precios unitarios se hará en una primera versión sin costos para obtener la explosión de materiales correspondientes.

Una vez establecido lo anterior procederemos a mencionar los pasos a seguir en la elaboración del presupuesto inicial.

REVISION DEL CATALOGO DE CONCEPTOS

Esto se refiere al análisis detallado del catálogo de conceptos para precisar la elaboración de las matrices correspondientes.

OBTENCION DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Para este paso se obtienen las matrices de los precios unitarios tomando en cuenta tanto los materiales, mano de obra y equipo necesarios para cada concepto del catálogo. Los precios de los insumos no importan en esta etapa.

OBTENCION DE LA EXPLOSION DE INSUMOS

A partir de la obtención de los primeros precios unitarios se procede a sumarizar los insumos obteniendo una relación de materiales, mano de obra y equipo necesarios para la ejecución de los conceptos en el catálogo de materiales.

MERCADEO DE MATERIALES

Este paso del proceso es muy importante puesto que permitirá una completa evaluación del presupuesto tomando en cuenta todos los factores del mercado como pueden ser financiamientos, descuentos, mejor precio por compras masivas, mejores proveedores, aprovechamiento de materiales en el lugar y finalmente una perspectiva amplia que servirá para la misma ejecución de la obra.

REANALISIS DEL PRESUPUESTO CON EL MERCADEO DE INSUMOS

Una vez obtenido el inventario de los insumos del presupuesto se procede al cálculo de los factores que intervienen en la mano de obra para obtener el factor de salario real.

Junto con este factor se procede a actualizar el valor de los insumos correspondientes dentro de las matrices de precios unitarios obteniendo de esta manera el presupuesto valorizado a costo directo para el catálogo de precios en estudio.

Si se desea la obtención de otra u otras alternativas de presupuesto en base la aplicación de factores tanto en materiales como en mano de obra o maquinaria y equipo, el sistema seleccionado de precios unitarios debe permitir esta posibilidad.

CALCULO DEL FACTOR DE INDIRECTOS

Una vez obtenido el presupuesto de obra a costo directo y en base al programa de obra realizado se procede al cálculo del factor de indirectos en función de la duración de la misma obra y a las necesidades que se deriven según el proceso constructivo en función de los frentes de ataque, o bien por las características mismas en cuanto al flujo de recursos de la misma obra.

La combinación del presupuesto de obra y el programa de avance físico financiero de la misma nos permitirá la toma de decisiones adecuada para la presentación de la propuesta correspondiente. Por consiguiente es recomendable que en la toma de decisiones para la adquisición de equipo o paquetes se tome en cuenta que dichos equipos o paquetes cumplan adecuadamente los pasos a

seguir en la elaboración de presupuestos y programas de obra.

El uso de hojas de cálculo es muy recomendable para la obtención de programas de obra valorizados y aun de precios unitarios y presupuestos de obra permitiendo la obtención de varias alternativas a un tiempo razonablemente corto.

Cuando el volumen es bastante considerable es recomendable recurrir a la adquisición de paquetes ya desarrollados cuidando como ya comentamos que cubra lo más posible nuestras necesidades.

IV. EL CONTROL (EJEMPLOS DE APLICACION)

CONTROL DE PROGRAMAS DE OBRA

El ANEXO NUM 1 muestra una hoja de trabajo elaborada en LOTUS 123 para el control de fechas de programación.

Se encuentra dividido en columnas, cada una de las cuales con un título. Las primeras columnas provienen del programa original de la obra elaborado por algún procedimiento que produce las fechas de inicio y terminación programadas; las columnas mencionadas son las siguientes:

CLAVE: se refiere a la clave presupuestal o de actividad.

CONCEPTO: representa el nombre de la actividad o clave presupuestal.

UNIDAD: la unidad en que se controla o mide la actividad.

CANTIDAD: es la cantidad de unidades del presupuesto de obra correspondiente

FECHA DE INICIO: La fecha probable de inicio de la actividad según el programa de ruta crítica.

FECHA DE TERMINACION: La fecha probable de terminación de acuerdo al mismo programa.

Las columnas siguientes son las propias del control en sí a través de la hoja de cálculo:

La columna correspondiente a RENDIMIENTO TEORICO se obtiene de dividir la cantidad de obra entre la duración del evento.

La FECHA DE INICIO REAL es producto de la obtención de datos reales en obra y se refleja junto con la duración del evento en modificaciones reales a la fecha de TERMINACION que es la siguiente columna. Esta columna se calcula sumando la duración del evento a la fecha de inicio real.

El AVANCE TEORICO se calcula haciendo intervenir la fecha de corte o de observación en el cálculo, esto se hace de manera lineal de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{AVANCE TEORICO} = \frac{(\text{FECHA DE CORTE} - \text{FECHA DE INICIO})}{(\text{FECHA DE TERMINACION} - \text{FECHA INIC})}$$

Para este caso las fechas que se toman son las del programa inicial.

El AVANCE SEGUN FECHAS se calcula de igual manera pero haciendo intervenir ahora las fechas modificadas.

La columna siguiente se refiere al avance real detectado en obra, producto de los informes de los responsables correspondientes.

En seguida tenemos dos columnas de desviaciones:

DESVIACION TEORICA que se calcula restando el avance real del avance teórico.

DESVIACION REAL calculada a partir del avance real, restándole el avance según las fechas actualizadas.

La columna de rendimiento real se calcula en base al avance de obra y a las cantidades de obra del presupuesto de la manera siguiente:

RENDIMIENTO REAL = (AVANCE REAL x CANTIDAD)/DIAS TRANSCURRIDOS

La CANTIDAD POR EJERCER es la diferencia entre lo ejecutado según el avance y la cantidad de obra.

Involucrando la cantidad por ejercer y el rendimiento real obtenido se obtiene el número de días necesarios para la terminación del evento los cuales sumados a la fecha de corte nos permiten obtener LA FECHA REAL DE TERMINACION del evento.

CONTROL DE AVANCE FISICO FINANCIERO

El ANEXO NUMERO 2 es un ejemplo de control de avance financiero de acuerdo a los avances de obra detectados en el ejemplo anterior.

Como se podrá observar en este caso involucramos el precio unitario correspondiente lo que nos permite obtener por simple multiplicación el importe de estimación correspondiente.

Al final de la hoja se obtiene el TOTAL DE LA ESTIMACION sumando únicamente los valores correspondientes.

ANEXO NUM 1 EJEMPLO DE APLICACION DE LOTUS PARA CONTROL DE PROGRAMAS DE OBRA

| CLAVE | CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | FECHA DE INICIO | FECHA DE TERMINAC. | RENDIMIENTO TEORICO | FECHA DE INIC REAL | FECHA DE TER PROG | AVANCE TEORICO | AVANCE S/FECHAS | AVANCE REAL | DESVIACION TEORICA | DESVIACION REAL | RENDIMIEN REAL | CANTIDAD POR EJECUT | DIAS NECESARIOS | FECHA REAL TERMINACION |
|-------|---------------------|--------|----------|-----------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------------|--------------------|-----------------|----------------|---------------------|-----------------|------------------------|
| 1427 | EXCAVACION A MANO | M3 | 8.85 | 02-Sep-89 | 09-Sep-89 | 1.26 | 04-Sep-89 | 11-Sep-89 | 100.00% | 100.00% | 50.00% | -50.00% | -50.00% | 0.01 | 4.43 | 660 | 15-Apr-93 |
| 1428 | CONCRETO CICLOPEO | M3 | 8.85 | 05-Sep-89 | 11-Sep-89 | 1.48 | 05-Sep-89 | 11-Sep-89 | 100.00% | 100.00% | 25.00% | -75.00% | -75.00% | 0.00 | 6.64 | 1976 | 21-Nov-96 |
| 1429 | ENRASE DE CIMENTAC. | M2 | 7.93 | 07-Sep-89 | 13-Sep-89 | 1.32 | 07-Sep-89 | 13-Sep-89 | 100.00% | 100.00% | 0.00% | -100.00% | -100.00% | 0.00 | 7.93 | 6 | 01-Jul-91 |
| 1425 | CIMBRA COMUN | M2 | 15.86 | 09-Sep-89 | 15-Sep-89 | 2.64 | 09-Sep-89 | 15-Sep-89 | 100.00% | 100.00% | 0.00% | -100.00% | -100.00% | 0.00 | 15.86 | 6 | 01-Jul-91 |
| 1430 | ARMEX 15 X 15 X 3 | NL | 41.6 | 11-Sep-89 | 15-Sep-89 | 10.40 | 11-Sep-89 | 15-Sep-89 | 100.00% | 100.00% | 0.00% | 100.00% | -100.00% | 0.00 | 41.60 | 4 | 29-Jun-91 |
| 1426 | CONCRETO F'c = 150 | M3 | 1.19 | 16-Sep-89 | 18-Sep-89 | 0.60 | 16-Sep-89 | 18-Sep-89 | 100.00% | 100.00% | 0.00% | 100.00% | -100.00% | 0.00 | 1.19 | 2 | 27-Jun-91 |

ANEXO NUM 2 EJEMPLO DE APLICACION DE LOTUS PARA CONTROL DE AVANCE FISICO FINANCIERO

| CLAVE | CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | AVANCE ANTERIOR | AVANCE REAL | CANTIDAD POR EJECUT | PRECIO UNITARIO | OBRA EJECUTADA | IMPORTE ESTIMACION |
|-------|---------------------|--------|----------|--------------------|----------------|------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| 1427 | EXCAVACION A MANO | M3 | 8.85 | 0.00% | 50.00% | 4.43 | 14,809.42 | 4.43 | 65,531.68 |
| 1428 | CONCRETO CICLOPEO | M3 | 8.85 | 0.00% | 25.00% | 6.64 | 111,750.62 | 2.21 | 247,248.25 |
| 1429 | ENRASE DE CIMENTAC. | M2 | 7.93 | 0.00% | 0.00% | 7.93 | 24,708.75 | 0.00 | 0.00 |
| 1425 | CIMBRA COMUN | M2 | 15.86 | 0.00% | 0.00% | 15.86 | 11,713.19 | 0.00 | 0.00 |
| 1430 | ARMEX 15 X 15 X 3 | ML | 41.6 | 0.00% | 0.00% | 41.60 | 9,339.94 | 0.00 | 0.00 |
| 1426 | CONCRETO F'c = 150 | M3 | 1.19 | 0.00% | 0.00% | 1.19 | 163,250.90 | 0.00 | 0.00 |
| | | | | | | | | TOTAL | \$312,779.93 |



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

C U R S O S A B I E R T O S

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

M O D U L O : I

MOVIMIENTO DE TIERRAS

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO
INFLACIONARIO

AUTOR: JOSE PIÑA GARZA
EXPOSITOR: ING. ESTEBAN FIGUEROA
P.

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO

Ing. José Piña Garza

El proceso inflacionario que se observa en nuestro país desde hace ya muchos años incide directamente en la Industria de la Construcción ocasionando alteraciones importantes en los precios de adquisición de maquinaria, en los costos unitarios y -consecuentemente- en los criterios de operación y selección de equipo.

El objetivo de este tema es la presentación de algunos conceptos que conviene tomar en cuenta en el uso del equipo de construcción para la determinación de costos ante este proceso inflacionario.

De hecho, todos en nuestro medio percibimos los efectos de la inflación; un ejemplo concreto en equipos de construcción lo tenemos en el tractor D-8 cuyas características permanecieron prácticamente invariables durante años y podemos considerar que se trata de un mismo producto en el cual los precios de adquisición con el transcurso del tiempo -mostrados en la tabla (A)- se fueron incrementando sistemáticamente.

Es evidente la pérdida del valor adquisitivo del dinero; además, observamos que dicha pérdida es diferente si se mide en pesos o en dólares, lo que pone de manifiesto una mayor inflación en México que en Estados Unidos.

Por lo que se refiere a nuestra moneda, el Banco de México elabora periódicamente los índices de precios al consumidor, tabla (B), que pretenden medir la pérdida en el valor adqui-

sitivo revaluando el precio de adquisición de una canasta representativa de bienes y servicios a los precios de mercado vigentes en un momento dado y dividiendo el importe así obtenido entre el que resulte de aplicar a los mismos bienes los precios constantes de un determinado año base. Observamos que dicha pérdida es también diferente de la que se aprecia para el caso concreto del tractor D-8.

Con objeto de lograr una razonable comprensión respecto a las causas y efectos del fenómeno que envuelve a las actividades de la industria de la construcción, conviene plantear el diagrama de circulación económica, fig. (1), que describe las relaciones entre los principales componentes del sistema de economía mixta vigente en nuestro país. Considera en primer término a los organizadores de la producción (empresas o personas) que se encargan de producir los bienes o proporcionar los servicios que se ofrecen en el mercado de bienes y servicios.

Para producir tales bienes y servicios, los organizadores de la producción requieren de mano de obra y de capital que obtienen a cambio de un salario y de una renta; además requieren de los insumos y bienes de capital que adquieren de otros productores, que a su vez requirieron de mano de obra y capital para producirlos.

La mano de obra y el capital son los factores de la producción que ofrecen sus propietarios, las familias de una sociedad, en el mercado de factores.

(El análisis clásico considera a los recursos naturales, cuando son susceptibles de apropiación, como un tercer factor de la producción. Para efectos de esta presentación se lo considera incorporados al capital suponiendo la intercambiabilidad entre los elementos que lo forman).

Con el ingreso logrado a cambio de los factores de la producción, las familias adquieren en el mercado de bienes y servicios los que requieren para satisfacer sus necesidades, pagando por ellos el precio fijado en el mercado, importe que finalmente reciben los organizadores de la producción por haber proporcionado tales bienes y con el cual pagan a su vez los factores utilizados.

No todo el ingreso de las familias se destina a la adquisición de bienes y servicios; parte de él se destina al ahorro que es la base de la formación de nuevo capital. Con ello se cierra el circuito básico de circulación económica. Este ahorro es fundamental si se desea expandir la economía, como en nuestro caso, para crear nuevas organizaciones de producción que den empleo suficiente a la creciente población y generen los bienes que ésta demanda.

El diagrama se complementa, fig. (2), con la intervención del Estado que recibe ingresos vía impuestos, tanto de los organizadores de la producción como de las familias, con los cuales ocupa factores y adquiere bienes para proporcionar servicios institucionales que —por sus características o por su naturaleza— no deben o no pueden ser proporcionados por el sector privado.

El diagrama permite comprender las causas y efectos más importantes del proceso inflacionario al considerar que el sistema tiende a mantener el equilibrio entre el ingreso y el gasto; esto es, que el total del ingreso logrado por las familias en un cierto período tiende a ser igual al importe total de los bienes y servicios producidos en el mismo período (incluido el ahorro como fuente de satisfactores a futuro).

Una (primera) explicación clásica surge del efecto que tienen las leyes de oferta y demanda para mantener ese equili-

brio, toda vez que si se presenta un excedente en el ingreso, las familias demandan más bienes y servicios de los que los productores proporcionaron, ocasionando la escasez de productos y el correspondiente incremento en los precios, logrando finalmente, que el total del ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibre con el valor de los productos disponibles en el mercado en un período determinado. De manera semejante, si los productores ofrecen más bienes y servicios de los que las familias pueden adquirir normalmente, se presenta un fenómeno de abundancia con el respectivo abatimiento de precios, que origina -por una parte- la disminución del ritmo de producción y -por otra- que nuevamente el total del ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibre con el valor de los productos disponibles en el mercado.

Otras explicaciones señalan que cuando se presenta un desequilibrio temporal en el mercado de bienes y servicios, ya sea por exceso de gasto público no soportado por el correspondiente incremento en producción (emisión de moneda por arriba de lo razonable asociada a un déficit ingresos-egresos del sector público), o bien cuando con el mismo esfuerzo se obtiene menor producción (como ocurrió en 1973 en el sector agropecuario a nivel mundial) se origina un claro fenómeno de escasez, el cual motiva la elevación de precios.

Sin embargo, para nuestro país se considera que los elementos característicos del desequilibrio en el sistema han estado constituidos por las decisiones unilaterales de sectores importantes de la economía en el sentido de fijar, intempestivamente, elevaciones de precios que alteran profundamente la relación con el precio de otros bienes y servicios, como ocurrió a partir de 1973 con el precio de los

hidrocarburos y sus derivados, así como también en los incrementos más que proporcionales de los impuestos fijados por el propio sector público para tratar de cubrir el déficit en sus ingresos.

Para los organizadores de la producción esto se traduce en la necesidad de recuperar los pagos crecientes que efectúan por concepto de impuestos y de empleo de los factores (mano de obra y capital incluidos los correspondientes a insumos utilizados) a través del incremento en los precios de bienes y servicios que producen.

Ante la elevación de precios los propietarios de los factores (las familias) demandan un mayor pago con la intención de satisfacer las necesidades que venían cubriendo con su ingreso anterior. Los organizadores de la producción se ven precisados nuevamente a transferir al precio de venta el importe adicional que pagaron por los factores utilizados y por el incremento más que proporcional a sus impuestos, con lo que se cierra el circuito y se produce una nueva elevación de precios originando que los propietarios de los factores exijan a su vez un nuevo incremento de salarios y rentas, estableciéndose el círculo elevación de salarios-elevación de precios. Es importante observar que la inflación puede continuar a pesar de haber desaparecido el detonante que la motivó inicialmente.

El sistema económico es un producto natural de la evolución económica y de la distribución del trabajo, sobre el cual la administración pública trata de actuar para controlarlo con el propósito de modificar su comportamiento, de manera que se puedan cumplir algunos objetivos de carácter social.

Es preciso reconocer que -entre otros aspectos- el proceso inflacionario limita la inversión en organizadores de produc-

ción y, consecuentemente, limita el crecimiento económico y las oportunidades de empleo, dificulta las relaciones con economías externas por la falta de consistencia monetaria en el mercado internacional, de ahí que la administración pública intervenga para estabilizar el proceso con diversas medidas, entre las que se pueden mencionar: las restricciones y controles sobre precios, la reducción del gasto público y su orientación al fomento de actividades productivas, la modificación de la política impositiva para evitar la especulación con bienes raíces, la creación de nuevos impuestos sobre ingresos extraordinarios, etc.

No todas las medidas tienen el efecto deseado por lo que generalmente se presenta en forma simultánea un proceso de recesión, que se manifiesta en el desempleo motivado por el cierre de entidades productivas que no pueden transferir al precio de venta los incrementos de costo, ya sea por las restricciones de precios o por la falta de demanda ocasionada a su vez por lo reducido del ingreso.

Con la reducción de la demanda de bienes y servicios por los trabajadores sin empleo, otras empresas se ven obligadas a cerrar sus líneas de producción generando más desempleo y nuevamente se tiene un círculo por falta de demanda-abatimiento de producción-desempleo-falta de demanda.

En ocasiones la inflación es originada por decisiones y acciones que se toman fuera de un ámbito local o nacional (esta situación se ha exagerado por el caso de nuestro país); para lograr una mejor comprensión del fenómeno se deben considerar las relaciones con economías externas, fig. (3), a las cuales recurren los organizadores de la producción y las familias para adquirir insumos y bienes de capital, así como bienes y servicios, cuyo intercambio debe compensarse con la expor-

tación de otros bienes para que el sistema permanezca en equilibrio, con la posibilidad de que -como ha ocurrido en el país- el déficit en la balanza de pagos se tenga que cubrir con empréstitos del exterior, aunados a la aceptación de inversiones extranjeras.

Ahora bien, cuando el proceso inflacionario de un país presenta índices superiores al promedio de los países con los que intercambia bienes y servicios, esto es, cuando sus precios se incrementan con mayor rapidez, dicho país se ve obligado a cambiar la paridad de su moneda (devaluarla) con respecto a la escala monetaria vigente en el mercado internacional, ya que de no hacerlo, los productos elaborados dentro del sistema productivo del país serán cada vez más costosos que en otros sistemas, ocasionando con ello la cada vez mayor adquisición (legal o ilegal) de productos del exterior por parte de personas y empresas del propio sistema, acelerando el desequilibrio en la balanza de pagos que sólo puede ser compensado con mayores inversiones extranjeras y empréstitos.

Si por otro lado, por razones políticas (a veces inexplicables) se sostiene artificialmente la paridad cambiaria, además de acelerar el proceso de desequilibrio por adquisición de bienes del exterior, se llega rápidamente al límite del endeudamiento y se suspenden las inversiones por falta de competitividad, presentándose entonces el derrumbe económico del país en cuestión con repercusiones que resultan profundamente negativas. (Ejemplo: México en septiembre de 1976 y febrero de 1982).

La situación económica de nuestro país a partir de 1982 se caracteriza por haber revertido el flujo de recursos con el exterior ya que durante mucho tiempo se recibieron presta-

nos cuantiosos que ahora se deben regresar incrementados por una pesada carga de intereses. (En 1977 se evitó esta situación con préstamos avalados por el Fondo Monetario Internacional y posteriormente, de manera por demás desafortunada, con endeudamiento sostenido en los incrementos de reservas petroleras).

No es fácil detener la inflación por las respuestas políticas que ello ocasionaría; existen además elementos distorsionadores que crean profundas confusiones, que mantienen la tendencia inflacionaria y que requieren cuidadosas consideraciones para precisar el efecto que pueden tener en los precios. El servicio a la deuda externa complica las decisiones del sector público en materia de impuestos que inciden en forma devastadora en la amplificación del proceso inflacionario. El análisis que a continuación se presenta trata de ilustrar una manera de conocer estos efectos en lo relativo a los costos de equipos de construcción.

Para ello se considera conveniente presentar primero la discusión de los conceptos de rendimiento real y rendimiento aparente de capital. La diferencia entre uno y otro surge en los propietarios de capital por encontrar un mejor "valor de oportunidad" para el patrimonio que, en muchos casos, han logrado formar a través de un gran esfuerzo en un período de prolongado tiempo y que se precisa a través de un ejemplo.

Supongamos a una persona que ha logrado mediante el ahorro un determinado capital y se encuentra ante la decisión de dónde invertir su patrimonio, para lo cual considera tres alternativas:

- 1) Invertir el capital en un banco del país con rendimiento de 48% anual (*).
- 2) Invertir el capital en dólares y en un banco extranjero con rendimiento de 7% anual (*).
- 3) Invertir en la construcción de un edificio de departamentos con rendimiento de 12% anual, menos gastos de administración y mantenimiento.

Esta persona está consciente del proceso inflacionario y ha estimado la tasa de inflación para nuestro país en 40% (*), e igualmente ha estimado la tasa de inflación en dólares en 2%, con lo cual ha formado las siguientes tablas (ver tablas C, D y E) que muestran los rendimientos reales futuros de un capital unitario para las 3 alternativas.

En la tabla (C) -caso 1- se observa que del rendimiento aparente -columna (4)- se debe reinvertir una parte -columna (5)- para no reducir el poder adquisitivo del capital inicial; de manera que el rendimiento real -columna (6)- es la diferencia (8%) sobre precios corrientes que existe entre el rendimiento aparente (48%) y la pérdida del valor adquisitivo de la moneda (40%) en el período de análisis. (La inflación, supuestamente constante durante 15 años, significaría que al cabo de este plazo se requerirían 155.6 veces más dinero para adquirir los mismos bienes al precio de 15 años antes).

En la tabla (D) -caso 2- se considera un cálculo semejante al de la tabla anterior en dólares con rendimientos aparentes.

(*) Las cifras se presentan exclusivamente con carácter ilustrativo para explicar el concepto.

de 7% menos 2% de inflación para tener un rendimiento real medido sobre precios corrientes de 5% anual; en estos cálculos se ha agregado la comparación con la pérdida de valor adquisitivo de nuestra moneda en relación con el dólar que obliga a una devaluación sistemática para absorber ese diferencial de inflación -40% menos 2% que es igual a 38% medido sobre precios corrientes o bien igual a 37.3% sobre precios constantes $-(1.40/1.02-1.0) \times 100.0 = (1.373-1.0) \times 100.0 = 37.3-$; la tasa de cambio vigente en el primer año se establece como base de la comparación, de manera que después de 15 años de mantener el diferencial se requerirán 115.6 más pesos para comprar un dólar de los que se requerían 15 años antes.

La tabla (E) -caso 3- presenta una diferencia importante con las dos anteriores en cuanto a que del rendimiento aparente no es necesario reinvertir la pérdida del valor adquisitivo de la moneda para conservar el capital inicial sino solamente lo que se requiera en materia de conservación y mantenimiento (supuestamente 3% anual) puesto que el edificio se revalúa automáticamente con la inflación.

Por la diferencia entre rendimientos reales y rendimientos aparentes, de estas alternativas se elegiría la última, ya que representa el (mejor) valor de oportunidad para su inversión y que corresponde al mayor rendimiento real, aun cuando el rendimiento aparente sea notablemente inferior al de la primera opción.

Sin embargo, por las características políticas de nuestro sistema económico (inflación real mayor que la anunciada, congelación de rentas, control de cambios, etc.) es posible que el ahorrador de nuestro ejemplo pudiera tomar otra decisión.

Pero cualquiera que ésa sea, lo relevante para los fines de nuestra exposición es encontrar una manera de determinar los importes que deben aplicarse a la utilización de maquinaria de construcción a efecto de que representen una cuarta opción de inversión, equivalente a la mejor de las accesibles en los mercados de capital; esto es, bajo la hipótesis de que quienes están dispuestos a invertir en equipo de construcción esperan, cuando menos, un rendimiento semejante al que pudieran obtener de su dinero colocado en otro rubo industrial o de servicios. (Se hace abstracción de la reducción del mercado de la construcción motivada por la situación económica, ya que no tendría sentido invertir en equipo si se sabe que éste no podrá ser utilizado en una obra por contracción de la demanda, en todo caso el análisis es pertinente para una inversión ya colocada en maquinaria de construcción).

Tal inversión podrá llevarse al cabo como persona física o como accionista de una arrendadora de maquinaria o bien como accionista de una empresa constructora; en este último caso para evitar confusiones en la determinación de la rentabilidad de maquinaria debe suponerse una división explícita de la operación de la empresa, agrupando por una parte lo relativo a los ingresos por concepto de equipo y por otro los ingresos originados en las actividades propiamente de construcción.

Esta separación es conveniente en cuanto a que permite distinguir hasta qué grado las utilidades de la empresa se generan en la actividad constructora "per se", de las que se originan por el uso y la tenencia del equipo, a fin de precisar el rendimiento al capital invertido en uno y otro campo, además de que presenta ventajas importantes en cuanto al manejo de información y a la delimitación de áreas de responsabilidad y autoridad para tomar decisiones.

En consecuencia, supondremos que el costo por concepto de utilización de equipo para la empresa constructora está compuesto por dos grandes rubros: el correspondiente a la "renta" asociada a la propiedad del equipo (que abarca la depreciación y el interés) y el correspondiente a los "gastos de operación" (que abarca seguros, almacenaje, mantenimientos, combustibles, lubricantes, llantas y salarios de operación) asociados a la actividad constructora.

La renta representa el pago que la empresa constructora debe efectuar a la entidad propietaria del equipo (en su caso a la división maquinaria de la propia empresa) para recuperar el capital invertido y para obtener un determinado rendimiento sobre ese capital, mientras que los gastos de operación y mantenimiento representan a los otros costos originados por el uso del equipo, que corren por cuenta de la parte constructora y son aplicables directamente a las obras.

Se considera que no existe mayor dificultad en la determinación de estos últimos (incluyendo el efecto inflacionario, obviamente) ya que tienen un comportamiento semejante al de los otros costos de la actividad constructora (como el del cemento, el del acero de refuerzo, la de la mano de obra, etc.) excepto, quizá, en lo relativo al mantenimiento que requiere de cierta base estadística para crear una reserva reguladora de las fluctuaciones que mes a mes pudieran presentarse en este rubro, pero que en última instancia podrá expresarse como una fracción de la tarifa de depreciación que se calculará posteriormente.

Conocida entonces la parte del costo correspondiente a los gastos de operación y mantenimiento (bajo el criterio mencionado) el problema se reduce a calcular la renta por empleo del equipo y que además es la que determina la renta-

bilidad de la inversión en maquinaria de construcción. Con-
traremos la atención a la resolución de este problema.

Para ello es necesario especificar una determinada vida útil (período en el cual se debe recuperar la inversión), una tasa de rendimiento deseada sobre el capital invertido y (por los efectos que posteriormente se describen) es necesario suponer la tasa de inflación esperada a futuro. En la presentación subsecuente se ha supuesto una tasa de inflación de 40% anual y se ha elegido una tasa de rendimiento aparente de capital de 48% anual, equivalente a 8% real a precios corrientes e igual a 5.71% real a precios constantes, así como una vida útil de 5 años (60 meses); cifras que no tienen otro objeto que el de mostrar con un ejemplo la mecánica de cálculo utilizada. La correcta comprensión de esta mecánica permitirá elaborar cálculos semejantes variando los parámetros de acuerdo a las necesidades o los deseos de cada caso en particular.

Consideramos en primer término la tabla (F) de valores de referencia que muestran mes a mes y para un período de cinco años, la evolución de una inversión unitaria (de un millón de pesos) bajo las tasas de interés e inflación señaladas y cuyo contenido se indica a continuación:

| Col. | Contenido | Cálculo |
|------|--|---------------------------------|
| (1) | - Período considerado (mes i) | $i=0,1,2,3,\dots,59,60$ |
| (2) | - Interés mensual (rendimiento aparente) del capital inicial | $(1.0+0.48)^{\frac{1}{12}}-1.0$ |
| (3) | - Interés en el mes i de los intereses acumulados hasta el mes $i-1$ | $(5)_{i-1} \times (2)$ |
| (4) | - Intereses obtenidos en el mes i | $(2)+(3)$ |

| | | |
|------|--|---------------------------------|
| (5) | - Intereses acumulados hasta el mes i | $(5)_{i-1} + (4)$ |
| (6) | - Capital más intereses acumulados hasta el mes i a precios corrientes | $1.0 + (5)$ |
| (7) | - Capital inicial a precios corrientes en el mes i | $[(1.0 + 0.40) \frac{1}{12}]^i$ |
| (8) | - Incremento aparente del capital inicial por inflación en el mes i | $(7)_i - (7)_{i-1}$ |
| (9) | - Rendimiento real del capital a precios corrientes en el mes i | $(4) - (8)$ |
| (10) | - Acumulado de rendimientos reales del capital hasta el mes i a precios corrientes | $(10)_{i-1} + (9)$ |
| (11) | - Acumulado de rendimientos reales de capital hasta el mes i a precios constantes | $(10)/(7)$ |
| (12) | - Capital más intereses acumulados hasta el mes i a precios constantes. | $(6)/(7)$ |

Lo importante de esta tabla radica en el conocimiento que da sobre rendimientos reales y aparentes. Así, en la columna (5) se tienen los intereses acumulados que genera la inversión y que llegan a \$6'100,800, los cuales sumados a la inversión inicial dan un acumulado de capital más intereses -columna 6- de \$7'100,800; sin embargo, dada la pérdida de valor adquisitivo de la moneda, a razón de 40% anual que se muestra en la columna (7) y que llega a \$5'378,200 se concluye que el interés real -ya descontada la inflación- se reduce a lo indicado en la columna (10) y que alcanza a \$1'722,600, todo ello medido a precios corrientes (de cada mes). La columna (11) muestra el acumulado de intereses y la colum-

na (12) el acumulado de intereses más capital pero ahora medidos a los precios constantes del primer período -(período (0)-.

A esta tabla (F) se le llama de valores de referencia pues de ella se establece que si queremos un rendimiento semejante en la inversión de equipo, al término de 60 meses habremos de haber recuperado el capital inicial que entonces estará cifrado en \$5'378,200 y que además habremos de haber recibido un rendimiento acumulado de \$1'722,600, lo cual significa alcanzar un valor objetivo de \$7'100,800.

Consideremos ahora una inversión unitaria en maquinaria (también de un millón de pesos) ya descontado del precio de adquisición lo correspondiente a consumos (llantas por ejemplo) y de la cual se espera un valor de rescate equivalente a 10% de la inversión inicial al término de su vida económica, estimada en 60 meses (5 años).

Se plantea primero el cálculo, tabla (G), de una renta mensual -columna (5)- que se incrementa al mismo ritmo de la inflación de 40% anual, con tres revisiones por año (cláusula escalatoria), para que, con los intereses que generan las rentas ya cobradas -columna (6)-, se pueda obtener al término de la vida económica un ingreso total de \$6'563,000 -columna (8)- que sumado al valor de rescate de \$537,800, nos proporcione el importe de \$7'100,800 que nos habíamos propuesto como objetivo. Los valores de las columnas (1), (2), (3) y (4) de la tabla (G) corresponden respectivamente a las columnas (1), (7), (10), y (6) de la tabla (F) de valores de referencia, la renta -columna (5)- se determina por aproximaciones sucesivas que sumada al importe de la columna (6) -intereses de renta ya cobrados- integran la columna (7) como el ingreso en el mes (i) que se acumula en la columna (8).

Es pertinente observar la evolución de la inversión en maquinaria en el transcurso del tiempo que se muestra en la tabla (H); la columna (4) muestra el capital inicial (medido a precios corrientes) -igual a la columna (2) de la tabla anterior- el cual se distribuye entre el capital remanente todavía invertido en el equipo -columna (6)- y el que ha sido transferido a la reserva de depreciación -columna (8)- de acuerdo a los factores respectivos de las columnas (5) y (7), de manera que la diferencia entre el total de los ingresos acumulados -columna (8) de la tabla anterior- que se muestra en la columna (9), con el acumulado de la reserva de depreciación -columna (8)- proporciona los ingresos reales -columna (10)- por concepto de rendimiento al capital invertido.

Esta evolución puede ser importante para convertir la renta mensual en cargos o costos horarios (con los que se calculan precios unitarios) bajo la suposición de que el equipo puede trabajar un determinado número de horas por año (usualmente 2000) a efecto de cobrar tarifa por depreciación sólo cuando la máquina efectivamente trabaje, mientras que la tarifa por interés debe cobrarse independientemente de que la máquina trabaje o no.

El cálculo de la tarifa de depreciación mensual, tabla (I), se obtiene al igual que la renta de la tabla (G), sólo que ahora se ha especificado un rendimiento real de cero al capital invertido, por lo que la diferencia con la renta de la tabla (G) proporciona la tarifa por interés.

Hasta aquí, las tarifas de depreciación e interés calculadas en la forma indicada son consistentes con las obtenidas con

las fórmulas tradicionales $*D = (VA-VR)/VE$ e $*I = (VA+VR) \times TE / (2 \times HA)$ si se ha tenido el cuidado de escalar los valores correspondientes. Sin embargo, al considerar otros factores de la realidad económica, estas fórmulas empiezan a perder validez.

Consideremos, por ejemplo, que el rendimiento de una máquina no es uniforme durante su vida económica sino que se reduce paulatinamente a razón de 2.5% cada cuatro meses para pasar de un rendimiento de 100% cuando nueva a 70.16% al término de su vida útil. Esto requiere la determinación de una renta distinta así como una evolución diferente de la inversión y una tarifa de depreciación también diferente y cuyo cálculo se muestra en las tablas (J), (K) y (L), obtenidos de manera semejante a lo indicado para las tablas (G), (H) e (I) con las modificaciones pertinentes al caso; obsérvese la introducción de las columnas (5') y (5'') de la tabla (J) con respecto a la tabla (G) que consideran respectivamente el factor de rendimiento (variable de 1.0 a 0.7016) y la renta ajustada como el producto de una renta base por este factor. Obsérvese también la variación, tabla (K) con respecto a la tabla (H), en la transferencia del capital inicialmente invertido en el equipo hacia la reserva de depreciación (el capital invertido en el equipo se reduce más rápidamente en el segundo caso).

Este cálculo de tarifas que considera un rendimiento decreciente con la edad de la maquinaria es de utilidad especialmente cuando los cargos a las obras se hace en función de las horas trabajadas, ya que los rendimientos decrecientes

Tarifa de Depreciación = (Valor de Adquisición - Valor de Rescate) / Vida Económica.

Tarifa de Intereses = (Valor de Adquisición + Valor de Rescate) x Tasa de Interés / Dos veces el número de horas trabajadas por año.

no se deben tanto a la pérdida de eficiencia de la máquina en sí, como a número de horas efectivas por mes de que se puede disponer y lo cual permite establecer una base de homologación para equipos similares pero con diferente edad.

Las rentas obtenidas de esta manera eran válidas con el tratamiento fiscal que disfrutaron las empresas constructoras hasta el 31 de diciembre de 1981. Con el tratamiento fiscal vigente es preciso efectuar el ajuste a la renta para que una vez descontados los impuestos y el reparto de utilidades, se obtengan los mismos valores objetivo establecidos con anterioridad.

Veamos el efecto de este tratamiento fiscal en las rentas de maquinaria, pero hagamos primero un poco de historia. A partir de 1982 las empresas constructoras debían calcular el impuesto sobre la renta no como porcentaje fijo del volumen de contratación, sino como un porcentaje variable de la diferencia entre ingresos menos costos.

En la tabla (T-1) se muestra el cálculo de esa renta modificada, realizado en forma semejante a lo indicado por la tabla (J), sólo que en este caso, al final de cada año, se descuenta del ingreso acumulado lo que se tenía que pagar de impuestos, que se supuso del 50% (40% de ISR y 10% de RUT de la diferencia entre los ingresos de ese año menos la depreciación fiscal autorizada). En esto podía haber una gran cantidad de variantes; el cálculo se ha elaborado suponiendo una depreciación del 20% anual del valor de adquisición a precios constantes (sin inflación), como si se tratara de equipo de transporte. En la realidad se tenía que considerar 42% de ISR y de 8 a 10% de reparto de utilidades, y el plazo de depreciación que establecía la legislación para equipos específicos de construcción afectados por modificaciones que alteraban estos plazos conforme a una gran variedad de excepciones fiscales.

Bajo las hipótesis anteriormente señaladas, la diferencia en las rentas, antes y después de impuestos, era de una enorme magnitud (casi de 40%) que se originaba de considerar como utilidad gravable al rendimiento aparente del capital invertido y no al rendimiento real. Esto se puede observar más claramente en la tabla (T-4) que presenta a precios constantes los mismos valores que la tabla (T-1) presenta a precios corrientes, ya que la depreciación fiscal era sensiblemente inferior a la real.

Es preciso advertir, sin embargo, que la legislación vigente pretende ahora reconocer los efectos de la inflación a través de la reexpresión de activos no monetarios. En la tabla (T-7) se presenta el cálculo de la renta unitaria de maquinaria bajo la hipótesis de que la legislación del impuesto sobre la renta a futuro autorice, como deducción para fines de impuestos, la depreciación fiscal multiplicada por el factor de actualización asociado a la inflación que en nuestro caso sería de $(1.40)^n$, para $n = 1, 2, \dots, 5$. La mecánica de cálculo es la misma de la tabla (T-1).

Para mayor información se acompañan las tablas T2-T3, T5-T6 y T8-T9 correspondientes a las tablas T1, T4 y T7, las cuales pretenden descomponer las rentas propuestas en las partes relativas a interés y depreciación, habiendo sido necesario introducir una componente adicional para cubrir los impuestos que no reconocen el efecto inflacionario.

Haciendo una variación paramétrica de las tasas de inflación y de las tasas de rendimiento real deseado y manteniendo constantes los demás parámetros de cálculo señalados en la tabla (T-7), -vida económica, factores de rendimiento, valor de adquisición, valor de rescate, revisiones escalatorias por año- se han determinado las rentas respectivas y se ha elaborado la gráfica anexa, fig. (4), en la que se muestra la relación que existe entre la renta mensual al inicio de

la vida útil y la tasa de rendimiento real (a precios constantes) para diferentes niveles de inflación.

Debe enfatizarse que estos valores se presentan a título ilustrativo y que deben tomarse con todas las reservas del caso ya que la legislación cambia cada año (además de que no se ha reconocido en el pasado todo el impacto inflacionario) y que su aplicación involucra otros conceptos (nivel de activos monetarios, exceso de pasivos, cuentas por cobrar a consumidores finales, etc.) cuyo verdadero impacto sólo podrá obtenerse de una evaluación que es objeto de estudio dentro de la planeación financiera propia de cada empresa constructora.

En cualquier caso se considera que los ejemplos presentados anteriormente permiten desarrollar, con la ayuda de un experto en asuntos fiscales, las tablas de cálculo (y los programas de computadora necesarios) para determinar las rentas que deben aplicarse por concepto de utilización de equipo conforme a las características de cada empresa a fin de recuperar el capital invertido en el equipo y obtener un rendimiento razonable de esa inversión.

Específicamente se considera que con la ayuda del procesamiento electrónico de información y con los mismos criterios con los que se han elaborado las tablas de renta mensual mostradas previamente, se puede llevar el control de cada máquina incluyendo conceptos adicionales aplicables a cada una de ellas.

Así, por ejemplo, cuando se procede a una reparación mayor o la reconstrucción de un equipo entonces se incrementa la inversión en el equipo pero también se incrementa la vida útil, por lo que -y ya de manera general- se puede calcular para cada máquina y en cada mes conforme al pronóstico de inflación aplicable en el corto plazo y de acuerdo al valor

del equipo en el mes (el remanente de la inversión que todavía está en la máquina) la renta con la cual se recuperará la inversión remanente y se cubrirá el rendimiento a dicha inversión.

En todo ello debe prevalecer un principio de racionalidad económica que evite la descapitalización de las constructoras (ignorada a veces por la propia inflación) pero que también evite el otro extremo, la fijación de precios por arriba de lo razonable que dejarían a la empresa fuera del mercado.

México, D. F., junio de 1988.

Anexos

21 Tablas - de la (A) a la (L) y de la (T-1) a la (T-9).

4 Figuras- de la (1) a la (4).

TABLA (A).- VARIACION EN EL PRECIO DE UN TRACTOR D-8

| AÑO | PRECIO (dólares EUA) | CAMBIO (\$Mex/1 dólar EUA) | PRECIO (pesos Mex) | Indice de precios |
|------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1972 | 72,000 | 12.50 | 900,000 | 27.0 |
| 1973 | 73,000 | 12.50 | 913,000 | 27.4 |
| 1974 | 113,000 | 12.50 | 1'413,000 | 42.4 |
| 1975 | 125,000 | 12.50 | 1'563,000 | 46.9 |
| 1976 (ago) | 127,000 | 12.50 | 1'588,000 | 47.6 |
| (sep) | 132,000 | 19.60 | 2'489,000 | 74.6 |
| 1977 | 143,000 | 22.50 | 3'218,000 | 96.5 |
| 1978 | 145,000 | 23.00 | 3'335,000 | 100.0 |
| 1979 | 166,000 | 23.00 | 3'818,000 | 114.5 |
| 1980 | 191,000 | 23.00 | 4'393,000 | 131.7 |
| 1981 (ene) | 221,700 (10%)*1 | 23.34 | 5'435,000 | 163.0 |
| (jul) | 265,000 (25%) | 24.57 | 6'861,000 | 205.7 |
| (oct) | 272,600 (25%) | 25.20 | 7'213,000 | 216.3 |
| 1982 (ene) | 334,900 (50%) | 26.50 | 9'318,000 | 279.4 |
| (feb) | 334,500 (50%) | 37.50 | 13'186,000 | 395.4 |
| (mar) | 267,900 (20%) | 47.25 | 13'290,000 | 398.5 |
| (sep) | 271,800 (20%) | 70.00 | 23'200,000 | 695.7 |
| 1983 | 276,300 (20%) | 120.00 | 40'280,000 | 1207.8 |
| 1984 | 285,900 (20%) | 150.00 | 52'100,000 | 1562.2 |

*1 Variación en el arancel de importaciones.

TABLA (B). INDICE GENERAL DE PRECIOS

| | | | |
|------|--------|------|-----------|
| 1936 | 3.131 | 1962 | 24.272 |
| 1937 | 3.784 | 1963 | 24.565 |
| 1938 | 4.077 | 1964 | 25.407 |
| 1939 | 4.025 | 1965 | 26.061 |
| 1940 | 4.180 | 1966 | 26.078 |
| 1941 | 4.387 | 1967 | 26.870 |
| 1942 | 4.885 | 1968 | 27.816 |
| 1943 | 5.918 | 1969 | 27.902 |
| 1944 | 7.122 | 1970 | 30.276 |
| 1945 | 7.965 | 1971 | 31.136 |
| 1946 | 8.997 | 1972 | 31.875 |
| 1947 | 9.771 | 1973 | 36.124 |
| 1948 | 10.356 | 1974 | 45.155 |
| 1949 | 11.371 | 1975 | 49.336 |
| 1950 | 12.282 | 1976 | 57.008 |
| 1951 | 15.774 | 1977 | 85.959 |
| 1952 | 16.239 | 1978 | 100.000 |
| 1953 | 15.740 | 1979 | 118.200 |
| 1954 | 17.271 | 1980 | 149.300 |
| 1955 | 19.301 | 1981 | 191.100 |
| 1956 | 20.625 | 1982 | 303.600 |
| 1957 | 21.279 | 1983 | 612.900 |
| 1958 | 22.518 | 1984 | 1014.100 |
| 1959 | 22.500 | 1985 | 1599.700 |
| 1960 | 23.756 | 1986 | 2979.200 |
| 1961 | 23.997 | 1987 | 6906.600 |
| | | 1988 | 15000.000 |

* Estimado.

Mala calidad

TABLA (C).- (CASO 1) INVERSION BANCARIA EN PESOS.

| AÑO | CAPITAL INVERTIDO A PRECIOS CONSTANTES | CAPITAL INVERTIDO A PRECIOS CORRIENTES (INFLACION DE 40% ANUAL) | RENDIMIENTO APARENTE DEL CAPITAL INVERTIDO (48% ANUAL) | CANTIDAD QUE SE REINVIERTE (40% ANUAL) | RENDIMIENTO REAL DEL CAPITAL INVERTIDO (8% A PRECIOS CORRIENTES) |
|-----|---|---|--|--|--|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | 1'000 | 1'000 | 480 | 400 | 80 |
| 2 | 1'000 | 1'400 | 672 | 560 | 112 |
| 3 | 1'000 | 1'960 | 941 | 784 | 157 |
| 4 | 1'000 | 2'744 | 1'317 | 1'098 | 219 |
| 5 | 1'000 | 3'842 | 1'844 | 1'536 | 308 |
| 6 | 1'000 | 5'378 | 2'581 | 2'152 | 429 |
| 7 | 1'000 | 7'530 | 3'614 | 3'011 | 603 |
| 8 | 1'000 | 10'541 | 5'060 | 4'217 | 843 |
| 9 | 1'000 | 14'758 | 7'084 | 5'903 | 1'181 |
| 10 | 1'000 | 20'661 | 9'917 | 8'264 | 1'653 |
| 11 | 1'000 | 28'925 | 13'984 | 11'571 | 2'313 |
| 12 | 1'000 | 40'496 | 19'438 | 16'198 | 3'240 |
| 13 | 1'000 | 56'694 | 27'213 | 22'677 | 4'536 |
| 14 | 1'000 | 79'371 | 38'098 | 31'749 | 6'349 |
| 15 | 1'000 | 111'120 | 53'338 | 44'448 | 8'890 |
| 16 | | 155'568 | | | |

TABLA (D).- (CASO 2) INVERSION BANCARIA EN DOLARES EUA

| AÑO | CAPITAL CONSTANTE A PRECIOS CORRIENTES EN PESOS MEXICANOS (INFLACION DE 40% ANUAL) | TASA DE CAMBIO | CAPITAL CONSTANTE A PRECIOS CORRIENTES EN DOLARES EUA (INFLACION DE 2% ANUAL) | RENDIMIENTO APARENTE DE CAPITAL (7% ANUAL) | CANTIDAD QUE SE REINVIERTE (2% ANUAL) | RENDIMIENTO REAL EN DOLARES EUA (5% ANUAL) | RENDIMIENTO REAL EN PESOS MEX |
|-----|---|----------------|--|--|---|--|----------------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| 1 | 1'000 | 1.000 | 1000.0 | 70.0 | 20.0 | 50.0 | 0'050 |
| 2 | 1'400 | 1.373 | 1020.0 | 71.4 | 20.4 | 51.0 | 0'070 |
| 3 | 1'960 | 1.874 | 1040.4 | 72.8 | 20.8 | 52.0 | 0'096 |
| 4 | 2'744 | 2.586 | 1061.2 | 74.3 | 21.2 | 53.1 | 0'137 |
| 5 | 3'842 | 3.549 | 1082.4 | 75.8 | 21.7 | 54.1 | 0'192 |
| 6 | 5'378 | 4'371 | 1104.1 | 77.3 | 22.1 | 55.2 | 0'269 |
| 7 | 7'530 | 6.636 | 1126.2 | 78.8 | 22.5 | 56.3 | 0'376 |
| 8 | 10'541 | 9.177 | 1148.7 | 80.4 | 23.0 | 57.4 | 0'527 |
| 9 | 14'758 | 12.596 | 1171.7 | 82.0 | 23.4 | 58.6 | 0'738 |
| 10 | 20'661 | 17.288 | 1195.1 | 83.7 | 23.9 | 59.8 | 1'033 |
| 11 | 28'925 | 23.729 | 1219.0 | 85.3 | 24.4 | 60.9 | 1'446 |
| 12 | 40'496 | 32.569 | 1243.4 | 87.0 | 24.8 | 62.2 | 2'025 |
| 13 | 56'694 | 44.703 | 1268.2 | 88.8 | 25.4 | 63.4 | 2'835 |
| 14 | 79'371 | 61.357 | 1293.6 | 90.6 | 25.9 | 64.7 | 3'969 |
| 15 | 111'120 | 84.215 | 1319.5 | 92.4 | 26.4 | 66.0 | 5'556 |
| | 155'568 | 115.589 | 1345.9 | | | | |

Mala calidad

TABLE 10-1 MONTHLY MENUSAL DE DEPRECIACION

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.0000 | | 1.0000 | | | | |
| 1 | 1.0094 | 0.0090 | 1.0094 | 0.0180 | 0.0090 | 0.0180 | 0.0180 |
| 2 | 1.0077 | 0.0080 | 1.0077 | 0.0162 | 0.0080 | 0.0165 | 0.0166 |
| 3 | 1.0060 | 0.0070 | 1.0060 | 0.0145 | 0.0070 | 0.0150 | 0.0150 |
| 4 | 1.0127 | 0.0050 | 1.0127 | 0.0128 | 0.0050 | 0.0134 | 0.0134 |
| 5 | 1.1595 | 0.0000 | 1.1595 | 0.0179 | 0.0000 | 0.0199 | 0.0199 |
| 6 | 1.1032 | 0.0000 | 1.1032 | 0.0179 | 0.0000 | 0.0204 | 0.0204 |
| 7 | 1.2169 | 0.0000 | 1.2169 | 0.0179 | 0.0000 | 0.0210 | 0.0210 |
| 8 | 1.2515 | 0.0000 | 1.2515 | 0.0179 | 0.0000 | 0.0216 | 0.0216 |
| 9 | 1.2871 | 0.0000 | 1.2871 | 0.0181 | 0.0000 | 0.0222 | 0.0222 |
| 10 | 1.3236 | 0.0000 | 1.3236 | 0.0201 | 0.0000 | 0.0230 | 0.0230 |
| 11 | 1.3613 | 0.0000 | 1.3613 | 0.0201 | 0.0000 | 0.0238 | 0.0238 |
| 12 | 1.4000 | 0.0000 | 1.4000 | 0.0201 | 0.0000 | 0.0246 | 0.0246 |
| 13 | 1.4388 | 0.0000 | 1.4388 | 0.0225 | 0.0000 | 0.0256 | 0.0256 |
| 14 | 1.4809 | 0.0000 | 1.4809 | 0.0225 | 0.0000 | 0.0265 | 0.0265 |
| 15 | 1.5229 | 0.0000 | 1.5229 | 0.0225 | 0.0000 | 0.0274 | 0.0274 |
| 16 | 1.5662 | 0.0000 | 1.5662 | 0.0225 | 0.0000 | 0.0283 | 0.0283 |
| 17 | 1.6107 | 0.0000 | 1.6107 | 0.0251 | 0.0000 | 0.0293 | 0.0293 |
| 18 | 1.6565 | 0.0000 | 1.6565 | 0.0251 | 0.0000 | 0.0303 | 0.0303 |
| 19 | 1.7036 | 0.0000 | 1.7036 | 0.0251 | 0.0000 | 0.0313 | 0.0313 |
| 20 | 1.7520 | 0.0000 | 1.7520 | 0.0251 | 0.0000 | 0.0323 | 0.0323 |
| 21 | 1.8019 | 0.0000 | 1.8019 | 0.0281 | 0.0000 | 0.0334 | 0.0334 |
| 22 | 1.8531 | 0.0000 | 1.8531 | 0.0281 | 0.0000 | 0.0344 | 0.0344 |
| 23 | 1.9058 | 0.0000 | 1.9058 | 0.0281 | 0.0000 | 0.0354 | 0.0354 |
| 24 | 1.9600 | 0.0000 | 1.9600 | 0.0281 | 0.0000 | 0.0364 | 0.0364 |
| 25 | 2.0157 | 0.0000 | 2.0157 | 0.0315 | 0.0000 | 0.0375 | 0.0375 |
| 26 | 2.0730 | 0.0000 | 2.0730 | 0.0315 | 0.0000 | 0.0386 | 0.0386 |
| 27 | 2.1320 | 0.0000 | 2.1320 | 0.0315 | 0.0000 | 0.0397 | 0.0397 |
| 28 | 2.1926 | 0.0000 | 2.1926 | 0.0315 | 0.0000 | 0.0408 | 0.0408 |
| 29 | 2.2550 | 0.0000 | 2.2550 | 0.0352 | 0.0000 | 0.0419 | 0.0419 |
| 30 | 2.3191 | 0.0000 | 2.3191 | 0.0352 | 0.0000 | 0.0430 | 0.0430 |
| 31 | 2.3850 | 0.0000 | 2.3850 | 0.0352 | 0.0000 | 0.0441 | 0.0441 |
| 32 | 2.4529 | 0.0000 | 2.4529 | 0.0352 | 0.0000 | 0.0452 | 0.0452 |
| 33 | 2.5226 | 0.0000 | 2.5226 | 0.0384 | 0.0000 | 0.0463 | 0.0463 |
| 34 | 2.5943 | 0.0000 | 2.5943 | 0.0384 | 0.0000 | 0.0474 | 0.0474 |
| 35 | 2.6681 | 0.0000 | 2.6681 | 0.0384 | 0.0000 | 0.0485 | 0.0485 |
| 36 | 2.7440 | 0.0000 | 2.7440 | 0.0384 | 0.0000 | 0.0496 | 0.0496 |
| 37 | 2.8220 | 0.0000 | 2.8220 | 0.0441 | 0.0000 | 0.0507 | 0.0507 |
| 38 | 2.9023 | 0.0000 | 2.9023 | 0.0441 | 0.0000 | 0.0518 | 0.0518 |
| 39 | 2.9848 | 0.0000 | 2.9848 | 0.0441 | 0.0000 | 0.0529 | 0.0529 |
| 40 | 3.0697 | 0.0000 | 3.0697 | 0.0441 | 0.0000 | 0.0540 | 0.0540 |
| 41 | 3.1570 | 0.0000 | 3.1570 | 0.0493 | 0.0000 | 0.0551 | 0.0551 |
| 42 | 3.2467 | 0.0000 | 3.2467 | 0.0493 | 0.0000 | 0.0562 | 0.0562 |
| 43 | 3.3391 | 0.0000 | 3.3391 | 0.0493 | 0.0000 | 0.0573 | 0.0573 |
| 44 | 3.4340 | 0.0000 | 3.4340 | 0.0493 | 0.0000 | 0.0584 | 0.0584 |
| 45 | 3.5317 | 0.0000 | 3.5317 | 0.0552 | 0.0000 | 0.0595 | 0.0595 |
| 46 | 3.6321 | 0.0000 | 3.6321 | 0.0552 | 0.0000 | 0.0606 | 0.0606 |
| 47 | 3.7354 | 0.0000 | 3.7354 | 0.0552 | 0.0000 | 0.0617 | 0.0617 |
| 48 | 3.8416 | 0.0000 | 3.8416 | 0.0552 | 0.0000 | 0.0628 | 0.0628 |
| 49 | 3.9508 | 0.0000 | 3.9508 | 0.0617 | 0.0000 | 0.0639 | 0.0639 |
| 50 | 4.0632 | 0.0000 | 4.0632 | 0.0617 | 0.0000 | 0.0650 | 0.0650 |
| 51 | 4.1787 | 0.0000 | 4.1787 | 0.0617 | 0.0000 | 0.0661 | 0.0661 |
| 52 | 4.2975 | 0.0000 | 4.2975 | 0.0617 | 0.0000 | 0.0672 | 0.0672 |
| 53 | 4.4197 | 0.0000 | 4.4197 | 0.0691 | 0.0000 | 0.0683 | 0.0683 |
| 54 | 4.5454 | 0.0000 | 4.5454 | 0.0691 | 0.0000 | 0.0694 | 0.0694 |
| 55 | 4.6747 | 0.0000 | 4.6747 | 0.0691 | 0.0000 | 0.0705 | 0.0705 |
| 56 | 4.8076 | 0.0000 | 4.8076 | 0.0691 | 0.0000 | 0.0716 | 0.0716 |
| 57 | 4.9443 | 0.0000 | 4.9443 | 0.0773 | 0.0000 | 0.0727 | 0.0727 |
| 58 | 5.0849 | 0.0000 | 5.0849 | 0.0773 | 0.0000 | 0.0738 | 0.0738 |
| 59 | 5.2295 | 0.0000 | 5.2295 | 0.0773 | 0.0000 | 0.0749 | 0.0749 |
| 60 | 5.3782 | 0.0000 | 5.3782 | 0.0773 | 0.0000 | 0.0760 | 0.0760 |

0.5378

TABLE 101.—INFLATE ANNUAL CON INCREMENTOS DECRETOS

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.0000 | | 1.0000 | | | | | |
| 1 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 4 | 1.1197 | 0.0000 | 1.1197 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 5 | 1.1705 | 0.0000 | 1.1774 | 0.0000 | 0.9750 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1000 |
| 6 | 1.1832 | 0.0000 | 1.2106 | 0.0000 | 0.9750 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1490 |
| 7 | 1.2169 | 0.0000 | 1.2570 | 0.0000 | 0.9750 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1780 |
| 8 | 1.2515 | 0.0000 | 1.2937 | 0.0000 | 0.9750 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2090 |
| 9 | 1.2871 | 0.0000 | 1.3418 | 0.0000 | 0.9500 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2420 |
| 10 | 1.3235 | 0.0000 | 1.3864 | 0.0000 | 0.9500 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2770 |
| 11 | 1.3613 | 0.0000 | 1.4324 | 0.0000 | 0.9500 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3130 |
| 12 | 1.4000 | 0.0000 | 1.4800 | 0.0000 | 0.9500 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3490 |
| 13 | 1.4398 | 0.0000 | 1.5292 | 0.0000 | 0.9260 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3860 |
| 14 | 1.4800 | 0.0000 | 1.5799 | 0.0000 | 0.9260 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4230 |
| 15 | 1.5229 | 0.0000 | 1.6324 | 0.0000 | 0.9260 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4610 |
| 16 | 1.5662 | 0.0000 | 1.6866 | 0.0000 | 0.9260 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5000 |
| 17 | 1.6107 | 0.0000 | 1.7426 | 0.0000 | 0.9037 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5390 |
| 18 | 1.6565 | 0.0000 | 1.8005 | 0.0000 | 0.9037 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5790 |
| 19 | 1.7036 | 0.0000 | 1.8603 | 0.0000 | 0.9037 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6200 |
| 20 | 1.7520 | 0.0000 | 1.9221 | 0.0000 | 0.8837 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6620 |
| 21 | 1.8019 | 0.0000 | 1.9859 | 0.0000 | 0.8837 | 0.0000 | 0.0000 | 0.7050 |
| 22 | 1.8531 | 0.0000 | 2.0519 | 0.0000 | 0.8837 | 0.0000 | 0.0000 | 0.7490 |
| 23 | 1.9050 | 0.0000 | 2.1200 | 0.0000 | 0.8837 | 0.0000 | 0.0000 | 0.7940 |
| 24 | 1.9580 | 0.0000 | 2.1904 | 0.0000 | 0.8837 | 0.0000 | 0.0000 | 0.8400 |
| 25 | 2.0127 | 0.0000 | 2.2631 | 0.0000 | 0.8591 | 0.0000 | 0.0000 | 0.8870 |
| 26 | 2.0679 | 0.0000 | 2.3383 | 0.0000 | 0.8591 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9350 |
| 27 | 2.1230 | 0.0000 | 2.4160 | 0.0000 | 0.8591 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9840 |
| 28 | 2.1786 | 0.0000 | 2.4962 | 0.0000 | 0.8591 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0340 |
| 29 | 2.2350 | 0.0000 | 2.5791 | 0.0000 | 0.8376 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0850 |
| 30 | 2.2921 | 0.0000 | 2.6647 | 0.0000 | 0.8376 | 0.0000 | 0.0000 | 1.1370 |
| 31 | 2.3500 | 0.0000 | 2.7532 | 0.0000 | 0.8376 | 0.0000 | 0.0000 | 1.1900 |
| 32 | 2.4089 | 0.0000 | 2.8447 | 0.0000 | 0.8376 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2440 |
| 33 | 2.4686 | 0.0000 | 2.9391 | 0.0000 | 0.8167 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2990 |
| 34 | 2.5293 | 0.0000 | 3.0367 | 0.0000 | 0.8167 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3550 |
| 35 | 2.5909 | 0.0000 | 3.1376 | 0.0000 | 0.8167 | 0.0000 | 0.0000 | 1.4120 |
| 36 | 2.6536 | 0.0000 | 3.2418 | 0.0000 | 0.8167 | 0.0000 | 0.0000 | 1.4700 |
| 37 | 2.7174 | 0.0000 | 3.3495 | 0.0000 | 0.7962 | 0.0000 | 0.0000 | 1.5290 |
| 38 | 2.7823 | 0.0000 | 3.4607 | 0.0000 | 0.7962 | 0.0000 | 0.0000 | 1.5890 |
| 39 | 2.8484 | 0.0000 | 3.5756 | 0.0000 | 0.7962 | 0.0000 | 0.0000 | 1.6500 |
| 40 | 2.9157 | 0.0000 | 3.6944 | 0.0000 | 0.7962 | 0.0000 | 0.0000 | 1.7120 |
| 41 | 3.0840 | 0.0000 | 3.8170 | 0.0000 | 0.7763 | 0.0000 | 0.0000 | 1.7750 |
| 42 | 3.1526 | 0.0000 | 3.9438 | 0.0000 | 0.7763 | 0.0000 | 0.0000 | 1.8390 |
| 43 | 3.2216 | 0.0000 | 4.0748 | 0.0000 | 0.7763 | 0.0000 | 0.0000 | 1.9040 |
| 44 | 3.2910 | 0.0000 | 4.2101 | 0.0000 | 0.7763 | 0.0000 | 0.0000 | 1.9700 |
| 45 | 3.3609 | 0.0000 | 4.3499 | 0.0000 | 0.7569 | 0.0000 | 0.0000 | 2.0370 |
| 46 | 3.4313 | 0.0000 | 4.4944 | 0.0000 | 0.7569 | 0.0000 | 0.0000 | 2.1050 |
| 47 | 3.5023 | 0.0000 | 4.6436 | 0.0000 | 0.7569 | 0.0000 | 0.0000 | 2.1740 |
| 48 | 3.5739 | 0.0000 | 4.7979 | 0.0000 | 0.7569 | 0.0000 | 0.0000 | 2.2440 |
| 49 | 3.6461 | 0.0000 | 4.9572 | 0.0000 | 0.7380 | 0.0000 | 0.0000 | 2.3150 |
| 50 | 3.7189 | 0.0000 | 5.1218 | 0.0000 | 0.7380 | 0.0000 | 0.0000 | 2.3870 |
| 51 | 3.7923 | 0.0000 | 5.2919 | 0.0000 | 0.7380 | 0.0000 | 0.0000 | 2.4600 |
| 52 | 3.8663 | 0.0000 | 5.4677 | 0.0000 | 0.7380 | 0.0000 | 0.0000 | 2.5340 |
| 53 | 3.9409 | 0.0000 | 5.6492 | 0.0000 | 0.7195 | 0.0000 | 0.0000 | 2.6090 |
| 54 | 4.0161 | 0.0000 | 5.8368 | 0.0000 | 0.7195 | 0.0000 | 0.0000 | 2.6850 |
| 55 | 4.0919 | 0.0000 | 6.0307 | 0.0000 | 0.7195 | 0.0000 | 0.0000 | 2.7620 |
| 56 | 4.1683 | 0.0000 | 6.2310 | 0.0000 | 0.7195 | 0.0000 | 0.0000 | 2.8400 |
| 57 | 4.2453 | 0.0000 | 6.4379 | 0.0000 | 0.7016 | 0.0000 | 0.0000 | 2.9190 |
| 58 | 4.3229 | 0.0000 | 6.6517 | 0.0000 | 0.7016 | 0.0000 | 0.0000 | 3.0000 |
| 59 | 4.4011 | 0.0000 | 6.8726 | 0.0000 | 0.7016 | 0.0000 | 0.0000 | 3.0820 |
| 60 | 4.4799 | 0.0000 | 7.1008 | 0.0000 | 0.7016 | 0.0000 | 0.0000 | 3.1660 |

0.5375

TABLA (2) - EVOLUCION DE LA INVERSION EN EQUIPO

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.0000 | | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | | 0.0000 |
| 1 | 1.0332 | 0.8347 | 1.0284 | 0.9822 | 1.0101 | 0.0179 | 0.0183 | 0.0223 | 0.0039 |
| 2 | 1.0675 | 0.8098 | 1.0577 | 0.9644 | 1.0200 | 0.0356 | 0.0370 | 0.0453 | 0.0074 |
| 3 | 1.1030 | 0.8152 | 1.0878 | 0.9466 | 1.0297 | 0.0534 | 0.0550 | 0.0691 | 0.0110 |
| 4 | 1.1396 | 0.8209 | 1.1167 | 0.9308 | 1.0390 | 0.0712 | 0.0736 | 0.0937 | 0.0149 |
| 5 | 1.1774 | 0.8269 | 1.1505 | 0.9114 | 1.0486 | 0.0895 | 0.1019 | 0.1212 | 0.0193 |
| 6 | 1.2166 | 0.8333 | 1.1832 | 0.8941 | 1.0578 | 0.1059 | 0.1253 | 0.1495 | 0.0242 |
| 7 | 1.2570 | 0.8400 | 1.2169 | 0.8767 | 1.0668 | 0.1233 | 0.1500 | 0.1738 | 0.0288 |
| 8 | 1.2987 | 0.8472 | 1.2515 | 0.8594 | 1.0755 | 0.1406 | 0.1760 | 0.2091 | 0.0331 |
| 9 | 1.3418 | 0.8547 | 1.2871 | 0.8424 | 1.0843 | 0.1576 | 0.2028 | 0.2424 | 0.0377 |
| 10 | 1.3864 | 0.8627 | 1.3236 | 0.8258 | 1.0927 | 0.1745 | 0.2310 | 0.2772 | 0.0423 |
| 11 | 1.4324 | 0.8711 | 1.3615 | 0.8086 | 1.1007 | 0.1914 | 0.2606 | 0.3129 | 0.0467 |
| 12 | 1.4800 | 0.8800 | 1.4000 | 0.7917 | 1.1083 | 0.2083 | 0.2917 | 0.3490 | 0.0510 |
| 13 | 1.5292 | 0.8893 | 1.4398 | 0.7752 | 1.1161 | 0.2249 | 0.3237 | 0.3904 | 0.0551 |
| 14 | 1.5799 | 0.8991 | 1.4808 | 0.7587 | 1.1234 | 0.2413 | 0.3573 | 0.4322 | 0.0591 |
| 15 | 1.6324 | 0.1085 | 1.5229 | 0.7422 | 1.1302 | 0.2578 | 0.3925 | 0.4756 | 0.0630 |
| 16 | 1.6866 | 0.1095 | 1.5662 | 0.7257 | 1.1365 | 0.2747 | 0.4286 | 0.5203 | 0.0669 |
| 17 | 1.7426 | 0.1319 | 1.6107 | 0.7096 | 1.1429 | 0.2904 | 0.4678 | 0.5681 | 0.0708 |
| 18 | 1.8005 | 0.1440 | 1.6565 | 0.6935 | 1.1488 | 0.3065 | 0.5077 | 0.6186 | 0.1110 |
| 19 | 1.8603 | 0.1567 | 1.7036 | 0.6774 | 1.1540 | 0.3226 | 0.5494 | 0.6718 | 0.1217 |
| 20 | 1.9221 | 0.1700 | 1.7520 | 0.6613 | 1.1587 | 0.3387 | 0.5934 | 0.7256 | 0.1323 |
| 21 | 1.9859 | 0.1840 | 1.8019 | 0.6455 | 1.1634 | 0.3544 | 0.6395 | 0.7842 | 0.1430 |
| 22 | 2.0519 | 0.1987 | 1.8531 | 0.6300 | 1.1674 | 0.3700 | 0.6857 | 0.8446 | 0.1538 |
| 23 | 2.1200 | 0.2142 | 1.9058 | 0.6143 | 1.1707 | 0.3857 | 0.7351 | 0.9071 | 0.1646 |
| 24 | 2.1904 | 0.2304 | 1.9600 | 0.5986 | 1.1732 | 0.4014 | 0.7865 | 0.9717 | 0.1754 |
| 25 | 2.2631 | 0.2474 | 2.0157 | 0.5833 | 1.1758 | 0.4167 | 0.8400 | 1.0415 | 0.2015 |
| 26 | 2.3383 | 0.2653 | 2.0730 | 0.5680 | 1.1775 | 0.4323 | 0.8956 | 1.1136 | 0.2141 |
| 27 | 2.4150 | 0.2840 | 2.1320 | 0.5527 | 1.1784 | 0.4473 | 0.9536 | 1.1881 | 0.2269 |
| 28 | 2.4962 | 0.3036 | 2.1926 | 0.5374 | 1.1783 | 0.4626 | 1.0143 | 1.2652 | 0.2398 |
| 29 | 2.5791 | 0.3241 | 2.2550 | 0.5225 | 1.1787 | 0.4775 | 1.0767 | 1.3481 | 0.2714 |
| 30 | 2.6647 | 0.3456 | 2.3191 | 0.5076 | 1.1772 | 0.4924 | 1.1419 | 1.4339 | 0.2819 |
| 31 | 2.7532 | 0.3682 | 2.3850 | 0.4927 | 1.1751 | 0.5073 | 1.2100 | 1.5224 | 0.2917 |
| 32 | 2.8447 | 0.3918 | 2.4529 | 0.4778 | 1.1719 | 0.5222 | 1.2810 | 1.6139 | 0.2970 |
| 33 | 2.9391 | 0.4165 | 2.5226 | 0.4632 | 1.1686 | 0.5368 | 1.3541 | 1.7112 | 0.3082 |
| 34 | 3.0367 | 0.4424 | 2.5943 | 0.4487 | 1.1641 | 0.5513 | 1.4303 | 1.8138 | 0.3185 |
| 35 | 3.1376 | 0.4695 | 2.6681 | 0.4342 | 1.1584 | 0.5658 | 1.5097 | 1.9187 | 0.4089 |
| 36 | 3.2418 | 0.4978 | 2.7440 | 0.4196 | 1.1514 | 0.5804 | 1.5926 | 2.0271 | 0.4348 |
| 37 | 3.3495 | 0.5274 | 2.8220 | 0.4054 | 1.1442 | 0.5946 | 1.6778 | 2.1431 | 0.4617 |
| 38 | 3.4607 | 0.5584 | 2.9023 | 0.3912 | 1.1356 | 0.6087 | 1.7667 | 2.2630 | 0.4893 |
| 39 | 3.5756 | 0.5900 | 2.9848 | 0.3771 | 1.1256 | 0.6229 | 1.8592 | 2.3869 | 0.5270 |
| 40 | 3.6944 | 0.6247 | 3.0697 | 0.3629 | 1.1141 | 0.6371 | 1.9556 | 2.5149 | 0.5657 |
| 41 | 3.8170 | 0.6601 | 3.1570 | 0.3491 | 1.1021 | 0.6509 | 2.0549 | 2.6415 | 0.5967 |
| 42 | 3.9438 | 0.6971 | 3.2467 | 0.3353 | 1.0886 | 0.6647 | 2.1582 | 2.7727 | 0.6290 |
| 43 | 4.0748 | 0.7357 | 3.3391 | 0.3215 | 1.0734 | 0.6785 | 2.2657 | 2.9086 | 0.6700 |
| 44 | 4.2101 | 0.7761 | 3.4340 | 0.3076 | 1.0564 | 0.6924 | 2.3776 | 3.0494 | 0.7116 |
| 45 | 4.3499 | 0.8183 | 3.5317 | 0.2942 | 1.0389 | 0.7059 | 2.4928 | 3.2459 | 0.7532 |
| 46 | 4.4944 | 0.8623 | 3.6321 | 0.2807 | 1.0195 | 0.7193 | 2.6126 | 3.4158 | 0.8071 |
| 47 | 4.6436 | 0.9083 | 3.7354 | 0.2672 | 0.9982 | 0.7328 | 2.7372 | 3.5873 | 0.8560 |
| 48 | 4.7979 | 0.9563 | 3.8416 | 0.2537 | 0.9743 | 0.7463 | 2.8668 | 3.7644 | 0.8870 |
| 49 | 4.9572 | 1.0064 | 3.9509 | 0.2406 | 0.9506 | 0.7594 | 3.0002 | 3.9526 | 0.9529 |
| 50 | 5.1218 | 1.0587 | 4.0632 | 0.2275 | 0.9242 | 0.7725 | 3.1389 | 4.1471 | 1.0000 |
| 51 | 5.2919 | 1.1132 | 4.1787 | 0.2143 | 0.8956 | 0.7857 | 3.2831 | 4.3480 | 1.0650 |
| 52 | 5.4677 | 1.1701 | 4.2975 | 0.2012 | 0.8646 | 0.7988 | 3.4329 | 4.5557 | 1.1200 |
| 53 | 5.6492 | 1.2295 | 4.4197 | 0.1884 | 0.8326 | 0.8116 | 3.5871 | 4.7759 | 1.1858 |
| 54 | 5.8368 | 1.2914 | 4.5454 | 0.1756 | 0.7991 | 0.8244 | 3.7474 | 5.0035 | 1.2541 |
| 55 | 6.0307 | 1.3569 | 4.6747 | 0.1628 | 0.7609 | 0.8372 | 3.9138 | 5.2386 | 1.3248 |
| 56 | 6.2310 | 1.4234 | 4.8076 | 0.1500 | 0.7209 | 0.8500 | 4.0867 | 5.4816 | 1.3949 |
| 57 | 6.4378 | 1.4926 | 4.9443 | 0.1375 | 0.6797 | 0.8625 | 4.2646 | 5.7368 | 1.4742 |
| 58 | 6.6517 | 1.5648 | 5.0849 | 0.1250 | 0.6355 | 0.8750 | 4.4494 | 6.0046 | 1.5557 |
| 59 | 6.8726 | 1.6401 | 5.2295 | 0.1125 | 0.5883 | 0.8875 | 4.6412 | 6.2793 | 1.6380 |
| 60 | 7.1008 | 1.7226 | 5.3782 | 0.1000 | 0.5378 | 0.9000 | 4.8404 | 6.5630 | 1.7216 |

TABLE (1) - 1970 MONTHLY DEPRECIATION (PERCENT DECREMENT)

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-----|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.0000 | | 1.0000 | | | | | | |
| 1 | 1.0084 | 0.0080 | 1.0264 | 0.0190 | 1.0500 | 0.0350 | 0.0000 | 0.0190 | 0.0190 |
| 2 | 1.0377 | 0.0380 | 1.0677 | 0.0490 | 1.0946 | 0.0690 | 0.0000 | 0.0490 | 0.0490 |
| 3 | 1.0678 | 0.0680 | 1.0998 | 0.0790 | 1.1193 | 0.1190 | 0.0011 | 0.0790 | 0.0790 |
| 4 | 1.1137 | 0.0980 | 1.1197 | 0.0990 | 1.0900 | 0.0990 | 0.0016 | 0.0990 | 0.0990 |
| 5 | 1.1605 | 0.0990 | 1.1805 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0022 | 0.0990 | 0.0990 |
| 6 | 1.2332 | 0.0990 | 1.1867 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0029 | 0.0990 | 0.0990 |
| 7 | 1.3265 | 0.0990 | 1.2369 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0035 | 0.0990 | 0.0990 |
| 8 | 1.4315 | 0.0990 | 1.2915 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0042 | 0.0990 | 0.0990 |
| 9 | 1.5474 | 0.0990 | 1.3511 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0049 | 0.0990 | 0.0990 |
| 10 | 1.6746 | 0.0990 | 1.4271 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0057 | 0.0990 | 0.0990 |
| 11 | 1.8115 | 0.0990 | 1.5113 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0066 | 0.0990 | 0.0990 |
| 12 | 1.9580 | 0.0990 | 1.6000 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0074 | 0.0990 | 0.0990 |
| 13 | 2.1149 | 0.0990 | 1.6939 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0082 | 0.0990 | 0.0990 |
| 14 | 2.2823 | 0.0990 | 1.7930 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0092 | 0.0990 | 0.0990 |
| 15 | 2.4602 | 0.0990 | 1.8979 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0102 | 0.0990 | 0.0990 |
| 16 | 2.6486 | 0.0990 | 2.0082 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0111 | 0.0990 | 0.0990 |
| 17 | 2.8475 | 0.0990 | 2.1240 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0122 | 0.0990 | 0.0990 |
| 18 | 3.0569 | 0.0990 | 2.2455 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0133 | 0.0990 | 0.0990 |
| 19 | 3.2768 | 0.0990 | 2.3736 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0144 | 0.0990 | 0.0990 |
| 20 | 3.5070 | 0.0990 | 2.5080 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0156 | 0.0990 | 0.0990 |
| 21 | 3.7475 | 0.0990 | 2.6489 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0169 | 0.0990 | 0.0990 |
| 22 | 3.9983 | 0.0990 | 2.7963 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0181 | 0.0990 | 0.0990 |
| 23 | 4.2594 | 0.0990 | 2.9500 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0195 | 0.0990 | 0.0990 |
| 24 | 4.5308 | 0.0990 | 3.1100 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0209 | 0.0990 | 0.0990 |
| 25 | 4.8125 | 0.0990 | 3.2767 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0223 | 0.0990 | 0.0990 |
| 26 | 5.1046 | 0.0990 | 3.4500 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0239 | 0.0990 | 0.0990 |
| 27 | 5.4070 | 0.0990 | 3.6300 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0255 | 0.0990 | 0.0990 |
| 28 | 5.7200 | 0.0990 | 3.8160 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0271 | 0.0990 | 0.0990 |
| 29 | 6.0435 | 0.0990 | 4.0080 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0288 | 0.0990 | 0.0990 |
| 30 | 6.3775 | 0.0990 | 4.2060 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0306 | 0.0990 | 0.0990 |
| 31 | 6.7220 | 0.0990 | 4.4100 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0325 | 0.0990 | 0.0990 |
| 32 | 7.0770 | 0.0990 | 4.6200 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0344 | 0.0990 | 0.0990 |
| 33 | 7.4425 | 0.0990 | 4.8360 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0364 | 0.0990 | 0.0990 |
| 34 | 7.8185 | 0.0990 | 5.0580 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0385 | 0.0990 | 0.0990 |
| 35 | 8.2050 | 0.0990 | 5.2860 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0407 | 0.0990 | 0.0990 |
| 36 | 8.6020 | 0.0990 | 5.5300 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0429 | 0.0990 | 0.0990 |
| 37 | 9.0095 | 0.0990 | 5.7900 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0452 | 0.0990 | 0.0990 |
| 38 | 9.4275 | 0.0990 | 6.0600 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0477 | 0.0990 | 0.0990 |
| 39 | 9.8560 | 0.0990 | 6.3400 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0503 | 0.0990 | 0.0990 |
| 40 | 10.2950 | 0.0990 | 6.6300 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0529 | 0.0990 | 0.0990 |
| 41 | 10.7445 | 0.0990 | 6.9300 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0556 | 0.0990 | 0.0990 |
| 42 | 11.2045 | 0.0990 | 7.2400 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0584 | 0.0990 | 0.0990 |
| 43 | 11.6750 | 0.0990 | 7.5600 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0614 | 0.0990 | 0.0990 |
| 44 | 12.1560 | 0.0990 | 7.8900 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0644 | 0.0990 | 0.0990 |
| 45 | 12.6475 | 0.0990 | 8.2300 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0676 | 0.0990 | 0.0990 |
| 46 | 13.1495 | 0.0990 | 8.5800 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0709 | 0.0990 | 0.0990 |
| 47 | 13.6620 | 0.0990 | 8.9400 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0743 | 0.0990 | 0.0990 |
| 48 | 14.1850 | 0.0990 | 9.3100 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0778 | 0.0990 | 0.0990 |
| 49 | 14.7185 | 0.0990 | 9.6900 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0815 | 0.0990 | 0.0990 |
| 50 | 15.2625 | 0.0990 | 10.0800 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0853 | 0.0990 | 0.0990 |
| 51 | 15.8170 | 0.0990 | 10.4800 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0893 | 0.0990 | 0.0990 |
| 52 | 16.3820 | 0.0990 | 10.8900 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0934 | 0.0990 | 0.0990 |
| 53 | 16.9575 | 0.0990 | 11.3100 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.0976 | 0.0990 | 0.0990 |
| 54 | 17.5435 | 0.0990 | 11.7400 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.1021 | 0.0990 | 0.0990 |
| 55 | 18.1400 | 0.0990 | 12.1800 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.1067 | 0.0990 | 0.0990 |
| 56 | 18.7470 | 0.0990 | 12.6300 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.1114 | 0.0990 | 0.0990 |
| 57 | 19.3645 | 0.0990 | 13.0900 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.1162 | 0.0990 | 0.0990 |
| 58 | 19.9925 | 0.0990 | 13.5600 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.1213 | 0.0990 | 0.0990 |
| 59 | 20.6310 | 0.0990 | 14.0400 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.1266 | 0.0990 | 0.0990 |
| 60 | 21.2800 | 0.0990 | 14.5300 | 0.0990 | 0.9900 | 0.0990 | 0.1321 | 0.0990 | 0.0990 |

| NO | CONTE INICIAL | INICIAL FIN | CAPITAL INICIAL | RENTA BASE | FACTOR REDUC | RENTA AJUSTO | INTERES CTS COR | INGRESOS DEL MES | ACUM DE INGRESOS |
|-----|------------------|----------------|--------------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 1.0000 | | 1.0000 | | | | | | |
| 1 | 1.0332 | 0.0332 | 1.0332 | 0.0332 | 1.0000 | 0.0332 | 0.0000 | 0.0332 | 0.0332 |
| 2 | 1.0675 | 0.0342 | 1.0675 | 0.0342 | 1.0000 | 0.0342 | 0.0013 | 0.0355 | 0.0687 |
| 3 | 1.1020 | 0.0352 | 1.1020 | 0.0352 | 1.0000 | 0.0352 | 0.0026 | 0.0381 | 0.1068 |
| 4 | 1.1366 | 0.0362 | 1.1366 | 0.0362 | 1.0000 | 0.0362 | 0.0039 | 0.0407 | 0.1475 |
| 5 | 1.1714 | 0.0372 | 1.1714 | 0.0372 | 1.0000 | 0.0372 | 0.0052 | 0.0433 | 0.1908 |
| 6 | 1.2063 | 0.0382 | 1.2063 | 0.0382 | 1.0000 | 0.0382 | 0.0065 | 0.0459 | 0.2367 |
| 7 | 1.2414 | 0.0392 | 1.2414 | 0.0392 | 1.0000 | 0.0392 | 0.0078 | 0.0485 | 0.2852 |
| 8 | 1.2766 | 0.0402 | 1.2766 | 0.0402 | 1.0000 | 0.0402 | 0.0091 | 0.0511 | 0.3363 |
| 9 | 1.3119 | 0.0412 | 1.3119 | 0.0412 | 1.0000 | 0.0412 | 0.0104 | 0.0537 | 0.3900 |
| 10 | 1.3474 | 0.0422 | 1.3474 | 0.0422 | 1.0000 | 0.0422 | 0.0117 | 0.0563 | 0.4463 |
| 11 | 1.3830 | 0.0432 | 1.3830 | 0.0432 | 1.0000 | 0.0432 | 0.0130 | 0.0589 | 0.5052 |
| 12 | 1.4188 | 0.0442 | 1.4188 | 0.0442 | 1.0000 | 0.0442 | 0.0143 | 0.0615 | 0.5667 |
| 13 | 1.4547 | 0.0452 | 1.4547 | 0.0452 | 1.0000 | 0.0452 | 0.0156 | 0.0641 | 0.6308 |
| 14 | 1.4908 | 0.0462 | 1.4908 | 0.0462 | 1.0000 | 0.0462 | 0.0169 | 0.0667 | 0.6975 |
| 15 | 1.5270 | 0.0472 | 1.5270 | 0.0472 | 1.0000 | 0.0472 | 0.0182 | 0.0693 | 0.7668 |
| 16 | 1.5634 | 0.0482 | 1.5634 | 0.0482 | 1.0000 | 0.0482 | 0.0195 | 0.0719 | 0.8387 |
| 17 | 1.6000 | 0.0492 | 1.6000 | 0.0492 | 1.0000 | 0.0492 | 0.0208 | 0.0745 | 0.9132 |
| 18 | 1.6367 | 0.0502 | 1.6367 | 0.0502 | 1.0000 | 0.0502 | 0.0221 | 0.0771 | 0.9903 |
| 19 | 1.6736 | 0.0512 | 1.6736 | 0.0512 | 1.0000 | 0.0512 | 0.0234 | 0.0797 | 1.0700 |
| 20 | 1.7106 | 0.0522 | 1.7106 | 0.0522 | 1.0000 | 0.0522 | 0.0247 | 0.0823 | 1.1523 |
| 21 | 1.7478 | 0.0532 | 1.7478 | 0.0532 | 1.0000 | 0.0532 | 0.0260 | 0.0849 | 1.2372 |
| 22 | 1.7851 | 0.0542 | 1.7851 | 0.0542 | 1.0000 | 0.0542 | 0.0273 | 0.0875 | 1.3247 |
| 23 | 1.8226 | 0.0552 | 1.8226 | 0.0552 | 1.0000 | 0.0552 | 0.0286 | 0.0901 | 1.4148 |
| 24 | 1.8602 | 0.0562 | 1.8602 | 0.0562 | 1.0000 | 0.0562 | 0.0299 | 0.0927 | 1.5075 |
| 25 | 1.8980 | 0.0572 | 1.8980 | 0.0572 | 1.0000 | 0.0572 | 0.0312 | 0.0953 | 1.6028 |
| 26 | 1.9359 | 0.0582 | 1.9359 | 0.0582 | 1.0000 | 0.0582 | 0.0325 | 0.0979 | 1.7007 |
| 27 | 1.9740 | 0.0592 | 1.9740 | 0.0592 | 1.0000 | 0.0592 | 0.0338 | 0.1005 | 1.8012 |
| 28 | 2.0122 | 0.0602 | 2.0122 | 0.0602 | 1.0000 | 0.0602 | 0.0351 | 0.1031 | 1.9043 |
| 29 | 2.0506 | 0.0612 | 2.0506 | 0.0612 | 1.0000 | 0.0612 | 0.0364 | 0.1057 | 2.0099 |
| 30 | 2.0891 | 0.0622 | 2.0891 | 0.0622 | 1.0000 | 0.0622 | 0.0377 | 0.1083 | 2.1181 |
| 31 | 2.1278 | 0.0632 | 2.1278 | 0.0632 | 1.0000 | 0.0632 | 0.0390 | 0.1109 | 2.2289 |
| 32 | 2.1666 | 0.0642 | 2.1666 | 0.0642 | 1.0000 | 0.0642 | 0.0403 | 0.1135 | 2.3424 |
| 33 | 2.2056 | 0.0652 | 2.2056 | 0.0652 | 1.0000 | 0.0652 | 0.0416 | 0.1161 | 2.4585 |
| 34 | 2.2447 | 0.0662 | 2.2447 | 0.0662 | 1.0000 | 0.0662 | 0.0429 | 0.1187 | 2.5772 |
| 35 | 2.2840 | 0.0672 | 2.2840 | 0.0672 | 1.0000 | 0.0672 | 0.0442 | 0.1213 | 2.6985 |
| 36 | 2.3234 | 0.0682 | 2.3234 | 0.0682 | 1.0000 | 0.0682 | 0.0455 | 0.1239 | 2.8224 |
| 37 | 2.3630 | 0.0692 | 2.3630 | 0.0692 | 1.0000 | 0.0692 | 0.0468 | 0.1265 | 2.9489 |
| 38 | 2.4027 | 0.0702 | 2.4027 | 0.0702 | 1.0000 | 0.0702 | 0.0481 | 0.1291 | 3.0780 |
| 39 | 2.4426 | 0.0712 | 2.4426 | 0.0712 | 1.0000 | 0.0712 | 0.0494 | 0.1317 | 3.2097 |
| 40 | 2.4826 | 0.0722 | 2.4826 | 0.0722 | 1.0000 | 0.0722 | 0.0507 | 0.1343 | 3.3440 |
| 41 | 2.5228 | 0.0732 | 2.5228 | 0.0732 | 1.0000 | 0.0732 | 0.0520 | 0.1369 | 3.4809 |
| 42 | 2.5631 | 0.0742 | 2.5631 | 0.0742 | 1.0000 | 0.0742 | 0.0533 | 0.1395 | 3.6204 |
| 43 | 2.6036 | 0.0752 | 2.6036 | 0.0752 | 1.0000 | 0.0752 | 0.0546 | 0.1421 | 3.7625 |
| 44 | 2.6442 | 0.0762 | 2.6442 | 0.0762 | 1.0000 | 0.0762 | 0.0559 | 0.1447 | 3.9072 |
| 45 | 2.6849 | 0.0772 | 2.6849 | 0.0772 | 1.0000 | 0.0772 | 0.0572 | 0.1473 | 4.0545 |
| 46 | 2.7258 | 0.0782 | 2.7258 | 0.0782 | 1.0000 | 0.0782 | 0.0585 | 0.1499 | 4.2044 |
| 47 | 2.7668 | 0.0792 | 2.7668 | 0.0792 | 1.0000 | 0.0792 | 0.0598 | 0.1525 | 4.3569 |
| 48 | 2.8079 | 0.0802 | 2.8079 | 0.0802 | 1.0000 | 0.0802 | 0.0611 | 0.1551 | 4.5120 |
| 49 | 2.8491 | 0.0812 | 2.8491 | 0.0812 | 1.0000 | 0.0812 | 0.0624 | 0.1577 | 4.6697 |
| 50 | 2.8905 | 0.0822 | 2.8905 | 0.0822 | 1.0000 | 0.0822 | 0.0637 | 0.1603 | 4.8300 |
| 51 | 2.9320 | 0.0832 | 2.9320 | 0.0832 | 1.0000 | 0.0832 | 0.0650 | 0.1629 | 4.9929 |
| 52 | 2.9737 | 0.0842 | 2.9737 | 0.0842 | 1.0000 | 0.0842 | 0.0663 | 0.1655 | 5.1584 |
| 53 | 3.0155 | 0.0852 | 3.0155 | 0.0852 | 1.0000 | 0.0852 | 0.0676 | 0.1681 | 5.3265 |
| 54 | 3.0574 | 0.0862 | 3.0574 | 0.0862 | 1.0000 | 0.0862 | 0.0689 | 0.1707 | 5.4972 |
| 55 | 3.0995 | 0.0872 | 3.0995 | 0.0872 | 1.0000 | 0.0872 | 0.0702 | 0.1733 | 5.6705 |
| 56 | 3.1417 | 0.0882 | 3.1417 | 0.0882 | 1.0000 | 0.0882 | 0.0715 | 0.1759 | 5.8464 |
| 57 | 3.1841 | 0.0892 | 3.1841 | 0.0892 | 1.0000 | 0.0892 | 0.0728 | 0.1785 | 6.0249 |
| 58 | 3.2266 | 0.0902 | 3.2266 | 0.0902 | 1.0000 | 0.0902 | 0.0741 | 0.1811 | 6.2060 |
| 59 | 3.2693 | 0.0912 | 3.2693 | 0.0912 | 1.0000 | 0.0912 | 0.0754 | 0.1837 | 6.3897 |
| 60 | 3.3121 | 0.0922 | 3.3121 | 0.0922 | 1.0000 | 0.0922 | 0.0767 | 0.1863 | 6.5760 |
| 61 | 3.3551 | 0.0932 | 3.3551 | 0.0932 | 1.0000 | 0.0932 | 0.0780 | 0.1889 | 6.7649 |
| 62 | 3.3982 | 0.0942 | 3.3982 | 0.0942 | 1.0000 | 0.0942 | 0.0793 | 0.1915 | 6.9564 |
| 63 | 3.4415 | 0.0952 | 3.4415 | 0.0952 | 1.0000 | 0.0952 | 0.0806 | 0.1941 | 7.1505 |
| 64 | 3.4850 | 0.0962 | 3.4850 | 0.0962 | 1.0000 | 0.0962 | 0.0819 | 0.1967 | 7.3472 |
| 65 | 3.5286 | 0.0972 | 3.5286 | 0.0972 | 1.0000 | 0.0972 | 0.0832 | 0.1993 | 7.5465 |
| 66 | 3.5724 | 0.0982 | 3.5724 | 0.0982 | 1.0000 | 0.0982 | 0.0845 | 0.2019 | 7.7484 |
| 67 | 3.6163 | 0.0992 | 3.6163 | 0.0992 | 1.0000 | 0.0992 | 0.0858 | 0.2045 | 7.9529 |
| 68 | 3.6604 | 0.1002 | 3.6604 | 0.1002 | 1.0000 | 0.1002 | 0.0871 | 0.2071 | 8.1599 |
| 69 | 3.7047 | 0.1012 | 3.7047 | 0.1012 | 1.0000 | 0.1012 | 0.0884 | 0.2097 | 8.3694 |
| 70 | 3.7491 | 0.1022 | 3.7491 | 0.1022 | 1.0000 | 0.1022 | 0.0897 | 0.2123 | 8.5815 |
| 71 | 3.7937 | 0.1032 | 3.7937 | 0.1032 | 1.0000 | 0.1032 | 0.0910 | 0.2149 | 8.7962 |
| 72 | 3.8384 | 0.1042 | 3.8384 | 0.1042 | 1.0000 | 0.1042 | 0.0923 | 0.2175 | 9.0135 |
| 73 | 3.8833 | 0.1052 | 3.8833 | 0.1052 | 1.0000 | 0.1052 | 0.0936 | 0.2201 | 9.2334 |
| 74 | 3.9283 | 0.1062 | 3.9283 | 0.1062 | 1.0000 | 0.1062 | 0.0949 | 0.2227 | 9.4559 |
| 75 | 3.9734 | 0.1072 | 3.9734 | 0.1072 | 1.0000 | 0.1072 | 0.0962 | 0.2253 | 9.6809 |
| 76 | 4.0187 | 0.1082 | 4.0187 | 0.1082 | 1.0000 | 0.1082 | 0.0975 | 0.2279 | 9.9084 |
| 77 | 4.0641 | 0.1092 | 4.0641 | 0.1092 | 1.0000 | 0.1092 | 0.0988 | 0.2305 | 10.1384 |
| 78 | 4.1097 | 0.1102 | 4.1097 | 0.1102 | 1.0000 | 0.1102 | 0.1001 | 0.2331 | 10.3709 |
| 79 | 4.1554 | 0.1112 | 4.1554 | 0.1112 | 1.0000 | 0.1112 | 0.1014 | 0.2357 | 10.6059 |
| 80 | 4.2013 | 0.1122 | 4.2013 | 0.1122 | 1.0000 | 0.1122 | 0.1027 | 0.2383 | 10.8434 |
| 81 | 4.2473 | 0.1132 | 4.2473 | 0.1132 | 1.0000 | 0.1132 | 0.1040 | 0.2409 | 11.0834 |
| 82 | 4.2935 | 0.1142 | 4.2935 | 0.1142 | 1.0000 | 0.1142 | 0.1053 | 0.2435 | 11.3259 |
| 83 | 4.3398 | 0.1152 | 4.3398 | 0.1152 | 1.0000 | 0.1152 | 0.1066 | 0.2461 | 11.5709 |
| 84 | 4.3863 | 0.1162 | 4.3863 | 0.1162 | 1.0000 | 0.1162 | 0.1079 | 0.2487 | 11.8184 |
| 85 | 4.4329 | 0.1172 | 4.4329 | 0.1172 | 1.0000 | 0.1172 | 0.1092 | 0.2513 | 12.0684 |
| 86 | 4.4797 | 0.1182 | 4.4797 | 0.1182 | 1.0000 | 0.1182 | 0.1105 | 0.2539 | 12.3209 |
| 87 | 4.5266 | 0.1192 | 4.5266 | 0.1192 | 1.0000 | 0.1192 | 0.1118 | 0.2565 | 12.5759 |
| 88 | 4.5737 | 0.1202 | 4.5737 | 0.1202 | 1.0000 | 0.1202 | 0.1131 | 0.2591 | 12.8334 |
| 89 | 4.6209 | 0.1212 | 4.6209 | 0.1212 | 1.0000 | 0.1212 | 0.1144 | 0.2617 | 13.0934 |
| 90 | 4.6683 | 0.1222 | 4.6683 | 0.1222 | 1.0000 | 0.1222 | 0.1157 | 0.2643 | 13.3559 |
| 91 | 4.7158 | 0.1232 | 4.7158 | 0.1232 | 1.0000 | 0.1232 | 0.1170 | 0.2669 | 13.6209 |
| 92 | 4.7634 | 0.1242 | 4.7634 | 0.1242 | 1.0000 | 0.1242 | 0.1183 | 0.2695 | 13.8884 |
| 93 | 4.8112 | 0.1252 | 4.8112 | 0.1252 | 1.0000 | 0.1252 | 0.1196 | 0.2721 | 14.1584 |
| 94 | 4.8591 | 0.1262 | 4.8591 | 0.1262 | 1.0000 | 0.1262 | 0.1209 | 0.2747 | 14.4309 |
| 95 | 4.9072 | 0.1272 | 4.9072 | 0.1272 | 1.0000 | 0.1272 | 0.1222 | 0.2773 | 14.7059 |
| 96 | 4.9554 | 0.1282 | 4.9554 | 0.1282 | 1.0000 | 0.1282 | 0.1235 | 0.2799 | 14.9834 |
| 97 | 5.0037 | 0.1292 | 5.0037 | 0.1292 | 1.0000 | 0.1292 | 0.1248 | 0.2825 | 15.2634 |
| 98 | 5.0521 | 0.1302 | 5.0521 | 0.1302 | 1.0000 | 0.1302 | 0.1261 | 0.2851 | 15.5459 |
| 99 | 5.1007 | 0.1312 | 5.1007 | 0.1312 | 1.0000 | 0.1312 | 0.1274 | 0.2877 | 15.8309 |
| 100 | 5.1494 | 0.1322 | 5.1494 | 0.1322 | 1.0000 | 0.1322 | 0.1287 | 0.2903 | 16.1184 |
| 101 | 5.1983 | 0.1332 | 5.1983 | 0.1332 | 1.0000 | 0.1332 | 0.1300 | 0.2929 | 16.4084 |
| 102 | 5.2473 | 0.1342 | 5.2473 | 0.1342 | 1.0000 | 0.1342 | 0.1313 | 0.2955 | 16.7009 |
| 103 | 5.2965 | 0.1352 | 5.2965 | 0.1352 | 1.0000 | 0.1352 | 0.1326 | 0.2981 | 16.9959 |
| 104 | 5.3458 | 0.1362 | 5.3458 | 0.1362 | 1.0000 | 0.1362 | 0.1339 | 0.3007 | 17.2934 |
| 105 | 5.3953 | 0.1372 | 5.3953 | 0.1372 | 1.0000 | 0.1372 | 0.1352 | 0.3033 | 17.5934 |
| 106 | 5.4449 | 0.1382 | 5.4449 | 0.1382 | 1.0000 | 0.1382 | 0.1365 | 0.3059 | 17.8959 |
| 107 | 5.4946 | 0.1392 | 5.4946 | 0.1392 | 1.0000 | 0.1392 | 0.1378 | 0.3085 | 18.2009 |
| 108 | 5.5444 | 0.1402 | 5.5444 | 0.1402 | 1.0000 | 0.1402 | 0.1391 | 0.3111 | 18.5084 |
| 109 | 5.5943 | 0.1412 | 5.5943 | 0.1412 | 1.0000 | 0.1412 | 0.1404 | 0.3137 | |

| NºS | CAPITAL INICIAL | PROYEC INV. EOP | CAPITAL INV. EOP | INTRESSES INV. EOP | INTRESSES ING. INT | ACUM DE ING. ESP | TARIFA INVERSA | INTRESSES TRF. COB | ACM. ING TRF. INV |
|-----|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | | | | | | |
| 1 | 1.0284 | 0.9822 | 1.0101 | 0.0048 | 0.0000 | 0.0048 | 0.0055 | 0.0000 | 0.0055 |
| 2 | 1.0577 | 0.9644 | 1.0200 | 0.0048 | 0.0001 | 0.0053 | 0.0055 | 0.0011 | 0.0112 |
| 3 | 1.0878 | 0.9466 | 1.0297 | 0.0049 | 0.0002 | 0.0150 | 0.0055 | 0.0003 | 0.0171 |
| 4 | 1.1187 | 0.9289 | 1.0390 | 0.0049 | 0.0003 | 0.0297 | 0.0055 | 0.0005 | 0.0232 |
| 5 | 1.1503 | 0.9114 | 1.0484 | 0.0050 | 0.0004 | 0.0447 | 0.0060 | 0.0007 | 0.0300 |
| 6 | 1.1832 | 0.8941 | 1.0579 | 0.0050 | 0.0005 | 0.0597 | 0.0060 | 0.0009 | 0.0371 |
| 7 | 1.2169 | 0.8767 | 1.0668 | 0.0050 | 0.0006 | 0.0747 | 0.0060 | 0.0012 | 0.0443 |
| 8 | 1.2515 | 0.8594 | 1.0755 | 0.0051 | 0.0007 | 0.0897 | 0.0060 | 0.0014 | 0.0517 |
| 9 | 1.2871 | 0.8424 | 1.0843 | 0.0051 | 0.0008 | 0.1047 | 0.0065 | 0.0017 | 0.0592 |
| 10 | 1.3234 | 0.8255 | 1.0927 | 0.0052 | 0.0009 | 0.1197 | 0.0065 | 0.0020 | 0.0669 |
| 11 | 1.3607 | 0.8086 | 1.1007 | 0.0052 | 0.0010 | 0.1347 | 0.0065 | 0.0022 | 0.0749 |
| 12 | 1.4000 | 0.7917 | 1.1083 | 0.0052 | 0.0011 | 0.1497 | 0.0065 | 0.0025 | 0.0830 |
| | | | | | | | 0.0726 | 0.0763 | 0.0505 |
| 13 | 1.4388 | 0.7752 | 1.1161 | 0.0053 | 0.0012 | 0.1647 | 0.0071 | 0.0028 | 0.0913 |
| 14 | 1.4800 | 0.7587 | 1.1234 | 0.0053 | 0.0013 | 0.1797 | 0.0071 | 0.0030 | 0.0995 |
| 15 | 1.5229 | 0.7422 | 1.1302 | 0.0053 | 0.0014 | 0.1947 | 0.0071 | 0.0032 | 0.1079 |
| 16 | 1.5682 | 0.7257 | 1.1365 | 0.0054 | 0.0015 | 0.2097 | 0.0071 | 0.0035 | 0.1167 |
| 17 | 1.6167 | 0.7096 | 1.1429 | 0.0054 | 0.0016 | 0.2247 | 0.0078 | 0.0038 | 0.1258 |
| 18 | 1.6685 | 0.6935 | 1.1488 | 0.0054 | 0.0017 | 0.2400 | 0.0078 | 0.0042 | 0.1354 |
| 19 | 1.7236 | 0.6774 | 1.1540 | 0.0055 | 0.0018 | 0.2557 | 0.0078 | 0.0046 | 0.1454 |
| 20 | 1.7820 | 0.6613 | 1.1587 | 0.0055 | 0.0019 | 0.2717 | 0.0078 | 0.0050 | 0.1559 |
| 21 | 1.8438 | 0.6456 | 1.1634 | 0.0055 | 0.0020 | 0.2880 | 0.0085 | 0.0054 | 0.1669 |
| 22 | 1.9091 | 0.6300 | 1.1674 | 0.0055 | 0.0021 | 0.3047 | 0.0085 | 0.0058 | 0.1784 |
| 23 | 1.9789 | 0.6143 | 1.1707 | 0.0055 | 0.0022 | 0.3217 | 0.0085 | 0.0062 | 0.1904 |
| 24 | 1.9600 | 0.5986 | 1.1732 | 0.0056 | 0.0023 | 0.3391 | 0.0085 | 0.0067 | 0.2029 |
| | | | | | | | 0.0842 | 0.0871 | 0.1401 |
| 25 | 2.0157 | 0.5833 | 1.1758 | 0.0056 | 0.0024 | 0.3569 | 0.0093 | 0.0071 | 0.2159 |
| 26 | 2.0779 | 0.5680 | 1.1775 | 0.0056 | 0.0025 | 0.3752 | 0.0093 | 0.0076 | 0.2323 |
| 27 | 2.1320 | 0.5527 | 1.1784 | 0.0056 | 0.0026 | 0.3940 | 0.0093 | 0.0080 | 0.2493 |
| 28 | 2.1926 | 0.5374 | 1.1783 | 0.0056 | 0.0027 | 0.4133 | 0.0093 | 0.0085 | 0.2669 |
| 29 | 2.2550 | 0.5225 | 1.1782 | 0.0056 | 0.0028 | 0.4331 | 0.0101 | 0.0090 | 0.2852 |
| 30 | 2.3161 | 0.5076 | 1.1772 | 0.0056 | 0.0029 | 0.4534 | 0.0101 | 0.0095 | 0.3042 |
| 31 | 2.3850 | 0.4927 | 1.1751 | 0.0056 | 0.0030 | 0.4742 | 0.0101 | 0.0100 | 0.3239 |
| 32 | 2.4509 | 0.4778 | 1.1719 | 0.0055 | 0.0031 | 0.4955 | 0.0101 | 0.0105 | 0.3444 |
| 33 | 2.5226 | 0.4632 | 1.1686 | 0.0055 | 0.0032 | 0.5173 | 0.0110 | 0.0110 | 0.3656 |
| 34 | 2.5993 | 0.4487 | 1.1641 | 0.0055 | 0.0033 | 0.5396 | 0.0110 | 0.0115 | 0.3874 |
| 35 | 2.6801 | 0.4342 | 1.1584 | 0.0055 | 0.0034 | 0.5624 | 0.0110 | 0.0120 | 0.4100 |
| 36 | 2.7440 | 0.4196 | 1.1514 | 0.0054 | 0.0035 | 0.5857 | 0.0110 | 0.0125 | 0.4333 |
| | | | | | | | 0.1223 | 0.0911 | 0.2917 |
| 37 | 2.8220 | 0.4054 | 1.1442 | 0.0054 | 0.0036 | 0.6095 | 0.0121 | 0.0130 | 0.4574 |
| 38 | 2.9023 | 0.3913 | 1.1356 | 0.0054 | 0.0037 | 0.6338 | 0.0121 | 0.0135 | 0.4821 |
| 39 | 2.9840 | 0.3771 | 1.1256 | 0.0053 | 0.0038 | 0.4115 | 0.0121 | 0.0140 | 0.5074 |
| 40 | 3.0697 | 0.3629 | 1.1141 | 0.0053 | 0.0039 | 0.4364 | 0.0121 | 0.0145 | 0.5334 |
| 41 | 3.1570 | 0.3481 | 1.1021 | 0.0052 | 0.0040 | 0.4618 | 0.0131 | 0.0150 | 0.5600 |
| 42 | 3.2467 | 0.3353 | 1.0886 | 0.0051 | 0.0041 | 0.4877 | 0.0131 | 0.0155 | 0.5872 |
| 43 | 3.3391 | 0.3215 | 1.0734 | 0.0051 | 0.0042 | 0.5141 | 0.0131 | 0.0160 | 0.6151 |
| 44 | 3.4340 | 0.3076 | 1.0564 | 0.0050 | 0.0043 | 0.5410 | 0.0131 | 0.0165 | 0.6437 |
| 45 | 3.5317 | 0.2942 | 1.0389 | 0.0049 | 0.0044 | 0.5684 | 0.0143 | 0.0170 | 0.6730 |
| 46 | 3.6321 | 0.2807 | 1.0205 | 0.0048 | 0.0045 | 0.5963 | 0.0143 | 0.0175 | 0.7030 |
| 47 | 3.7354 | 0.2672 | 0.9992 | 0.0047 | 0.0046 | 0.6247 | 0.0143 | 0.0180 | 0.7337 |
| 48 | 3.8416 | 0.2537 | 0.9748 | 0.0046 | 0.0047 | 0.6536 | 0.0143 | 0.0185 | 0.7651 |
| | | | | | | | 0.1587 | 0.0937 | 0.5404 |
| 49 | 3.9506 | 0.2406 | 0.9506 | 0.0045 | 0.0048 | 0.6830 | 0.0156 | 0.0190 | 0.7971 |
| 50 | 4.0632 | 0.2275 | 0.9242 | 0.0044 | 0.0049 | 0.7129 | 0.0156 | 0.0195 | 0.8122 |
| 51 | 4.1787 | 0.2143 | 0.8956 | 0.0042 | 0.0050 | 0.7433 | 0.0156 | 0.0200 | 0.8282 |
| 52 | 4.2975 | 0.2012 | 0.8646 | 0.0041 | 0.0051 | 0.7742 | 0.0156 | 0.0205 | 0.8451 |
| 53 | 4.4197 | 0.1884 | 0.8326 | 0.0039 | 0.0052 | 0.8056 | 0.0171 | 0.0210 | 0.8629 |
| 54 | 4.5454 | 0.1758 | 0.7981 | 0.0038 | 0.0053 | 0.8375 | 0.0171 | 0.0215 | 0.8814 |
| 55 | 4.6747 | 0.1636 | 0.7609 | 0.0036 | 0.0054 | 0.8700 | 0.0171 | 0.0220 | 0.8997 |
| 56 | 4.8076 | 0.1509 | 0.7209 | 0.0034 | 0.0055 | 0.9031 | 0.0171 | 0.0225 | 0.9178 |
| 57 | 4.9443 | 0.1375 | 0.6787 | 0.0032 | 0.0056 | 0.9368 | 0.0186 | 0.0230 | 0.9357 |
| 58 | 5.0849 | 0.1250 | 0.6335 | 0.0030 | 0.0057 | 0.9711 | 0.0186 | 0.0235 | 0.9534 |
| 59 | 5.2295 | 0.1125 | 0.5863 | 0.0028 | 0.0058 | 1.0060 | 0.0186 | 0.0240 | 0.9709 |
| 60 | 5.3782 | 0.1000 | 0.5378 | 0.0025 | 0.0059 | 1.0415 | 0.0186 | 0.0245 | 0.9882 |
| | | | | | | | 0.2059 | 0.1030 | 0.9477 |

| MES | CAPITAL INTESES | INTESES ACUM | CAPITAL INICIAL | RENTA BASE | FACTOR REDUC | RENTA AJUSTADA | INTESES RTE | INGRESOS DEL MES | ACUM DE INGRESOS |
|-----|--------------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|-------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 1.0000 | | 1.0000 | | | | | | |
| 1 | 1.0046 | 0.0046 | 1.0000 | 0.0300 | 1.0000 | 0.0300 | 0.0000 | 0.0300 | 0.0300 |
| 2 | 1.0093 | 0.0093 | 1.0000 | 0.0292 | 1.0000 | 0.0292 | 0.0000 | 0.0292 | 0.0594 |
| 3 | 1.0140 | 0.0139 | 1.0000 | 0.0284 | 1.0000 | 0.0284 | 0.0000 | 0.0284 | 0.0881 |
| 4 | 1.0187 | 0.0187 | 1.0000 | 0.0276 | 1.0000 | 0.0276 | 0.0000 | 0.0276 | 0.1167 |
| 5 | 1.0234 | 0.0234 | 1.0000 | 0.0268 | 0.9750 | 0.0268 | 0.0000 | 0.0268 | 0.1450 |
| 6 | 1.0282 | 0.0281 | 1.0000 | 0.0260 | 0.9750 | 0.0260 | 0.0000 | 0.0260 | 0.1732 |
| 7 | 1.0329 | 0.0329 | 1.0000 | 0.0252 | 0.9750 | 0.0252 | 0.0000 | 0.0252 | 0.2013 |
| 8 | 1.0377 | 0.0377 | 1.0000 | 0.0244 | 0.9750 | 0.0244 | 0.0000 | 0.0244 | 0.2291 |
| 9 | 1.0426 | 0.0425 | 1.0000 | 0.0236 | 0.9500 | 0.0236 | 0.0000 | 0.0236 | 0.2567 |
| 10 | 1.0474 | 0.0474 | 1.0000 | 0.0228 | 0.9500 | 0.0228 | 0.0000 | 0.0228 | 0.2842 |
| 11 | 1.0523 | 0.0522 | 1.0000 | 0.0220 | 0.9500 | 0.0220 | 0.0000 | 0.0220 | 0.3115 |
| 12 | 1.0571 | 0.0571 | 1.0000 | 0.0212 | 0.9500 | 0.0212 | 0.0000 | 0.0212 | 0.3387 |
| 13 | 1.0621 | 0.0620 | 1.0000 | 0.0204 | 0.9250 | 0.0204 | 0.0000 | 0.0204 | 0.3657 |
| 14 | 1.0670 | 0.0669 | 1.0000 | 0.0196 | 0.9250 | 0.0196 | 0.0000 | 0.0196 | 0.3925 |
| 15 | 1.0719 | 0.0719 | 1.0000 | 0.0188 | 0.9250 | 0.0188 | 0.0000 | 0.0188 | 0.4191 |
| 16 | 1.0769 | 0.0769 | 1.0000 | 0.0180 | 0.9000 | 0.0180 | 0.0000 | 0.0180 | 0.4455 |
| 17 | 1.0819 | 0.0819 | 1.0000 | 0.0172 | 0.9000 | 0.0172 | 0.0000 | 0.0172 | 0.4717 |
| 18 | 1.0869 | 0.0869 | 1.0000 | 0.0164 | 0.9000 | 0.0164 | 0.0000 | 0.0164 | 0.4977 |
| 19 | 1.0920 | 0.0919 | 1.0000 | 0.0156 | 0.8750 | 0.0156 | 0.0000 | 0.0156 | 0.5235 |
| 20 | 1.0970 | 0.0970 | 1.0000 | 0.0148 | 0.8750 | 0.0148 | 0.0000 | 0.0148 | 0.5491 |
| 21 | 1.1021 | 0.1021 | 1.0000 | 0.0140 | 0.8750 | 0.0140 | 0.0000 | 0.0140 | 0.5745 |
| 22 | 1.1073 | 0.1073 | 1.0000 | 0.0132 | 0.8500 | 0.0132 | 0.0000 | 0.0132 | 0.6000 |
| 23 | 1.1124 | 0.1124 | 1.0000 | 0.0124 | 0.8500 | 0.0124 | 0.0000 | 0.0124 | 0.6252 |
| 24 | 1.1176 | 0.1176 | 1.0000 | 0.0116 | 0.8500 | 0.0116 | 0.0000 | 0.0116 | 0.6505 |
| 25 | 1.1227 | 0.1227 | 1.0000 | 0.0108 | 0.8250 | 0.0108 | 0.0000 | 0.0108 | 0.6755 |
| 26 | 1.1280 | 0.1280 | 1.0000 | 0.0100 | 0.8250 | 0.0100 | 0.0000 | 0.0100 | 0.7005 |
| 27 | 1.1332 | 0.1332 | 1.0000 | 0.0092 | 0.8250 | 0.0092 | 0.0000 | 0.0092 | 0.7252 |
| 28 | 1.1384 | 0.1384 | 1.0000 | 0.0084 | 0.8000 | 0.0084 | 0.0000 | 0.0084 | 0.7498 |
| 29 | 1.1437 | 0.1437 | 1.0000 | 0.0076 | 0.8000 | 0.0076 | 0.0000 | 0.0076 | 0.7742 |
| 30 | 1.1490 | 0.1490 | 1.0000 | 0.0068 | 0.8000 | 0.0068 | 0.0000 | 0.0068 | 0.7985 |
| 31 | 1.1544 | 0.1544 | 1.0000 | 0.0060 | 0.7750 | 0.0060 | 0.0000 | 0.0060 | 0.8225 |
| 32 | 1.1597 | 0.1597 | 1.0000 | 0.0052 | 0.7750 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.8465 |
| 33 | 1.1651 | 0.1651 | 1.0000 | 0.0044 | 0.7750 | 0.0044 | 0.0000 | 0.0044 | 0.8702 |
| 34 | 1.1705 | 0.1705 | 1.0000 | 0.0036 | 0.7500 | 0.0036 | 0.0000 | 0.0036 | 0.8938 |
| 35 | 1.1760 | 0.1760 | 1.0000 | 0.0028 | 0.7500 | 0.0028 | 0.0000 | 0.0028 | 0.9172 |
| 36 | 1.1814 | 0.1814 | 1.0000 | 0.0020 | 0.7500 | 0.0020 | 0.0000 | 0.0020 | 0.9405 |
| 37 | 1.1869 | 0.1869 | 1.0000 | 0.0012 | 0.7250 | 0.0012 | 0.0000 | 0.0012 | 0.9635 |
| 38 | 1.1924 | 0.1924 | 1.0000 | 0.0004 | 0.7250 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0004 | 0.9865 |
| 39 | 1.1979 | 0.1979 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0091 |
| 40 | 1.2035 | 0.2035 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0315 |
| 41 | 1.2091 | 0.2091 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0537 |
| 42 | 1.2147 | 0.2147 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0758 |
| 43 | 1.2203 | 0.2203 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0977 |
| 44 | 1.2260 | 0.2260 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.1194 |
| 45 | 1.2317 | 0.2317 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.1409 |
| 46 | 1.2374 | 0.2374 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.1622 |
| 47 | 1.2432 | 0.2432 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.1834 |
| 48 | 1.2489 | 0.2489 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2045 |
| 49 | 1.2547 | 0.2547 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2254 |
| 50 | 1.2605 | 0.2605 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2462 |
| 51 | 1.2664 | 0.2664 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2668 |
| 52 | 1.2723 | 0.2723 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.2873 |
| 53 | 1.2782 | 0.2782 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3077 |
| 54 | 1.2841 | 0.2841 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3279 |
| 55 | 1.2901 | 0.2901 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3480 |
| 56 | 1.2961 | 0.2961 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3679 |
| 57 | 1.3021 | 0.3021 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.3877 |
| 58 | 1.3081 | 0.3081 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.4074 |
| 59 | 1.3142 | 0.3142 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.4269 |
| 60 | 1.3203 | 0.3203 | 1.0000 | 0.0000 | 0.7000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.4463 |

| MES | CAPITAL INICIAL | FACTORE INV EOP | CAPITAL INV EOP | INTRSES INV EOP | INTRSES ING ANT | ACUM DE ING ESP | TARIFA INVERSN | INTRSES TRF COB | ACUM ING TRF INV |
|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | | | | | | |
| 1 | 1.0000 | 0.9822 | 0.9822 | 0.0046 | 0.0000 | 0.0046 | 0.0053 | 0.0000 | 0.0053 |
| 2 | 1.0000 | 0.9644 | 0.9644 | 0.0046 | 0.0001 | 0.0093 | 0.0052 | 0.0001 | 0.0106 |
| 3 | 1.0000 | 0.9466 | 0.9466 | 0.0045 | 0.0003 | 0.0138 | 0.0050 | 0.0003 | 0.0157 |
| 4 | 1.0000 | 0.9288 | 0.9288 | 0.0044 | 0.0004 | 0.0183 | 0.0049 | 0.0005 | 0.0208 |
| 5 | 1.0000 | 0.9114 | 0.9114 | 0.0043 | 0.0005 | 0.0228 | 0.0052 | 0.0006 | 0.0251 |
| 6 | 1.0000 | 0.8941 | 0.8941 | 0.0042 | 0.0007 | 0.0271 | 0.0051 | 0.0008 | 0.0293 |
| 7 | 1.0000 | 0.8767 | 0.8767 | 0.0041 | 0.0008 | 0.0315 | 0.0049 | 0.0010 | 0.0334 |
| 8 | 1.0000 | 0.8594 | 0.8594 | 0.0041 | 0.0010 | 0.0357 | 0.0048 | 0.0011 | 0.0374 |
| 9 | 1.0000 | 0.8424 | 0.8424 | 0.0040 | 0.0011 | 0.0399 | 0.0051 | 0.0013 | 0.0415 |
| 10 | 1.0000 | 0.8255 | 0.8255 | 0.0039 | 0.0012 | 0.0440 | 0.0049 | 0.0015 | 0.0456 |
| 11 | 1.0000 | 0.8086 | 0.8086 | 0.0038 | 0.0014 | 0.0481 | 0.0048 | 0.0016 | 0.0497 |
| 12 | 1.0000 | 0.7917 | 0.7917 | 0.0037 | 0.0015 | 0.0521 | 0.0047 | 0.0018 | 0.0538 |
| | | | | | | | 0.0518 | 0.0019 | 0.0579 |
| 13 | 1.0000 | 0.7752 | 0.7752 | 0.0037 | 0.0016 | 0.0560 | 0.0049 | 0.0011 | 0.0619 |
| 14 | 1.0000 | 0.7587 | 0.7587 | 0.0036 | 0.0018 | 0.0599 | 0.0048 | 0.0013 | 0.0660 |
| 15 | 1.0000 | 0.7422 | 0.7422 | 0.0035 | 0.0019 | 0.0637 | 0.0047 | 0.0014 | 0.0701 |
| 16 | 1.0000 | 0.7257 | 0.7257 | 0.0034 | 0.0020 | 0.0675 | 0.0045 | 0.0016 | 0.0742 |
| 17 | 1.0000 | 0.7096 | 0.7096 | 0.0033 | 0.0021 | 0.0712 | 0.0048 | 0.0018 | 0.0783 |
| 18 | 1.0000 | 0.6935 | 0.6935 | 0.0033 | 0.0023 | 0.0748 | 0.0047 | 0.0019 | 0.0824 |
| 19 | 1.0000 | 0.6774 | 0.6774 | 0.0032 | 0.0024 | 0.0784 | 0.0045 | 0.0021 | 0.0865 |
| 20 | 1.0000 | 0.6613 | 0.6613 | 0.0031 | 0.0025 | 0.0819 | 0.0044 | 0.0022 | 0.0906 |
| 21 | 1.0000 | 0.6456 | 0.6456 | 0.0030 | 0.0026 | 0.0854 | 0.0047 | 0.0024 | 0.0947 |
| 22 | 1.0000 | 0.6300 | 0.6300 | 0.0030 | 0.0027 | 0.0888 | 0.0046 | 0.0026 | 0.0988 |
| 23 | 1.0000 | 0.6143 | 0.6143 | 0.0029 | 0.0028 | 0.0921 | 0.0044 | 0.0027 | 0.1029 |
| 24 | 1.0000 | 0.5986 | 0.5986 | 0.0028 | 0.0029 | 0.0954 | 0.0043 | 0.0029 | 0.1070 |
| | | | | | | | 0.0950 | 0.0030 | 0.1111 |
| 25 | 1.0000 | 0.5833 | 0.5833 | 0.0027 | 0.0030 | 0.0987 | 0.0046 | 0.0023 | 0.1152 |
| 26 | 1.0000 | 0.5680 | 0.5680 | 0.0027 | 0.0031 | 0.1019 | 0.0044 | 0.0024 | 0.1193 |
| 27 | 1.0000 | 0.5527 | 0.5527 | 0.0026 | 0.0032 | 0.1050 | 0.0043 | 0.0026 | 0.1234 |
| 28 | 1.0000 | 0.5374 | 0.5374 | 0.0025 | 0.0033 | 0.1080 | 0.0042 | 0.0027 | 0.1275 |
| 29 | 1.0000 | 0.5225 | 0.5225 | 0.0024 | 0.0034 | 0.1110 | 0.0045 | 0.0029 | 0.1316 |
| 30 | 1.0000 | 0.5076 | 0.5076 | 0.0024 | 0.0035 | 0.1140 | 0.0043 | 0.0030 | 0.1357 |
| 31 | 1.0000 | 0.4927 | 0.4927 | 0.0023 | 0.0036 | 0.1169 | 0.0042 | 0.0032 | 0.1398 |
| 32 | 1.0000 | 0.4778 | 0.4778 | 0.0022 | 0.0037 | 0.1197 | 0.0041 | 0.0034 | 0.1439 |
| 33 | 1.0000 | 0.4632 | 0.4632 | 0.0022 | 0.0038 | 0.1224 | 0.0043 | 0.0035 | 0.1480 |
| 34 | 1.0000 | 0.4487 | 0.4487 | 0.0021 | 0.0039 | 0.1251 | 0.0042 | 0.0037 | 0.1521 |
| 35 | 1.0000 | 0.4342 | 0.4342 | 0.0020 | 0.0040 | 0.1278 | 0.0041 | 0.0038 | 0.1562 |
| 36 | 1.0000 | 0.4196 | 0.4196 | 0.0020 | 0.0041 | 0.1304 | 0.0040 | 0.0040 | 0.1603 |
| | | | | | | | 0.0445 | 0.0022 | 0.1644 |
| 37 | 1.0000 | 0.4054 | 0.4054 | 0.0019 | 0.0042 | 0.1329 | 0.0042 | 0.0034 | 0.1685 |
| 38 | 1.0000 | 0.3913 | 0.3913 | 0.0018 | 0.0042 | 0.1354 | 0.0041 | 0.0035 | 0.1726 |
| 39 | 1.0000 | 0.3771 | 0.3771 | 0.0018 | 0.0043 | 0.1378 | 0.0040 | 0.0037 | 0.1767 |
| 40 | 1.0000 | 0.3629 | 0.3629 | 0.0017 | 0.0044 | 0.1402 | 0.0039 | 0.0038 | 0.1808 |
| 41 | 1.0000 | 0.3491 | 0.3491 | 0.0016 | 0.0045 | 0.1425 | 0.0041 | 0.0040 | 0.1849 |
| 42 | 1.0000 | 0.3353 | 0.3353 | 0.0016 | 0.0046 | 0.1448 | 0.0040 | 0.0041 | 0.1890 |
| 43 | 1.0000 | 0.3215 | 0.3215 | 0.0015 | 0.0046 | 0.1470 | 0.0039 | 0.0043 | 0.1931 |
| 44 | 1.0000 | 0.3076 | 0.3076 | 0.0014 | 0.0047 | 0.1492 | 0.0038 | 0.0044 | 0.1972 |
| 45 | 1.0000 | 0.2942 | 0.2942 | 0.0014 | 0.0048 | 0.1513 | 0.0040 | 0.0046 | 0.2013 |
| 46 | 1.0000 | 0.2807 | 0.2807 | 0.0013 | 0.0048 | 0.1533 | 0.0039 | 0.0047 | 0.2054 |
| 47 | 1.0000 | 0.2672 | 0.2672 | 0.0012 | 0.0049 | 0.1553 | 0.0038 | 0.0048 | 0.2095 |
| 48 | 1.0000 | 0.2537 | 0.2537 | 0.0012 | 0.0050 | 0.1572 | 0.0037 | 0.0050 | 0.2136 |
| | | | | | | | 0.0413 | 0.0026 | 0.2177 |
| 49 | 1.0000 | 0.2406 | 0.2406 | 0.0011 | 0.0050 | 0.1591 | 0.0039 | 0.0045 | 0.2218 |
| 50 | 1.0000 | 0.2275 | 0.2275 | 0.0010 | 0.0051 | 0.1609 | 0.0038 | 0.0047 | 0.2259 |
| 51 | 1.0000 | 0.2143 | 0.2143 | 0.0010 | 0.0051 | 0.1627 | 0.0037 | 0.0048 | 0.2300 |
| 52 | 1.0000 | 0.2012 | 0.2012 | 0.0009 | 0.0052 | 0.1644 | 0.0036 | 0.0050 | 0.2341 |
| 53 | 1.0000 | 0.1884 | 0.1884 | 0.0008 | 0.0053 | 0.1661 | 0.0033 | 0.0051 | 0.2382 |
| 54 | 1.0000 | 0.1756 | 0.1756 | 0.0008 | 0.0053 | 0.1677 | 0.0037 | 0.0052 | 0.2423 |
| 55 | 1.0000 | 0.1628 | 0.1628 | 0.0007 | 0.0054 | 0.1692 | 0.0036 | 0.0054 | 0.2464 |
| 56 | 1.0000 | 0.1500 | 0.1500 | 0.0007 | 0.0054 | 0.1707 | 0.0035 | 0.0055 | 0.2505 |
| 57 | 1.0000 | 0.1375 | 0.1375 | 0.0006 | 0.0055 | 0.1722 | 0.0037 | 0.0057 | 0.2546 |
| 58 | 1.0000 | 0.1250 | 0.1250 | 0.0005 | 0.0055 | 0.1736 | 0.0036 | 0.0058 | 0.2587 |
| 59 | 1.0000 | 0.1125 | 0.1125 | 0.0005 | 0.0056 | 0.1749 | 0.0035 | 0.0060 | 0.2628 |
| 60 | 1.0000 | 0.1000 | 0.1000 | 0.0004 | 0.0056 | 0.1762 | 0.0034 | 0.0061 | 0.2669 |
| | | | | | | | 0.0382 | 0.0131 | 0.2710 |

| MES | CAPITAL INICIAL | PRONTO PAGAR | CAPITAL A HOY | TARIFA DE DEPORR | PERO VS CAP | VS REC | CAPITAL RECUPRO | TARIFA INPUS | DIEN DE INTRIS | ACUM DE DIFEROS | MON INT CAP REC |
|-----|-----------------|--------------|---------------|------------------|-------------|--------|-----------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | | | | | | | | | |
| 1 | 1.0000 | 0.0178 | 0.0178 | 0.0155 | 0.0000 | 0.0187 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0061 | 0.0061 | 0.0081 |
| 2 | 1.0000 | 0.0356 | 0.0356 | 0.0155 | 0.0000 | 0.0356 | 0.0059 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0052 | 0.0112 |
| 3 | 1.0000 | 0.0534 | 0.0534 | 0.0178 | 0.0000 | 0.0541 | 0.0058 | 0.0000 | 0.0058 | 0.0067 | 0.0182 |
| 4 | 1.0000 | 0.0712 | 0.0712 | 0.0178 | 0.0000 | 0.0712 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0064 | 0.0252 |
| 5 | 1.0000 | 0.0890 | 0.0890 | 0.0155 | 0.0000 | 0.0893 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0070 | 0.0322 |
| 6 | 1.0000 | 0.1068 | 0.1068 | 0.0178 | 0.0000 | 0.1069 | 0.0058 | 0.0000 | 0.0058 | 0.0072 | 0.0392 |
| 7 | 1.0000 | 0.1246 | 0.1246 | 0.0178 | 0.0000 | 0.1249 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0073 | 0.0462 |
| 8 | 1.0000 | 0.1424 | 0.1424 | 0.0155 | 0.0000 | 0.1426 | 0.0055 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0074 | 0.0532 |
| 9 | 1.0000 | 0.1602 | 0.1602 | 0.0178 | 0.0000 | 0.1603 | 0.0058 | 0.0000 | 0.0058 | 0.0080 | 0.0602 |
| 10 | 1.0000 | 0.1780 | 0.1780 | 0.0178 | 0.0000 | 0.1784 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0056 | 0.0082 | 0.0672 |
| 11 | 1.0000 | 0.1958 | 0.1958 | 0.0155 | 0.0000 | 0.1961 | 0.0055 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0083 | 0.0742 |
| 12 | 1.0000 | 0.2136 | 0.2136 | 0.0155 | 0.0000 | 0.2139 | 0.0053 | 0.0000 | 0.0053 | 0.0084 | 0.0812 |
| 13 | 1.0000 | 0.2314 | 0.2314 | 0.0178 | 0.0000 | 0.2315 | 0.0057 | 0.0000 | 0.0057 | 0.0085 | 0.0882 |
| 14 | 1.0000 | 0.2492 | 0.2492 | 0.0155 | 0.0000 | 0.2492 | 0.0055 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0086 | 0.0952 |
| 15 | 1.0000 | 0.2670 | 0.2670 | 0.0155 | 0.0000 | 0.2670 | 0.0053 | 0.0000 | 0.0053 | 0.0086 | 0.1022 |
| 16 | 1.0000 | 0.2848 | 0.2848 | 0.0155 | 0.0000 | 0.2848 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.0087 | 0.1092 |
| 17 | 1.0000 | 0.3026 | 0.3026 | 0.0167 | 0.0000 | 0.3026 | 0.0055 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0088 | 0.1162 |
| 18 | 1.0000 | 0.3204 | 0.3204 | 0.0155 | 0.0000 | 0.3204 | 0.0054 | 0.0000 | 0.0054 | 0.0087 | 0.1232 |
| 19 | 1.0000 | 0.3382 | 0.3382 | 0.0155 | 0.0000 | 0.3382 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.0089 | 0.1302 |
| 20 | 1.0000 | 0.3560 | 0.3560 | 0.0154 | 0.0000 | 0.3560 | 0.0051 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0089 | 0.1372 |
| 21 | 1.0000 | 0.3738 | 0.3738 | 0.0155 | 0.0000 | 0.3738 | 0.0050 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0090 | 0.1442 |
| 22 | 1.0000 | 0.3916 | 0.3916 | 0.0159 | 0.0000 | 0.3916 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.0090 | 0.1512 |
| 23 | 1.0000 | 0.4094 | 0.4094 | 0.0154 | 0.0100 | 0.4094 | 0.0051 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0091 | 0.1582 |
| 24 | 1.0000 | 0.4272 | 0.4272 | 0.0150 | 0.0100 | 0.4272 | 0.0049 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0091 | 0.1652 |
| 25 | 1.0000 | 0.4450 | 0.4450 | 0.0159 | 0.0111 | 0.4450 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.0092 | 0.1722 |
| 26 | 1.0000 | 0.4628 | 0.4628 | 0.0155 | 0.0115 | 0.4628 | 0.0051 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0092 | 0.1792 |
| 27 | 1.0000 | 0.4806 | 0.4806 | 0.0150 | 0.0119 | 0.4806 | 0.0049 | 0.0000 | 0.0049 | 0.0091 | 0.1862 |
| 28 | 1.0000 | 0.4984 | 0.4984 | 0.0140 | 0.0123 | 0.4984 | 0.0048 | 0.0000 | 0.0048 | 0.0093 | 0.1932 |
| 29 | 1.0000 | 0.5162 | 0.5162 | 0.0155 | 0.0127 | 0.5162 | 0.0051 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0093 | 0.2002 |
| 30 | 1.0000 | 0.5340 | 0.5340 | 0.0151 | 0.0132 | 0.5340 | 0.0050 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0094 | 0.2072 |
| 31 | 1.0000 | 0.5518 | 0.5518 | 0.0147 | 0.0136 | 0.5518 | 0.0048 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0094 | 0.2142 |
| 32 | 1.0000 | 0.5696 | 0.5696 | 0.0142 | 0.0140 | 0.5696 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0052 | 0.0094 | 0.2212 |
| 33 | 1.0000 | 0.5874 | 0.5874 | 0.0151 | 0.0144 | 0.5874 | 0.0050 | 0.0000 | 0.0050 | 0.0095 | 0.2282 |
| 34 | 1.0000 | 0.6052 | 0.6052 | 0.0147 | 0.0148 | 0.6052 | 0.0048 | 0.0000 | 0.0051 | 0.0095 | 0.2352 |
| 35 | 1.0000 | 0.6230 | 0.6230 | 0.0147 | 0.0152 | 0.6230 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0052 | 0.0095 | 0.2422 |
| 36 | 1.0000 | 0.6408 | 0.6408 | 0.0139 | 0.0156 | 0.6408 | 0.0046 | 0.0000 | 0.0052 | 0.0096 | 0.2492 |
| 37 | 1.0000 | 0.6586 | 0.6586 | 0.0147 | 0.0160 | 0.6586 | 0.0048 | 0.0000 | 0.0052 | 0.0096 | 0.2562 |
| 38 | 1.0000 | 0.6764 | 0.6764 | 0.0143 | 0.0164 | 0.6764 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0096 | 0.2632 |
| 39 | 1.0000 | 0.6942 | 0.6942 | 0.0139 | 0.0168 | 0.6942 | 0.0046 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0096 | 0.2702 |
| 40 | 1.0000 | 0.7120 | 0.7120 | 0.0135 | 0.0172 | 0.7120 | 0.0044 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0096 | 0.2772 |
| 41 | 1.0000 | 0.7298 | 0.7298 | 0.0144 | 0.0176 | 0.7298 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0097 | 0.2842 |
| 42 | 1.0000 | 0.7476 | 0.7476 | 0.0140 | 0.0180 | 0.7476 | 0.0046 | 0.0000 | 0.0055 | 0.0097 | 0.2912 |
| 43 | 1.0000 | 0.7654 | 0.7654 | 0.0136 | 0.0184 | 0.7654 | 0.0045 | 0.0000 | 0.0057 | 0.0097 | 0.2982 |
| 44 | 1.0000 | 0.7832 | 0.7832 | 0.0132 | 0.0187 | 0.7832 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0057 | 0.0097 | 0.3052 |
| 45 | 1.0000 | 0.8010 | 0.8010 | 0.0140 | 0.0191 | 0.8010 | 0.0046 | 0.0000 | 0.0057 | 0.0098 | 0.3122 |
| 46 | 1.0000 | 0.8188 | 0.8188 | 0.0138 | 0.0195 | 0.8188 | 0.0045 | 0.0000 | 0.0058 | 0.0098 | 0.3192 |
| 47 | 1.0000 | 0.8366 | 0.8366 | 0.0132 | 0.0199 | 0.8366 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0058 | 0.0098 | 0.3262 |
| 48 | 1.0000 | 0.8544 | 0.8544 | 0.0129 | 0.0202 | 0.8544 | 0.0042 | 0.0000 | 0.0058 | 0.0099 | 0.3332 |
| 49 | 1.0000 | 0.8722 | 0.8722 | 0.0124 | 0.0206 | 0.8722 | 0.0045 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0099 | 0.3402 |
| 50 | 1.0000 | 0.8900 | 0.8900 | 0.0133 | 0.0210 | 0.8900 | 0.0044 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0099 | 0.3472 |
| 51 | 1.0000 | 0.9078 | 0.9078 | 0.0129 | 0.0213 | 0.9078 | 0.0042 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0099 | 0.3542 |
| 52 | 1.0000 | 0.9256 | 0.9256 | 0.0125 | 0.0217 | 0.9256 | 0.0041 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0100 | 0.3612 |
| 53 | 1.0000 | 0.9434 | 0.9434 | 0.0133 | 0.0220 | 0.9434 | 0.0044 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0100 | 0.3682 |
| 54 | 1.0000 | 0.9612 | 0.9612 | 0.0129 | 0.0224 | 0.9612 | 0.0042 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0100 | 0.3752 |
| 55 | 1.0000 | 0.9790 | 0.9790 | 0.0126 | 0.0228 | 0.9790 | 0.0041 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0101 | 0.3822 |
| 56 | 1.0000 | 0.9968 | 0.9968 | 0.0132 | 0.0231 | 0.9968 | 0.0040 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0101 | 0.3892 |
| 57 | 1.0000 | 1.0146 | 1.0146 | 0.0130 | 0.0235 | 1.0146 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0101 | 0.3962 |
| 58 | 1.0000 | 1.0324 | 1.0324 | 0.0126 | 0.0238 | 1.0324 | 0.0041 | 0.0000 | 0.0100 | 0.0101 | 0.4032 |
| 59 | 1.0000 | 1.0502 | 1.0502 | 0.0123 | 0.0242 | 1.0502 | 0.0040 | 0.0000 | 0.0100 | 0.0101 | 0.4102 |
| 60 | 1.0000 | 1.0680 | 1.0680 | 0.0119 | 0.0245 | 1.0680 | 0.0039 | 0.0000 | 0.0100 | 0.0101 | 0.4172 |
| | | | 0.0371 | 0.1320 | | | 0.8435 | 0.1750 | 0.0091 | 0.1441 | 0.1441 |
| | | | | | | 0.1000 | | | | | 0.1702 |
| | | | | | | 1.0000 | | | | | 0.3000 |

| MO | CAPITAL INITIAL | PRINTE INV EOP | CAPITAL INV EOP | INTRSES INV EOP | INTRSES ING ANT | ACUM DC ING EOP | TARIFF INVERSN | INTRSES TRF OOB | ACUM TRF INV |
|----|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | | | | | | |
| 1 | 1.0294 | 0.9822 | 1.0101 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0048 | 0.0055 | 0.0000 | 0.0050 |
| 2 | 1.0577 | 0.9644 | 1.0200 | 0.0043 | 0.0071 | 0.0089 | 0.0055 | 0.0001 | 0.0112 |
| 3 | 1.0878 | 0.9466 | 1.0277 | 0.0049 | 0.0083 | 0.0130 | 0.0055 | 0.0003 | 0.0171 |
| 4 | 1.1187 | 0.9288 | 1.0399 | 0.0049 | 0.0085 | 0.0185 | 0.0055 | 0.0003 | 0.0232 |
| 5 | 1.1505 | 0.9114 | 1.0436 | 0.0053 | 0.0085 | 0.0242 | 0.0060 | 0.0007 | 0.0300 |
| 6 | 1.1832 | 0.8941 | 1.0579 | 0.0050 | 0.0088 | 0.0321 | 0.0080 | 0.0039 | 0.0371 |
| 7 | 1.2169 | 0.8767 | 1.0693 | 0.0050 | 0.0090 | 0.0423 | 0.0060 | 0.0012 | 0.0447 |
| 8 | 1.2515 | 0.8593 | 1.0755 | 0.0051 | 0.0092 | 0.0447 | 0.0060 | 0.0014 | 0.0519 |
| 9 | 1.2871 | 0.8424 | 1.0843 | 0.0051 | 0.0094 | 0.0517 | 0.0065 | 0.0017 | 0.0592 |
| 10 | 1.3236 | 0.8255 | 1.0927 | 0.0052 | 0.0097 | 0.0533 | 0.0065 | 0.0020 | 0.0668 |
| 11 | 1.3617 | 0.8086 | 1.1007 | 0.0052 | 0.0099 | 0.0653 | 0.0065 | 0.0022 | 0.0741 |
| 12 | 1.4000 | 0.7917 | 1.1083 | 0.0052 | 0.0021 | 0.0729 | 0.0065 | 0.0025 | 0.0812 |
| | | | | | | | 0.0726 | 0.0023 | 0.0885 |
| 13 | 1.4398 | 0.7752 | 1.1161 | 0.0053 | 0.0024 | 0.0807 | 0.0071 | 0.0010 | 0.0953 |
| 14 | 1.4806 | 0.7587 | 1.1234 | 0.0053 | 0.0026 | 0.0887 | 0.0071 | 0.0019 | 0.1025 |
| 15 | 1.5229 | 0.7422 | 1.1302 | 0.0053 | 0.0029 | 0.0971 | 0.0071 | 0.0022 | 0.0778 |
| 16 | 1.5667 | 0.7257 | 1.1365 | 0.0054 | 0.0032 | 0.1058 | 0.0071 | 0.0025 | 0.0877 |
| 17 | 1.6107 | 0.7096 | 1.1429 | 0.0054 | 0.0035 | 0.1147 | 0.0078 | 0.0029 | 0.0987 |
| 18 | 1.6565 | 0.6935 | 1.1489 | 0.0054 | 0.0038 | 0.1240 | 0.0078 | 0.0032 | 0.1096 |
| 19 | 1.7036 | 0.6774 | 1.1540 | 0.0055 | 0.0041 | 0.1337 | 0.0078 | 0.0036 | 0.1211 |
| 20 | 1.7520 | 0.6613 | 1.1587 | 0.0055 | 0.0044 | 0.1436 | 0.0078 | 0.0040 | 0.1330 |
| 21 | 1.8019 | 0.6456 | 1.1634 | 0.0055 | 0.0047 | 0.1539 | 0.0085 | 0.0044 | 0.1455 |
| 22 | 1.8531 | 0.6300 | 1.1674 | 0.0055 | 0.0051 | 0.1646 | 0.0085 | 0.0048 | 0.1581 |
| 23 | 1.9058 | 0.6143 | 1.1707 | 0.0055 | 0.0054 | 0.1757 | 0.0085 | 0.0052 | 0.1708 |
| 24 | 1.9600 | 0.5986 | 1.1732 | 0.0056 | 0.0058 | 0.1871 | 0.0085 | 0.0057 | 0.1874 |
| | | | | | | | 0.0942 | 0.0071 | 0.1995 |
| 25 | 2.0157 | 0.5833 | 1.1758 | 0.0056 | 0.0062 | 0.1989 | 0.0093 | 0.0048 | 0.1543 |
| 26 | 2.0730 | 0.5680 | 1.1775 | 0.0056 | 0.0066 | 0.2112 | 0.0093 | 0.0051 | 0.1687 |
| 27 | 2.1320 | 0.5527 | 1.1784 | 0.0056 | 0.0070 | 0.2230 | 0.0093 | 0.0056 | 0.1837 |
| 28 | 2.1926 | 0.5374 | 1.1783 | 0.0056 | 0.0074 | 0.2363 | 0.0093 | 0.0060 | 0.1991 |
| 29 | 2.2559 | 0.5225 | 1.1782 | 0.0056 | 0.0078 | 0.2504 | 0.0101 | 0.0056 | 0.2155 |
| 30 | 2.3219 | 0.5076 | 1.1772 | 0.0056 | 0.0083 | 0.2643 | 0.0101 | 0.0071 | 0.2337 |
| 31 | 2.3900 | 0.4927 | 1.1751 | 0.0056 | 0.0087 | 0.2787 | 0.0101 | 0.0077 | 0.2511 |
| 32 | 2.4629 | 0.4778 | 1.1719 | 0.0055 | 0.0092 | 0.2935 | 0.0101 | 0.0083 | 0.2686 |
| 33 | 2.5426 | 0.4632 | 1.1686 | 0.0055 | 0.0097 | 0.3089 | 0.0110 | 0.0089 | 0.2866 |
| 34 | 2.6293 | 0.4487 | 1.1641 | 0.0055 | 0.0102 | 0.3247 | 0.0110 | 0.0096 | 0.3044 |
| 35 | 2.6691 | 0.4342 | 1.1584 | 0.0055 | 0.0107 | 0.3410 | 0.0110 | 0.0103 | 0.3219 |
| 36 | 2.7440 | 0.4196 | 1.1514 | 0.0054 | 0.0113 | 0.3578 | 0.0110 | 0.0110 | 0.3399 |
| | | | | | | | 0.1223 | 0.0011 | 0.2937 |
| 37 | 2.8220 | 0.4054 | 1.1442 | 0.0054 | 0.0118 | 0.3751 | 0.0121 | 0.0097 | 0.3145 |
| 38 | 2.9023 | 0.3913 | 1.1356 | 0.0054 | 0.0124 | 0.3930 | 0.0121 | 0.0104 | 0.3371 |
| 39 | 2.9849 | 0.3771 | 1.1256 | 0.0053 | 0.0130 | 0.4115 | 0.0121 | 0.0111 | 0.3604 |
| 40 | 3.0697 | 0.3629 | 1.1141 | 0.0053 | 0.0136 | 0.4304 | 0.0121 | 0.0119 | 0.3844 |
| 41 | 3.1570 | 0.3491 | 1.1021 | 0.0052 | 0.0142 | 0.4500 | 0.0131 | 0.0127 | 0.4104 |
| 42 | 3.2467 | 0.3353 | 1.0886 | 0.0051 | 0.0149 | 0.4701 | 0.0131 | 0.0136 | 0.4373 |
| 43 | 3.3391 | 0.3215 | 1.0734 | 0.0051 | 0.0156 | 0.4909 | 0.0131 | 0.0145 | 0.4649 |
| 44 | 3.4340 | 0.3076 | 1.0564 | 0.0050 | 0.0163 | 0.5122 | 0.0131 | 0.0154 | 0.4930 |
| 45 | 3.5317 | 0.2942 | 1.0389 | 0.0049 | 0.0170 | 0.5342 | 0.0143 | 0.0163 | 0.5213 |
| 46 | 3.6321 | 0.2807 | 1.0195 | 0.0048 | 0.0177 | 0.5568 | 0.0143 | 0.0174 | 0.5501 |
| 47 | 3.7354 | 0.2672 | 0.9982 | 0.0047 | 0.0184 | 0.5800 | 0.0143 | 0.0184 | 0.5800 |
| 48 | 3.8416 | 0.2537 | 0.9748 | 0.0046 | 0.0192 | 0.6040 | 0.0143 | 0.0195 | 0.6209 |
| | | | | | | | 0.1587 | 0.0097 | 0.5446 |
| 49 | 3.9508 | 0.2406 | 0.9506 | 0.0045 | 0.0200 | 0.6286 | 0.0156 | 0.0190 | 0.5773 |
| 50 | 4.0632 | 0.2275 | 0.9242 | 0.0044 | 0.0208 | 0.6538 | 0.0156 | 0.0191 | 0.6122 |
| 51 | 4.1787 | 0.2143 | 0.8956 | 0.0042 | 0.0217 | 0.6798 | 0.0156 | 0.0203 | 0.6483 |
| 52 | 4.2975 | 0.2012 | 0.8646 | 0.0041 | 0.0225 | 0.7065 | 0.0156 | 0.0215 | 0.6854 |
| 53 | 4.4197 | 0.1884 | 0.8326 | 0.0039 | 0.0234 | 0.7340 | 0.0171 | 0.0227 | 0.7235 |
| 54 | 4.5454 | 0.1756 | 0.7981 | 0.0038 | 0.0243 | 0.7622 | 0.0171 | 0.0240 | 0.7625 |
| 55 | 4.6747 | 0.1628 | 0.7609 | 0.0036 | 0.0253 | 0.7911 | 0.0171 | 0.0254 | 0.8011 |
| 56 | 4.8076 | 0.1500 | 0.7209 | 0.0034 | 0.0262 | 0.8208 | 0.0171 | 0.0268 | 0.8401 |
| 57 | 4.9443 | 0.1375 | 0.6797 | 0.0032 | 0.0272 | 0.8513 | 0.0186 | 0.0283 | 0.8801 |
| 58 | 5.0849 | 0.1250 | 0.6355 | 0.0030 | 0.0282 | 0.8826 | 0.0186 | 0.0298 | 0.9216 |
| 59 | 5.2295 | 0.1125 | 0.5883 | 0.0028 | 0.0293 | 0.9147 | 0.0186 | 0.0315 | 0.9646 |
| 60 | 5.3782 | 0.1000 | 0.5378 | 0.0025 | 0.0303 | 0.9477 | 0.0186 | 0.0331 | 1.0097 |
| | | | | | | | 0.2059 | 0.1070 | 0.9477 |

| RES | CAPITAL MOUL | FACILE CAP PC | CAPITAL A ROUP | TARIFA DEPRON | FEDERATIVE DAP REC | CAPITAL RECOURS | TARIFA IMPUSIS | DIFF DE INTRSES | ACUM DE DIFERCE | ROU INT CAP REC |
|-----|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | | | | | | | | |
| 1 | 1.0000 | 0.0170 | 0.0180 | 0.0190 | 0.0000 | 0.0100 | 0.0022 | 0.0000 | 0.0022 | 0.0020 |
| 2 | 1.0000 | 0.0356 | 0.0370 | 0.0390 | 0.0000 | 0.0200 | 0.0022 | 0.0000 | 0.0022 | 0.0040 |
| 3 | 1.0000 | 0.0534 | 0.0550 | 0.0580 | 0.0000 | 0.0300 | 0.0022 | 0.0000 | 0.0022 | 0.0060 |
| 4 | 1.0000 | 0.0712 | 0.0730 | 0.0770 | 0.0000 | 0.0400 | 0.0022 | 0.0000 | 0.0022 | 0.0100 |
| 5 | 1.0000 | 0.0885 | 0.0910 | 0.0960 | 0.0000 | 0.0500 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0140 |
| 6 | 1.0000 | 0.1059 | 0.1090 | 0.1150 | 0.0000 | 0.0600 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0180 |
| 7 | 1.0000 | 0.1233 | 0.1270 | 0.1340 | 0.0000 | 0.0700 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0220 |
| 8 | 1.0000 | 0.1406 | 0.1450 | 0.1530 | 0.0000 | 0.0800 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0024 | 0.0260 |
| 9 | 1.0000 | 0.1576 | 0.1630 | 0.1720 | 0.0000 | 0.0900 | 0.0026 | 0.0000 | 0.0026 | 0.0300 |
| 10 | 1.0000 | 0.1745 | 0.1810 | 0.1910 | 0.0000 | 0.1000 | 0.0026 | 0.0000 | 0.0026 | 0.0340 |
| 11 | 1.0000 | 0.1914 | 0.2000 | 0.2110 | 0.0000 | 0.1100 | 0.0026 | 0.0000 | 0.0026 | 0.0380 |
| 12 | 1.0000 | 0.2082 | 0.2180 | 0.2300 | 0.0000 | 0.1200 | 0.0026 | 0.0000 | 0.0026 | 0.0420 |
| | | | 0.2400 | 0.2500 | | | | | | |
| 13 | 1.4758 | 0.2248 | 0.2330 | 0.2440 | 0.0000 | 0.1300 | 0.0028 | 0.0000 | 0.0028 | 0.0460 |
| 14 | 1.4908 | 0.2413 | 0.2500 | 0.2620 | 0.0000 | 0.1400 | 0.0028 | 0.0000 | 0.0028 | 0.0500 |
| 15 | 1.5075 | 0.2578 | 0.2670 | 0.2800 | 0.0100 | 0.1500 | 0.0028 | 0.0000 | 0.0028 | 0.0540 |
| 16 | 1.5242 | 0.2743 | 0.2840 | 0.3000 | 0.0110 | 0.1600 | 0.0028 | 0.0000 | 0.0028 | 0.0580 |
| 17 | 1.5407 | 0.2904 | 0.3000 | 0.3170 | 0.0120 | 0.1700 | 0.0031 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0620 |
| 18 | 1.5568 | 0.3065 | 0.3170 | 0.3350 | 0.0130 | 0.1800 | 0.0031 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0660 |
| 19 | 1.5726 | 0.3226 | 0.3340 | 0.3540 | 0.0140 | 0.1900 | 0.0031 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0700 |
| 20 | 1.5880 | 0.3387 | 0.3510 | 0.3740 | 0.0150 | 0.2000 | 0.0031 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0740 |
| 21 | 1.6030 | 0.3544 | 0.3680 | 0.3950 | 0.0160 | 0.2100 | 0.0033 | 0.0000 | 0.0033 | 0.0780 |
| 22 | 1.6177 | 0.3700 | 0.3850 | 0.4170 | 0.0170 | 0.2200 | 0.0033 | 0.0000 | 0.0033 | 0.0820 |
| 23 | 1.6320 | 0.3857 | 0.4020 | 0.4400 | 0.0180 | 0.2300 | 0.0033 | 0.0000 | 0.0033 | 0.0860 |
| 24 | 1.6460 | 0.4014 | 0.4180 | 0.4640 | 0.0200 | 0.2400 | 0.0033 | 0.0000 | 0.0033 | 0.0900 |
| | | | 0.4350 | 0.4600 | | | | | | |
| 25 | 2.0157 | 0.4167 | 0.4400 | 0.4850 | 0.0220 | 0.2500 | 0.0037 | 0.0000 | 0.0037 | 0.0940 |
| 26 | 2.0300 | 0.4320 | 0.4650 | 0.5100 | 0.0230 | 0.2600 | 0.0037 | 0.0000 | 0.0037 | 0.0980 |
| 27 | 2.0442 | 0.4473 | 0.4900 | 0.5350 | 0.0250 | 0.2700 | 0.0037 | 0.0000 | 0.0037 | 0.1020 |
| 28 | 2.0582 | 0.4626 | 0.5150 | 0.5600 | 0.0270 | 0.2800 | 0.0037 | 0.0000 | 0.0037 | 0.1060 |
| 29 | 2.0720 | 0.4775 | 0.5400 | 0.5850 | 0.0280 | 0.2900 | 0.0040 | 0.0000 | 0.0040 | 0.1100 |
| 30 | 2.0857 | 0.4924 | 0.5650 | 0.6100 | 0.0300 | 0.3000 | 0.0040 | 0.0000 | 0.0040 | 0.1140 |
| 31 | 2.0990 | 0.5073 | 0.5900 | 0.6350 | 0.0320 | 0.3100 | 0.0040 | 0.0000 | 0.0040 | 0.1180 |
| 32 | 2.1120 | 0.5222 | 0.6150 | 0.6600 | 0.0340 | 0.3200 | 0.0040 | 0.0000 | 0.0040 | 0.1220 |
| 33 | 2.1247 | 0.5368 | 0.6400 | 0.6850 | 0.0360 | 0.3300 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0043 | 0.1260 |
| 34 | 2.1370 | 0.5513 | 0.6650 | 0.7100 | 0.0380 | 0.3400 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0043 | 0.1300 |
| 35 | 2.1488 | 0.5658 | 0.6900 | 0.7350 | 0.0400 | 0.3500 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0043 | 0.1340 |
| 36 | 2.1600 | 0.5804 | 0.7150 | 0.7600 | 0.0420 | 0.3600 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0043 | 0.1380 |
| | | | 0.7400 | 0.7850 | | | | | | |
| 37 | 2.9200 | 0.5946 | 0.7400 | 0.8100 | 0.0450 | 0.3700 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0047 | 0.1420 |
| 38 | 2.9300 | 0.6087 | 0.7650 | 0.8350 | 0.0470 | 0.3800 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0047 | 0.1460 |
| 39 | 2.9400 | 0.6229 | 0.7900 | 0.8600 | 0.0500 | 0.3900 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0047 | 0.1500 |
| 40 | 3.0687 | 0.6371 | 0.8150 | 0.8850 | 0.0520 | 0.4000 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0047 | 0.1540 |
| 41 | 3.1570 | 0.6509 | 0.8400 | 0.9100 | 0.0550 | 0.4100 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.1580 |
| 42 | 3.2467 | 0.6647 | 0.8650 | 0.9350 | 0.0580 | 0.4200 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.1620 |
| 43 | 3.3371 | 0.6785 | 0.8900 | 0.9600 | 0.0610 | 0.4300 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.1660 |
| 44 | 3.4280 | 0.6924 | 0.9150 | 0.9850 | 0.0640 | 0.4400 | 0.0052 | 0.0000 | 0.0052 | 0.1700 |
| 45 | 3.5197 | 0.7058 | 0.9400 | 1.0100 | 0.0670 | 0.4500 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0056 | 0.1740 |
| 46 | 3.6121 | 0.7193 | 0.9650 | 1.0350 | 0.0700 | 0.4600 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0056 | 0.1780 |
| 47 | 3.7054 | 0.7328 | 0.9900 | 1.0600 | 0.0740 | 0.4700 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0056 | 0.1820 |
| 48 | 3.8016 | 0.7463 | 1.0150 | 1.0850 | 0.0780 | 0.4800 | 0.0056 | 0.0000 | 0.0056 | 0.1860 |
| | | | 0.4147 | 0.5472 | | | | | | |
| 49 | 3.9508 | 0.7594 | 1.0400 | 1.1100 | 0.0815 | 0.4900 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0061 | 0.1900 |
| 50 | 4.0632 | 0.7725 | 1.0650 | 1.1350 | 0.0850 | 0.5000 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0061 | 0.1940 |
| 51 | 4.1787 | 0.7857 | 1.0900 | 1.1600 | 0.0890 | 0.5100 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0061 | 0.1980 |
| 52 | 4.2975 | 0.7988 | 1.1150 | 1.1850 | 0.0930 | 0.5200 | 0.0061 | 0.0000 | 0.0061 | 0.2020 |
| 53 | 4.4187 | 0.8116 | 1.1400 | 1.2100 | 0.0970 | 0.5300 | 0.0067 | 0.0000 | 0.0067 | 0.2060 |
| 54 | 4.5424 | 0.8244 | 1.1650 | 1.2350 | 0.1020 | 0.5400 | 0.0067 | 0.0000 | 0.0067 | 0.2100 |
| 55 | 4.6687 | 0.8372 | 1.1900 | 1.2600 | 0.1060 | 0.5500 | 0.0067 | 0.0000 | 0.0067 | 0.2140 |
| 56 | 4.7975 | 0.8500 | 1.2150 | 1.2850 | 0.1110 | 0.5600 | 0.0067 | 0.0000 | 0.0067 | 0.2180 |
| 57 | 4.9288 | 0.8625 | 1.2400 | 1.3100 | 0.1160 | 0.5700 | 0.0073 | 0.0000 | 0.0073 | 0.2220 |
| 58 | 5.0624 | 0.8750 | 1.2650 | 1.3350 | 0.1210 | 0.5800 | 0.0073 | 0.0000 | 0.0073 | 0.2260 |
| 59 | 5.1983 | 0.8875 | 1.2900 | 1.3600 | 0.1260 | 0.5900 | 0.0073 | 0.0000 | 0.0073 | 0.2300 |
| 60 | 5.3362 | 0.9000 | 1.3150 | 1.3850 | 0.1320 | 0.6000 | 0.0073 | 0.0000 | 0.0073 | 0.2340 |
| | | | 0.4977 | 0.7100 | | | | | | |
| | | | | | | 0.5378 | | | | |
| | | | | | | 0.3780 | | | | |

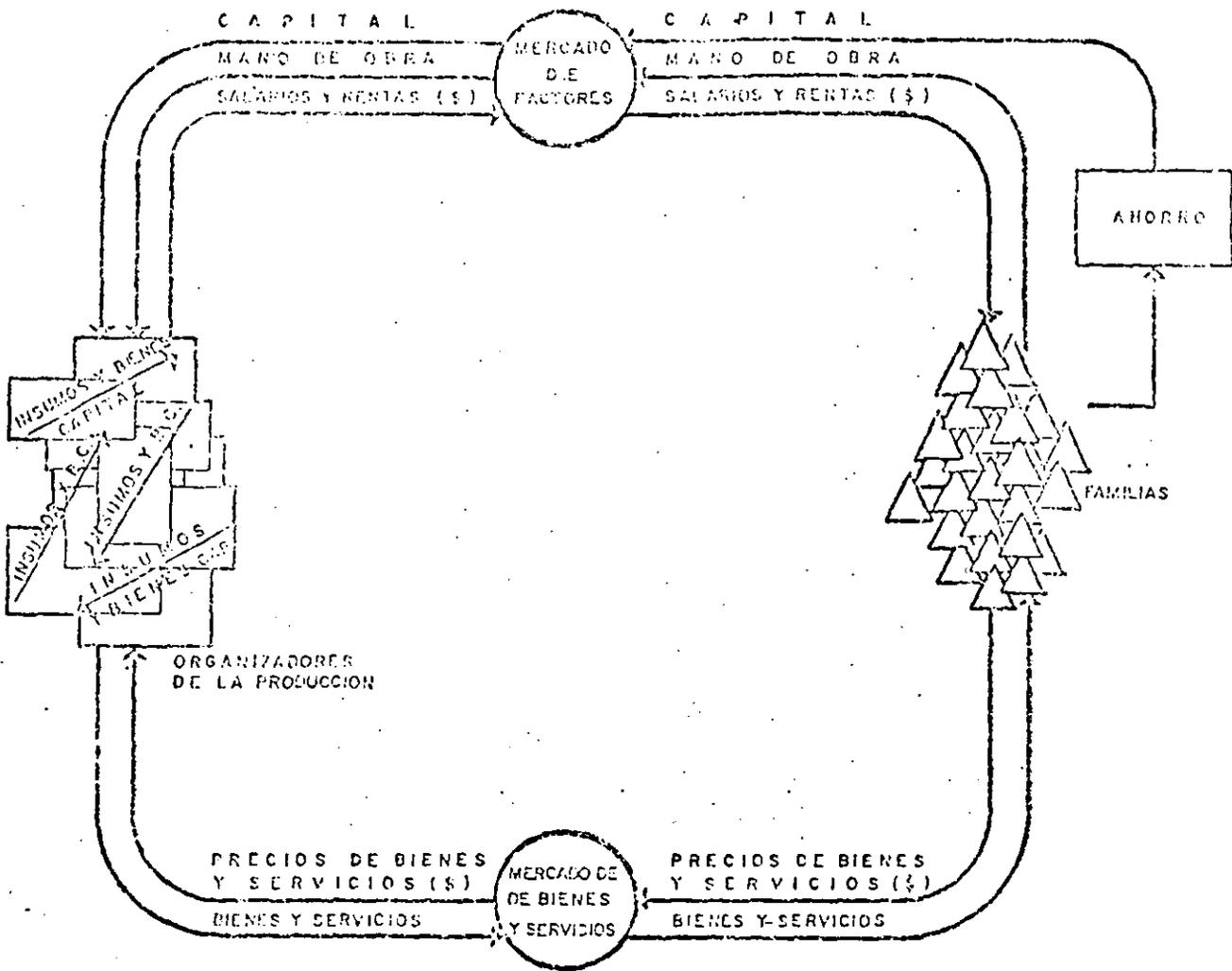


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 1 CIRCUITO BASICO

Mala calidad

Mala calidad

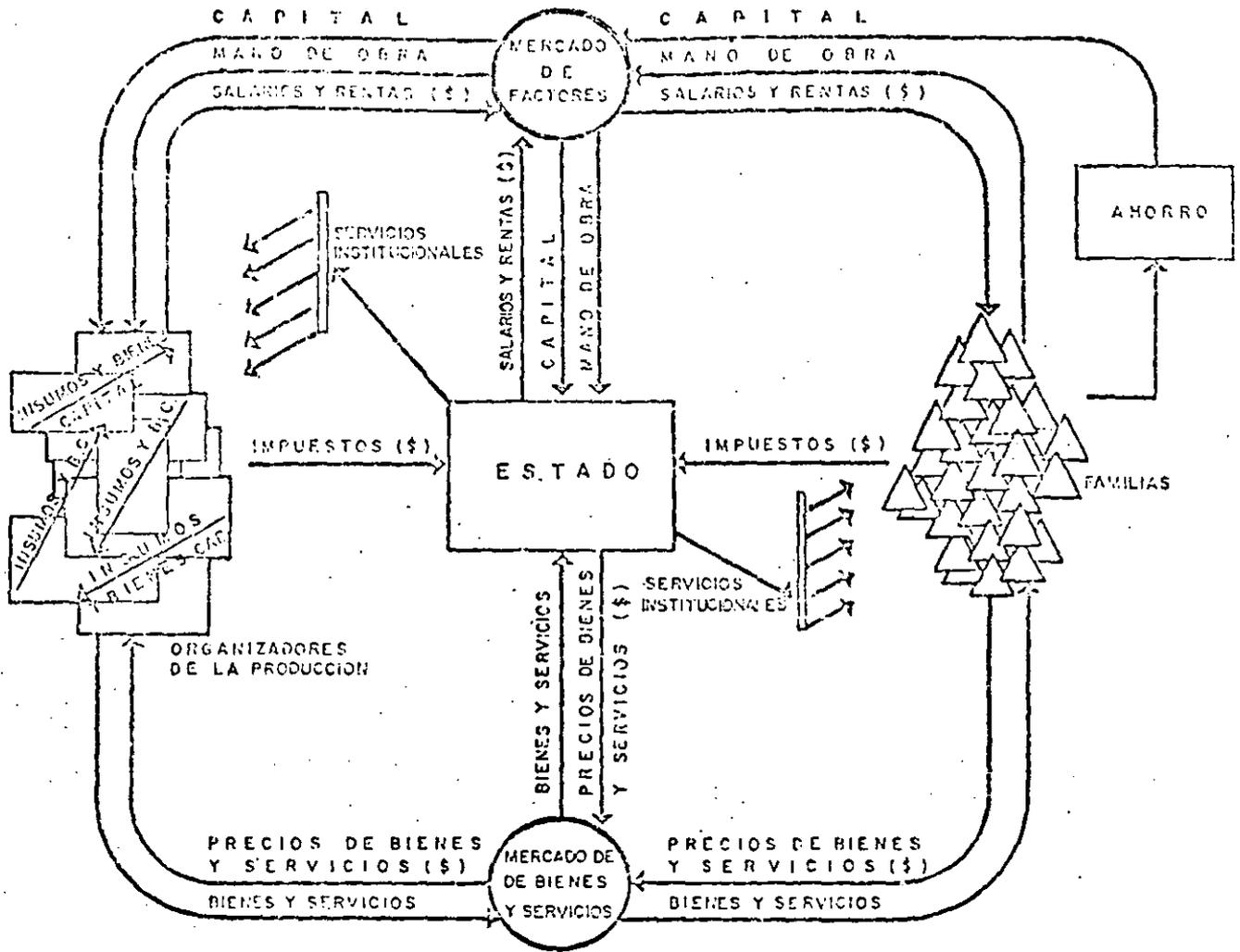


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 2 INTERVENCION DEL ESTADO

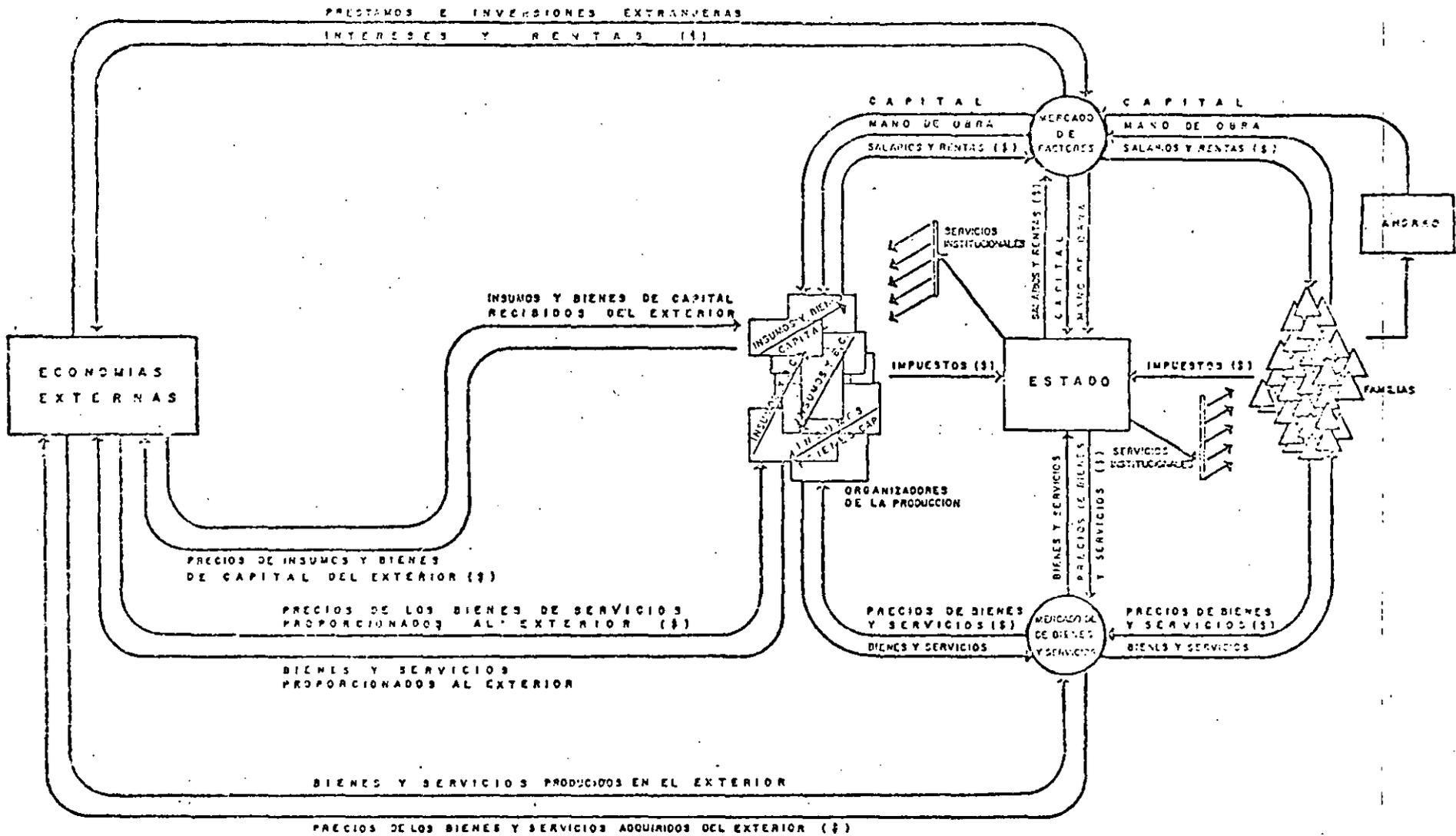
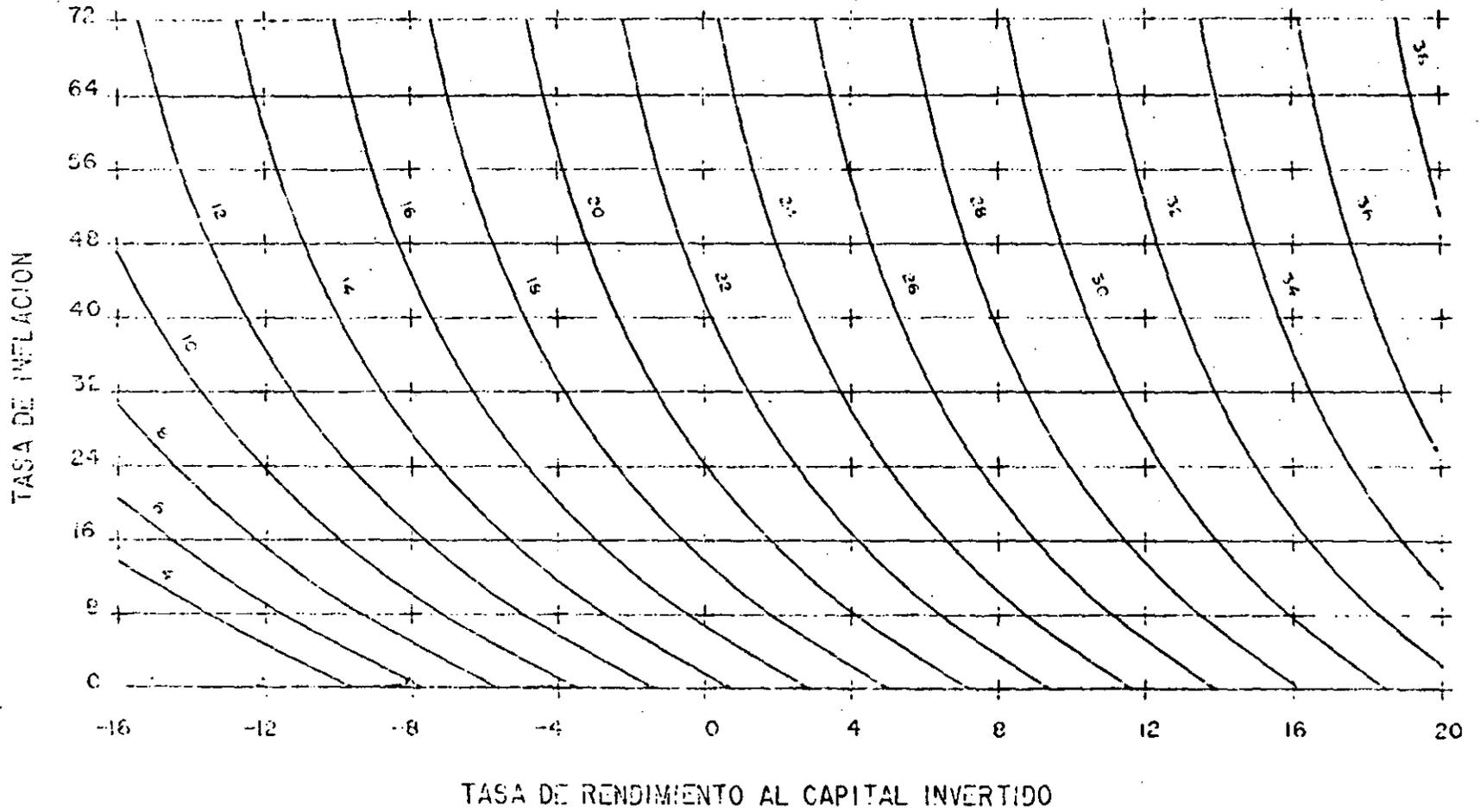


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 3

Mala calidad

FIGURA 4.- RENTA INICIAL EN MILES DE PESOS POR
POR CADA MILLON INVERTIDO EN EQUIPO



Maria Caldas



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

MODULO: I

MOVIMIENTO DE TIERRAS

PLANEACION

ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ

1.- INTRODUCCION.

Uno de los campos de la ingeniería civil, relacionado con la ejecución física de las obras, es el campo de la construcción. En él, se utilizan los recursos disponibles en calidad y cantidad tales, que la obra resultante sea de la mejor calidad posible, se haya realizado a un costo razonable y en el tiempo previsto.

Para lograr lo anterior, se requiere llevar a cabo, previamente, la planeación y programación cuidadosas de todas las actividades involucradas en la obra, utilizando las técnicas y elementos disponibles para representar esquemáticamente en el papel, aquello que posteriormente habrá de suceder en el campo, y estar preparado para resolver las eventualidades que, sin duda alguna, surgirán durante la etapa de construcción.

Los elementos que dispone el encargado de la planeación y programación de obras son cada vez más abundantes, (computadoras con diversos programas, nuevas técnicas de representación gráfica); sin embargo, no debe perderse la vista que la parte esencial del proceso es el ser humano; es él quien define la estrategia constructiva a seguir y toma en todo momento, las decisiones que le van guiando al objetivo fijado. En otras palabras, las computadoras ayudan, indudablemente, a acelerar el proceso de cálculo, y permiten, por tanto, analizar rápidamente más alternativas, pero no pueden realizar por si solas el trabajo total de programación.

Otra observación importante es la siguiente: no puede concebirse un ingeniero dedicado a la programación de obras, si no tiene suficiente experiencia en relación con ellas.

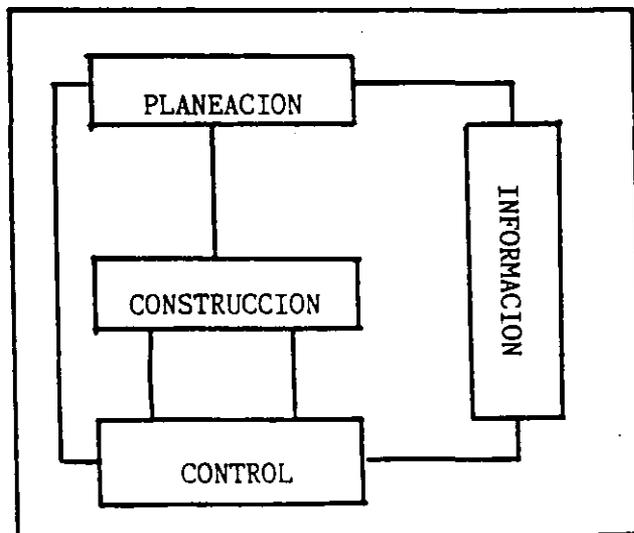
La veracidad de la planeación es función directa de la experiencia de quien la realiza.

1.1 PLANEACION

Es conveniente distinguir la acepción correcta de dos términos que con frecuencia se usan indistintamente: planeación y programación.

Tratado de enmarcar en una definición lo que significa el primero de estos términos, podemos decir que: Planeación, es el proceso de análisis sistemático, documentado y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una situación, y la definición y ordenamiento de los actos que conduzcan a ese mejoramiento.

La planeación como actividad fundamental está presente en todas y cada una de las acciones que el ingeniero civil realiza formando parte, en el caso particular de la construcción, de un proceso que se continúa con la ejecución y control de la obra.



LA PLANEACION COMO PARTE DE UN PROCESO

La planeación, puede asociarse a un cierto marco de referencia: podemos planear nuestras actividades personales ó familiares, planear un procedimiento constructivo ó la compra de equipo, la contratación de mano de obra o la previsión de materiales. En un marco más amplio, podemos hablar de la planeación de un sistema de comunicaciones terrestres del desarrollo agrícola ó industrial de determinadas zonas del país, de la distribución de los asentamientos humanos ó del establecimiento de reservas ecológicas. Finalmente, podríamos enumerar planes a nivel mundial en los que se estructuran y ordenan actos con la participación de diferentes naciones de nuestro planeta.

Como se ve, el nivel de información y la trascendencia de la toma de decisiones aumenta en importancia a medida que el marco de referencia para el que se efectúa la planeación crece.

1.2 Programación

Podemos ubicar como etapas extremas de la planeación:

- a).- Conocimiento de la situación que se pretende cambiar.
- b).- Creación de un programa que ordene en el tiempo y en el espacio, el desarrollo de los actos necesarios.

Esta segunda etapa es precisamente lo que podemos definir como PROGRAMACION de la obra; en ella, habremos de establecer entre otras cosas, el número y secuencia de actividades en que vamos a ordenar la obra y, en base a los volúmenes por ejecutar y los recursos disponibles, la duración de cada una de estas actividades para, después de la

aplicación de alguna ó algunas técnicas algorítmicas, obtener información relacionada con el costo y duración total del proyecto.

Se dan a continuación algunos elementos relacionados con la plneación. Al final de estas notas, se incluye un texto programado sugiriendo al lector lo estudie siguiendo las instrucciones que ahí se señlan.

CONSTRUCCION

Dentro de los campos en la profesión del Ingeniero Civil ocupa un lugar preponderante la construcción. En la realización de una obra, este campo sigue inmediatamente al diseño y precede a los de operación y mantenimiento de obras. Consiste la construcción en la realización de una obra combinando materiales, obra de mano y maquinaria con objeto de producir dicha obra de tal manera que satisfaga una necesidad normalmente colectiva, y que cumpla con las condiciones planteadas por el diseñador, entre las que se cuenta con primordial importancia la seguridad.

La construcción puede definirse como uno o varios procesos de producción en el o los que se combinan en alguna forma recursos (materiales, obra de mano y maquinaria) para lograr el producto terminado. Se trata pues de un típico proceso industrial, que solo difiere del clásico en que las obras normalmente son diferentes y se requiere estudiar un proceso que será diferente para cada obra; en cambio el proceso típico industrial es repetitivo.

MOVIMIENTO DE TIERRAS

Entre estos procesos es muy común encontrar el movimiento de tierras, que puede ser parte del proceso total o todo el proceso. Consiste el Movimiento de Tierras en combinar maquinaria, materiales y obra de mano, a fin de obtener la obra o parte de la obra de acuerdo con lo planeado en el diseño.

El problema de selección de equipo trata de determinar que tipo, modelo y tamaño de máquinas deberá usar el ingeniero para realizar su proceso dentro de las restricciones impuestas por el proyecto. Al definir esto el ingeniero estará planeando el proceso constructivo, o dicho en otra forma definirá en todos sus puntos el procedimiento de construcción a usarse.

PROCESOS

Podemos pues presentar la construcción (válido para el movimiento de tierras) como uno o varios procesos de transformación con una entrada, los recursos y una salida, la obra terminada.

1.- TOMA DE DECISIONES

El ingeniero que se ocupa del movimiento de tierras tiene que planear anticipadamente el equipo a utilizarse en el proceso. Esto lo hace seleccionando varios tipos de máquinas en ciertas combinaciones que él sabe le producirán la obra de acuerdo con el diseño. Se le presentan, pues, varias alternativas, una de las cuales escogerá para realizar las obras. Esto constituye la toma de una decisión. Una decisión es simplemente una selección entre dos o más cursos de acción. Podemos decir --- pues que la selección del equipo en movimiento de tierras es un caso de la toma de decisiones.

La toma de decisiones puede realizarse intuitiva o analíticamente. Si se aplica la intuición normalmente se usa lo que ha sucedido en el pasado y aplicando este conocimiento se estima lo que puede suceder en el futuro, con cada una de las vías de acción, y en función de esta apreciación se toma la decisión. La decisión tomada analíticamente - consiste en un estudio sistemático y evaluación cuantitativa del pasado y del futuro, y en función de este estudio se selecciona la vía de acción más adecuada. Ambos métodos se usan comunmente en el problema de selección de equipo.

2. OBJETIVOS

Si queremos hacer la selección de un camino entre varios que se presentan y que solucionarán el problema, tendremos en alguna forma que comparar las posibles soluciones. Se presenta el problema de cómo - compararlas, en función de qué, cómo valuarlas. Debemos, consecuentemente, determinar un objetivo u objetivos que nos sirvan para valuar dichas vías de acción o caminos alternativos.

La labor del ingeniero está orientada por la economía, es decir, tiene como objetivo fundamental adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad. Aún cuando no es raro que en su labor el ingenie

ro se enfrente a problemas con objetivos contradictorios, en el caso de la selección de equipo sus decisiones están orientadas por el criterio económico.

La valuación de las alternativas será entonces una valuación de tipo económico, habrá que determinar el costo de las entradas a lo largo del tiempo y el beneficio que proporcionará la salida, también a lo largo del tiempo, para cada alternativa. De la comparación de estos -- costos-beneficios saldrá una manera de comparar las alternativas en que se basará la toma de decisiones. El debe tener un conocimiento profundo de los costos, y debe poder definir los costos físicamente generados por el uso de su alternativa, así como los derivados al usar la solución propuesta por él. -

La selección dependerá, del criterio económico. La evaluación de las alternativas podría tomar la forma de:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Costo}}$$

También puede decirse que lo que busca el ingeniero es hacer máximas las utilidades.

PROCEDIMIENTO PARA TOMAR DECISIONES

Definido el problema deberá hacerse un análisis del mismo. En esta fase se recaba toda la información que nos de un conocimiento profundo y completo del problema, con el objeto de poder definir y valuar el mismo, lo que traerá como consecuencia una selección más depurada de las distintas alternativas-solución que se formulará en la siguiente etapa de la toma de decisión. Esta definición y valuación - del problema se hará tomando en cuenta el objetivo.

En la siguiente fase se toman todas las alternativas posibles o cursos alternativos de acción. En este caso es muy importante, para escoger las alternativas posibles, la preparación técnica del ingeniero.

La tercera fase consiste en comparar estos posibles cursos de acción en función del objetivo y al final de esta fase podremos tomar ya una decisión que vaya guiada al objetivo propuesto.

Por último se considera una última fase de especificación e implementación, en la cual se hace una descripción completa de la solución elegida y su funcionamiento.

3. CERTEZA - RIESGO - INCERTIDUMBRE

Se dice que una decisión se toma bajo certeza cuando el ingeniero conoce y considera todas las alternativas posibles y conoce todos los estados futuros de la situación consecuencia de tomar dichas alternativas, y a cada alternativa corresponde un solo estado futuro.

Se dice que una decisión se toma bajo riesgo si a cada una de las alternativas corresponden diversos estados futuros, pero el ingeniero conoce la probabilidad de que se presente cada uno de ellos.

Se dice que la decisión se toma bajo incertidumbre si el ingeniero no conoce las características probabilistas de las variables.

PROBLEMA (Decisiones bajo certeza)

Un constructor ha contratado la preparación de dos kilómetros de camino. El contrato incluye (1) limpieza, (2) excavación y relleno. El derecho de vía debe ser limpiado como preparación para la excavación o relleno.

Un total de 5 hectáreas deben ser limpiadas y 21,500 m³ deben ser removidos. El volumen de cortes debe ser igual al volumen de rellenos y las distancias para el movimiento de tierras son tales que la excavación, transportación y compactación serán consideradas como una operación. El trabajo puede realizarse en tres fases: la fase uno, es limpiado de la estación cero a la 50, la dos, limpiado de las restantes estaciones y en excavación y relleno de la cero a la 50, la tres, excavación y relleno del resto de las estaciones.

La cantidad de trabajo a desarrollar puede expresarse mediante la tabla:

| FASE i | LIMPIEZA | | EXCAVACION Y RELLENO | |
|-----------|------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| | Estaciones | Cantidad (Hs.) | Estaciones | Cantidad (M ³) |
| 1 | 0 a 50 | 2.20 | - | - |
| 2 | 50 - | 2.80 | 0 - 50 | 6,000 |
| 3 | - | - | 50 - | 15,500 |

Ahora bien, los tipos de equipo disponibles para ejecutar el proyecto son:

| EQUIPO | TIPO Y DESCRIPCION | NUMERO DISPONIBLE |
|---------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Tractores | A (con cuchilla) | 1 |
| | B (con cuchilla) | 1 |
| | C (sin cuchilla) | 4 |
| | D (sin cuchilla) | 1 |
| | E (sin cuchilla) | 2 |
| Escrepas | F (jalada por C) | 3 |
| | G (jalada por D) | 1 |
| Escrepa-tractor (combinación fija) | H (tractor) | 5 |
| | I (escrepa) | 5 |
| Plancha de rodillos | J | 4 |

Estos equipos pueden usarse sólo o combinados, el total de posibles combinaciones son 23. Por ejemplo, la limpieza con una unidad de A ó B o una combinación de ambas. La excavación, acarreo y volteo puede hacerse con los equipos, C + F, D + G, H + I + C, etc. todas las combinaciones son conocidas del contratista.

¿Qué decisiones debe tomar el constructor?

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE DECISIONES BAJO RIESGO

PROBLEMA (Decisiones bajo riesgo)

Un constructor ha obtenido un contrato al cotizar considerando 20 kg/cm^2 como resistencia media del suelo. Sin embargo, al contratar el cálculo detallado obtiene la información de que en el 70% de los casos se han diseñado cimentaciones para 50 kg/cm^2 y para 20 kg/cm^2 en sólo el 30% restante.

El razonamiento del constructor es como sigue:

- a) Si usa para diseño 50 kg/cm^2 y la resistencia es de 50 kg/cm^2 gana \$70,000.00 pesos extra.
- b) Si usa para diseño 50 kg/cm^2 y la resistencia es de 20 kg/cm^2 pierde por reparaciones etc. \$190,000.00 pesos.
- c) Si usa para diseño 20 kg/cm^2 y la resistencia es de 50 kg/cm^2 se están desperdiçando \$70,000.00 pesos y convencionalmente se considera una penalización del 12% (\$8,400.00 pesos).
- d) Si usa para diseño 20 kg/cm^2 y la resistencia es de 20 kg/cm^2 no gana ni pierde.

¿Qué decisión debe tomar si además puede usar pruebas de laboratorio con los siguientes costos?

- a) Por una sola serie de pruebas \$20,000.00
- b) Por dos series de pruebas \$35,000.00

| | | | |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | θ_1 | θ_2 | |
| a_1 | 70,000.00 | -190,000.00 | 50 kg/cm^2 |
| a_2 | -8,400.00 | 0 | 20 kg/cm^2 |
| | 50 kg/cm^2 | 20 kg/cm^2 | |

PROBLEMA (Decisiones bajo incertidumbre)

Al construir las pilas de concreto para un puente sobre un río no estudiado se dispone de tres sitios S_1 , S_2 , S_3 para poner la planta mezcladora. Cada uno de ellos a distintos niveles. Dependiendo de las lluvias en la cuenca, el río puede causar daños de distinta magnitud según se muestra en la tabla anexa.

¿Qué sitio se elegiría para poner la planta?

| | 0 - 50 m ³ /S | 50 - 100 m ³ /S | 100 - m ³ /S |
|-------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| S_1 | 1,000 | 100,000 | 100,000 |
| S_2 | 0 | 10,000 | 100,000 |
| S_3 | 0 | 0 | 10,000 |

4. PROCESO - SISTEMAS

Al analizar el proceso constructivo y planearlo nos encontraremos que en realidad estamos encontrando el grupo de decisiones que permitirán el logro de nuestros objetivos.

Para estudiar este proceso será indispensable analizar todas - las variables o las más importantes que intervienen en él, las relaciones entre ellas y cómo una variación en cada una de ellas influye en que el - resultado final se acerque más o menos a nuestro objetivo. Esto en realidad equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción - en función del objetivo.

Normalmente las variables tienen limitaciones. Podremos tener limitaciones en tiempo, en recursos, en sumas mensuales a gastar, etc.

Muchas veces los cursos alternativos de acción son muy grandes en número, y por esto es conveniente para compararlos con facilidad, encontrar cómo cada valor de la variable influye en la salida del proceso.

5. RESTRICCIONES

En la fase de análisis se fijan normalmente las restricciones o limitaciones. Estas pueden provenir de las especificaciones del diseñador, de limitaciones propias de la empresa, o restricciones externas.

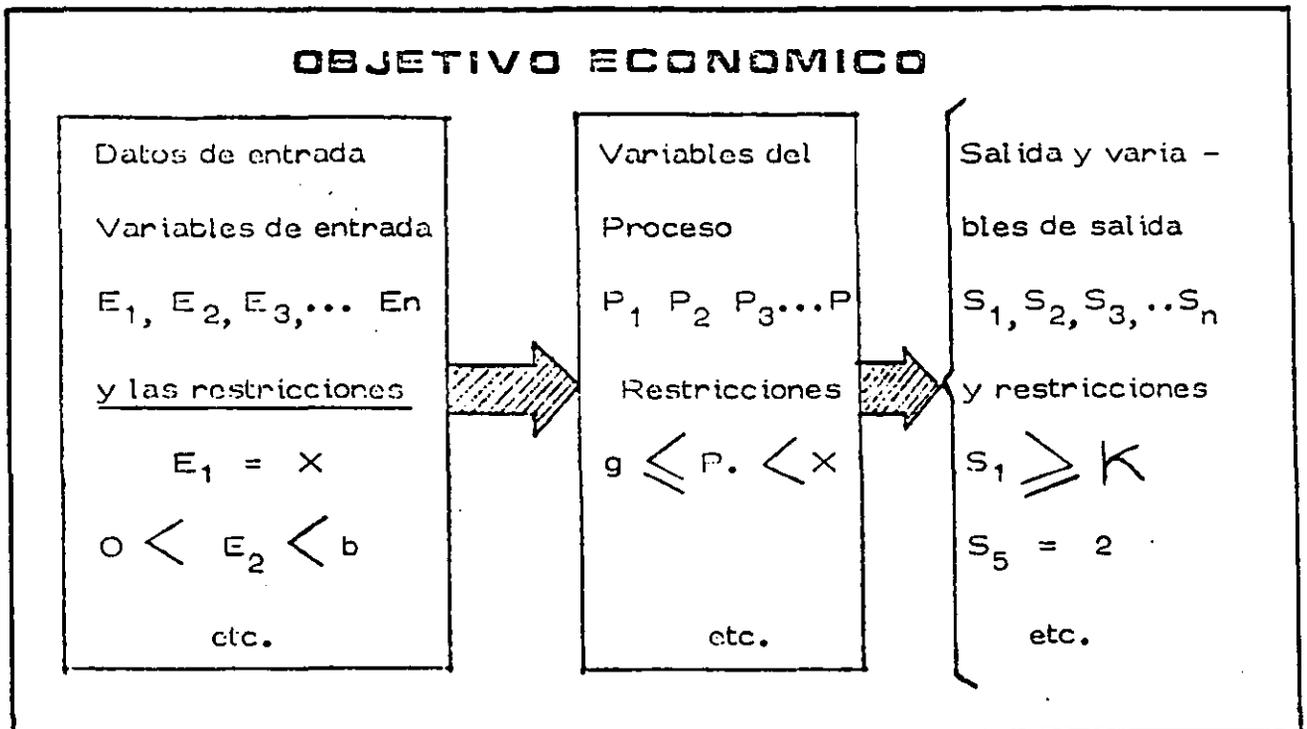
Es muy conveniente que el ingeniero no se cree restricciones ficticias, que le limitarán el encontrar soluciones alternas posibles. Esto limitaría la aplicación de la técnica del ingeniero.

6. SELECCION DE VARIABLES

No es fácil encontrar las variables; por otro lado no todas - influirán importantemente en el proceso, es pues conveniente definir las variables significativas, esto es las que modifiquen importantemente la salida valuada en función del objetivo. Las variables pueden ser:

- a) Controlables, aquellas que podremos variar a nuestro antojo.
- b) Las que no pueden ser controladas o manipuladas en - el proceso, pero que influyen en la salida.

Podemos pues definir nuestro método de decisión usando la siguiente notación:



El conjunto de valores de las variables controlables que hagan óptimo el criterio económico y que satisfagan las limitaciones y restricciones.

7. DECISION MINIMIZANDO COSTO DIRECTO

Este es un método comunmente usado en la obra para definir el equipo adecuado y en general tomar la decisión de qué procedimiento debe usarse en una obra determinada. Tiene la ventaja de su simplicidad, pero considera como sistema la actividad específica a analizar y no considera la relación de las diferentes actividades o subsistemas de la obra entre si.

Es costumbre relacionar a posteriori las actividades similares para buscar una optimización posterior. Por ejemplo todas las actividades que se refieren a compactación.

8. DECISION CONSIDERANDO GASTOS INDIRECTOS

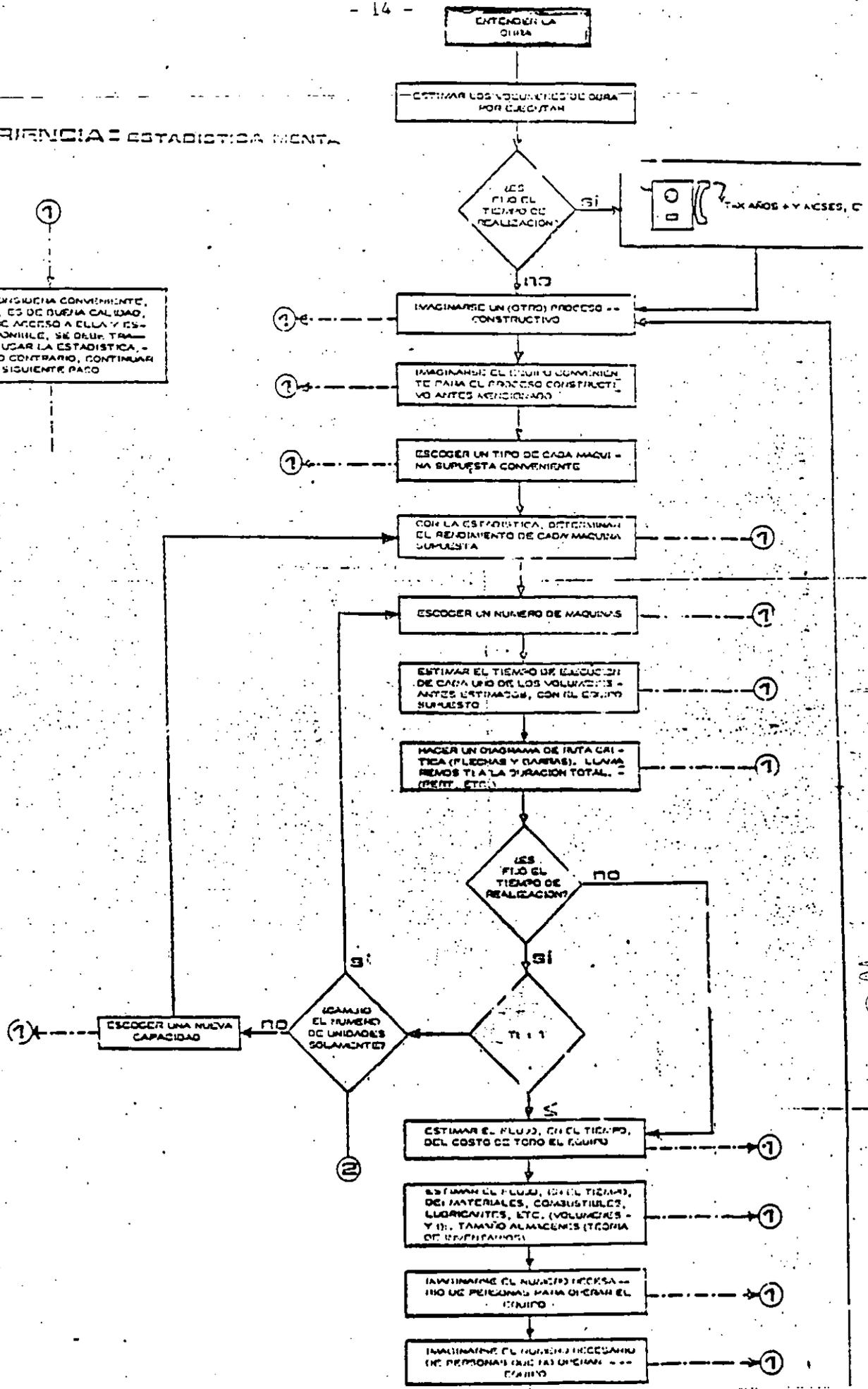
Puede considerarse el sistema obra completo, lo cual es complicado, pero más comunmente se consideran algunas variables significativas que tienen que ver con gastos generales y se controlan como tales. Por ejemplo considerar el Costo del Almacén, Costo del Financiamiento, etc.

FLUJO DE INFORMACION

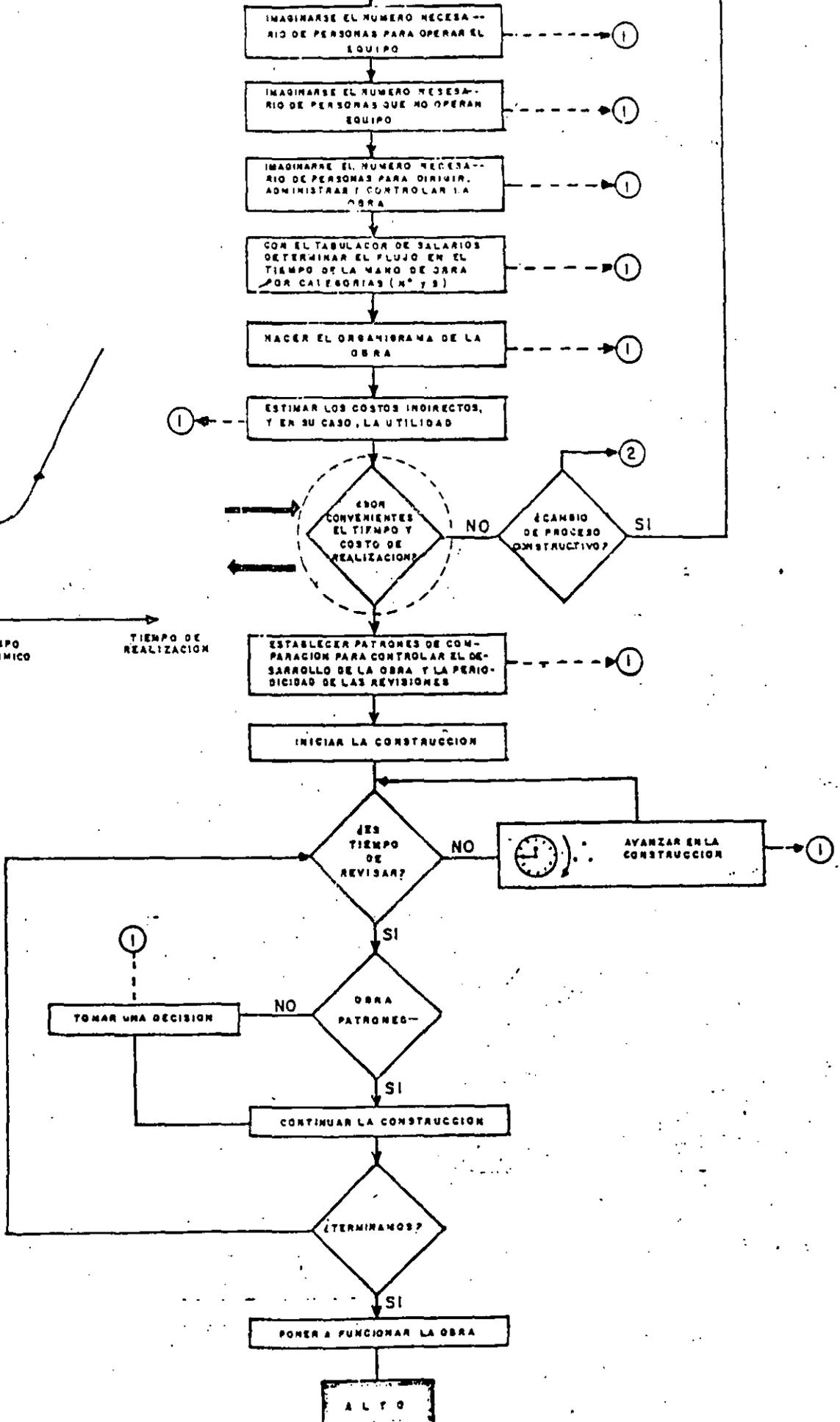
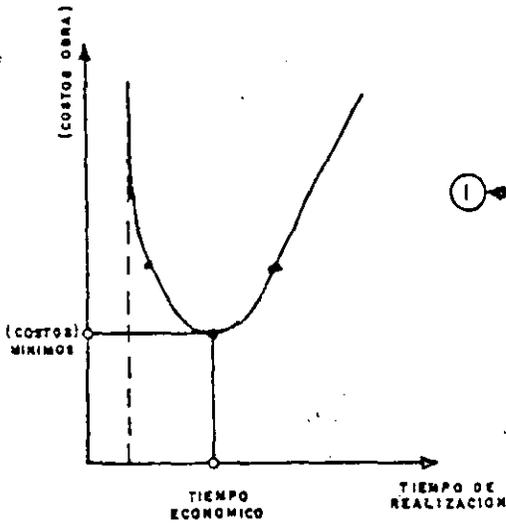
Se adjunta flujo de actividades para evaluar una alternativa, este flujo es de carácter general y tendrá las modificaciones que el tipo especial de obra indique. La decisión del tipo de equipo puede hacerse repitiendo la evaluación alternativa por alternativa seleccionando la más conveniente desde el punto de vista económico. Es común este sistema.

EXPERIENCIA ESTADÍSTICA MENTAL

SI SE CONSIDERA CONVENIENTE, EXISTE, ES DE BUENA CALIDAD, SE TIENE ACCESO A ELLA Y ESTA DISPONIBLE, SE DEBE TRATAR DE USAR LA ESTADÍSTICA. EN CASO CONTRARIO, CONTINUAR CON EL SIGUIENTE PASO



1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100



9. DECISIONES A NIVEL GERENCIA

Las decisiones a nivel gerencia se tomarán considerando el sistema-empresa. En este sistema las obras son subsistemas.

Es común que una decisión a nivel gerencia modifique una decisión aparentemente óptima considerando el sistema obra. Esto si no es explicado adecuadamente puede ocasionar problemas serios entre las relaciones ejecutor-gerente; pues aparece como contradictorio el hecho de que se proponga una solución a nivel de obra, que ha sido convenientemente analizada y la decisión sea diferente y en apariencia menos conveniente .

Es difícil aplicar un método cuantitativo que tome en cuenta todas las variables significativas. Sin embargo, se consideran algunas que son de especial relevancia, por ejemplo, los aspectos financieros.

10. PROCEDIMIENTO PRACTICO

10.1 PROGRAMA GENERAL

Por ser muy difícil planear de conjunto todo el proceso, es común que el ingeniero divida este proceso en subprocesos y optimice - estos subprocesos por separado. Posteriormente podrá analizar estos subprocesos integrados en el proceso total para una segunda etapa de optimización.

Es muy frecuente que esta división en subprocesos o "actividades" lo haga a través del programa general.

Esto le permite, al mismo tiempo que subdivide, tener un esquema en el que todas las actividades están ligadas por su relación de tiempos de ejecución, cosa muy conveniente para no perder de vista el proceso total.

Para realizar el Programa General se presentan las siguientes etapas que se enlistan a continuación:

- a) Estudiar la Obra
- b) Desglosar Actividades
- c) Definir Procedimientos
- d) Determinar Tiempos
- e) Ordenar Actividades

Estudiar la obra y el desglose del proceso en subprocesos o actividades ya se habían comentado, y solo es conveniente decir que las actividades serán tanto más importantes cuanto menor sea el detalle del programa.

Al definir los procedimientos constructivos lo haremos en esta primera etapa de una manera general, sin un estudio muy profundo.

En seguida determinamos tiempos de duración de las actividades y ordenamos las mismas de acuerdo con su posición temporal, es decir colocándolas de tal manera que queden ordenadas respecto al tiempo de su realización.

Esto puede hacerse fácilmente mediante redes de actividades.

El orden puede modificarse, y hacer nuestra red de actividades previa a la fijación de tiempo.

Una vez revisado el tiempo total de realización del proyecto y después de varios intentos quedará fijo el programa general tentativo.

10.2 EJEMPLO DE PROGRAMACION DE EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

Es usual para la planeación de Excavaciones y Terracerías separar éstos del programa general y planearlos de conjunto.

Por esto es usual seguir las siguientes fases:

- a) Marcar Actividades
- b) Plantear Programas
- c) Programas Zonales
- d) Programas Totales
- e) Retroalimentación
- f) Estudio Económico
- g) Definir Procedimientos

Se marcan primero aquellas actividades del programa general que -- tengan que ver con las excavaciones específicamente (fig. # 2).

En seguida y con los datos del programa total se colocan en un programa generalmente de barras, teniendo cuidado de marcar holguras (fig. #3).

Estos programas se hacen en las diferentes zonas geográficas de la obra, definiendo volúmenes totales a ejecutar por zona, y pasando estos programas de volúmenes por ejecutar a gráficas (fig. # 4).

En seguida se agrupan si se ve conveniente estos programas zonales en un programa total.

Después se procura una retroalimentación de estos datos al programa parcial y al general de manera que se modifique el programa de producción a fin de uniformizarlo buscando ahorros en insumos.

Esta uniformización se busca primero usando las holguras. En la fig. # 5 se ve el resultado de una uniformización utilizando este procedimiento. La fig. # 6 muestra la gráfica de producción correspondiente al programa modificado. Se ve que el máximo de producción se ha disminuído con respecto al de la gráfica 4, a que se hizo referencia previa.

Si es necesario para uniformizar la producción se puede revisar el programa general haciendo las correcciones necesarias.

En seguida con las producciones de la zona uniforme hasta donde sea posible se pasa a realizar un estudio económico donde se define -- comparando las diferentes alternativas para realizar, el trabajo desde el punto de vista económico.

De las alternativas elegidas se derivan los procedimientos de construcción detallados que se pasan a especificar y luego a implementar.

10.3 IMPLEMENTACION

Al implementar la planeación hay que estar concientes de dos factores muy importantes:

El primero es que es indispensable planear también los mecanismos de control que permitan revisar continuamente si lo ejecutado es igual o sensiblemente igual a lo planeado.

Como consecuencia de variaciones detectadas por el control, se tiene que modificar la planeación, y de aquí resulta el siguiente factor que consiste en que la planeación es una actividad continua a lo largo de la obra.

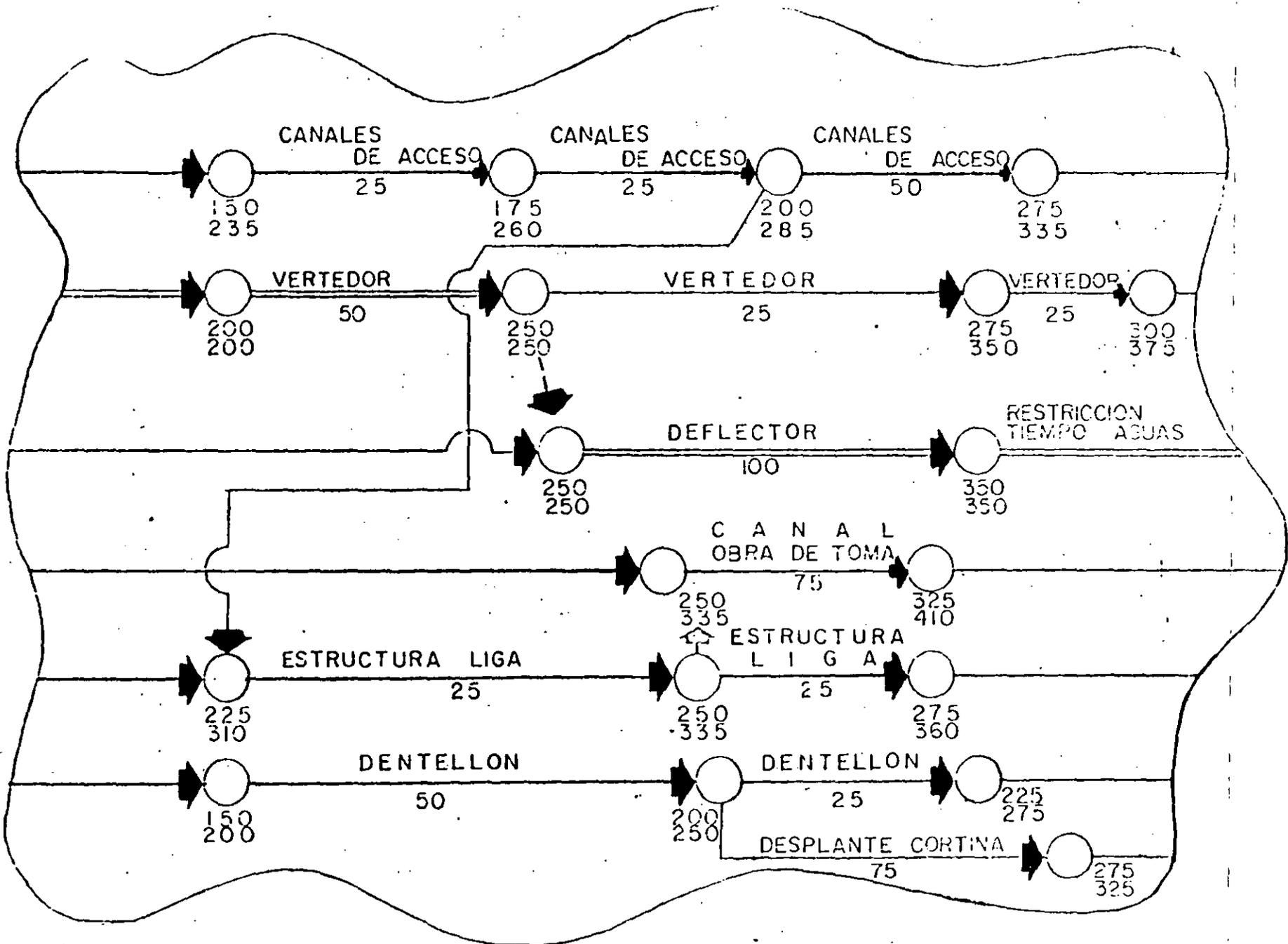


FIG. -

PROGRAMA DE EXCAVACIONES (MATERIAL COMUN)

Fig. # 5

| C O N C E P T O | | 150 1 | 175 2 | 200 3 | 225 4 | 250 5 | 275 6 | 300 7 | 325 8 | 350 9 | 375 10 | 400 11 |
|-------------------|--------|-------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| CANALES DE ACCESO | 20000 | | 2000 | | | | | | | | | |
| CANALES DE ACCESO | 15000 | | | 7500 | 7500 | | | | | | | |
| CANALES DE ACCESO | 12000 | | | | | 6000 | 6000 | | | | | |
| VERTEADOR | 70000 | | | 6000 | 30000 | | | | | | | |
| VERTEADOR | 30000 | | | | | | | | 30000 | | | |
| VERTEADOR | 39000 | | | | | | | | | | 39000 | |
| DEFLECTOR | 120000 | | | | | 30000 | 30000 | 30000 | 30000 | | | |
| CANAL OBRA TOMA | 24000 | | | | | | 6000 | 6000 | 4000 | 4000 | | |
| ESTRUCTURA LIGA | 2000 | | | | | 2000 | | | | | | |
| ESTRUCTURA LIGA | 2000 | | | | | | 1000 | 1000 | | | | |
| DENTELLON | 50000 | 25000 | 25000 | | | | | | | | | |
| DENTELLON | 10000 | | | | 10000 | | | | | | | |
| DESPLANTE CORTINA | 80000 | | | | | 30000 | 25000 | 25000 | | | | |
| SUMA PARCIAL | | 25000 | 45000 | 47500 | 47500 | 68000 | 70000 | 64000 | 64000 | 43000 | | |
| SUMA ACUMULADA | | 25000 | 70000 | 1175000 | 233000 | 303000 | 367000 | 431000 | 474000 | | | |

M. A. A. A.

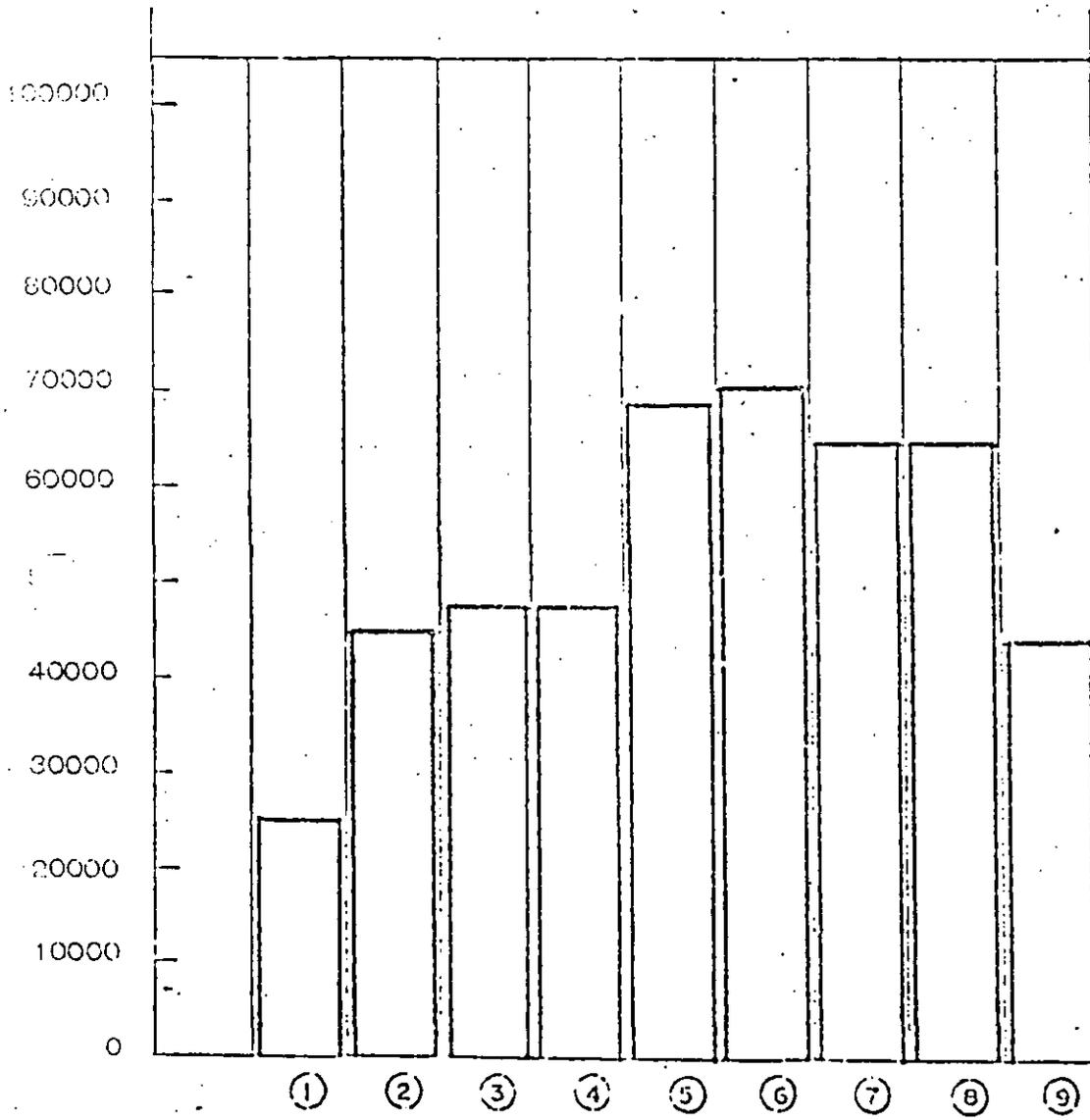


Fig. # 6



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

C U R S O S A B I E R T O S

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

M O D U L O : I

MOVIMIENTO DE TIERRAS

COMPACTACION EN EL CAMPO

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

COMPACTACION

I. INTRODUCCION

La palabra "compactación" resulta de sustantivar el Adjetivo "compacto", que deriva del latín "compactus", participio pasivo de "compingere" - que quiere decir unir, juntar.

Desde tiempos antiguos se ha reconocido la conveniencia de compactar los terraplenes de los caminos. Los métodos primitivos incluían llevar borregos de un lado para otro del terraplén y arrastrar con caballos --- aplanadoras pesadas de madera.

Hasta hace pocos años se podía contar con la compactación hecha por las unidades de transporte y por aplanadoras casuales, junto con los --- asentamientos naturales, para estabilizar los terraplenes, de modo que --- retuvieran su forma y soportaran las cargas que se colocaran sobre ellos.

En los últimos quince años ha habido un gran progreso en la ciencia de la compactación de los suelos. Los estudios de laboratorio han resuelto muchos problemas del comportamiento del suelo, y los fabricantes han diseñado una amplia variedad de equipo para producir el máximo de compactación con el máximo de economía.

La compactación de los suelos debe ajustarse de la forma más adecuada, ya que, a excepción de unas correctas características de drenaje, es el factor que tiene mayor influencia en las condiciones funcionales de --- cualquier obra civil, como pueden ser terraplenes, sub-bases, bases y --- superficies de rodamiento.

Se desprende de lo anterior, que la vida útil de una obra, en la que interviene la compactación, dependerá en gran parte del grado de compactación especificado, el cual deberá ser estrictamente controlado.

La realización de proyectos cada vez más ambiciosos y de programas --- más agresivos ha originado una intensa y constante evolución del equipo de compactación.

Se ha introducido mejoras, tales como: poderosos sistemas hidráulicos, sensores electrónicos confiables, diseños más funcionales, mayor --- ver: atilidad en su uso, transmisiones rápidas, potentes motores, --- etc., las cuales se han traducido en una mayor producción de los equipos.

Con el objeto de poder cumplir con plazos cada vez menores en la ejecución de obras cada vez mayores, se ha llegado a la necesidad de utilizar equipos de gran producción.

Los grandes equipos de carga, acarreo y tipo de material, han obligado a los fabricantes de equipo de compactación a diseñar máquinas compactadoras capaces de balancear al tiro con la compactación, para evitar interferencia de actividades y pérdida de tiempo, lo que da por resultado un proyecto antieconómico.

II. COMPACTACION

2.1. DEFINICION

En la terminología de Mecánica de Suelos, la reducción de los vacíos de un suelo recibe varios nombres: Consolidación, Compactación, Densificación, etc., existen ligeras diferencias en el significado de los dos primeros.

Consolidación, se usa para la reducción de vacíos, relativamente lenta, debida a la aplicación de una carga estática, usualmente acompañada de expulsión de agua del suelo, por ejemplo, la reducción de vacíos en el suelo bajo un edificio.

El término compactación se usa para la reducción de vacíos, más o menos rápida, producida por medios mecánicos durante el proceso de construcción. (Fig. 1).

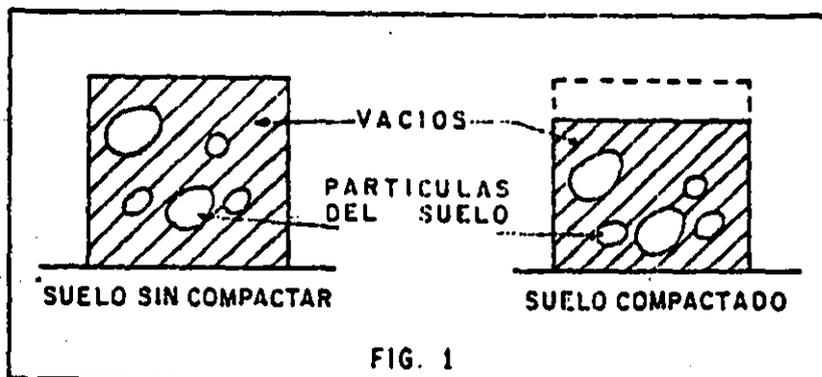


FIG. 1

Al reducirse los vacíos del suelo hay un incremento del peso volumétrico del material, de donde se puede dar la siguiente definición.

Compactación: Es el aumento artificial, por medios mecánicos, del peso volumétrico de un suelo, esto se logra a costa de la reducción de los vacíos del mismo al conseguir un mejor acomodo de las partículas - que los forman mediante la expulsión de aire y/o agua del material.

2.2. PROPOSITO E IMPORTANCIA.

La compactación mejora las características de un suelo en lo que se refiere a:

- a) Resistencia mecánica
- b) Resistencia a los asentamientos bajo cargas futuras
- c) Impermeabilidad

Entre las obras que requieren compactación se pueden señalar como más importantes las carreteras, las aeropistas y las presas de tierra.

Estas estructuras deberán ser capaces de soportar su propio peso y el peso de las cargas super-impuestas. Si falla, el costo de la reparación puede ser muy elevado.

Desde el punto de vista del constructor el problema es: obtener la densidad especificada por el diseñador. Obtenida esta densidad se asegura que la resistencia a futuros asentamientos y la impermeabilidad sean las supuestas por el diseñador. Sin embargo, la obtención de la densidad de diseño no necesariamente asegura la resistencia mecánica supuesta, ya que ésta depende, en muchos suelos, de la humedad a la cual fue compactado. Es necesario entonces que la compactación -- sea efectuada a la humedad especificada, especialmente para suelos -- cohesivos.

Se hace notar que compactar a mayores grados del especificado no es conveniente, es decir, compactar más, puede resultar perjudicial al proyecto.

La falla de algunas obras han obligado a que las especificaciones de compactación sean cada vez más estrictas: las tolerancias en más o en menos, del grado de compactación especificado, son generalmente fijadas desde el inicio de la obra

2.3. PRUEBAS DE COMPACTACION

En la construcción de camplones, sería ideal poder medir la resistencia del suelo para determinar cuando se ha alcanzado la resis-

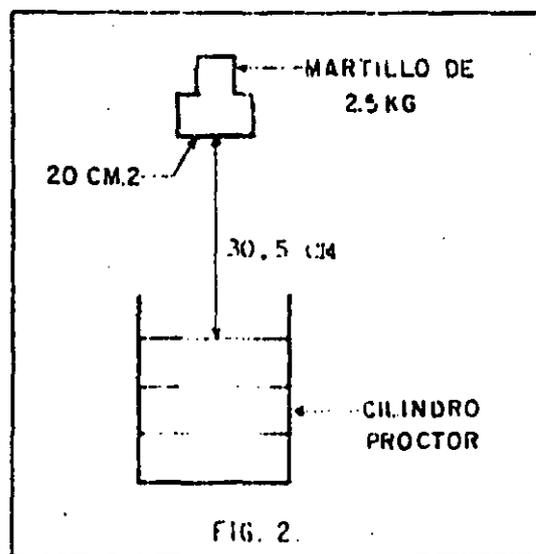
Mala calidad

tencia necesaria, pero el equipo para medir esta resistencia (especialmente a esfuerzos de compactación y cortante) es difícil de manejar, es caro y no es aplicable a todos los suelos, por lo tanto se han preparado las siguientes pruebas de laboratorio.

- A) Proctor
- B) Proctor Modificada
- C) Porter

A). Proctor: R.R. Proctor estableció que hay una correspondencia entre el peso volumétrico seco de un suelo compactado y su resistencia. El equipo para hacer pruebas de compactación en la obra es un equipo económico y sencillo, Proctor desarrolló una prueba que consiste en:

- a) Se toma una muestra representativa del suelo a compactar, de humedad conocida.
- b) Se toma un cilindro de 4" de diámetro x 4 1/2" de altura, se llena en tres capas aproximadamente iguales con el material de la prueba.
- c) Cada capa se compacta con 25 golpes de un martillo de 2.5 kg -- con un área de contacto de 20 cm², el que se deja caer de 35 cm de altura (Fig. 2). Todo esto con el objeto de siempre dar al material la misma energía de compactación.



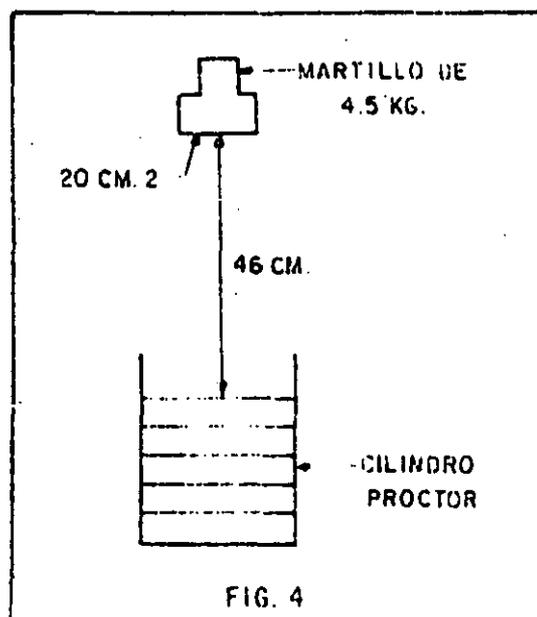
es decir el constructor debé obtener un peso volumétrico seco mínimo de 1729 kg/m^3 en ese material.

La razón de la existencia de un peso volumétrico máximo es que a todos los suelos, al incrementarse su humedad, se les proporciona un medio lubricante entre sus partículas que permite un cierto acomodo de estas cuando se sujetan a un cierto trabajo de compactación. Si se sigue aumentando la humedad, con el mismo trabajo de compactación, se llega a obtener un mejor acomodo de sus partículas y en consecuencia un mayor peso volumétrico, si se aumenta más la humedad todavía, el agua empieza a ocupar el espacio que deberían ocupar las partículas del suelo y por lo tanto comienza a bajar el peso volumétrico del material, para el mismo trabajo de compactación.

Por lo tanto, si se aumenta o disminuye la humedad será necesario aumentar el trabajo del equipo de compactación, lo que, en general, no es económico.

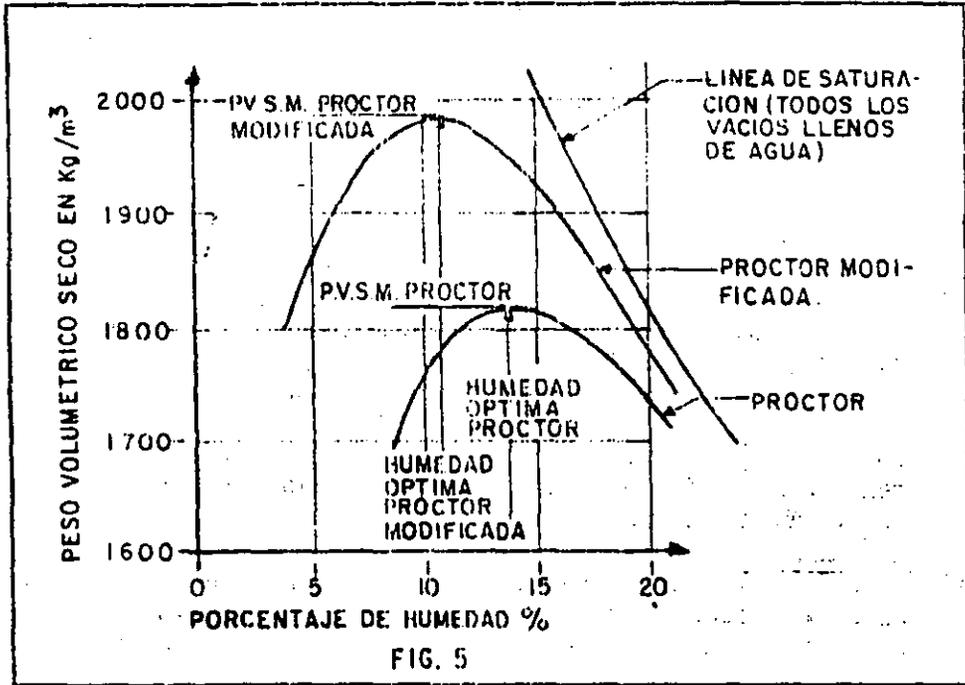
B) Proctor Modificada: Conforme fueron aumentando las cargas sobre las terracerías por el uso de camiones y aeroplanos cada vez más pesados, se vió la necesidad de desarrollar mayores densidades y resistencias en muchos materiales usando mayor trabajo de compactación. Por esta razón se desarrolló la prueba Proctor modificada.

Para esta prueba se usa el mismo proctor, pero el material se compacta en 5 capas con un martillo de 4.5 kg y cayendo de una altura de 46 cm, dando 25 golpes por capa (Fig. 4).



En todos los aspectos las dos pruebas son semejantes, únicamente el trabajo de compactación se ha incrementado aproximadamente 4.5 veces.

La gráfica siguiente es un ejemplo de la prueba proctor y la prueba proctor modificada efectuadas en el mismo material (Fig. 5).



Obsérvese en esta gráfica que aunque el trabajo de compactación se ha incrementado 4.5 veces, la densidad solamente se incrementó 9%, y que la humedad óptima disminuyó 3%. Esto último es invariablemente cierto.

C) Porter: Tanto la prueba Proctor como la Proctor modificada han dado muy buen resultado en suelos cuyos tamaños máximos son de 10 mm (3/8"), en suelos con partículas mayores el golpe del martillo no resulta uniforme y por lo tanto la prueba puede variar de resultados en un mismo material.

Mato calidat

Para evitar esta dificultad se ideó la prueba Porter, que consiste en lo siguiente:

- Mostrando*
- a) Se toma una muestra del material a probar y se seca
 - b) Se pasa por la malla de 25 mm (1") y se determina el porcentaje, en peso, retenido en la malla, si el porcentaje es menor del 15%, se usará para la prueba el material que pasó la malla. Si el porcentaje retenido es mayor del 15% se prepara, del material original, una muestra que pase la malla de 1" y que sea retenida en la malla No. 4, de esta muestra se pesa un tanto igual al peso del retenido, el que se agrega al material que pasó la malla de 1", con este nuevo material se procede a la prueba.
 - c) A 4 kg de la muestra así preparada se le incorpora una cantidad de agua conocida; y se homogeniza con el material.
 - d) Con este material se llena, en tres capas, un molde metálico de 6" de diámetro por 8" de altura con el fondo perforado. Cada capa se pica 25 veces con una varilla de 5/8" (1.9 cm) de diámetro por 30 cm de longitud con punta de bala.
 - e) Sobre la última capa se coloca una placa circular ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, y se mete el molde en una prensa de 30 Ton.
 - f) Se aplica la carga gradualmente de tal manera que en cinco minutos se alcance una presión de 140.6 kg/cm². la cual debe mantenerse durante un minuto, e inmediatamente se descarga en forma gradual durante un minuto.

Si al llegar a la carga máxima no se humedece la base del molde, la humedad ensayada es inferior a la óptima.

- g) Se prosigue por tanteos hasta que la base del molde se humedezca al alcanzar la carga máxima. La humedad de esta prueba es la humedad óptima. Se determina entonces el peso volumétrico seco de la muestra dentro del cilindro, a este peso se le conoce como el "Peso Volumétrico Seco Máximo Porter", y que será el peso comparativo para el trabajo de campo.

Por ejemplo: si en la prueba Porter obtuvimos un "Peso Volumétrico Seco Máximo" de 2,000 kg/m³, y el diseñador ha pedido el 95% Porter, en la obra tendremos que alcanzar un peso volumétrico seco de: $0.95 \times 2,000 = 1,900$ kg/m³.

2.4. METODOS DE CONTROL

Para medir en la obra si se ha alcanzado el peso volumétrico especificado hay varios métodos:

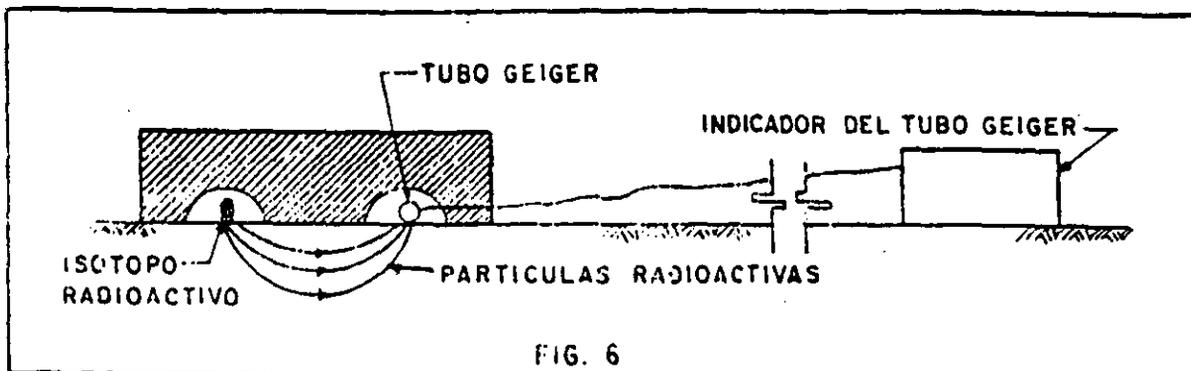
- A) Medida física de peso y volumen
- B) Mediciones nucleares
- C) Otros

A) Medida Física de Peso y Volumen: En cualquiera de los métodos existentes el principal problema radica en la determinación de la humedad para poder calcular el peso volumétrico seco en función del peso volumétrico húmedo que es el que se obtiene en las pruebas de campo. Normalmente se calienta una parte del material hasta secarlo y por diferencia se obtiene la humedad, pero este método es lento y peligroso porque en algunos suelos se altera el peso con el calentamiento, debido a la evaporación de partes orgánicas principalmente. Nunca debe llegarse a la calcinación que también puede alterar el peso. Este método consiste en:

- a) Se excava un agujero de 10 a 15 cm de diámetro, o un cuadrado de 15 cm por lado, a la misma profundidad de la capa por probar.
- b) El material excavado es cuidadosamente recogido y pesado. Se seca para determinar la humedad y el peso volumétrico seco.
- c) El volumen del agujero es medido. El método usado generalmente es llenándolo con una arena de peso volumétrico constante.
- d) Conocidos el peso seco de la muestra y el volumen del agujero, se calcula el peso volumétrico seco de la muestra, que debe ser igual o mayor que el peso volumétrico seco especificado.

B) Prueba de medición Nuclear: Para evitar el tiempo y costo -- que significa la prueba anterior se han ideado varios métodos, uno de ellos es el Método Nuclear, que consiste en un bloque de plomo que contiene un isótopo y un tubo Geiger (Fig. 6).

Mada

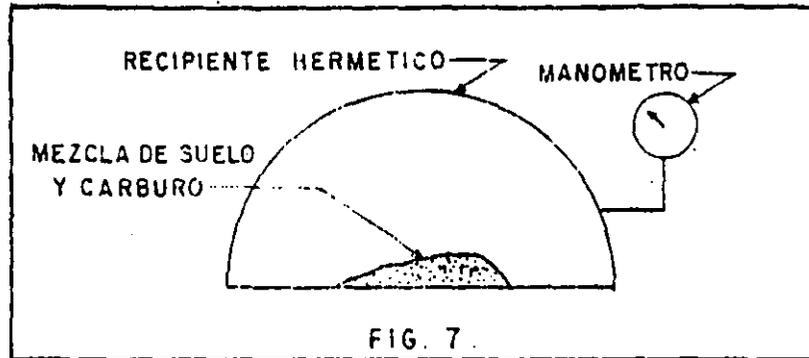


El bloque de plomo se coloca sobre la capa a probar, el número de partículas que llegan al tubo Geiger está en función de la masa del material que tienen que atravesar, es decir, es función del peso volumétrico; entonces la medida del indicador debe compararse con otra medida hecha en una capa que tenga el peso volumétrico especificado.

Estos aparatos necesitan frecuentemente calibración, no siempre hay una indicación clara cuando el aparato no funciona bien y su exactitud varía con el tipo de suelo.

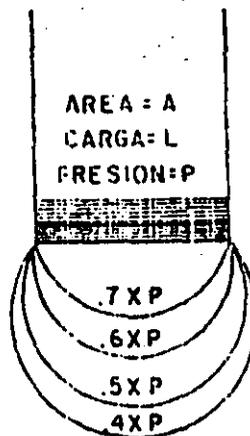
Estas desventajas, sin embargo son despreciables por los constructores en grandes trabajos de terracerías, pues el aparato le permite asegurar que una cierta capa ha sido compactada, con un alto grado de confiabilidad, prosiguiendo el trabajo de inmediato con la siguiente capa.

C) Otros: Como el problema principal es la determinación de la humedad se han desarrollado últimamente algunos métodos entre los que destaca principalmente el denominado "Speedy" (Fig. 7), que consiste en colocar un peso conocido de suelo mezclado con carburo de calcio dentro de un recipiente hermético provisto de un manómetro. El carburo reacciona con la humedad del suelo, produciendo gas acetileno y por lo tanto una presión que es registrada en el manómetro el que se puede inclusive graduar en gramos de agua, determinándose rápidamente de esta manera el porcentaje de humedad, y así poder calcular su peso volumétrico seco.



III. TRABAJO DEL EQUIPO DE COMPACTACION

Para comprender mejor la transmisión de los esfuerzos de compresión en un suelo, consideremos una placa rígida, circular, de área "A", colocada sobre un suelo, a la que se aplica una carga "L", dando una presión de contacto "p" (Fig. 9).



En el suelo se desarrollan presiones, si unimos los puntos de --
igual presión, obtendremos suficientes llamadas bulbos de presión.

Obsérvese lo siguiente:

- a) Si aumenta el tamaño de la placa pero la presión permanece --
constante, incrementando la carga: la profundidad del bulbo --
de presión aumenta (Fig. 9).

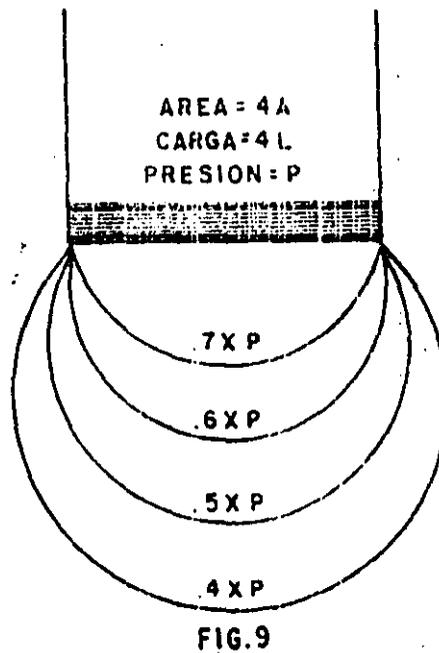


FIG. 9

- b) Si aumenta la presión, y el área permanece constante (Fig.10) la profundidad del bulbo no aumenta significativamente, pero la presión, y por lo tanto la energía de compactación, si aumenta.

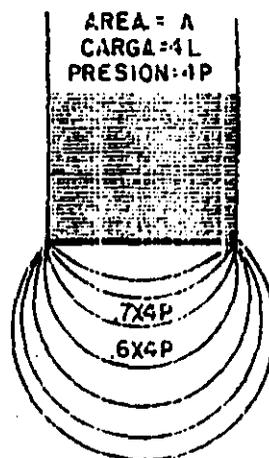


FIG. 10

Si consideramos un cierto equipo de compactación, trabajando capas de un determinado espesor:

de (a) y (b) se deduce que es necesario controlar el espesor de las capas para tener suficiente presión en el suelo para obtener la compactación deseada.

De (b) se deduce que no podemos aumentar significativamente el espesor de la capa de compactación simplemente lastrando excesivamente el equipo.

De (a) se deduce que para aumentar el espesor de la capa, debemos cambiar el equipo por otro que tenga mayor superficie de contacto, aun que la presión permanezca constante.

La teoría de los bulbos de presión fue desarrollada por Boussinesq para un medio elástico. Para fines prácticos todos los suelos son - - elásticos y la teoría es razonablemente cierta aun para suelos granulares.

Los esfuerzos mecánicos empleados en la compactación, son una combinación de uno o más de los siguientes efectos:

- 3.1) PRESION ESTATICA: La aplicación de una fuerza por unidad de área.
- 3.2) IMPACTO: Golpeo con una carga de corta duración, alta amplitud y baja frecuencia.
- 3.3) VIBRACION: Golpeo con una carga de corta duración, alta frecuencia, baja amplitud.
- 3.4) AMASAMIENTO: Acción de amasado, reorientación de partículas próximas, causando una reducción de vacíos.
- 3.5) CON AYUDA DE ENZIMAS.

3.1. COMPACTACION POR PRESION ESTATICA.

Este principio se basa en la aplicación de pesos más o menos - - grandes sobre la superficie del suelo.

La acción de este principio de compactación es de arriba hacia - - abajo, es decir, las capas superiores alcanzan primero mayores densidades que las de abajo.

Este principio de compactación tiene dos inconvenientes en la obtención de una rápida densificación:

A) Su Acción de Arriba hacia Abajo: El inconveniente de que la parte superior se compacte primero que la de abajo, es que el esfuerzo compactivo debe atravesar la parte ya compactada, para poder compactar la inferior. Se consume por lo tanto mayor energía de compactación.

También suele suceder que las características granulométricas -- del material varíen, debido a la sobrecompactación de la porción superior de la capa; dicha sobrecompactación o exceso de energía compactiva produce una fragmentación de partículas.

B) Fomentar la resistencia de la fricción interna del material, durante la compactación: definiendo como fricción interna a la resistencia de las partículas de un suelo para deslizarse dentro de la masa del mismo, se puede juzgar este segundo inconveniente.

Si llamamos (F) a la fuerza aplicada por el compactador y (n) al coeficiente de fricción interna del material, se puede deducir la reacción (R) de las partículas para deslizarse dentro de la masa de suelo.

$$R = nF$$

A mayor fuerza aplicada mayor la reacción de la fricción interna del material, aquí es donde el papel que juega el agua resulta muy importante, ya que, tendrá efectos lubricantes entre las partículas reduciendo (n) y por consecuencia a (R).

3.2. COMPACTACION POR IMPACTO

La compactación por medio de impacto se logra aplicando repetidamente una fuerza sobre el suelo, con alta amplitud y baja frecuencia.

Cuando la unidad compactadora tiene una frecuencia baja y una amplitud grande, la unidad cae dentro de este tipo de compactación.

3.3. COMPACTACION POR VIBRACION

Este principio de compactación es el que últimamente ha tenido mayor desarrollo y prácticamente ha invadido todos los materiales por compactar.

En la mayoría de los tipos de material, la compactación dinámica o vibratoria, supera en eficiencia a los compactadores estáticos.

Como en la compactación por presión estática, en este tipo de compactación también se aplica una cierta presión, pero al mismo tiempo se somete al material a rápidas y fuertes vibraciones, entre 700 y 4,000, dependiendo del compactador.

Debido a las vibraciones producidas por el equipo sobre el material, la fricción interna de éste, desaparece momentáneamente, propiciando el acomodo de las partículas.

Esto se puede demostrar mediante el experimento de girar un palote de álabes dentro de un recipiente que contenga arena o grava, primero en estado estático y luego colocando el recipiente sobre una placa vibratoria. (Fig. 10 A).

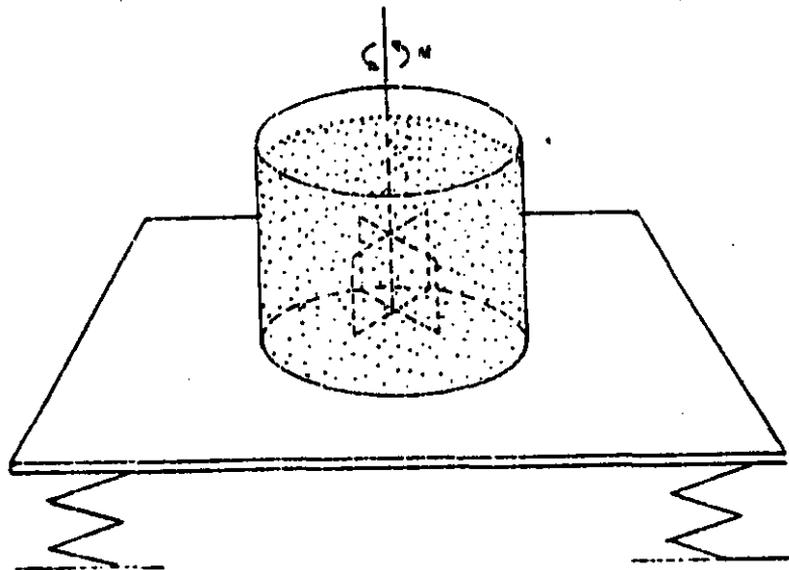


FIG. 10 - A DISPOSITIVO PARA MEDIR EL MOMENTO DE RESISTENCIA

La vibración multiplica la movilidad interna del material en forma contundente; en suelos de granulometría gruesa la movilidad -- dinámica es de 10 a 30 veces mayor que la movilidad estática.

La experiencia sueca nos proporciona la siguiente tabla:

| Material | Contenido de agua % | Momento Resistivo (kg-cm) | |
|----------|------------------------|---------------------------|-----------------|
| | | En reposo | Con vibraciones |
| Grava | 0 | 1700 | 40 |
| Arena | 10 | 600 | 45 |
| Limo | 12 | 150 | 25 |

La compactación por vibración tiene un efecto de penetración -- como el sonido, el cual también es dinámico, pero tiene una frecuencia mayor y audible; este tipo de compactación evita los efectos de -- arco y disminuye la fricción interna del material permitiendo que -- las fuerzas compactivas trabajen a mayor profundidad y a mayor anchu -- ra.

Con este principio de compactación las partículas de material -- se ven sujetas a presión estática y a impulsos dinámicos de las fuer -- zas vibratorias, con lo cual se logra una compactación con menor es -- fuerzo.

La densificación de un material por medio de compactadores vi -- bratorios es de abajo hacia arriba.

VENTAJAS DE LA COMPACTACION POR VIBRACION

- a) Es posible compactar a más altas densidades; facilita la -- obtención de los últimos porcentos del grado de compacta -- ción que son tan difíciles, y a veces imposibles, de obte -- ner con compactadores estáticos.
- b) Permite el uso de compactadores más pequeños
- c) Se puede trabajar sobre capas de mayor espesor
- d) Permite hacer más rápidos por el menor número de pasadas
- e) Por las razones anteriores los costos de compactación re -- sultan menores.

3.4. COMPACTACION POR AMASAMIENTO

Amasar en este caso puede confundirse con exprimir, es decir - el efecto de una pata de cabra al penetrar en un material ejerce presión hacia todos lados, obligando al agua y/o al aire a salir por la superficie.

La compactación por este principio se lleva a cabo de abajo -- hacia arriba; es decir, las capas inferiores se densifican primero y las superiores posteriormente. Por esto se dice que un rodillo pata de cabra emerge o sale cuando el material se encuentra compactado -- debidamente.

Los rodillos pata de cabra se emplean fundamentalmente en materiales cohesivos; en cambio su efectividad es casi nula en materiales granulares.

3.5. COMPACTACION CON AYUDA DE ENZIMAS

Mediante la adición de productos enzimáticos en el agua de compactación, se ha pretendido obtener, en combinación con algún otro - esfuerzo compactador mecánico, la densificación más rápida de los -- materiales.

Una enzima es: "Cierta sustancia química-orgánica que está -- formada por plantas, animales y microorganismos, capaz de incrementar la velocidad de transformación química del medio donde se encuentra, sin que sea consumida por ello en este proceso, llegando a formar -- parte del conjunto".

Según los fabricantes de enzimas para compactación, esta se -- logra mediante una reacción química de ionización de los componentes orgánicos e inorgánicos del terreno, lo que trae por consecuencia -- que las partículas del suelo se agrupen y se transformen en una masa compacta y firme.

Se hace hincapié en que el agregar productos enzimáticos al -- agua de compactación no densificará al material tratado, sino que es necesario aplicar esfuerzo compactivo adicional; es decir, se usará algún equipo compactador y agua con enzimas, con lo cual puede reducirse el tiempo de compactación.

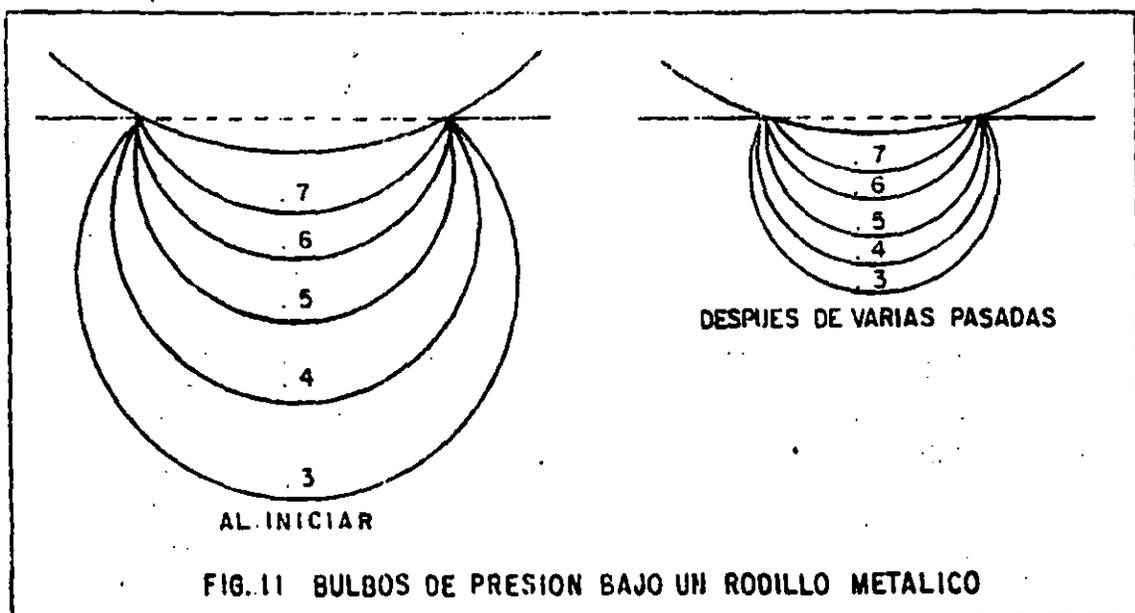
IV. EQUIPO DE COMPACTACION

Hay una gran variedad de equipos de compactación, se describirán sus características básicas:

4.1. RODILLOS METALICOS

Un rodillo metálico utiliza solamente presión con un mínimo de amasamiento en materiales plásticos.

Cuando estos rodillos inician la compactación de una capa el área de contacto es más o menos ancha y se forma un bulbo de presión de una cierta profundidad. Conforme avanza la compactación el ancho del área de contacto se reduce, y por lo tanto también se reduce la profundidad del bulbo de presión y aumentan los esfuerzos de compresión en la cercanía de la superficie (Fig. 11). Estos esfuerzos son con frecuencia suficientes para triturar los agregados en materiales granulares, e invariablemente causan la formación de una costra en la superficie de la capa (encarpetamiento).



Si a esto se agrega la costumbre de hacer riegos adicionales durante la compactación, para compensar la evaporación, en una capa en donde la penetración del agua es difícil por la misma compacidad del material, llegaremos a un estado de estratificación de la humedad, en este momento la formación de la costra es inevitable.

También es costumbre más o menos generalizada, el sobre lasstrar estos equipos cuando no se está obteniendo la compactación, para aumentar la penetración y la profundidad del bulbo de presión, esto generalmente tiene como consecuencia el sobre esforzar la superficie.

Un rodillo metálico, no compacta pequeñas áreas bajas o suaves, debido a que la rigidez de la rueda las puentea, estas áreas suaves se presentan con frecuencia en terracerías debido a la irregularidad de la capa.

Dentro de este grupo se puede hacer la división siguiente:

A) Planchas Tandem.- Son aquellas que tienen dos o tres rodillos metálicos paralelos. Los rodillos son generalmente huecos para ser lastrados con agua y/o arena. Tienen generalmente dos números por nomenclatura. El primero es el peso de la máquina sin lastre y el segundo es el peso de la máquina lastrada totalmente (Fig. 12).

B) Planchas de Tres Ruedas.- Son quizás de más antiguo diseño: estas planchas tienen dos ruedas traseras paralelas y una rueda de lantera; las ruedas pueden ser huecas para ser lastradas o formadas por placas de acero roladas con atiesadores (Fig. 13).

Las planchas tandem, a pesar de que son generalmente de menor peso que las de tres rodillos, suelen tener mayor compresión por centímetro lineal de generatriz que las de tres rodillos, por tener menor superficie de contacto con el material.

Tanto las planchas tandem como las de tres rodillos, tienen bajas velocidades de operación y poca seguridad al compactar las orillas de terraplenes altos.

Son efectivas en todos los suelos, pero, por los inconvenientes mencionados y su bajo rendimiento hacen que su uso se limite a trabajos pequeños o al armado de una capa al inicio de la compactación.

Resumiendo, puede decirse que estas máquinas por su lentitud y poca profundidad, han perdido terreno en la compactación de grandes movimientos de tierra; también en algunas aplicaciones específicas que tienen estos equipos como la compactación de carpetas asfálticas, van siendo desplazados por otras máquinas compactadoras.

4.2. RODILLOS NEUMATICOS

Los rodillos neumáticos son muy eficientes y a menudo esenciales para la compactación de sub-bases, bases y carpetas, sus bulbos de presión son semejantes a los de los rodillos metálicos, pero el área de contacto permanece constante por lo que no se produce el efecto de reducción del bulbo. Por otra parte, el efecto de puenteo del rodillo metálico, sobre zonas suaves, se elimina con llantas de suspensión independiente.

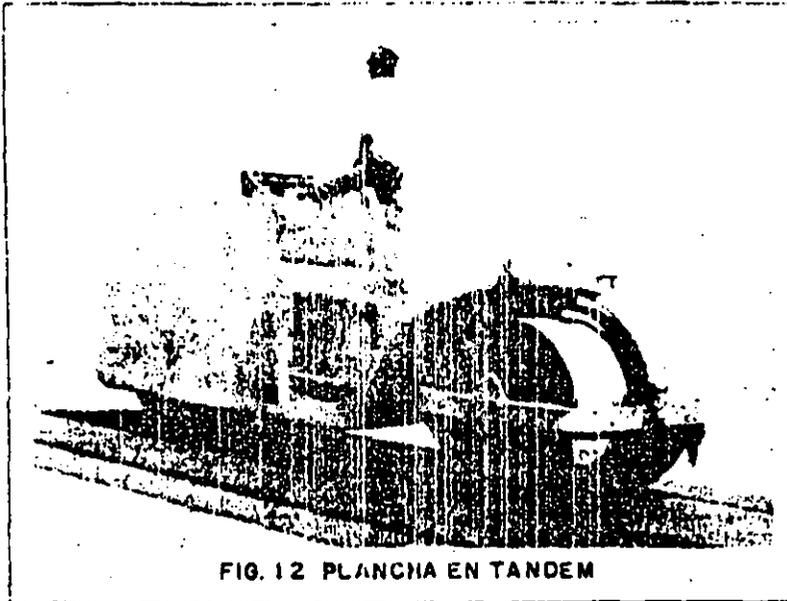


FIG. 12 PLANCHA EN TANDEM

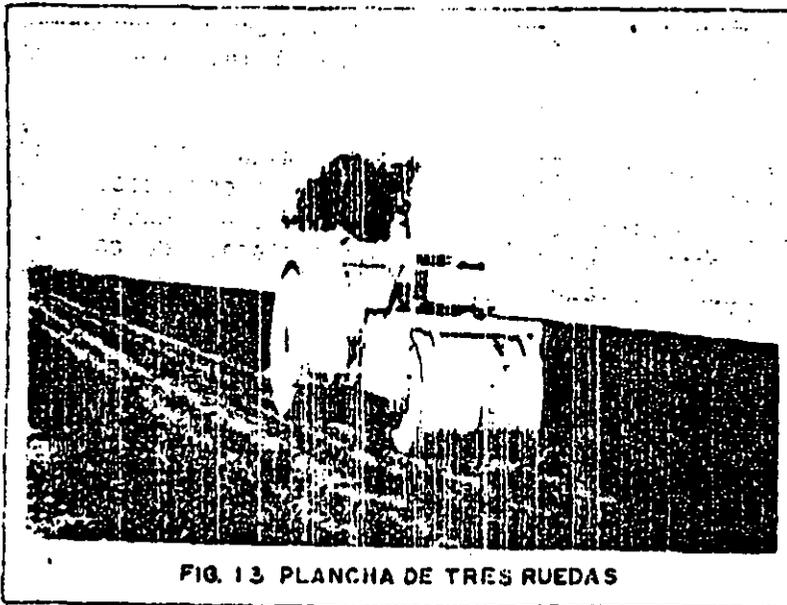


FIG. 13 PLANCHA DE TRES RUEDAS

Estos compactadores pueden ser jalados o autopropulsados.

Se pueden dividir conforme al tamaño de sus llantas en:

- A) De llantas pequeñas
- B) De llantas grandes

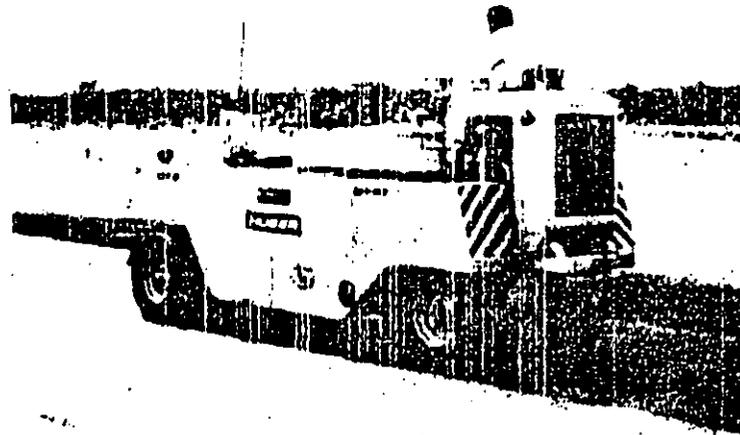


FIG. 14

A) DE LLANTAS PEQUEÑAS.- Generalmente tienen dos ejes en tandem y el número de llantas puede variar entre 7 y 13. El arreglo de las llantas es tal que las traseras traslapan con las delanteras - - (Fig. 14 A).

Algunos de estos compactadores tienen montadas sus ruedas en forma tal que oscilan o "bailan" al rodar, lo que aumenta su efecto de amasamiento.

Estos compactadores proporcionan una presión de contacto semejante a la proporcionada por equipos de mayor peso y llantas grandes, tienen mayor maniobrabilidad, no empujan mucho material adelante de ellos, tienen poca profundidad de acción y poca flotación en materiales sueltos. Tienen una buena acción de secado y cierran la textura del material de la capa.

B) DE LLANTAS GRANDES.- Son generalmente arrastrados por tractor y pesan de 15 a 50 Ton. Tienen 4 ó 6 llantas en un mismo eje, -

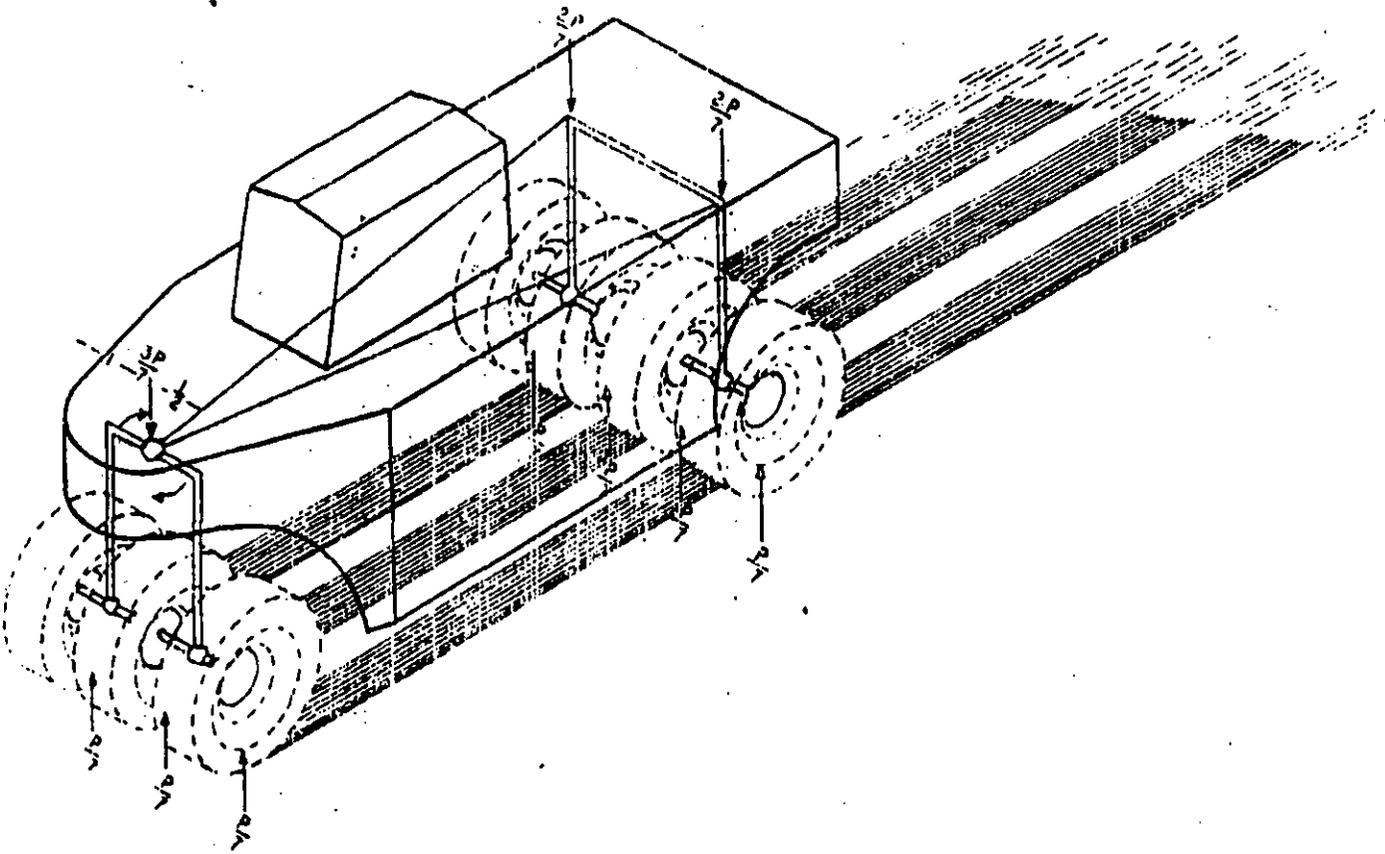


Fig. 14-A

además son difíciles de maniobrar y de transportar, por lo que están siendo desplazados por otros equipos más ligeros y versátiles.

Los factores más importantes que intervienen en este tipo de compactadores son:

a) Peso total.- Dependiendo del número total de llantas y del sistema de suspensión del compactador se puede conocer el peso o fuerza aplicada por llanta. A mayor peso total, mayor carga por llanta, en caso de tratarse de una suspensión isostática.

b) La presión de inflado es importante, pero está ligada íntimamente a la carga de la llanta. Si "W" es el peso del compactador, y "p" es la presión de contacto (Fig. 15):

Podemos observar que si aumentamos el peso sin aumentar la presión (Fig. 16), aumentamos la profundidad del bulbo, pero no aumentamos la presión, esto nos permitiría trabajar capas relativamente mayores, pero el aumento de eficiencia es casi nulo, y las llantas durarán menos pues estamos aumentando el trabajo de deformación de la llanta.

Si aumentamos la presión sin aumentar la carga (Fig. 17) disminuimos la profundidad del bulbo de presión, y podemos llegar a encarpetar la capa. Esto puede ser eficiente si la capa es delgada como suele serlo en bases y sub-bases y carpetas.

Si aumentamos el peso y la presión (Fig. 18), estamos aumentando la presión efectiva sobre la capa y por lo tanto el trabajo de compactación sobre la capa, sin embargo esto nos puede disminuir la vida útil de las llantas y del equipo, y aumentará la tendencia al rebote.

En el concepto moderno de un compactador neumático la carga sobre la llanta y la presión de inflado, deben ser las adecuadas para dar la presión de contacto suficiente para ejercer el esfuerzo requerido de compactación (es aconsejable no alejarse mucho de las recomendaciones del fabricante).

Por la razón anterior los fabricantes de equipo progresistas han provisto a sus máquinas, con implementos para variar rápidamente la presión de inflado de sus equipos.

Las presiones de inflado usuales son del orden de 50 psi, para compactadores pequeños (hasta 10 Ton) y pueden llegar hasta 80 psi en compactadores grandes (de 10 a 60 Ton).

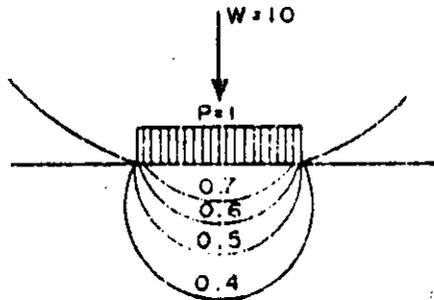


FIG. 15

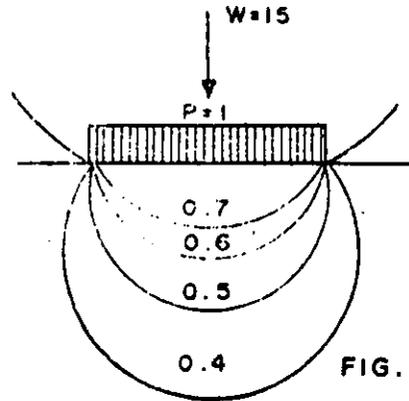


FIG. 16

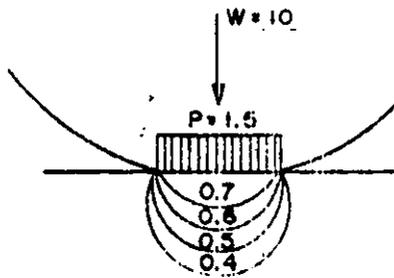


FIG. 17

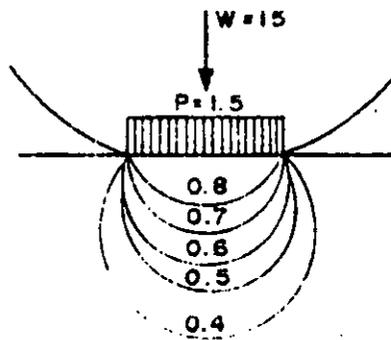


FIG. 18

Mucha calidad

La presión de inflado no es igual a la de contacto ya que interviene (en mucho) la rigidez de la llanta inflada.

Tienen aplicaciones especializadas como la compactación del terreno natural en aeropuertos (grandes extensiones, terreno plano, alto grado de compactación, fácil acceso, etc). tienen gran utilidad para sellar las capas superiores, con lo que se logra una buena impermeabilidad.

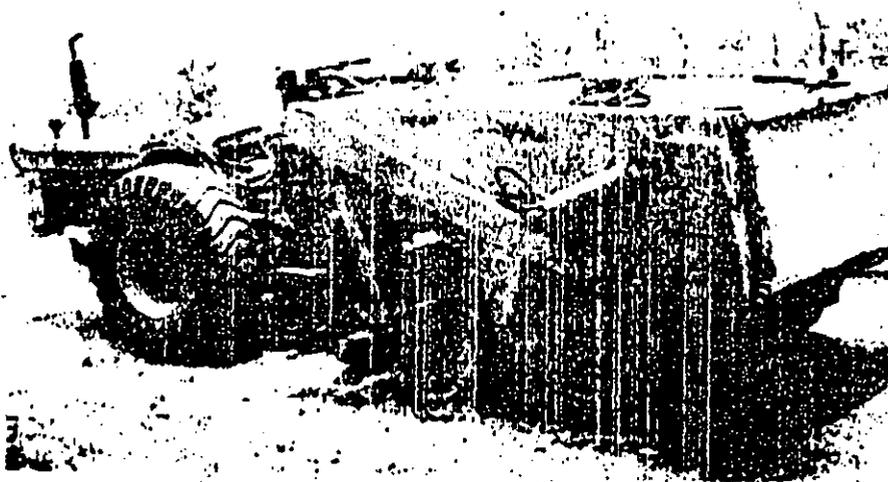


FIG. 19 COMBINACION DE RODILLOS METALICO Y NEUMATICO (DUO-FACTOR)

4.3. RODILLOS PATA DE CABRA.

Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcillas donde la estratigráfica debe ser eliminada, como en el corazón impermeable de una presa. Debido a la pequeña área de contacto de una pata y al alto peso de éstos equipos el bulbo de presión es intenso y poco profundo. La compactación se consigue por penetración y amasamiento más que por efecto del bulbo de presión (Fig. 20).

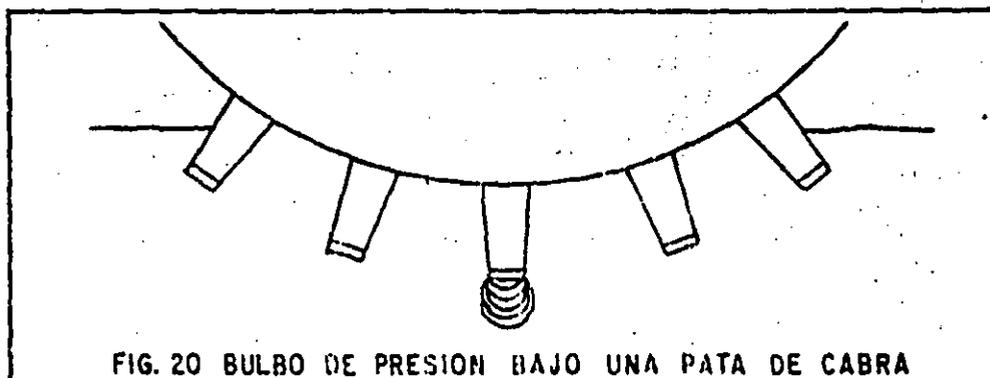


FIG. 20 BULBO DE PRESION BAJO UNA PATA DE CABRA

Los rodillos pata de cabra son lentos, tienen una gran resistencia al rodamiento, por lo que consumen mucha potencia. Este equipo es todavía pedido en especificaciones algunas veces, pero su uso está declinando debido a los altos costos que tienen, usualmente, por unidad de volumen compactado (Fig 21).

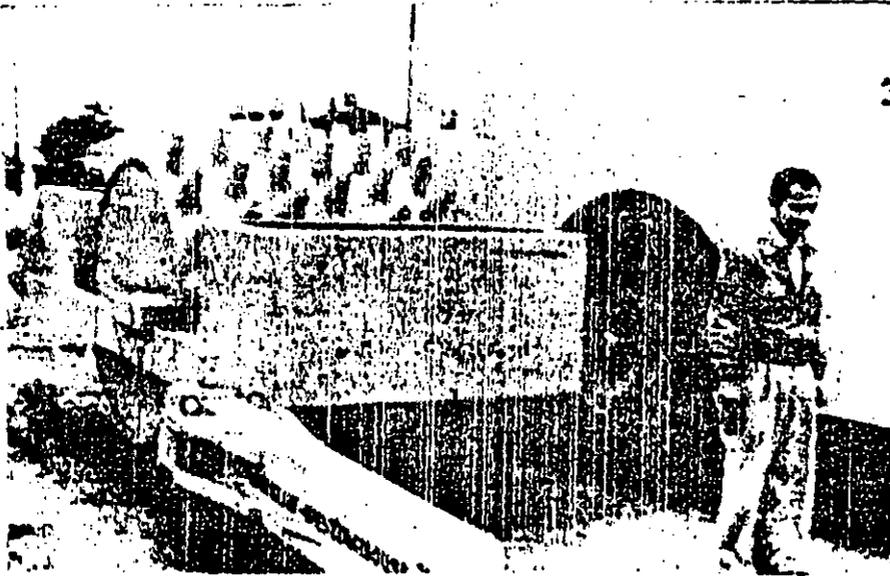


Fig. 21 RODILLO PATA DE CABRA

4.4. RODILLO DE REJA

Este compactador fue desarrollado originalmente para disgregar y compactar rocas poco resistentes a la compresión, como rocas sedimentarias y algunas metamórficas, para hacer caminos de penetración transitables todo el año, para esto el rodillo transita sobre la roca suelta en el camino, rompiéndola y produciendo finos que llenan los vacíos formando una superficie suelta y estable. Como una guía; la roca que se puede escarificar también se puede disgregar.

Al ser usado este equipo se encontró que era capaz de compactar a alta velocidad una gran variedad de suelos. Los puntos altos de la reja producen efecto de impacto, y cuando es remolcado a alta velocidad, produce efecto de vibración, efectivo en materiales granulares. El perfil alternado alto y bajo de la rejilla produce efecto de amasamiento por lo que este rodillo también es eficiente en materiales plásticos. Desafortunadamente, como los materiales plásticos suelen ser pegajosos, se atascan de material los huecos de la reja y se reduce la eficiencia (Fig. 22).

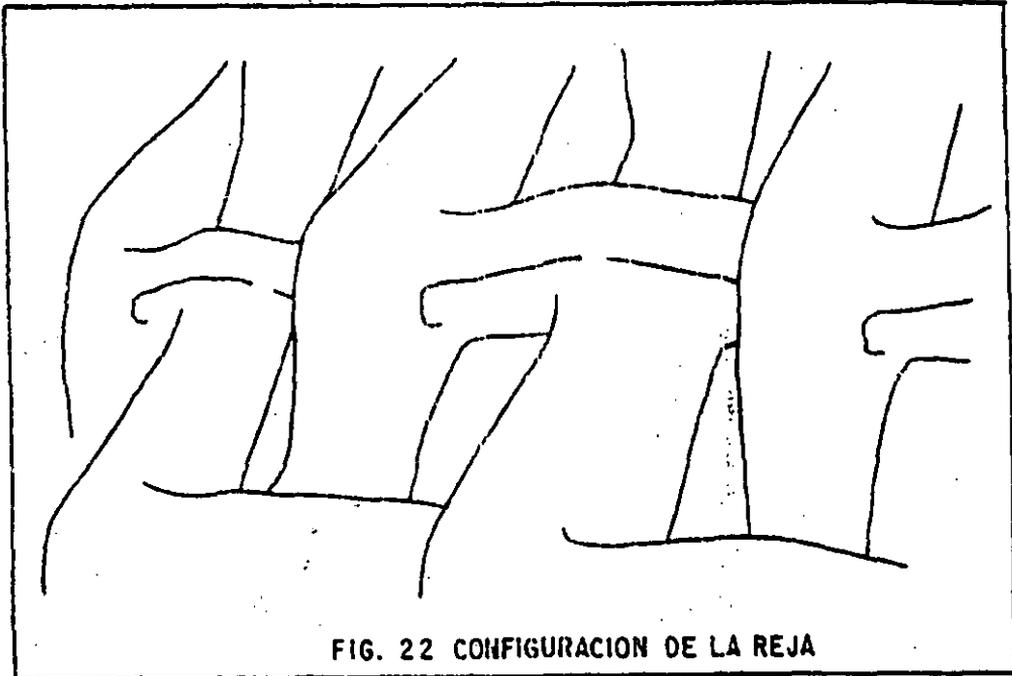


FIG. 22 CONFIGURACION DE LA REJA

Estos rodillos, debido a su misma configuración no pueden dejar una superficie tersa como puede ser la base de una carretera.

4.5. RODILLO DE IMPACTO (TAMPING ROLLER)

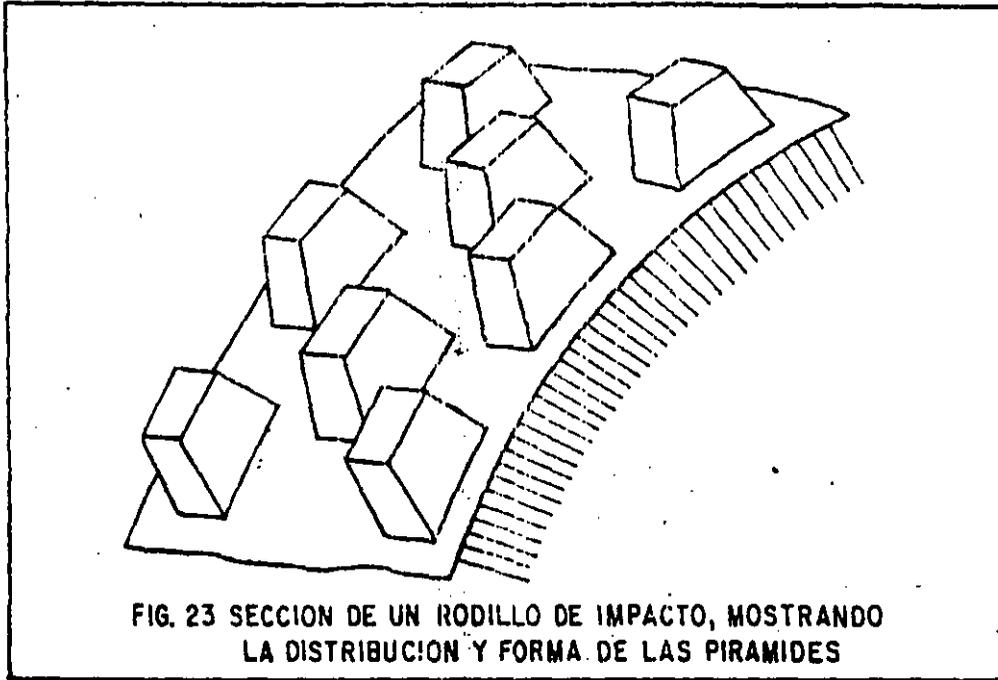
A causa de los problemas de limpieza del rodillo de reja, se diseñó un nuevo rodillo usando los mismos principios: el rodillo de impacto. Este es un rodillo metálico, en el que se han fijado unas salientes en forma aproximada de una pirámide rectangular truncada. (Fig. 23).

Estas pirámides no son de la misma altura pues hay unas más altas que otras, siguiendo el modelo de puntos altos y bajos del rodillo de reja, esto dá las mismas ventajas, pudiéndose limpiar fácilmente por medio de dientes sujetos a un marco.

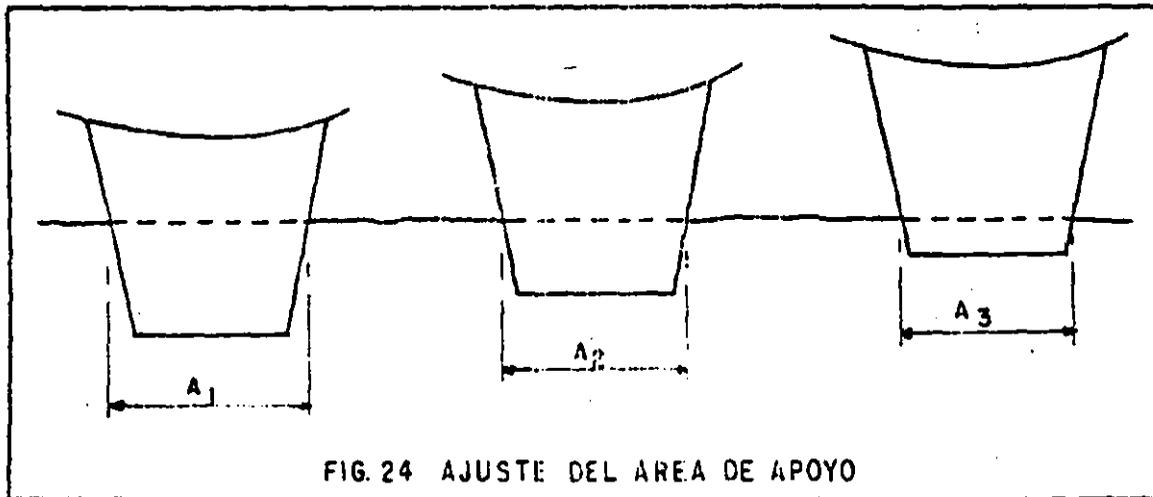
Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incrementa con la penetración, ajustándose automáticamente la presión a la resistencia del suelo compactado (Fig. 24).

El diseño contempla también una fácil entrada y salida a la capa, lo que disminuye la resistencia al rodamiento.

Estos rodillos han probado ser muy eficientes y eliminan estratificación en los terrapienes, esto es importante en corazones impermeables de presas.



Cuando un rodillo de impacto empieza una nueva capa, que no sea mayor de 30 cm los bulbos de presión y las ondas de impacto proveen suficiente amasamiento con la capa inferior para eliminar la estratificación, que ocurre con cualquier otro compactador excepto la pata de cabra.



El rodillo de impacto ha probado ser uno de los más versátiles y económicos compactadores en terracerías, capaz de compactar eficientemente la mayor parte de los suelos (Fig. 25).

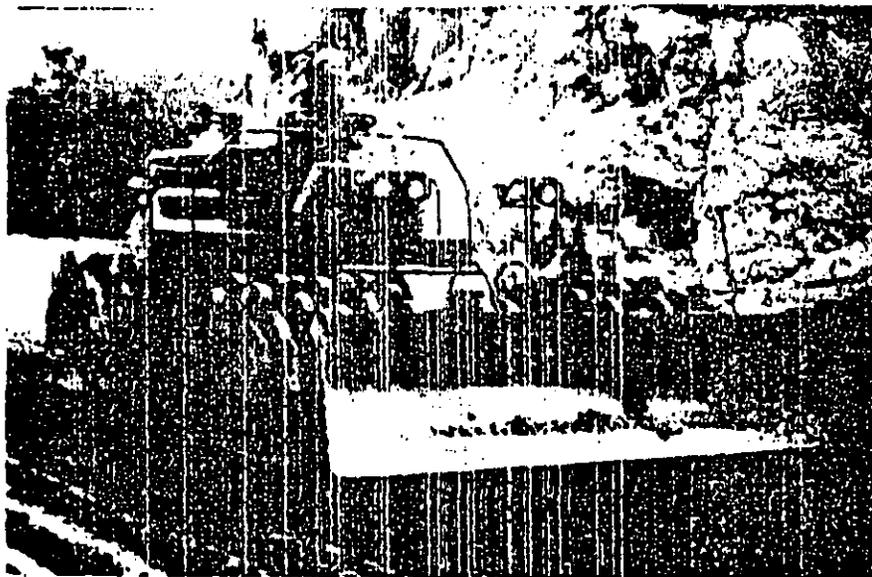


FIG. 25 RODILLO DE IMPACTO (TAMPING-ROLLER)

4.6. RODILLOS VIBRATORIOS

Estos rodillos funcionan disminuyendo temporalmente la fricción interna del suelo. Como en los suelos granulares (gravas y arenas) - su resistencia depende principalmente de la fricción interna (en los suelos plásticos depende de la cohesión), la eficiencia de estos rodillos está casi limitada a suelos granulares.

La vibración provoca un reacomodo de las partículas del suelo - que resulta en un incremento del peso volumétrico, pudiendo alcanzar espesores grandes de la capa (0.80 m).

Estos rodillos pueden producir un gran trabajo de compactación en relación a su peso estático ya que la principal fuente de trabajo es la fuerza dinámica de compactación (Fig. 26).

Buscando extender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado rodillos pata de cabra vibratorios, en los que la fuerza y la amplitud de la vibración se han aumentado, y se ha disminuido la frecuencia. Con el mismo objeto se han acoplado dos rodillos vibratorios, "fuera de fase", a un marco rígido para obtener efecto de amasamiento.

Estos rodillos se clasifican por su tamaño, pequeños hasta -- 9,000 kg de fuerza dinámica y grandes de más de 9,000, pudiendo llegar hasta 20,000 kg o más. Los grandes pueden llegar a sobreesforzar suelos débiles por lo que hay que manejarlos con cuidado.

Todos los vibradores deben de manejarse a velocidades de 2.5 a 5 km/h. Velocidades mayores no incrementan la producción, y con frecuencia no se obtiene la compactación.

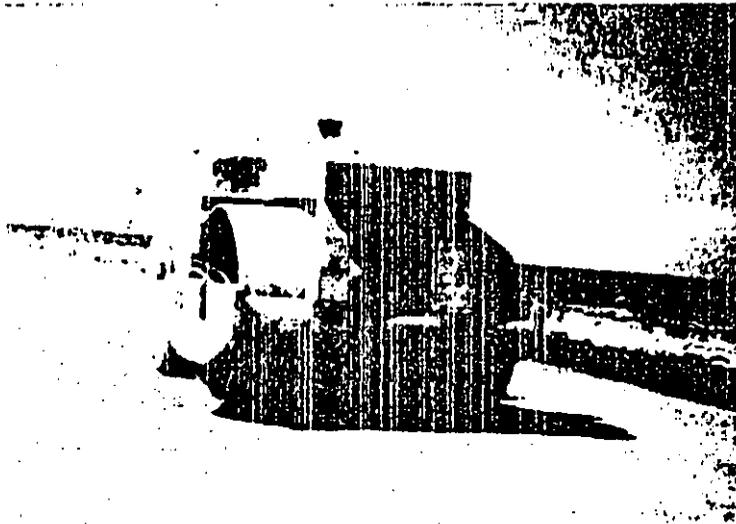


FIG. 26 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

V. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPACTACION

Los factores que primordialmente influyen en la obtención de una compactación económica son:

- 5.1) CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL
- 5.2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL
- 5.3) NUMERO DE PASADAS DEL EQUIPO
- 5.4) PESO DEL COMPACTADOR
- 5.5) PRESION DE CONTACTO
- 5.6) VELOCIDAD DEL EQUIPO COMPACTADOR
- 5.7) ESPESOR DE CAPA

5.1) CONTENIDO DE HUMEDAD. El agua tiene en el proceso de compactación, el papel de lubricante entre las partículas del material. Una falta de humedad exigirá mayor esfuerzo compactivo, así como también lo exigiría un exceso de la misma.

Debe recordarse que todo material tiene un contenido óptimo de humedad, para el cual se obtiene, bajo una cierta energía de compactación, una densidad máxima.

El agua, entonces, facilita el trabajo de compactación.

5.2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL. Para la obtención de una eficiente compactación es necesario, que haya partículas de varios tamaños en el material por compactar, ya que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados entre partículas de mayor tamaño.

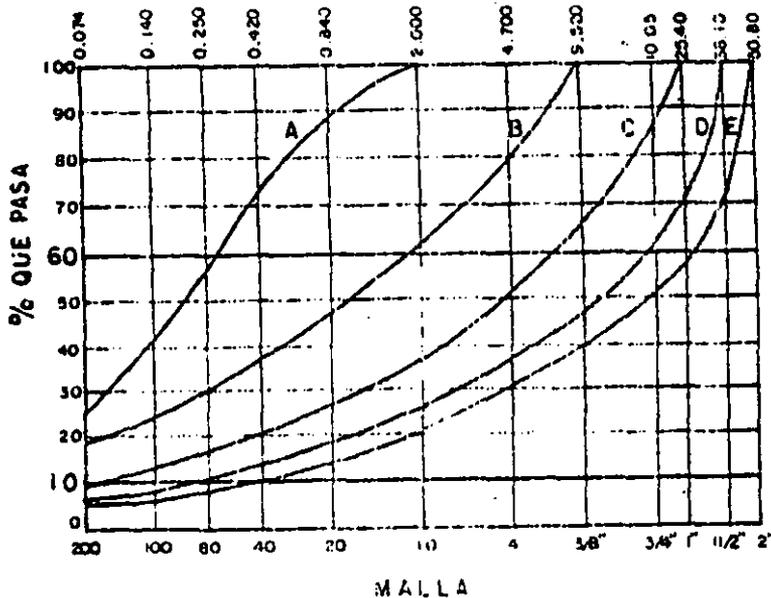
Un suelo que contiene un tamaño muy uniforme de partículas -- (mal graduado), será difícilmente compactado. En cambio un suelo con amplia gama de tamaños (bien graduado), se compacta mejor ya -- que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados -- entre las partículas de mayor tamaño.

Por lo que es muy importante considerar el Coeficiente de Uniformidad de Lars forssblad, que es la relación entre el D_{60} y el D_{10} .

Handwritten notes:
 1) D_{60}
 2) D_{10}
 3) C_u

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu)
 DE LARS FORSSBLAD

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

FIG. 27

En donde:

El D_{60} : Es el tamaño de la malla por el que pasa el 60% del material.

El D_{10} : Es el tamaño de la malla por el que pasa el 10% del material.

Si el $C_u > 7$, se tiene un excelente suelo (bien graduado) para compactar. Con amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

Si el $7 > C_u > 3$, se tienen suelos, que presentan ciertos problemas para la compactación, los que podemos eliminar mejorando la granulometría y así obtener buenos resultados.

Si el $C_u < 3$, se tiene un pésimo suelo (mal graduado) para compactar.

Por ejemplo en la gráfica de composición granulométrica, podemos observar de la curva (B), el D_{60} corresponde al material que pasa la malla de $1 \frac{1}{2}$, tamaño igual a 19.05 mm y el D_{10} corresponde al material que pasa por la malla 80, tamaño igual a 0.250 mm. Si calculamos el coeficiente de uniformidad tenemos que:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{19.05 \text{ mm}}{0.250 \text{ mm}} = 76.2$$

lo que nos indica que es un excelente suelo para compactar, porque tiene una amplia gama de tamaños.

Es oportuno hacer notar aquí, que la forma de las partículas también tiene importancia en la compactación. Materiales con partículas de forma angulosa son generalmente más difícilmente compactados por sus acunamientos, que materiales con partículas redondeadas.

5.3) NUMERO DE PASADAS. El número de pasadas que un equipo deba dar sobre un material dependerá de (Fig. 28):

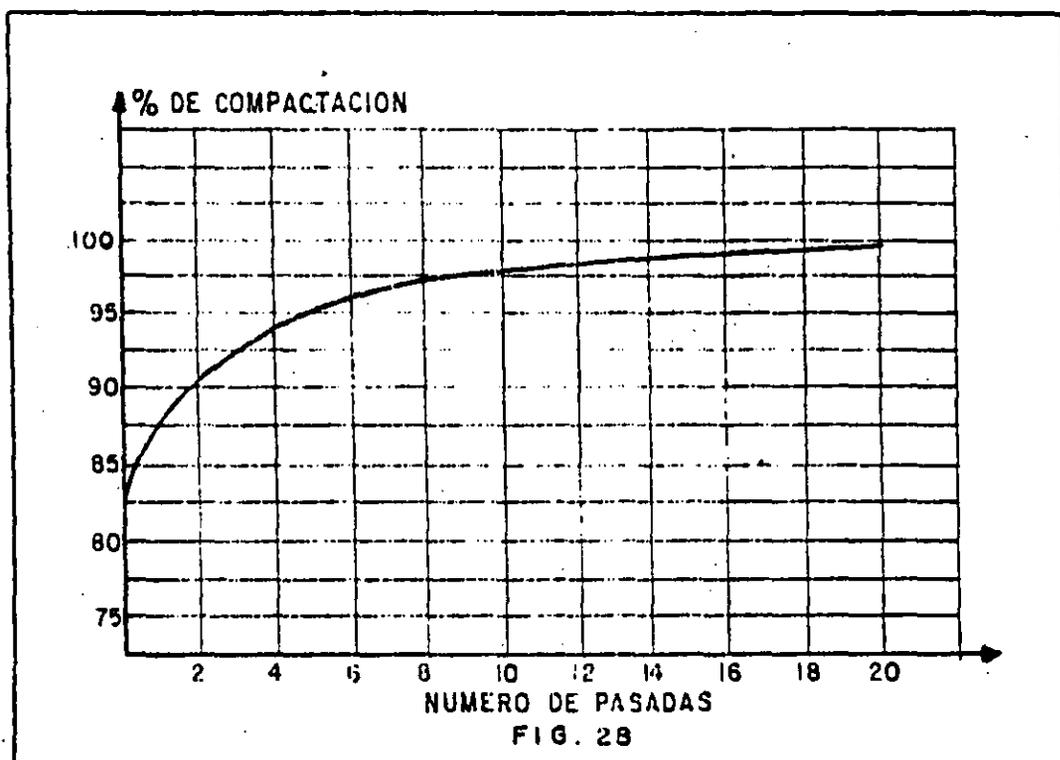
- A) Tipo de compactador
- B) Tipo de material

Materiales

- C) Contenido de humedad
- D) Forma en que aplique la presión al material
- E) Maniobrabilidad del equipo

5.4) PESO DEL COMPACTADOR. La presión ejercida sobre el material dependerá, en parte, del peso del equipo de compactación.

5.5) PRESION DE CONTACTO. Más que el peso del compactador importa la presión de contacto; ésta depende de:



- A) Tipo de material
- B) Estado del material (Suelto o Semisuelto)
- C) Area expuesta por el compactador
- D) Presión de inflado en el caso de un equipo sobre neumáticos

- E) peso del compactador
- F) Temperatura del material tratándose de mezclas asfálticas.

Los fabricantes de equipo de compactación se han preocupado por que sus máquinas ejerzan presiones de contacto uniformes, lo cual han logrado mediante suspensiones isostáticas.

Es necesario hacer hincapié, que resulta de mayor importancia la presión de contacto de un compactador, que el peso mismo.

Por ejemplo un compactador muy pesado necesita de un mayor número de llantas o de llantas más grandes, con lo cual, el área de contacto entre el compactador y el material se incrementa, resultando la presión de contacto, similar a la de un compactador normal con menos llantas o llantas menores.

5.6) VELOCIDADES DE OPERACION

De la velocidad de translación del compactador y del número de pasadas dependerá, principalmente la producción. La velocidad estará entre los siguientes valores:

5.6.1. Rodillos Metálicos y Patas de Cabra

Son lentos por naturaleza, entre más rápido mejor, limitados sólo por la seguridad. 5 km por hora es un buen máximo.

5.6.2. Rodillos de Reja o de Impacto

Entre más rápido mejor, limitado sólo por la seguridad, normalmente de 10 a 20 km por hora.

5.6.3. Rodillos Neumáticos

Entre más rápido mejor, excepto que haya rebotes, lo que puede ocasionar ondulación de la capa, compactación dispareja y desgaste -- acelerado del equipo. Normal de 4 a 8 km por hora.

5.6.4. Rodillos Vibratorios.

La máxima eficiencia se obtiene entre 3 y 5 km por hora, a velocidades mayores la eficiencia baja rápidamente y se puede llegar a no obtener la compactación.

Mala calidad

VI. SELECCION DE COMPACTADORES EN CUANTO A SU FUNCION

La selección de compactadores más adecuado no siempre es sencilla, ya que depende de muchos factores: tipo de suelo, tipo de trabajo, método de movimiento de tierras, compatibilidad de trabajo, etc., en la selección final deben hacerse intervenir, cuando menos, los factores mencionados. Es frecuente y muy eficiente el uso de varios equipos que combinen los diferentes efectos de compactación.

Los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para esta selección son:

- 6.1. Tipo de Material
- 6.2. Tamaño de la Obra
- 6.3. Requerimientos especiales

6.1. TIPO DE MATERIAL

En la figura 29 se muestra en los renglones 4 y 5 los diferentes materiales y su respectivo tamaño en mm. En el renglón 3 se clasifican en cohesivos, semicohesivos y no cohesivos. (los más finos son cohesivos y los granulares no cohesivos) en los renglones 1 y 2 se indica su uso más frecuente:

- 1) Sub-bases, bases y carpetas: siempre materiales no cohesivos (arenas y gravas).
- 2) Terracerías: normalmente materiales cohesivos y semicohesivos, a veces no cohesivos.

En el renglón 6: la compactación por presión estática (rodillos metálicos y neumáticos) es aplicable a todos los suelos. Limitación: bajo rendimiento, excepto en los compactadores neumáticos grandes.

En el renglón 7: la compactación por amasamiento (rodillo pata de cabra estática y pata de cabra vibratoria) es útil para suelos cohesivos y semicohesivos (arcillas, limos y algo en arenas limosas). Limitación: alto costo de pata de cabra estática.

En el renglón 8: la compactación por impacto (rodillo de impacto y rodillo de reja) aplicable a toda clase de suelos, pero el mal acabado que dan a la capa sólo permite aplicarlos en terracerías, normalmente arcillas y limos, a veces arenas. Limitación: el rodillo de reja se atasca con los materiales cohesivos y hay que parar frecuente

Materia de la obra

mente a limpiarlo, sin embargo es un excelente disgregador, por lo que el rodillo de reja es extraordinario en terracerías que necesi-
tan disgregado.

En el renglón 9: la compactación por vibración (rodillo liso vibratorio) es aplicable en suelos no cohesivos (arenas y gravas) y a veces algunos semicohesivos (arenas limosas).

Conclusiones: (Fig. 29)

- a) Para suelos cohesivos se debe preferir pata de cabra vibratoria o rodillo de impacto. (Línea A).
- b) Para suelos no cohesivos se debe preferir rodillo liso vibratorio. (Línea B).
- c) Para todos los suelos: rodillo neumático
- d) Las mejores combinaciones son:

Para suelos cohesivos: Todos los equipos, por si mismos, combinan diferentes esfuerzos de compactación, por lo que no hay que combinar equipos (Línea A).

Para suelos no cohesivos: Neumático y rodillo vibratorio (Línea B, Fig. 29).

6.2. TAMAÑO DE OBRA.

Dependiendo del tamaño de la obra y habiendo ya seleccionado el tipo de compactador adecuado para el material por compactar, se puede determinar el número de compactadores necesarios para cumplir con el plazo estipulado.

6.3. REQUERIMIENTOS ESPECIALES.

Existen casos en que por requerimientos especiales es necesario decidirse por un determinado tipo de compactador, como cuando las especificaciones solicitan un compactador que no estratifique el terraplén (corazones arcillosos), esto nos haría seleccionar una pata de cabra vibratoria o un rodillo de impacto.

Debemos tener presente que, en construcción pesada, la inversión en equipo es cuantiosa y que éste se adquiere usualmente fuera del país, por lo que es muy importante pesar cuidadosamente todas las posibilidades para poder escoger la máquina más eficiente; esto es: la menor inversión posible al más bajo costo unitario en el mínimo tiempo realizable.

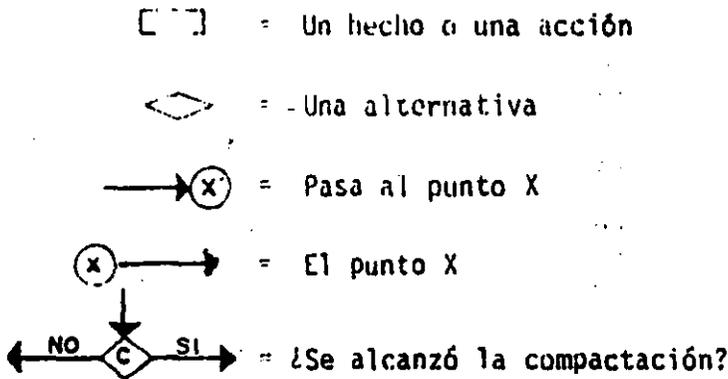
Man's edition

VII. REGLAS A SEGUIR EN CASO DE TENER PROBLEMAS CON LA COMPACTACION

¿Qué hacer cuando el control nos indica una falla?

Esta pregunta la vamos a contestar por medio de diagramas lógicos, que siguen a continuación, en los que intenta, en forma general, mostrar un camino lógico para un análisis formal.

En estos diagramas se usan los siguientes símbolos:



VIII. SELECCION DEL EQUIPO DE COMPACTACION EN CUANTO AL RENDIMIENTO Y AL COSTO DE LA COMPACTACION

8.1. RENDIMIENTO

Para determinar la producción horaria de un equipo de compactación se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- A) Ancho compactado por la máquina = A
- B) Velocidad de operación = V
- C) Espesor de capa = E
- D) Número de pasadas para obtener la compactación especificada = N

Para calcular la producción se determina primero el área cubierta en una hora con una pasada; dividiendo la cifra así obtenida entre el número de pasadas requeridas para obtener la compactación estipulada, resulta el área compactada de suelo por hora. Multiplicando esta última área por el espesor compactado de capa se obtiene el volumen compactado por hora.

Handwritten notes:
P
Mab

SELECCION DE EQUIPO

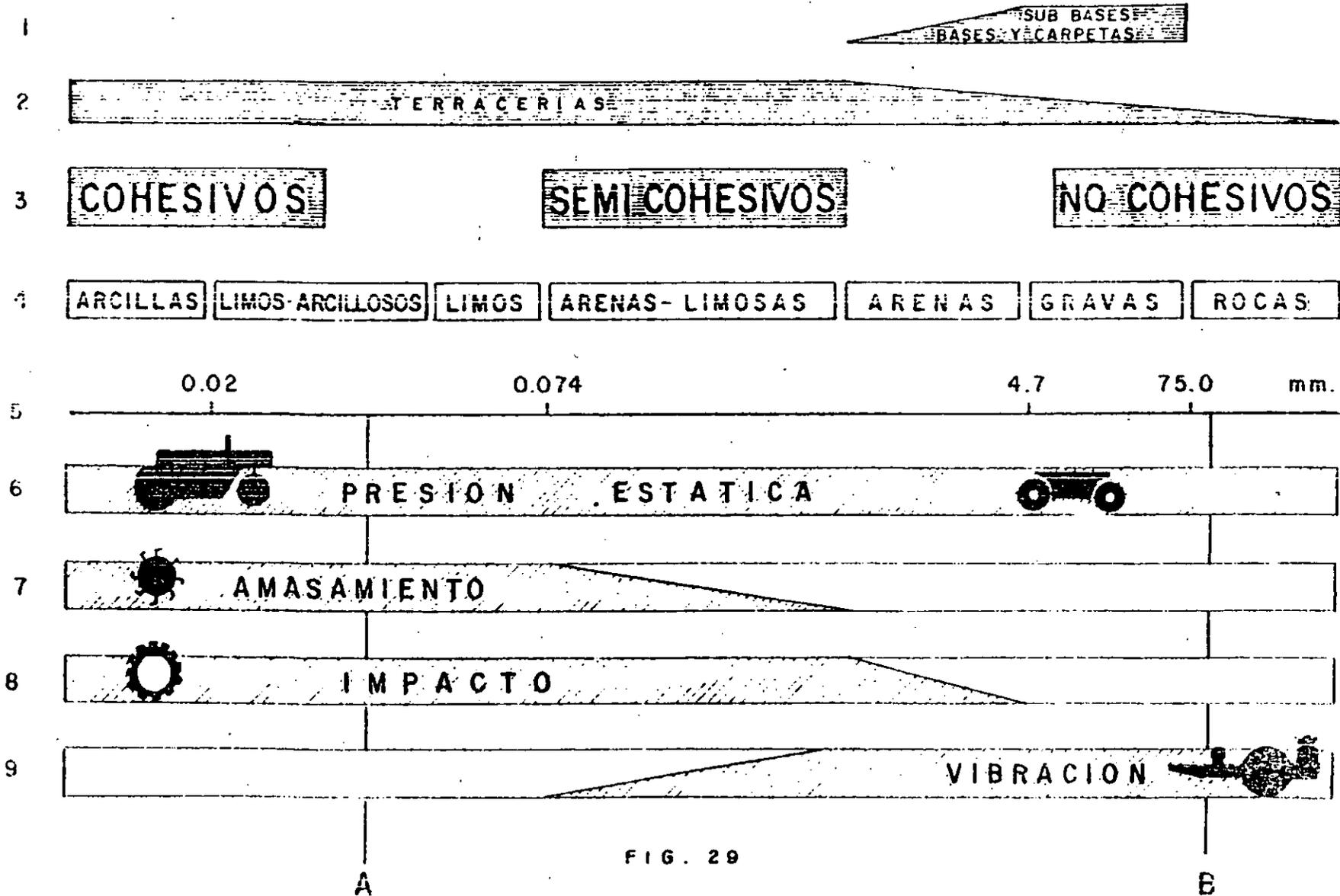
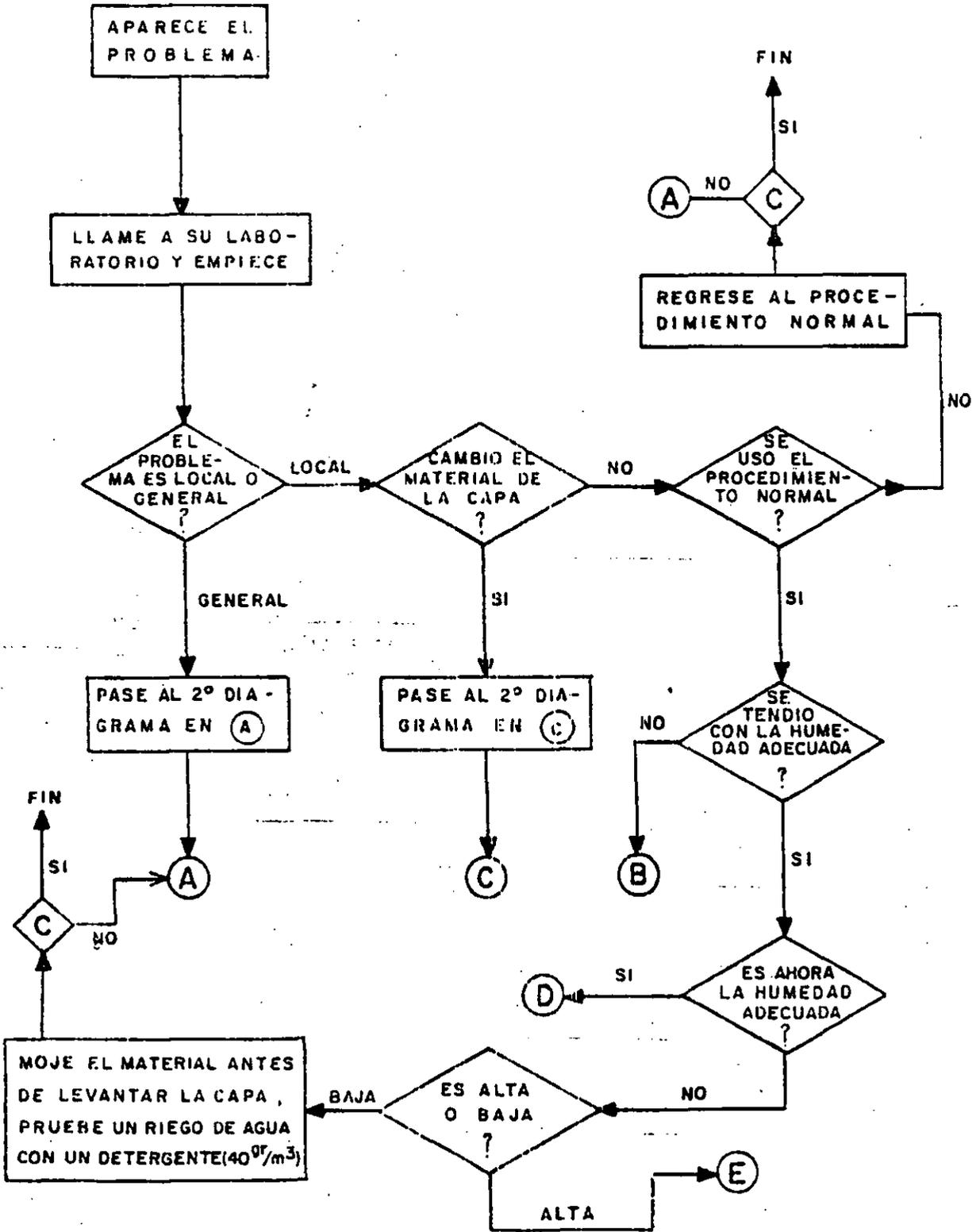
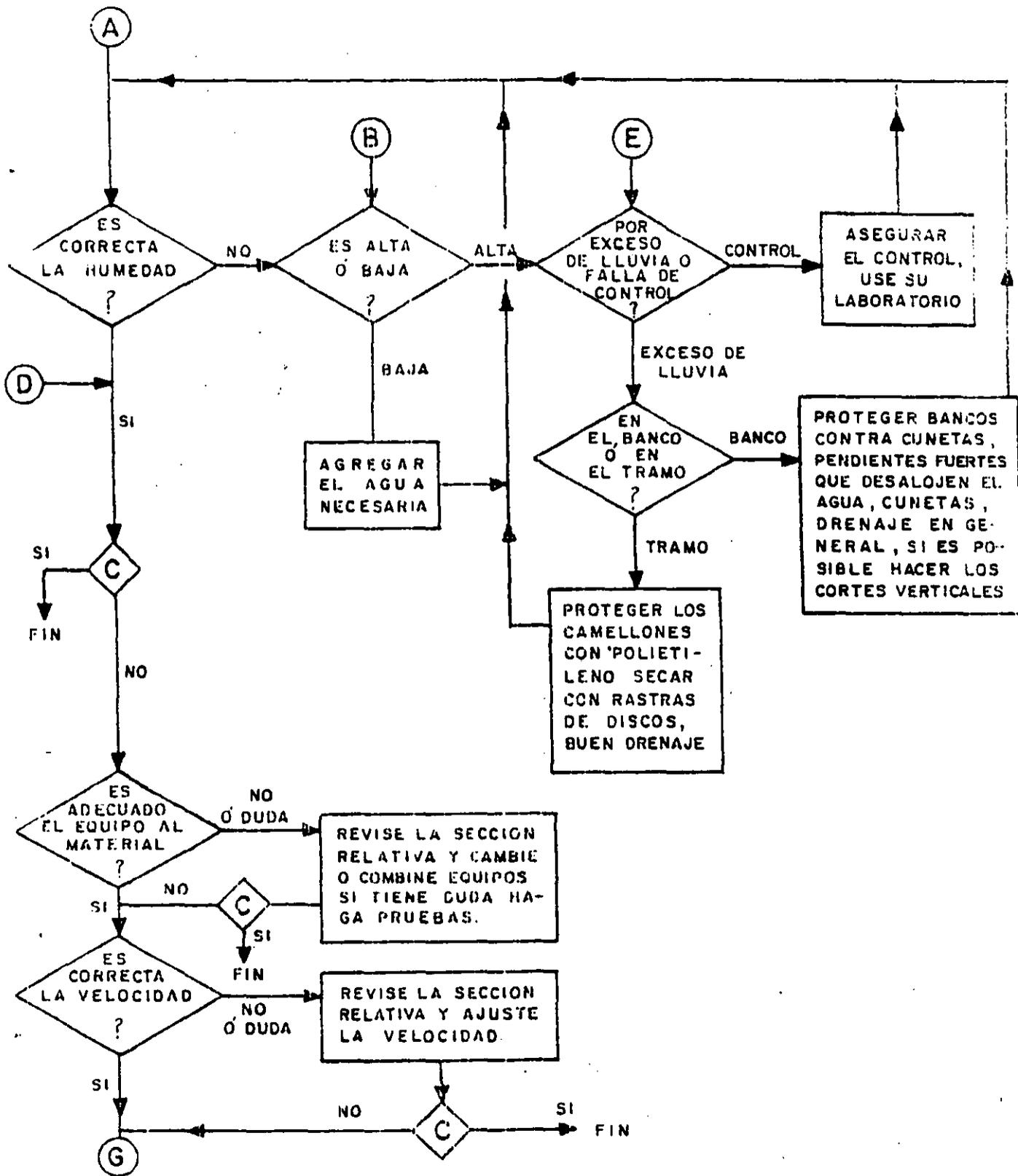


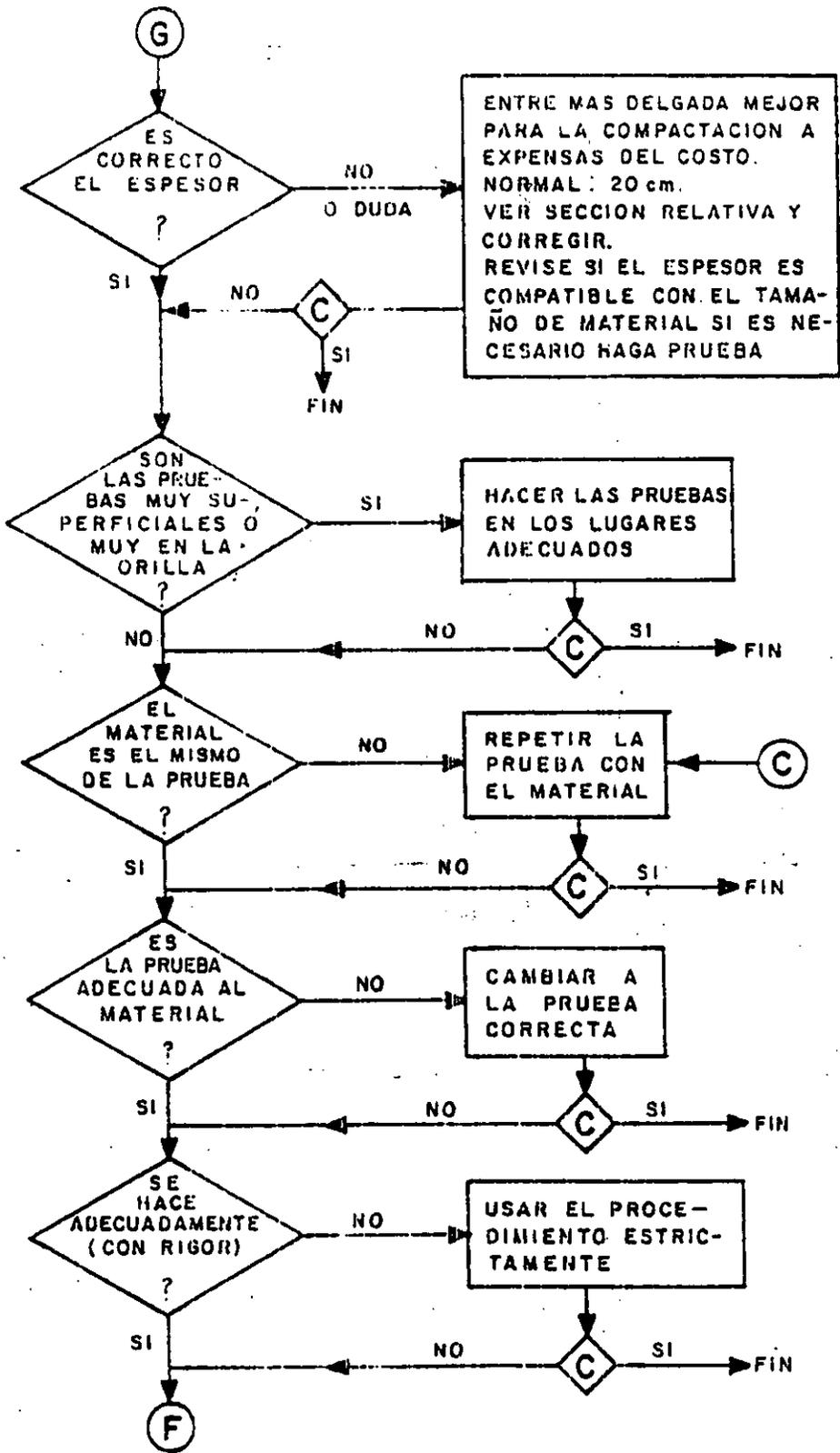
FIG. 29

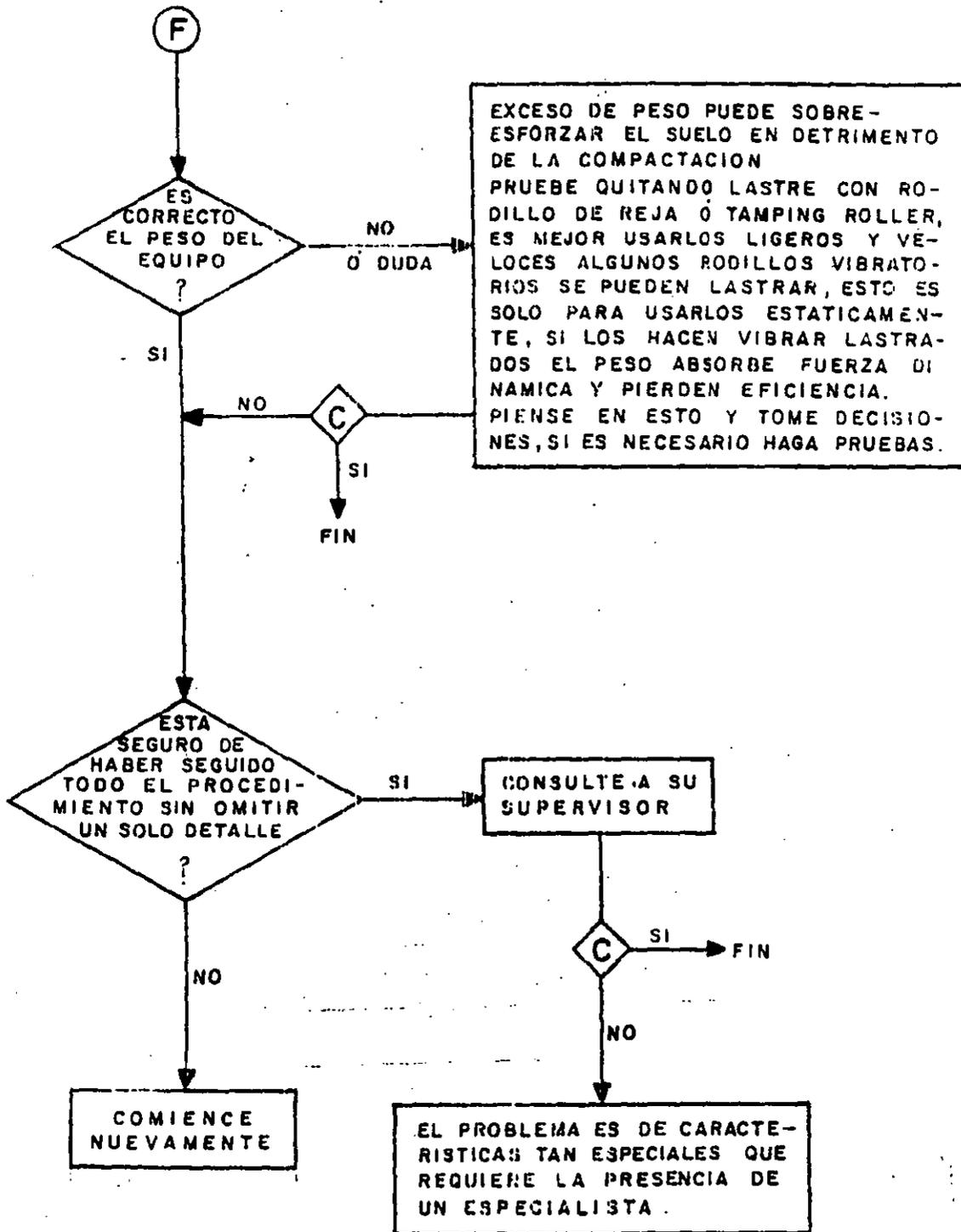
PRIMER DIAGRAMA



SEGUNDO DIAGRAMA







La fórmula puede escribirse:

$$P = \frac{A \times V \times E \times 10 \times C}{N}$$

P = Producción horaria (m³/h)

A = Ancho compactado por la máquina (m)

V = Velocidad (km/h)

E = Espesor de capa (cm)

N = Número de pasadas

10 = Factor de conversión

C = Eficiencia (0.6 a 0.8)

La eficiencia (C) afecta la capacidad teórica, reduciéndola - por traslapes de pasadas paralelas, por tiempo perdido para dar vuelta y otros factores propios del equipo.

El número de pasadas depende de la energía que el equipo puede proporcionar al suelo:

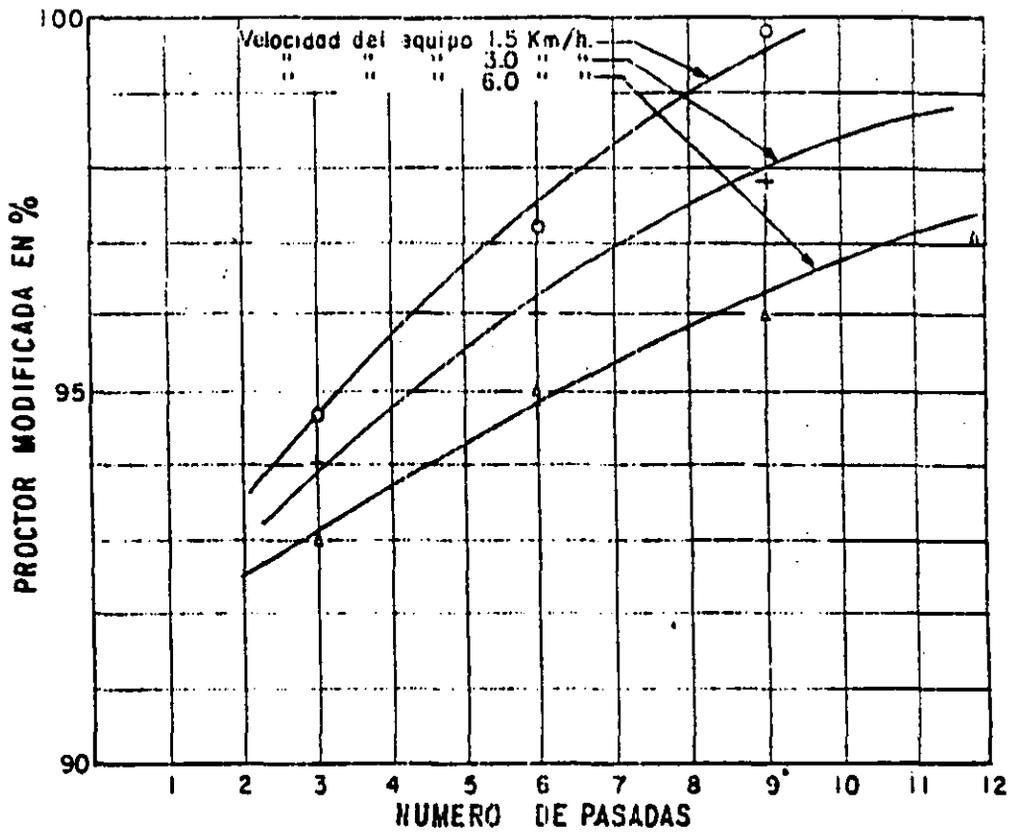
EJEMPLOS TÍPICOS:

| EQUIPO | PROFUNDIDAD DE LA CAPA (CM) | No. DE PASADAS | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|
| | | PARA 90% | PARA 95% |
| RODILLO METALICO | 10 A 20 | 7 A 9 | 10 A 12 |
| NEUMATICO LIGERO | 15 A 20 | 5 A 6 | 8 A 9 |
| NEUMATICO PESADO | HASTA 70 | 4 A 5 | 6 A 8 |
| RODILLO DE IMPACTO | 20 A 30 | 5 A 6 | 6 A 8 |
| RODILLO DE REJA | 20 A 25 | 6 A 7 | 7 A 9 |
| PATA DE CABRA VIBRATORIA | 20 A 30 | 3 A 5 | 6 A 7 |
| LISO VIBRATORIO | 20 A 30 | VER GRAFICA SIGUIENTE | |

Conociendo la capacidad de producción de un compactador y para conocer el costo del (m³) compactado es necesario determinar el costo horario del equipo.

8.2. COSTOS

Para la determinación del costo horario del equipo de compactación se siguen los mismo pasos que se siguen para la determinación -



RELACION ENTRE EL GRADO DE COMPACTACION Y NUMERO DE PASADAS
Equipo liso-vibrotorio

de cualquier otro costo horario de equipo de construcción.

Es decir se deben obtener:

A) Cargos fijos.

Depreciación

Intereses

Seguros

Almacenaje

Mantenimiento

B) Consumos

Combustibles

Lubricantes

Llantas

C) Operación

D) Transporte

Sumando.

A) Cargos fijos

B) Consumos

C) Operación

D) Transporte

COSTO HORARIO

Determinado el costo horario del equipo y conociendo la producción del mismo, para un cierto grado de compactación, se puede obtener el costo por (m) compactado:

$$\text{Costo por m} = \frac{\text{Costo Horario Equipo}}{\text{Producción Horaria Equipo}}$$

8.3. EJEMPLOS

Ejemplo (1)

Si tiene por ejemplo un material compuesto por un 30% limo y 70% arena. Consideramos que se trata de un material granular y por lo tanto un compactador vibratorio es el indicado.

Se analizarán las siguientes alternativas:

- 1.- Rodillo liso vibratorio arrastrado por tractor agricola
- 2.- Rodillo sencillo liso vibratorio autopropulsado
- 3.- Rodillo doble (Tandem) vibratorio autopropulsado

1.- Determinación de costos horario

1. Rodillo liso arrastrado por tractor agrícola.

Precio de adquisición rodillo \$ 1'100,000.00

Precio de adquisición del --- tractor 840,000.00

Se considera una vida útil del conjunto de 8000 horas y un valor de rescate de cero.

| | |
|--------------|-----------|
| Cargos fijos | \$ 612.00 |
| Consumos | 36.00 |
| Operación | 72.00 |
| | <hr/> |
| | \$ 720.00 |

2.- Rodillo sencillo vibratorio autopropulsado

Precio de adquisición \$ 2'400,000.00

Se considera también una vida útil de 8000 horas y un valor de rescate de cero:

| | |
|--------------|----------------|
| Cargos fijos | \$ 672.00 |
| Consumos | 36.00 |
| Operación | 72.00 |
| | <hr/> |
| | \$ 780.00/hora |

3.- Rodillo Tandem vibratorio autopropulsado

Precio de adquisición \$ 4'300,000.00

Haremos la misma consideración por lo que respecta a vida útil y valor de rescate que las alternativas anteriores.

| | |
|--------------|-------------|
| Cargos fijos | \$ 1,150.00 |
| Consumos | 52.00 |
| Operación | 72.00 |
| | <hr/> |
| | \$ 1,274.00 |

II.- Determinación de producciones horarias

1. Rodillo arrastrado por tractor agrícola.

| | |
|-------------------|------------------|
| Ancho | = 1.50 m |
| Velocidad | = 4 km/h |
| Espesor | = 20 cm (suelos) |
| Número de pasadas | = 4 para 95% |

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 0.7 \times 10}{4} \times 0.75$$

$$P = 157 \text{ m}^3/\text{hora}$$

2. Rodillo autopropulsado

Ancho = 2.14 m

Velocidad = 4.5 km/h

Espesor = 20 m (suelos)

Número de pasadas = 4 para 95%

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

(Es de mayor maniobrabilidad y de mayor energía dinámica).

$$P = \frac{2.14 \times 4.5 \times 20 \times 10 \times 0.7}{4} \times 0.75$$

$$P = 253 \text{ m}^3/\text{hora}$$

3. Rodillo vibratorio Tandem autopropulsado

Ancho = 1.50

Velocidad = 4 km/h

Espesor = 20 cm (suelos)

Número de pasadas = 2 (por ser dos rodillos)

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{2} \times 0.75$$

P = 315 m³/hora

III. Determinación de costo de compactación.

| | COSTO HORARIO | PRODUCCION | COSTO X m ³ |
|--------|---------------|-----------------------|------------------------|
| Caso 1 | \$ 720.00/h | 157 m ³ /h | \$ 4.59/m ³ |
| Caso 2 | \$ 780.00/h | 253 m ³ /h | \$ 3.08/m ³ |
| Caso 3 | \$ 1,274.00/h | 315 m ³ /h | \$ 4.36/m ³ |

Se hace notar que a pesar de que la diferencia de valor de adquisición entre los casos (1) y (3) es de 280% aproximadamente, se obtiene un ahorro en el caso (3), del costo de compactación, cercano al 10%.

Suponiendo que se contara con un compactador de impacto auto-propulsado, con un costo horario de \$ 1,240.00 y se tratara de compactar el material granular del ejemplo, se obtiene:

Producción horaria:

- Ancho = 1.94 m
- Velocidad = 9 km/hora
- Espesor = 20 cm (suelos)
- Número de pasadas = 3 pasadas (contando sus cuatro rodillos)

Coefficientes de reducción = 0.7

PRODUCCION = $\frac{1.94 \times 9 \times 20 \times 10 \times 0.7}{8} \times 0.8$

PRODUCCION = 244 m³/h

COSTO POR COMPACTACION = $\frac{\$ 1,240.00/h}{244 \text{ m}^3/h} = \$ 5.08$

El costo obtenido demuestra una mala selección del equipo, ya que resultó mayor que los obtenidos para rodillos vibratorios.

En caso contrario puede encontrarse cuando con un rodillo vibratorio liso traten de compactarse materiales altamente cohesivos - para los cuales el compactador de impacto resultara más ventajoso.

EJEMPLO (2)

Material por compactar: Arena bien graduada

Volumen por compactar: 300 m³ compactados/hora

Compactación al 95%

Eficiencia 70%

A) Plancha Tandem

Ancho rodillos = 1.20

Velocidad máxima de desplazamiento: 2 km/h

Número de pasadas para obtener el 95% de compactación = 11

Espesor compacto de capa = 12 cm.

Costo horario = \$ 400.00/h

B) Rodillo Vibratorio Autopropulsado

Ancho rodillo = 1.50

Velocidad máxima de desplazamiento = 4 km/h

Número de pasadas para obtener el 95% de compactación = 4

Espesor compacto de capa = 25 cm

Costo horario = \$ 1,000.00/hora

PREGUNTAS

- 1.- ¿Cuántas planchas tandem son necesarias para compactar 300 m³ compactos por hora?
- 2.- ¿Cuántos rodillos vibratorios son necesarios para compactar 300 m³ compactos por hora?
- 3.- ¿Cuál equipo proporcionará una compactación más económica?

Se determinan primero las producciones horarias de los equipos.

A) Plancha Tandem

$$P = \frac{1.20 \times 2 \times 12 \times 10}{11} \times 0.70$$

$$P = 13.3 \text{ m}^3/\text{h (compactos)}$$

B) Rodillo Vibratorio

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 25 \times 10}{4} \times 0.70$$

$$P = 262 \text{ m}^3/\text{h (compactos)}$$

RESPUESTAS:

1.- Se necesitan tantas planchas como:

$$\frac{300}{18.3} = 16 + = 17 \text{ planchas}$$

Se pueden utilizar 16 unidades, pero con utilización óptima -- que frecuentemente resulta difícil de obtener.

Se necesitan usar 17 unidades, lo cual es totalmente impráctico.

2.- Los rodillos vibratorios necesarios son:

$$\frac{300 \text{ m}^3/\text{h}}{262 \text{ m}^3/\text{h}} = 1.14 + = 2 \text{ rodillos}$$

3.- Determinación del costo de compactación:

A) Planchas Tandem (6 - 8 Tons)

$$\text{Costo} = \frac{\text{Costo Horario}}{\text{Producción}}$$

$$\text{Costo} = \frac{\$ 400.00/\text{h}}{18.3} = \$ 21.85/\text{m}^3$$

Costo que es muy elevado ii

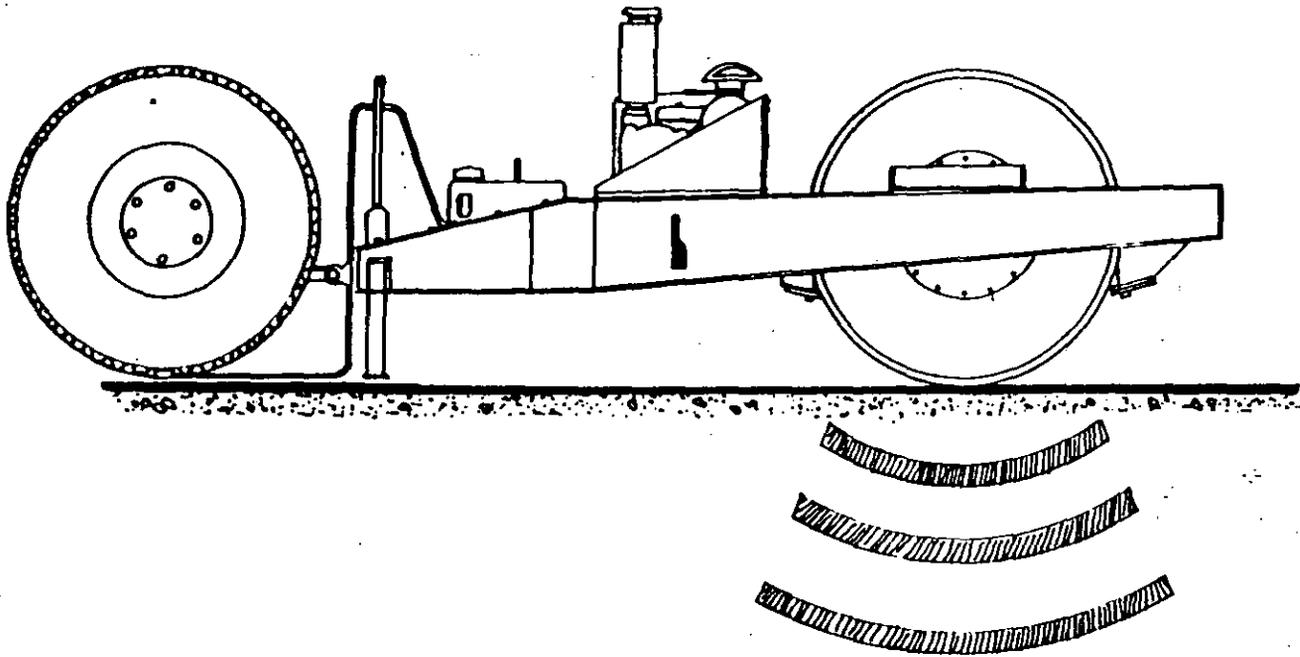
B) Rodillos Vibratorios

$$\text{Costo} = \frac{\$ 1,000.00/\text{h}}{262 \text{ m}^3/\text{h}} = \$ 3.82/\text{m}^3$$

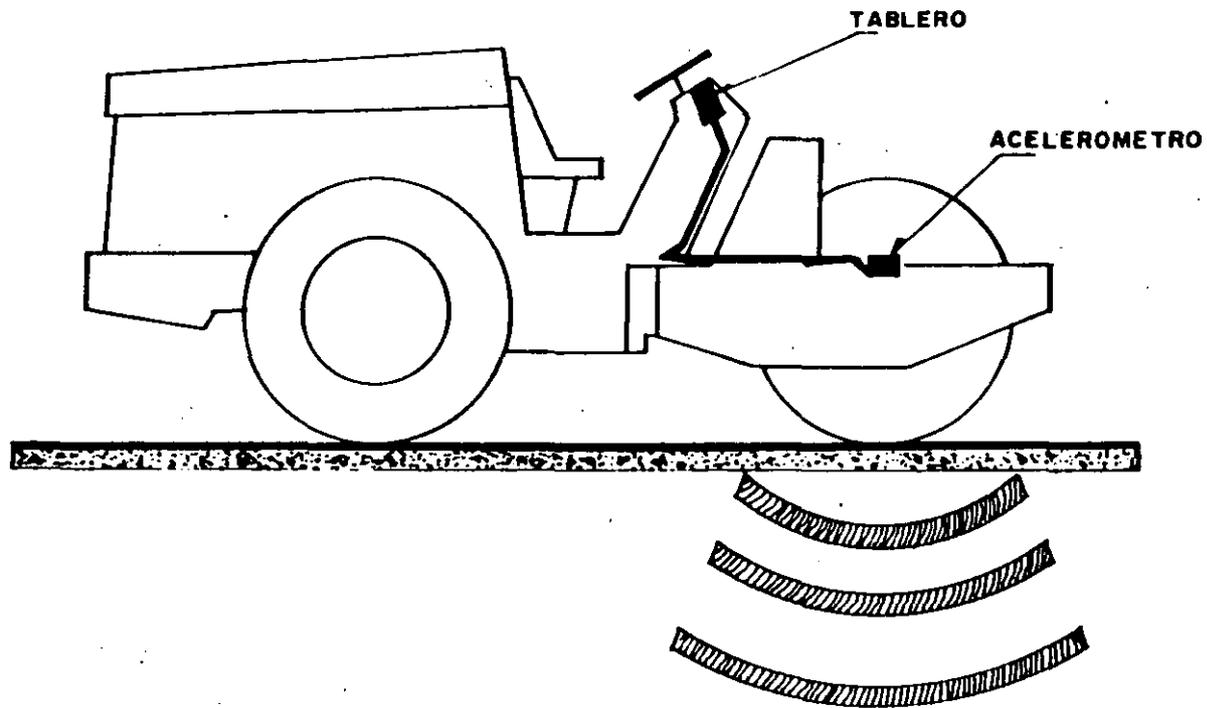
Que es un costo razonable.

IX. CONCLUSIONES

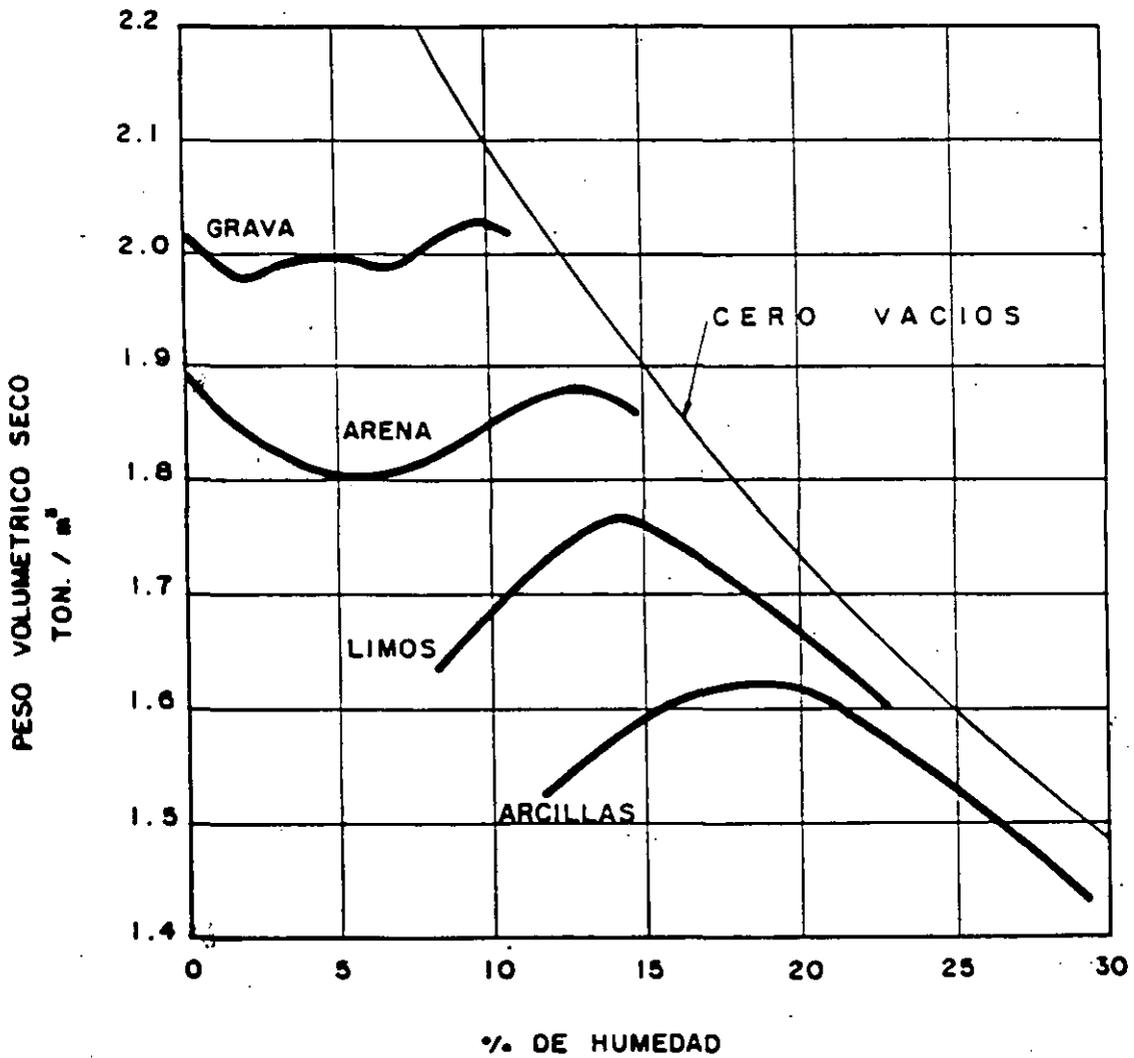
- 9.1. La forma de mejorar los elementos mecánicos en un suelo es la compactación.
- 9.2. Los efectos más importantes que produce una buena compactación en un suelo son: Resistencia mecánica, minimización de asentamientos y reducción de la permeabilidad.
- 9.3. El factor de mayor importancia para dar una compactación óptima en un suelo, es el contenido de humedad del material.
- 9.4. Los esfuerzos de compactación pueden transmitirse al suelo por la combinación de uno o más de los siguientes efectos: Presión estática, impacto, vibración y amasamiento.
- 9.5. El compactador que deba usarse dependerá básicamente del tipo de suelo que se quiera compactar (Fig. 29).
- 9.6. La selección de compactadores deberá hacerse con mucho cuidado y tratando de hacer intervenir las variables ya que de esto dependerá el éxito económico y funcional de la compactación.
- 9.7. De un buen control depende que la compactación se lleve a cabo correctamente.



RODILLO VIBRATORIO.



MEDIDA DE LA ACELERACION EN FUNCION DE LA ELASTICIDAD DEL SUELO .



CURVAS DE COMPACTACION PARA
DIFERENTES CLASES DE SUELO



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

**M O D U L O: I
MOVIMIENTO DE TIERRAS**

**SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION DESARROLLO
DE UN PROBLEMA**

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

EL GERENTE DE UNA EMPRESA PIDE AL SUPERINTENDENTE QUE ANALI
CE EL EQUIPO MÁS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE
TIERRAS.

SE TRATA DE MOVER 800,000 M³, DE UN BANCO DE PRESTAMO A UN-
TIRADERO.

LA EMPRESA CUENTA CON 6 MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y 2 CARGA-
DORES MICHIGAN DE 3½ YD³, LOS DOS TIPOS DE MAQUINAS EN PER-
FECTAS CONDICIONES.

EL GERENTE INDICA AL SUPERINTENDENTE QUE LA EMPRESA NO ESTA
EN POSIBILIDADES DE ADQUIRIR MAS ACTIVO FIJO.

LA LONGITUD DE ACARREO ES DE 370 METROS.

CÁLCULO DEL COSTO POR M³ DE ACARREO EN MOTOESCREPA TEREX TS-14

DATOS:

| | |
|-------------------------------------|---|
| MATERIAL | LIMO ARENOSO SECO |
| PESO VOLUMÉTRICO EN BANCO | 1,600 KG/M ³ |
| ALTITUD S.N.M. | 2,000 M |
| LONGITUD DE ACARREO | 370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE) |
| CALIDAD DEL CAMINO | REVESTIDO |
| COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO | 1.25 O SU RECÍPROCO 0.8 |
| CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA | 15 M ³ |
| PESO DE LA MÁQUINA VACÍA | 24.1 TON. |
| PESO DE LA MÁQUINA CARGADA | $24.1 + 1.6 \times 0.8 \times 15 = 43.3$ TON. |
| COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA * | \$ 218,330.75 |
| (VER LA SIGUIENTE HOJA) | |
| MOTOESCREPA DE TIRO Y EMPUJE | |

- * NOTA: EL COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA QUE SE ANEXA, ES DE UNA MAQUINARIA EQUIVALENTE (MODELO TS-14B), YA QUE LA -- QUE POSEE LA EMPRESA NO EXISTE ACTUALMENTE EN EL --- MERCADO, Y POR LO TANTO NO SE PUEDE COTIZAR.

| | | |
|---------------|--|---------------------------|
| CONSTRUCTORA: | Máquina: <u>Motoescrpa</u> | Hoja No. <u>-1/1</u> |
| | Modelo: <u>Terex TS-14B 14Yd³</u> | Calculo: <u>OEMJ</u> |
| OBRA: | Datos Adic. <u>Capac. colmada</u> | Revisó: <u>FFL</u> |
| | <u>15 m³</u> | Fecha: <u>Junio, 1989</u> |

DATOS GENERALES.

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Precio adquisición: | \$ <u>954'512,650</u> | Fecha colocación: | <u>Mayo, 1989</u> |
| Equipo adicional:- (-) Llantas | <u>45'467,100</u> | Vida económica (Ve): | <u>6</u> años |
| Valor inicial (Va): | \$ <u>909'045,550</u> | Horas por año (Ha): | <u>2,000</u> h/año |
| Valor rescate (Vr): | <u>20</u> % = \$ <u>181'809,110</u> | Motor: | <u>Diesel</u> de <u>288</u> HP. |
| Tasa interés (i): | <u>24</u> % | Factor operación: | <u>0.75</u> |
| Prima seguros (s): | <u>2</u> % | Potencia operación: | <u>216</u> HP.op. |
| | | Factor mantenimiento (Q): | <u>0.70</u> |

I.- CARGOS FIJOS.

| | |
|--|---|
| a) Depreciación: | $D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{909'045,550 - 181'809,110}{12,000} = 60,603.04$ |
| b) Inversión: | $I = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} = \frac{1,090'854,660}{2(2,000)} \cdot 0.24 = 65,451.27$ |
| c) Seguros: | $S = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} = \frac{1,090'854,660}{2(2,000)} \cdot 0.02 = 5,454.27$ |
| d) Mantenimiento: | $M = QD = 0.70 (60,603.04) = 42,422.13$ |
| SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ <u>173,930.91</u> | |

II - CONSUMOS.

| | |
|---|-----------------------|
| a) Combustible: E = e Pc | |
| Diesel: E = 0.154 x <u>216</u> HP. op. x \$ <u>425.65</u> /ll. | = \$ <u>13,919.78</u> |
| Gasolina: E = _____ x _____ HP. op. x \$ _____ /ll. | = _____ |
| b) Otras fuentes de energía: _____ | = _____ |
| c) Lubricantes: L = e Pc | |
| Capacidad cárter: C = <u>28.8</u> litros | |
| Cambios aceite: t = <u>100</u> horas | |
| e = C/t + 0.0035 x <u>216</u> HP. op. = <u>1.044</u> ll/hr. | |
| ∴ L = <u>1.044</u> ll/hr x \$ <u>2,877.60</u> ll. | = <u>3,004.21</u> |
| d) Llantas: $L_l = \frac{V_{ll} (\text{valor llantas})}{H_v (\text{vida económica})}$ | |
| Vida económica: H _v = <u>2,000</u> horas | |
| ∴ L _l = $\frac{\$ 45'467,100}{2,000 \text{ horas}}$ | = <u>22,733.55</u> |
| SUMA CONSUMOS POR HORA \$ <u>39,657.54</u> | |

III.- OPERACION.

| | |
|---|----------------------|
| Salarios: S | |
| operador: de 1: \$ <u>salario base</u> x F.S.R. | |
| Sal/turno-prom: \$ <u>23,711.50</u> | |
| Horas/turno-prom.: (H) | |
| H = 8 horas x <u>0.625</u> (factor rendimiento) = <u>5.0</u> horas | |
| Operación: O = $\frac{S}{H} = \frac{\$ 23,711.50}{5 \text{ horas}}$ | = \$ <u>4,742.30</u> |
| SUMA OPERACION POR HORA \$ <u>4,742.30</u> | |

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 218,330.75

S O L U C I O N

- A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO: 15 KG/POR CADA TONELADA DE MÁQUINA POR CADA 2.5 CM. DE PENETRACIÓN.

PENETRACIÓN EN CAMINO REVESTIDO: 5 CM.

$$15 \times \frac{5}{2.5} = 30 \text{ KG/TON M}$$

SUMANDO 20KG/TON M POR DEFORMACIÓN DE LLANTAS, FRICCIONES INTERNAS, ETC., TENDREMOS:

$$\text{RESISTENCIA AL RODAMIENTO} = 30 + 20 = 50 \text{ KG/TON M}$$

- B. RESISTENCIA POR PENDIENTE: 10 KG/TON M POR CADA 1% PARA EL TRAMO EN ESTUDIO:

$$4\% \times 10 = 40 \text{ KG/TON M}$$

- C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA = 50 - 40 = 10 KG/TON M
- D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO = 50 + 40 = 90 KG/TON M
- E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MÁQUINA:
- A) MÁQUINA CARGADA = 10 x 43.3 = 0.433 TON.
- B) MÁQUINA VACÍA = 90 x 24.1 = 2.169 TON.

F. CORRECCIÓN POR ALTITUD: $\frac{500 \text{ M} \times 1\% \text{ POR CADA } 100 \text{ M}}{100} = 5\%$

POR TANTO, HABRÁ QUE MULTIPLICAR LAS RESISTENCIAS TOTALES POR 1.05

A) MÁQUINA CARGADA = $0.433 \times 1.05 = 0.455 \text{ TON.}$

B) MÁQUINA VACÍA = $2.169 \times 1.05 = 2.278 \text{ TON.}$

CON ESTOS DATOS, SE ENTRA A LA GRÁFICA PROPORCIONADA POR EL FABRICANTE, LA CUAL SE ANEXA AL FINAL DEL PROBLEMA.

G. VELOCIDADES:

A) MÁQUINA CARGADA = 37 KM/H (6A. VELOCIDAD).

B) MÁQUINA VACÍA = 26 KM/H (5A. VELOCIDAD)

H. VELOCIDADES MEDIAS: 0.65 X VELOCIDAD

A) MÁQUINA CARGADA = 24 KM/H

B) MÁQUINA VACÍA = 17 KM/H

I. TIEMPOS:

A) MÁQUINA CARGADA = 0.9 MIN.

B) MÁQUINA VACÍA = 1.3 "

TIEMPO FIJO = 1.3 "

T O T A L = 3.5 MIN.

J. COSTO DEL METRO CÚBICO DE MATERIAL MOVIDO EN BANCO:

TIEMPO TOTAL = 3.5 MIN.

NÚMERO DE VIAJES POR HORA = $60/3.5 = 17.1$

CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA EN BANCO = $15 \times 0.8 = 12\text{M}^3$

PRODUCCIÓN = $17.1 \times 12 = 205.2 \text{ M}^3/\text{H}$

COSTO POR $\text{M}^3 = \frac{\text{COSTO HORARIO}}{\text{PRODUCCIÓN REAL}} = \frac{\$ 218,330.75}{205.2 \times 0.75} = \underline{\underline{\$ 1,418.65/\text{M}^3}}$

CÁLCULO DEL COSTO POR M³ DE ACARREO USANDO CARGADOR FRONTAL
MICHIGAN MODELO 85-111-A Y CAMIONES.

DATOS:

| | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| MATERIAL | LIMO ARENOSO SECO |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,600 KG/M ³ |
| ALTITUD S.N.M. | 2,000 M |
| LONGITUD DE ACARREO | 370 M |
| CAMIÓN ALQUILADO A | \$ 850/M ³ 1ER. KM ABUND. |
| COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO | 1.25 O SU RECÍPROCO 0.8 |
| CAPACIDAD DE CUCHARÓN | 3.5 YD ³ |
| COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA | \$ 102,452 |

(DESARROLLADO EN LA HOJA SIGUIENTE)

| | | |
|--|---|--|
| CONSTRUCTORA: _____ OBRA: _____ | Máquina: <u>Cargador s/neumático</u> Modelo: <u>85-III-A</u> Datos Adic: <u>Capac. 3.5 Yd³</u> | Hoja No. <u>1/1</u> Calculo: <u>OEMI</u> Revisó: <u>FFL</u> Fecha: <u>Junio, 1989</u> |
|--|---|--|

DATOS GENERALES.

| | |
|---|--|
| Precio adquisición: \$ <u>374'850.000</u> Equipo adicional: (-) Llantas <u>17'602,112</u> Valor inicial (Vo): \$ <u>357'247,888</u> Valor rescate (Vr): <u>20</u> % = \$ <u>71'449,577.60</u> Tasa interes (I): <u>24</u> % Prima seguros (S): <u>2</u> % | Fecha colocación: <u>Mayo, 1989</u> Vida económica (Ve): <u>5</u> años Horas por año (Ha): <u>2,000</u> hr/año Motor: <u>Diesel</u> de <u>221</u> HP. Factor operación: <u>0.75</u> Potencia operación: <u>165.75</u> HP.op. Factor mantenimiento (Q): <u>0.70</u> |
|---|--|

I.- CARGOS FIJOS.

| | | | | | |
|-------------------|----|--------------------------|-------------------------------------|--------|-------------|
| a) Depreciación: | D: | $\frac{V_o - V_r}{V_e}$ | = $\frac{285'798,310.40}{10,000}$ | x \$ | 28,579.83 |
| b) Inversión: | I: | $\frac{V_o + V_r}{2 Ha}$ | = $\frac{428'697,465.60}{2(2,000)}$ | x 0.24 | = 25,721.85 |
| c) Seguros: | S: | $\frac{V_o + V_r}{2 Ha}$ | = $\frac{428'697,465.60}{2(2,000)}$ | x 0.02 | = 2,143.49 |
| d) Mantenimiento: | M: | QD | = 0.70 (28,579.83) | x | = 20,005.88 |

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 76,451.05

II.- CONSUMOS.

| | | | | | |
|--|--|---|--|------|-------------------|
| a) Combustible: E = e Pe | | Diesel: E = 0.1514 x 165.75 HP.op. x \$ 425.65/lit. | | x \$ | 10,681.49 |
| | | Gasolina: E = _____ x _____ HP.op x \$ _____ /lit. | | x | |
| b) Otras fuentes de energía: | | | | x | |
| c) Lubricantes: L = e Pe | | Capacidad cárter: C = <u>26.5</u> litros | | | |
| | | Cambios aceite: r = <u>100</u> horas | | | |
| | | a: C/r + 0.0035 x 165.75 HP.op. = <u>0.8451</u> lit/hr. | | | |
| | | ∴ L = <u>0.8451</u> lit/hr x \$ 2,877.60/lit. | | x | = 2,431.93 |
| d) Llantas: LI = $\frac{V_{ll}}{H_v}$ (valor llantas) / (vida económica) | | Vida económica: H _v = <u>2,000</u> horas | | | |
| | | ∴ LI = $\frac{\$ 17'602,112}{2,000 \text{ horas}}$ | | x | = <u>8,801.06</u> |

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 21,914.48

III.- OPERACION.

| | | | | | |
|------------------------------|----|--|--|---|----------------------|
| Salarios: S | | operador: de la. \$ <u>Salario base</u> x F.S.R. | | | |
| | | | | | |
| Sal/lurno-prom: | \$ | <u>22,884.25</u> | | | |
| Horas/lurno-prom.: (H) | | M: B horas = <u>0.70</u> (factor rendimiento) = <u>5.6</u> horas | | | |
| Operación: O = $\frac{S}{H}$ | \$ | $\frac{22,884.25}{5.6 \text{ horas}}$ | | x | = \$ <u>4,086.47</u> |

SUMA OPERACION POR HORA \$ 4,086.47

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 102,452.00

S O L U C I O N

CAPACIDAD DEL CUCHARÓN = $3.5 \times 0.76 = 2.7 \text{ M}^3$
FACTOR DE CARGA = 1.0
VOLUMEN EN BANCO POR CICLO = $2.7 \text{ M}^3 \times 0.8 = 2.1 \text{ M}^3/\text{CICLO}$
TIEMPO DEL CICLO (CICLO BÁSICO
35.0 SEG.) = 0.58 MIN.

$$35 \text{ SEG.} / 60 \text{ SEG.} = 0.58 \text{ MIN.}$$

$$\text{CICLOS/HORA} = \frac{60 \text{ MIN/HORA}}{0.58 \text{ MIN/CICLO}} = 103 \text{ CICLOS/HORA}$$

$$\text{PRODUCCIÓN} = 2.1 \text{ M}^3/\text{CICLO} \times 103 \text{ CICLOS/HORA} = 216 \text{ M}^3/\text{HORA} = \\ = 216 \text{ M}^3/\text{H}$$

COSTO DE CARGA:

$$\frac{\$ 102,452}{216 \times 0.75} = \$ 632.42/\text{M}^3$$

COSTO DE ACARREO:

$$\frac{\$ 850/\text{M}^3 \text{ 1ER. KM}}{0.8} = 1.062.50/\text{M}^3$$

COSTO TOTAL:

$$\begin{array}{rcl} \text{CARGA} & = & \$ 632.42 \\ \text{ACARREO} & = & \underline{\$ 1,062.50} \\ \text{TOTAL} & = & \$ 1,694.92/\text{M}^3 \end{array}$$

QUINCE DÍAS DESPUÉS, EL SUPERINTENDENTE LLEGA CON EL GERENTE A PLANTEARLE LA SOLUCIÓN Y SE ENCUENTRA CON QUE EL GERENTE LE ENVÍA LOS CARGADORES, A PESAR DE LA DEMOSTRACIÓN DE LA BONDAD DE USO DE LAS MOTOESCREPAS Y EL FUERTE AHORRO EN DINERO. A INSISTENCIA DEL SUPERINTENDENTE, EL GERENTE CONFIESA QUE SE COMPROMETIÓ A RENTAR LAS MOTOESCREPAS, QUE LE SIGNIFICAN UNA GANANCIA INTERESANTE PUES OBTENDRÁN \$ 2'000,000 MENSUALES NETOS POR CADA MOTOESCREPA.

EL SUPERINTENDENTE QUE CREE EN LA TOMA DE DECISIONES CUANTITATIVA OBTIENE DEL GERENTE LOS SIGUIENTES DATOS:

GANANCIA NETA DE MOESCREPA/MES = \$ 2'000,000

TIEMPO DE EJECUCIÓN: 2 CARGS. X 6 HRS. X 2 TURNOS X 25 DÍAS X --
216M³/HR X 0.75 = 97,200 M³/MES

$$\frac{800,000}{97,200} = 8.2 \text{ MESES}$$

GANANCIA TOTAL = 8.2 x 6 x 2'000,000 = \$ 98'760,000.00

$$\text{GANANCIA/M}^3 = \frac{\$ 98'760,000}{800,000} = \$ 123.45$$

TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LA UTILIDAD DE LA RENTA Y RESTANDO AL COSTO DEL CARGADOR + CAMIONES \$ 123.45/M³ TENDREMOS COMO COSTO NETO: \$ 1,694.92 - \$ 123.45 = \$ 1,571.47/M³

LAS ALTERNATIVAS SERÍAN ASÍ:

| | \$/M3 |
|---|----------|
| A) MOTOESCREPAS | 1,418.65 |
| B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS | 1,694.92 |
| C) IGUAL A: "B", PERO RENTANDO MOTOESCREPAS PROPIAS | 1,571.47 |

EL SUPERINTENDENTE VA CON EL GERENTE A DEMOSTRARLE QUE SU DECISION ES MALA. SIN EMBARGO, EL GERENTE LE DICE QUE DESCONFÍA DE SU CÁLCULO DE DURACIÓN DE LA OBRA, PUES NO HA CONSIDERADO - TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA.

EL SUPERINTENDENTE ANALIZA CON DIFERENTES FACTORES SU TIEMPO - DE EJECUCIÓN.

TIEMPOS DE EJECUCION PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA DE LA ALTERNATIVA (C)

| NO. DE HORAS TRABAJADAS | F A C T O R EFICIENCIA | COSTO REAL | TIEMPO DE EJECUCION (M E S E S) |
|-------------------------|------------------------|------------|-----------------------------------|
| 300 | 0.75 | 1,571.47 | 8.23 |
| * 250 | 0.75 | 1,546.87 | 9.87 |
| 200 | 0.75 | 1,509.82 | 12.34 |
| 150 | 0.75 | 1,448.02 | 16.46 |
| 140 | 0.75 | 1,430.32 | 17.64 |

* CONSIDERANDO 50 HORAS DE TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA, EL TIEMPO DE -- EJECUCIÓN SE CALCULA COMO SIGUE:

$$\text{PRODUCCIÓN} = 2 \times 250 \times 162 = 81,000 \text{ M}^3/\text{MES}$$

$$\text{TIEMPO DE EJECUCIÓN} = \frac{800,000 \text{ M}^3}{81,000 \text{ M}^3/\text{MES}} = 9.87 \text{ MESES}$$

GANANCIA POR RENTA DE MOTOESCREPAS:

$$9.87 \times 6 \times 2'000,000 = \$118'440,000.00$$

$$\text{GANANCIA} = \frac{118'440,000.00}{800,000} = \$148.05$$

COSTO NETO:

$$\$ 1,694.92 - \$ 148.05 = \$ 1,546.87/\text{M}^3$$

ESTO ES UN EJEMPLO DE ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

PARA QUE CONVenga EL ALQUILER NECESITA TARDARSE 18.7 MESES O -
SEA 10.47 MESES O EL 127.2% MÁS DEL TIEMPO PLANEADO.

EL GERENTE DUDA PERO CASI CON SEGURIDAD SE INCLINARÁ POR SU DE
CISIÓN ORIGINAL.

POR OTRO LADO, AL SUPERINTENDENTE SE LE OCURRE QUE YA QUE ESTÁ
OBLIGADO A OCUPAR CAMIONES, ¿QUÉ SUCEDE SI COMPRA LA EMPRESA -
CAMIONES?

Y HACE EL SIGUIENTE ANÁLISIS:

CALCULO CON CAMIONES DE LA EMPRESA

DATOS:

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| MATERIAL | LIMO ARENOSO |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,600 KG/M ³ |
| ALTITUD S.N.M. | 2,000 M |
| LONGITUD DE ACARREO | 370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE) |
| CALIDAD DEL CAMINO | REVESTIDO |
| COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO | 1.25 O SU RECÍPROCO 0.8 |
| CAPACIDAD DEL CAMIÓN | 6 M ³ |
| COSTO DIRECTO HORA-CAMIÓN | \$ 42,433.66 |
| VELOCIDAD PROMEDIO DE IDA | 15 KM/H |
| VELOCIDAD PROMEDIO DE REGRESO | 20 KM/H |

TIEMPO DEL CICLO:

$$\text{DE IDA} \quad T = \frac{370 \times 60}{15,000} = 1.5 \text{ MIN.}$$

$$\text{DE REGRESO:} \quad T = \frac{370 \times 60}{20,000} = 1.1 \text{ MIN.}$$

$$\text{T O T A L} \quad = 2.6 \text{ MIN.}$$

| | | |
|---------------|----------------------------------|---------------------------|
| CONSTRUCTORA: | Máquina: <u>Camion de volteo</u> | Hoja No. <u>1/1</u> |
| | Modelo: <u>F-600</u> | Calculo: <u>OEMI</u> |
| OBRA: | Datos Adic: | Revisó: <u>FFL</u> |
| | | Fecha: <u>Junio, 1989</u> |

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 88'487,890 Fecha cotización: Mayo, 1989
 Equipo adicional: 2'482,116 Vida económica (Ve): 5 años
 (-) Llantas 2'482,116 Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
 Motor: Gasolina de HP.
 Valor inicial (Va): \$ 86'005,774 Factor operación:
 Valor rescate (Vr): 20 % = \$ 17'201,154.80 Potencia operación: 150 HP.op.
 Tasa interés (i): 24 %
 Prima seguros (s): 2 % Factor mantenimiento (Q): 0.80

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{68'804,619.20}{10,000} = \$ 6,880.46$
 b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{103'206,928.80}{2(2,000)} \cdot 0.24 = 6,192.41$
 c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{103'206,928.80}{2(2,000)} \cdot 0.02 = 516.03$
 d) Mantenimiento: $M = QD = 0.80 (6,880.46) = 5,504.37$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 19,093.27

II.- CONSUMOS.

a) Combustibles: $E = e \cdot Pc$
 Diesel: $E = \quad \times \quad$ HP. op. \times \$ /ll. = \$
 Gasolina: $E = 0.2271 \times 150$ HP. op \times \$ 480 /ll. = 16,351.20
 b) Otros fuentes de energía:
 c) Lubricantes: $L = e \cdot Pc$
 Capacidad cárter: $C = 6.6$ litros
 Cambios aceite: $\tau = 100$ horas
 $e = C/\tau + 0.0035 = 150$ HP. op. = 0.591 ll/hr.
 $\therefore L = 0.591$ ll/hr \times \$ 2,877.60 /ll. = 1,700.66
 d) Llantas: $LI = \frac{Vll}{Hv} (\text{valor llantas})$
 Vida económica: $Hv = 2,000$ horas
 $\therefore LI = \frac{\$ 2'482,116}{2,000 \text{ horas}} = \underline{1,241.06}$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 19,292.92

III.- OPERACION.

Salarios: S
 operador: de \$
 camión de la: Salario base x F.S.R.
 Sal/turno-prom: \$ 22,665.81
 Horas/turno-prom.: (H)
 $M = 8$ horas \times 0.7 (factor rendimiento) = 5.6 horas
 Operación: $O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 22,665.81}{5.6 \text{ horas}} = \underline{\$ 4,047.47}$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 4,047.47

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 42,433.66

TIEMPO DEL CICLO DEL CARGADOR: $\frac{35 \text{ SEG.}}{60 \text{ SEG.}} = 0.58 \text{ MIN.}$

PARA CARGAR UN CAMIÓN DE 6 M³ SON NECESARIOS 3 CICLOS DE OPERACIÓN DEL CARGADOR: ES DECIR, SON NECESARIOS:

0.58 MIN. x 3 = 1.74 MIN. PARA CARGAR 6.0 M³.

TIEMPO DE DESCARGA = 30 SEG. = 0.5 MIN.

TIEMPO TOTAL DEL CICLO DEL CAMIÓN = 2.6 + 1.74 + 0.5 = 4.84 MIN.

NÚMERO DE VIAJES POR HORA = $\frac{60 \times 0.75}{4.84} = \frac{45}{4.84} = 9.3 \text{ VIAJES}$

VOLUMEN POR HORA = 9.3 x 6.0 = 55.8 M³

COSTO POR M³ = $\frac{\$ 42,433.66}{55.8 \times 0.8} = \$ 950.57/\text{M}^3$

CÁLCULO PARA OBTENER EL NÚMERO DE CAMIONES:

PRODUCCIÓN DEL CARGADOR 216 x 0.75 = 162 M³

No. DE CAMIONES = $\frac{162}{55.8 \times 0.8} = \frac{162}{44.64} = 3.62 \text{ — — } \rightarrow 4 \text{ CAMIONES}$

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES:

$$4/3.62 = 1.10$$

$$\text{COSTO DE ACARREO: } \$ 950.57 \times 1.10 = \$ 1,045.63$$

$$\text{COSTO DE CARGA POR M}^3 = \frac{\$ 102,452}{162} = \$ 632.42$$

$$\text{ACARREO} = \$ 1,045.63$$

+

$$\text{CARGA} = \underline{\$ 632.42}$$

$$\text{TOTAL} = \$ 1,678.05/\text{M}^3$$

HACIENDO EL ANÁLISIS CON 3 CAMIONES, PARA COMPARAR EL COSTO EN EL CASO DE LA ESPERA DEL CARGADOR.

$$\text{PRODUCCIÓN DEL CARGADOR} = 44.64\text{M}^3/\text{HR} \times 3 \text{ CAMIONES} = 133.92 \text{ M}^3/\text{HR}$$

$$\text{COSTO DE CARGA} = \frac{\$ 102,452}{133.92} = \$ 765.02/\text{M}^3$$

$$\text{ACARREO} = \$ 950.57$$

$$\text{CARGA} = \underline{\$ 765.02}$$

$$\text{TOTAL} = \$ 1,715.59/\text{M}^3$$

COMO EL COSTO TOTAL AL UTILIZAR 4 CAMIONES ES MENOR QUE CUANDO SE UTILIZAN 3, ENTONCES UTILIZAREMOS 4

LE RESULTAN ASI LAS SIGUIENTES ALTERNATIVAS:

| | \$/M3 |
|--------------------------------------|----------|
| A) MOTOESCREPAS | 1,418.65 |
| B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS | 1,694.92 |
| C) IGUAL A: B) RENTANDO MOTOESCREPAS | 1,571.47 |
| D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS | 1,678.05 |
| E) IGUAL A: D) RENTANDO MOTOESCREPAS | 1,554.60 |

EL SUPERINTENDENTE LLEVA ESTOS DATOS AL GERENTE, QUIEN LE RESPONDE QUE NO PUEDE COMPRAR LOS CAMIONES, PORQUE LE PARECE QUE NO VA A PODER USARLOS DESPUES. EL SUPERINTENDENTE QUE TRATA DE USAR SUS CONOCIMIENTOS EN ESTADÍSTICA, ANALIZA LOS DATOS - DE CAMIONES QUE USO LA EMPRESA Y SE ENCUENTRA CON QUE EL TOTAL DE CAMIONES SE HA USADO EN LA SIGUIENTE FORMA:

| NO. CAMIONES | VENDIDOS AL FINAL DEL AÑO | PROBABILIDAD |
|--------------|---------------------------|--------------|
| 20 | 1 | 0.26 |
| 27 | 2 | 0.34 |
| 16 | 3 | 0.20 |
| 8 | 4 | 0.10 |
| 8 | 5 | 0.10 |
| 79 | | 1.00 |

ENCUENTRA TAMBIÉN QUE SE HAN VENDIDO EN LA FORMA SIGUIENTE:

| AÑO DE VENTA | % VALOR DE ADQUISICION |
|--------------|------------------------|
| 1 | 50 |
| 2 | 35 |
| 3 | 25 |
| 4 | 20 |
| 5 | 10 |

CON ESTO ENCUENTRA LOS VALORES DE DEPRECIACIÓN REAL POR HORA - DEL CAMIÓN.

| SI SE VENDE AL FINAL DEL AÑO | VALOR DEPRECIADO | No. HORAS | DEPRECIACION POR HORA |
|------------------------------|------------------|-----------|-----------------------|
| 1 | \$ 43'002,887 | 2000 | \$ 21,501.44 |
| * 2 | \$ 55'903,753 | 4000 | \$ 13,975.94 |
| 3 | \$ 64'504,330 | 6000 | \$ 10,750.72 |
| 4 | \$ 68'804,619 | 8000 | \$ 8,600.58 |
| 5 | \$ 77'405,196 | 10000 | \$ 7,740.52 |

$$*\$86'005,774 \times 0.65 = \$ 55'903,753$$

VALOR ESPERADO DEL COSTO DE HORA-MÁQUINA

| AÑO | COSTO/HORA | COSTO ACARREO | PROBABILIDAD | |
|----------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| 1 | \$57,054.64 | \$ 1,278.10 | .26 | \$ 332.31 |
| * 2 | \$49,529.14 | \$ 1,109.52 | .34 | \$ 377.24 |
| 3 | \$46,303.92 | \$ 1,037.27 | .20 | \$ 207.45 |
| 4 | \$44,153.78 | \$ 989.11 | .10 | \$ 98.91 |
| 5 | \$43,293.72 | \$ 969.84 | .10 | \$ 96.88 |
| VALOR ESPERADO | | | | \$ 1,112.89 |

* COSTO HORARIO - DEPRECIACIÓN TEÓRICA + DEPRECIACIÓN REAL

$$42,433.66 - 6,880.46 + 13,975.94 = \$ 49,529.14$$

$$\text{COSTO ACARREO} = \$ 49,529.14 / 55.8 (0.8) = \$ 1,109.52$$

$$\text{COSTO ESPERADO DEL ACARREO} = \$ 1,112.89$$

COSTO DE LA CARGA (CARGA -

OCIOSA)

$$=+ \underline{765.02} \text{ (VER PÁGINA 17)}$$

$$\$ 1,877.91$$

- UT. MOTOESCREPAS

$$- 123.45 \text{ (VER PÁGINA 10)}$$

$$\underline{\underline{\$ 1,754.46/M3}}$$

EL COSTO POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, SERÍA:

$$\$ 1,112.89 \times 1.10 = \$ 1,224.18$$

$$\text{COSTO DE LA CARGA POR M}^3 = \$ \frac{102,452}{162} = \$ 632.42$$

$$\text{ACARREO} = \$ 1,224.18$$

$$\text{CARGA} = \underline{632.42}$$

$$\text{TOTAL} = \$ 1,856.60/\text{M}^3$$

⇒ ESTO ES MÁS BARATO QUE MANTENER
ESPERANDO AL CARGADOR POR FALTA
DE CAMIONES.

LAS ALTERNATIVAS SON:

| | \$/M ³ |
|--|-------------------|
| A) MOTOESCREPAS | 1,418.65 |
| B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS | 1,694.92 |
| C) IGUAL A: B) RENTANDO MOTOESCREPAS | 1,571.47 |
| *D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS DE USO) | 1,678.05 |
| *E) IGUAL A: D) RENTANDO MOTOESCREPAS | 1,554.60 |
| F) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADÍSTICO) | 1,856.60 |
| G) IGUAL A: F) RENTANDO MOTOESCREPAS | 1,733.15 |
| * CONDICIONADOS | |

EN ESTE CASO PARTICULAR, NO ES ACEPTABLE LA COMPRA DE CAMIONES-
PROPIOS (DE ACUERDO AL ANÁLISIS HECHO POR USO ESTADÍSTICO DE --
CAMIONES DE LA EMPRESA), YA QUE EL COSTO ESPERADO DE CAMIONES -
DE LA EMPRESA HA DADO UN VALOR MÁS ALTO QUE CON CAMIONES -----
ALQUILADOS.

EL SUPERINTENDENTE SIGUE CON LA PLANEACIÓN DE SU TRABAJO Y ----
PIENSA SI NO PODRÍA PAVIMENTAR EL CAMINO Y ASÍ PODER INCREMENTAR-
LA VELOCIDAD Y DISMINUIR LA INVERSIÓN EN LA COMPRA DE 8 CAMIONES.

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO PAVIMENTADO (5 AÑOS DE USO)

VELOCIDAD DE IDA = 20 KM/H

VELOCIDAD DE REGRESO = 35 KM/H

$$\text{DE IDA: } T = \frac{370 \times 60}{20,000} = 1.11 \text{ MIN.}$$

$$\text{DE REGRESO: } T = \frac{370 \times 60}{35,000} = 0.63 \text{ MIN}$$

TOTAL = 1.74 MIN.

TIEMPO TOTAL DEL CICLO = 1.74 + 1.74 + 0.5 = 3.98 MIN.

$$\text{NÚMERO DE VIAJES POR HORA: } \frac{45}{3.98} = 11.30$$

VOLUMEN POR HORA 11.30 x 6 = 67.80

$$\text{COSTO POR M}^3 = \frac{\$42,433.66}{67.80 \times 0.8} = \$ 782.33$$

$$\text{NÚMERO DE CAMIONES} = \frac{\text{PRODUCCIÓN DEL CARGADOR}}{\text{VOL. POR HORA X COEF. DE ABUNDAMIENTO}}$$

$$\frac{162 \text{ M}^3}{54.24} = 2.98 = 3 \text{ CAMIONES}$$

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES:

$$\frac{3}{2.98} = 1.006$$

COSTO DEL ACARREO = \$782.33 x 1.006 = \$ 787.02

COSTO DE LA CARGA = \$ $\frac{102,452}{162}$ = \$ 632.42

ACARREO = \$ 787.02

CARGA = \$ 632.42

T O T A L = \$1,419.44/M3

HACIENDO EL ANÁLISIS CON 2 CAMIONES, PARA COMPARAR EL COSTO EN EL CASO DE LA ESPERA DEL CARGADOR.

PRODUCCIÓN DEL CARGADOR = 44.64 x 2 CAMIONES = 89.28

COSTO DE LA CARGA = \$ $\frac{102,452}{89.28}$ = \$ 1,147.54

ACARREO = \$ 782.33

CARGA = \$ 1,147.54

TOTAL = \$1,929.87/M3

COMO EL COSTO AL UTILIZAR 3 CAMIONES ES MENOR QUE CUANDO SE UTILIZAN 2, ENTONCES UTILIZAREMOS 3.

RENTANDO MOTOESCREPAS

ACARREO + CARGA = \$ 1,419.44 (VER PÁG. 25)
 - UT. MOTOESCREPA 123.45 (VER PÁG. 10)
 TOTAL = \$ 1,295.99/M³

AL COTIZAR EL PAVIMENTO ENCUENTRA QUE UNA EMPRESA QUE SE DEDI-
 CA A ESTE TIPO DE TRABAJO LE PLANTEA UN PRESUPUESTO DE -----
 \$ 81'000,000.00

EL COSTO POR M³ ES DE :

$$\frac{81'000,000}{800,000} = \$ 101.25/M^3$$

EL COSTO TOTAL ES :

$$\begin{array}{r} \$ 1,295.99 \\ + \$ 101.25 \\ \hline \$ 1,397.24/M^3 \end{array}$$

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO PAVIMENTADO (USO ESTADÍSTICO)

VALOR ESPERADO DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO (USO ESTADÍSTICO)

$$\begin{aligned} & \$ 57,054.64 (0.26) + \$ 49,529.14 (.34) + \\ & + \$ 46,303.92 (0.20) + \$ 44,153.78 (0.1) + \\ & + \$ 43,293.72 (0.1) = \$ 49,679.65 \end{aligned}$$

COSTO M³ PARA USO ESTADÍSTICO:

$$= \frac{\$ 49,679.65}{67.80 \times 0.8} = \$ 915.92$$

$$= \$ 915.92/\text{M}^3$$

Y AFECTANDO POR EL VALOR DE COSTO POR ESPERA DE CAMIONES

$$\$ 915.92 \times 1.006 = \$ 921.42$$

COSTO DEL ACARREO MÁS CARGA

| | | |
|--------------------|---|------------------------------|
| ACARREO | = | \$ 921.42 |
| CARGA | = | <u>632.42 *</u> |
| | | \$ 1,553.84 |
| - UT. MOTOESCREPAS | - | <u>\$ 123.45</u> |
| | | \$ 1,430.39/M3 |
| + COSTO DEL CAMINO | | <u>\$ 101.25</u> |
| COSTO TOTAL | | <u><u>\$ 1,531.64/M3</u></u> |

SI TRABAJA OCIOSO EL CARGADOR:

| | | |
|-----------|---|----------------------|
| ACARREO | = | \$ 915.92 |
| CARGA | = | <u>\$ 1,147.54 *</u> |
| T O T A L | = | \$ 2,063.46 |

COMO EL COSTO AL UTILIZAR 3 CAMIONES ES MENOR QUE AL UTILIZAR 2 CAMIONES, SE UTILIZARAN 3 CAMIONES.

* VER PÁGINA 25

LAS ALTERNATIVAS SON:

| | \$/M ³ |
|--|-------------------|
| A) MOTOESCREPAS | 1,418.65 |
| B) CARGADOR Y CAMIÓN ALQUILADO | 1,694.92 |
| C) IGUAL A: B) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS | 1,571.47 |
| D) CARGADOS Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS DE USO) | 1,678.05 |
| E) IGUAL A: D) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS | 1,554.60 |
| F) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADÍSTICO) | 1,856.60 |
| G) IGUAL A: F) RENTANDO MOTOESCREPAS | 1,733.15 |
| H) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS DE USO,) PAVIMENTADO EL CAMINO Y RENTANDO MOTOES-- CREPAS | 1,397.24 |
| I) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADÍS- TICO) RENTANDO MOTOESCREPAS Y PAVIMENTADO EL CAMINO | 1,531.64 |

EL SUPERINTENDENTE MUESTRA SUS ALTERNATIVAS AL GERENTE, DICIENDOLE QUE ES CLARO QUE LE CONVIENE PAVIMENTAR EL CAMINO.

EL GERENTE LE DICE QUE SI BIEN LOS DATOS DEMUESTRAN LA BONDAD DE LA PAVIMENTACION, EL NO ESTA DE ACUERDO EN INVERTIR, AL INICIAR LA OBRA, \$ 81'000,000.00 QUE NO RECUPERARA SINO HASTA LA ----- TERMINACION DEL TRABAJO, PUES ASI REZA EN EL CONTRATO.

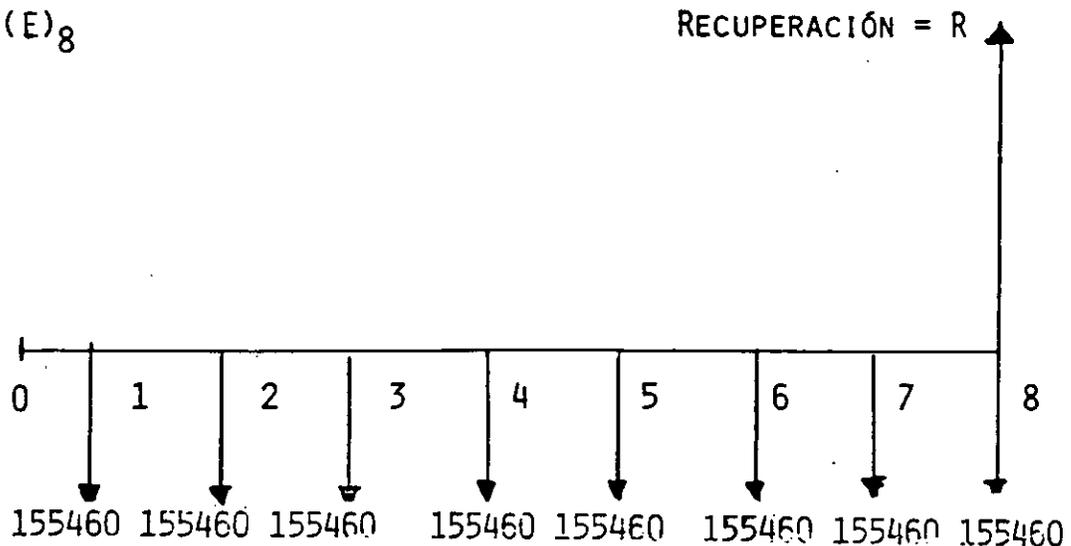
EL SUPERINTENDENTE CONSIDERA QUE SI HAY DIFERENCIA EN LOS ----- SISTEMAS DE EGRESO, POR LO QUE DECIDE REALIZAR UN ESTUDIO DE ---- VALOR ACTUALIZADO.

HACE UNA COMPARACION ENTRE LAS ALTERNATIVAS (E) Y (H) HACIENDO USO DEL METODO DE VALOR ACTUALIZADO.

COMO LA RECUPERACIÓN ES AL FINAL Y ES LA MISMA EN EL TIEMPO Y EN SU VALOR, NO LA CONSIDERA PARA FINES DE COMPARACION.

SUPONE QUE LA OBRA DURARA 8 MESES Y QUE LOS EGRESOS POR COSTO DIRECTO SERAN LINEALES; LE RESULTAN ASI LAS SIGUIENTES GRÁFICAS DE INGRESOS-EGRESOS:

CASO (E)₈

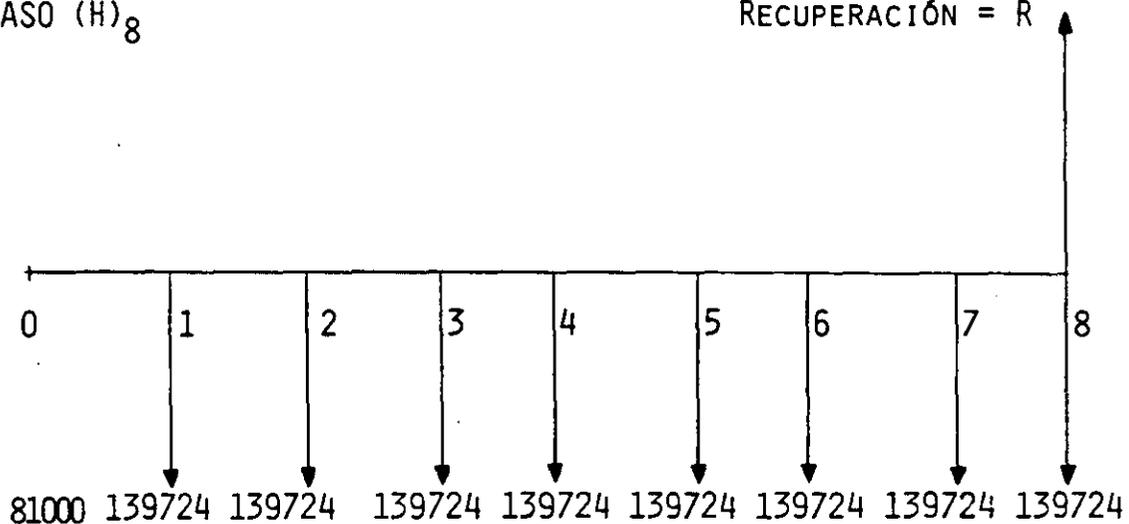


EN MILES DE PESOS

$$\text{COSTO/MES} = \frac{1.554.60 \times 800,000}{8} = \$ 155'460,000.00$$

CASO (H)₈

RECUPERACIÓN = R



$$\text{COSTO/MES} = \frac{1,397.24 \times 800,000}{8} = \$ 139'724,000.00$$

EL SUPERINTENDENTE SUPONE UNA TASA DE INTERÉS MÍNIMA ACEPTABLE DE 3% MENSUAL. USANDO LA FÓRMULA (A) SE OBTIENEN LOS SIGUIENTES VALORES ACTUALIZADOS:

CASO (E)₈ INTERES 3%

VALOR PRESENTE DE UNA SERIE UNIFORME DE FLUJO EFECTIVO.

$$\$155'460,000 \times 7.0196 = \$1,091'267,000$$

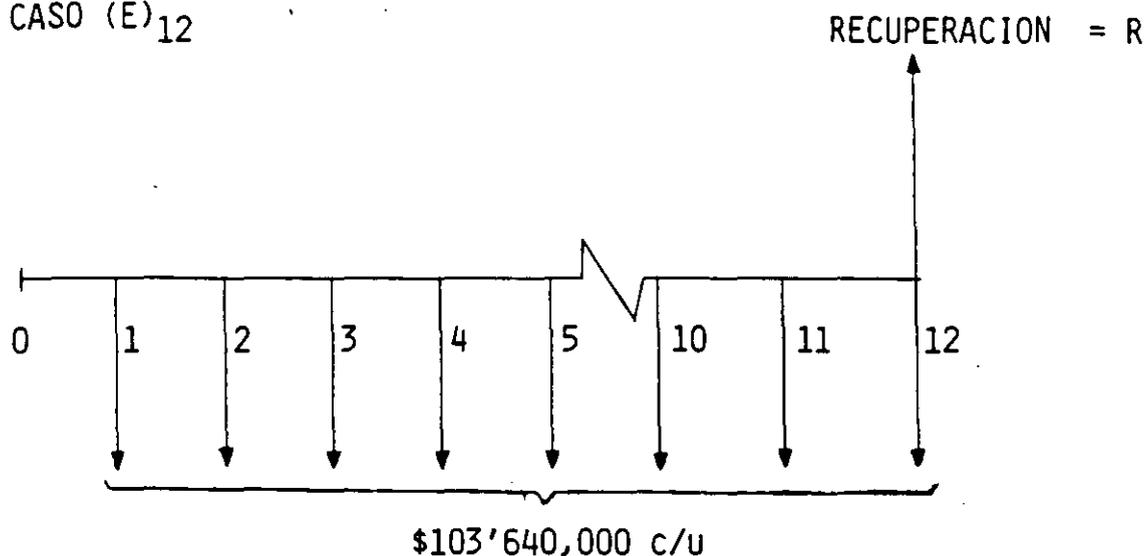
$$P = A \frac{(1+i)^N - 1}{i (1+i)^N} \quad (A)$$

CASO (H)₈ INTERÉS 3%

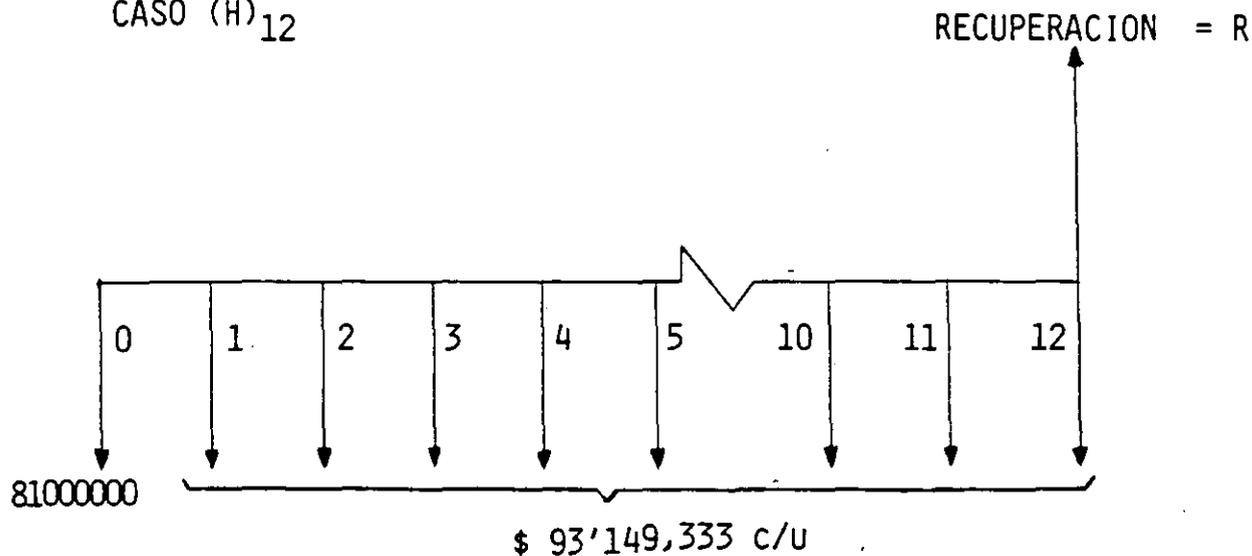
$$81'000,000 + (139'724,000 \times 7.0196) = \$1,061'806,500$$

LE CONVIENE SELECCIONAR LA ALTERNATIVA DE COSTO ACTUALIZADO MÍNIMO, QUE ES LA (H)

EL GERENTE LE RECUERDA QUE ÉL PIENSA QUE SE VA A TARDAR 12 MESES EN EL TRABAJO. EL SUPERINTENDENTE SUPONE LOS 12 MESES Y OBTIENE LO SIGUIENTE:

CASO (E)₁₂

$$\text{COSTO/MES} = \frac{\$ 1,554.60 \times 800,000}{12} = \$ 103'640,000$$

CASO (H)₁₂

$$\text{COSTO/MES} = \frac{\$ 1,397.24 \times 800,000}{12} = \$ 93'149,333$$

SUPONIENDO EL MISMO INTERES Y COMO EN EL CASO ANTERIOR QUE GASTOS Y RECUPERACIONES SE VERIFICAN AL FIN DE MES, Y USANDO LA FORMULA (A) DE VALOR PRESENTE-DE UNA SERIE UNIFORME DE FLUJO DE EFECTIVO OBTENDREMOS:

CASO (E)₁₂ 3% MENSUAL

$$\$ 103'640,000 \times 9.9540 = \$ 1,031'632,500$$

CASO (H)₁₂ 3% MENSUAL

$$81'000,000 + (93'149,333 \times 9.9540) = \$ 1,008'208.460$$

LE SIGUE CONVINIENDO SELECCIONAR LA ALTERNATIVA (H)

EL GERENTE LE PIDE QUE EN VISTA DE QUE LAS CONDICIONES DE LA-----
EMPRESA NO SON MUY BUENAS, LE ANALICE QUE SUCEDERIA SI SE OBLIGA
A PAGAR 5% DE INTERES MENSUAL.

EN EL CURSO DE DURACION 8 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES AC-
TUALIZADOS:

CASO (E)₈ INTERES 5% MENSUAL

$$\$ 155'460,000 \times 6.4632 = \$ 1,004'769,000$$

CASO (H)₈ INTERES 5% MENSUAL

$$81'000,000 + (139'724,000 \times 6.4632) = \$ 984'064,150$$

EN EL CASO DE DURACION 12 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES:

CASO (E)₁₂ INTERES 5% MENSUAL

$$103'640,000 \times 8.8632 = \$ 918'582,040$$

CASO (H)₁₂ INTERES 5% MENSUAL

$$81'000,000 + (93'149,333 \times 8.8632) = \$ 906'601,160$$

CON TODOS ESTOS DATOS EL SUPERINTENDENTE HACE LA SIGUIENTE TABLA:

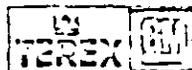
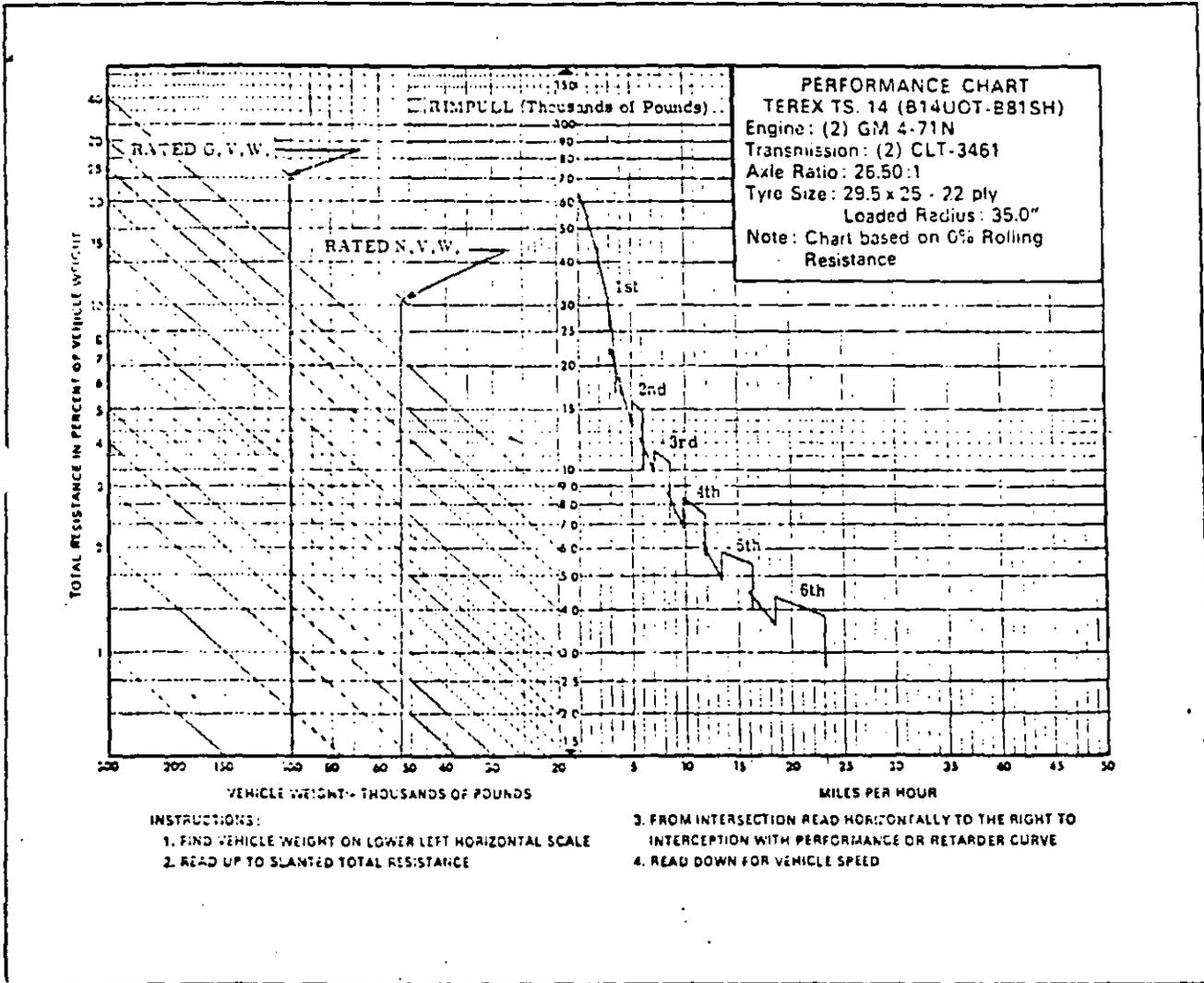
COSTO ACTUALIZADO

| | CASO E | CASO H | E - H |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| DURACION 8 MESES INTERES 3% | \$1,091'267,000 | \$1,061'806,500 | \$ 29'460,500 |
| DURACION 8 MESES INTERES 5% | \$1,004'769,000 | \$ 984'064,150 | \$ 20'704,850 |
| DURACION 12 MESES INTERES 3% | \$1,031'632,500 | \$1,008'208,460 | \$ 23'424,040 |
| DURACION 12 MESES INTERES 5% | \$ 918'582,040 | \$ 906'601,160 | \$ 11'980,880 |

LA DIFERENCIA $E - H$ ES SIEMPRE POSITIVA EN TODOS LOS -----
CASOS QUE SE ANALIZARON, POR LO QUE CONVIENE LA SOLUCION (H) -
PUESTO QUE EL COSTO ACTUALIZADO ES MENOR.
PODEMOS DECIR QUE LA SALIDA ES POCO SENSIBLE A LOS CAMBIOS EN -
TIEMPO E INTERES, DENTRO DE LOS RANGOS ESTUDIADOS. PODREMOS --
PUES CON UNA CONFIANZA RAZONABLE PROCEDER A PAVIMENTAR EL ----
CAMINO.

! A T E N C I O N !

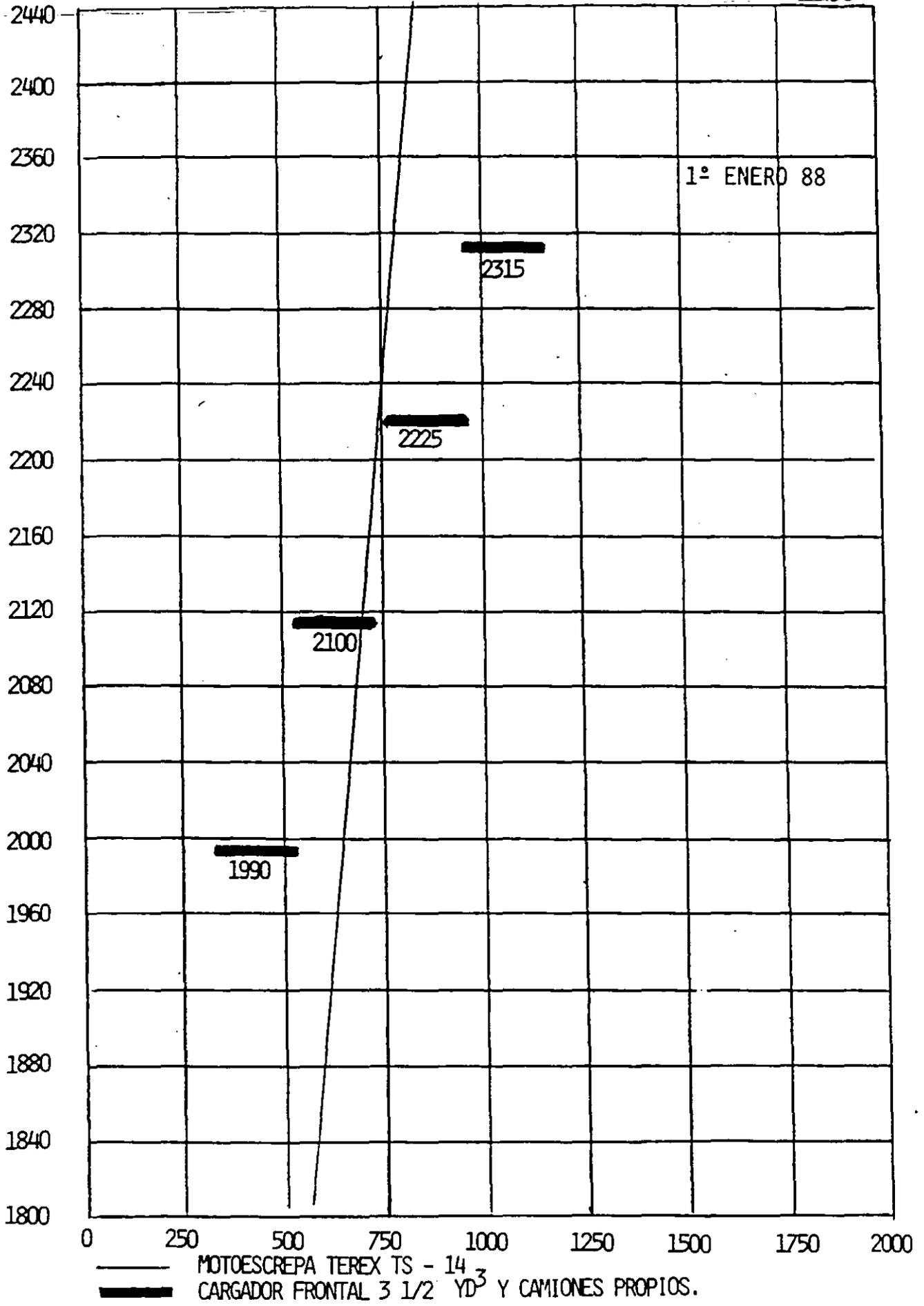
AL SIMPLIFICAR LA SOLUCION DEL PROBLEMA SOLO SE HAN CONSIDERADO-
DECISIONES A NIVEL DE COSTO DIRECTO.



TEREX Division, Hudson, Ohio, U.S.A. 44236

FACTORES DE EFICIENCIA PARA LAS CONDICIONES DE OBRA Y DE
ADMINISTRACION

| CONDICIONES DE OBRA | CONDICIONES DE ADMINISTRACION | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------|---------|------|
| | EXCELENTE | BUENA | MEDIANA | MALA |
| EXCELENTE | 0.84 | 0.81 | 0.76 | 0.70 |
| BUENAS | 0.78 | 0.75 | 0.71 | 0.65 |
| MEDIANAS | 0.72 | 0.69 | 0.65 | 0.60 |
| MALAS | 0.63 | 0.61 | 0.57 | 0.52 |



HABIENDO EVALUADO LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS EN LA -
SELECCION TECNICA Y ECONOMICA DEL EQUIPO A UTILIZAR,-
AHORA PASAREMOS A ANALIZAR LOS FLUJOS DE INGRESOS Y -
EGRESOS A LO LARGO DE LA OBRA A EJECUTAR, PARA LO - -
CUAL PRIMERAMENTE DESGLOSAREMOS EL PRECIO UNITARIO --
POR M³ DE MATERIAL ACARREADO CON MOTOESCREPA -----
TEREX TS-14 Y POSTERIORMENTE, HACIENDO USO DE LA TASA
INTERNA DE RETORNO (TIR), OBTENER UN PARAMETRO DE - -
COMPARACION PARA DEFINIR SI EL TRABAJO ES RENTABLE O-
NO.

DETERMINACION DEL PRECIO

1.- CON BASE EN EL COSTO DIRECTO OBTENIDO DEL CONCEPTO :

ACARREO EN MOTOESCREPA TS-14

SE DETERMINARÁN LOS PORCENTAJES DE COSTO CORRESPONDIENTES
A CADA UNO DE LOS INSUMOS QUE LO CONFORMAN,

- MANO DE OBRA

- MATERIALES

- MAQUINARIA :

- DEPRECIACIÓN

- INVERSIÓN

- SEGUROS

- REFACCIONES/MANTENIMIENTO.

2.- EL COSTO DIRECTO OBTENIDO ES:

\$ 1,418.65/m³_b

3.- EL COSTO HORARIO DE LA MOTOESCREPA ES:

| | |
|-----------------|------------------|
| - DEPRECIACIÓN | \$ 60,603.04 |
| - INVERSIÓN | 65,451.27 |
| - SEGUROS | 5,454.27 |
| - MANTENIMIENTO | <u>42,422.13</u> |

A) TOTAL CARGOS FIJOS \$ 173,930.91/HR.

B) CONSUMOS (MATERIALES) 39,657.54/HR.

C) OPERACIÓN (MANO DE OBRA) 4,742.30/HR.

COSTO HORARIO \$ 218,330.75/HR.

4.- EXPRESAREMOS ESTOS IMPORTES EN PORCIENTO (%)
DEL COSTO HORARIO:

A).-CARGOS FIJOS

| (MAQUINARIA) | % DE PARTICIPACIÓN EN EL COSTO. |
|---|------------------------------------|
| - DEPRECIACIÓN \$ <u>60,603.04/HR.</u> 218,330.75/HR. | $\times 100 = 27.7574\%$ |
| - INVERSIÓN \$ <u>65,451.27/HR.</u> 218,330.75/HR. | $\times 100 = 29.9780$ |
| - SEGUROS \$ <u>5,454.27/HR.</u> 218,330.75/HR. | $\times 100 = 2.4982$ |
| - MANTENIMIENTO \$ <u>42,422.13/HR.</u> (REFACCIONES) 218,330.75/HR. | $\times 100 = 19.4302$ |
| TOTAL MAQUINARIA | 79.6638% |

B).- CONSUMOS
(MATERIALES)

$$\frac{\$ 39,657.54/HR.}{218,330.75/HR.} \times 100 = 18.1640\%$$

C).- OPERACIÓN
(MANO DE OBRA)

$$\frac{\$ 4,742.30/HR.}{218,330.75/HR.} \times 100 = 2.1722\%$$

100.000 %

5.- APLICANDO ESTOS PORCENTAJES AL COSTO DIRECTO, OBTENEMOS:

A.- MAQUINARIA.

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| - DEPRECIACIÓN | \$ 1,418.65/M ³ _b x0.277574 = | \$ 393.78/M ³ _b . |
| - INVERSIÓN | \$ 1,418.65/M ³ _b x0.299780 = | \$ 425.28/M ³ _b . |
| - SEGUROS | \$ 1,418.65/M ³ _b x0.024982 = | \$ 35.44/M ³ _b . |
| - MANTENIMIENTO (REFACCIONES) | \$ 1,418.65/M ³ _b x0.194302 = | \$ 275.65/M ³ _b . |
| | | <hr/> |
| | | \$1,130.15/M ³ _b . |

B.- CONSUMOS (MATERIALES)

$$\$ 1,418.65 \times 0.181640 = \$ 257.68 \text{ M}^3_{\text{b.}}$$

C.- OPERACIÓN (MANO DE OBRA)

$$\$ 1,418.65 \times 0.021722 = \$ 30.82 \text{ M}^3_{\text{b.}}$$

$$\$ 1,418.65/\text{M}^3_{\text{b.}}$$

6.- DIVIDIENDO EL MANTENIMIENTO EN MANO DE OBRA Y MATERIALES
(REFACCIONES) QUEDA:

| | |
|------------------|--------------|
| 72% MATERIALES | 198.47 |
| 28% MANO DE OBRA | <u>77.18</u> |
| | 275.65 |

A.- MAQUINARIA:

| | |
|--------------|--------------|
| DEPRECIACIÓN | 393.78 |
| INVERSIÓN | 425.28 |
| SEGUROS | <u>35.44</u> |

\$ 854.50

B.- CONSUMOS:

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| A).- COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES | 257.68 |
| B).- REFACCIONES | <u>198.47</u> |

\$ 456.15

C.- MANO DE OBRA:

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| A).- OPERACIÓN | 30.82 |
| B).- MANO DE OBRA- MANTENIMIENTO. | <u>77.18</u> |

\$ 108.00

\$1418.65/M³_b

7.- PARA DETERMINAR EL PRECIO UNITARIO DE ESTE CONCEPTO SE CONSIDERARÁ LO SIGUIENTE:

A.- FACTOR DE COSTO INDIRECTO 26%

B.- FACTOR DE UTILIDAD 10%

COSTO INDIRECTO $0.26 \times 1418.65 = 368.85$

UTILIDAD $0.10 \times 1418.65 = 141.87$

INDIRECTOS (2 MESES COBRO).

| | |
|--------------|---------------|
| DEPRECIACIÓN | 4.10 |
| INVERSIÓN | 113.71 |
| SEGUROS | .51 |
| CONSUMOS | 117.75 |
| MANO DE OBRA | <u>132.78</u> |
| | 368.85 |

R E S U M E N

| | CONSUMOS | MANO DE OBRA | SEGUROS | DEPRECIACION | INVERSION | TOTAL |
|-----------------|----------|--------------|---------|--------------|-----------|---------|
| COSTO DIRECTO | 456.15 | 108.0 | 35.44 | 393.78 | 425.28 | 1418.65 |
| COSTO INDIRECTO | 117.75 | 132.78 | .51 | 4.10 | 113.71 | 368.85 |
| UTILIDAD | | | | | | 141.87 |
| PRECIO UNITARIO | | | | | | 1929.37 |

SUMAS COSTOS TOTALES

573.9

240.78

35.95

397.88

538.99

LOS DOS INDICADORES QUE DETERMINAN SI ES CONVENIENTE REALIZAR UN PROYECTO SON:

1.- EL ÍNDICE DE RENTABILIDAD

$$I.R. = \frac{\sum B}{\sum C} \quad 1.0; \text{ ES DECIR QUE}$$

$$\sum B \quad C$$

2.- LA TASA INTERNA DE RETORNO :

T.I.R. .- ES LA TASA A LA CUAL LA DIFERENCIA ENTRE BENEFICIOS Y COSTOS ES CERO;
ES DECIR:

$$\sum B - \sum c = 0$$

COMO ACTUALIZAR EL FLUJO DE EFECTIVO:

SE ADAPTA EL FLUJO A LA FORMA SIGUIENTE:

$$B_1 \frac{1}{(1+i)^1} + B_2 \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + B_n \frac{1}{(1+i)^n} = \sum_{J=1}^n B_J \frac{1}{(1+i)^J}$$

$$C_1 \frac{1}{(1+i)^1} + C_2 \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + C_n \frac{1}{(1+i)^n} = \sum_{J=1}^n C_J \frac{1}{(1+i)^J}$$

$$\sum B - \sum C$$

ASÍ SE PUEDE OBTENER LA DIFERENCIA.

PODEMOS OBSERVAR QUE EN AMBAS SUMATORIAS APARECE UN FACTOR $\frac{1}{(1+i)^J}$

A ESTE SE LE DENOMINA "FACTOR DE ACTUALIZACIÓN" f_a , DE TAL MANERA QUE CONVIENE OBTENER ESTOS FACTORES ANTES DE EFECTUAR LA SUMARIZACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS.

CÓMO SE CALCULA LA T. I. R.

SE ACTUALIZA EL FLUJO, CONSIDERANDO UNA TASA CUALQUIERA

SE ACTUALIZA, CONSIDERANDO UNA TASA MAYOR:

SI CRECE EL MONTO ACTUALIZADO, ENTONCES SE CONSIDERA --
UNA TASA MENOR A LA QUE EN LA PRIMERA ACTUALIZACION SE-
TOMÓ.

SI DECRECE, SE PROPONE UNA TASA MAYOR.

EN EL MOMENTO EN QUE PASE DE (+) A (-) SE PUEDE -----
INTERPOLAR LOS VALORES PARA ESTIMAR LA T. I. R.

HACIENDO USO DEL INDICADOR TASA INTERNA DE RETORNO - -
(TIR) Y CON LOS DATOS DEL PROBLEMA ORIGINAL, -----
CONCENTRADOS EN EL CUADRO RESUMEN DE LA PAG. 47, SE --
PROCEDE A ELABORAR LOS CUADROS DE INGRESOS Y EGRESOS -
RECORDANDO DOS COSAS:

- LA DURACION TOTAL DE LA OBRA ES DE 8 MESES.
- SE TENDRA UN ANTICIPO EL CUAL SE IRA -----
DESCONTANDO DE LAS ESTIMACIONES EN FORMA - -
PROPORCIONAL.

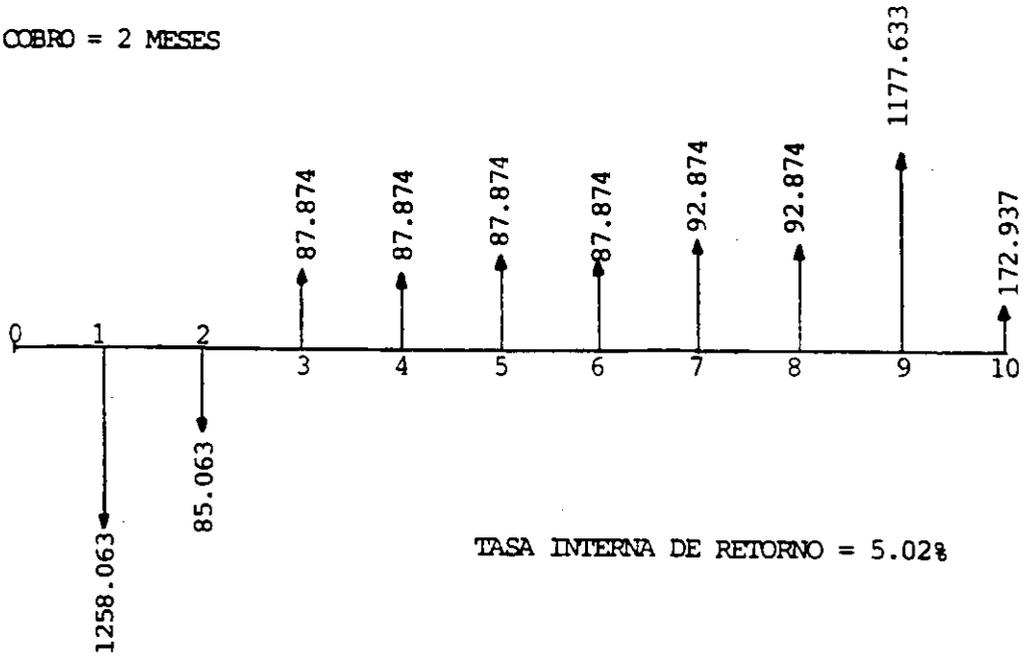
E G R E S O S

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Σ |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|----|----|----|----------------|
| DEPRECIACION | 39.788 | 39.788 | 39.788 | 39.788 | 39.788 | 39.788 | 39.788 | 39.788 | | | | | 318.304 |
| SEGURO | 3.595 | 3.595 | 3.595 | 3.595 | 3.595 | 3.595 | 3.595 | 3.595 | | | | | 28.760 |
| CONSUMOS | 57.390 | 57.390 | 57.390 | 57.390 | 57.390 | 57.390 | 57.390 | 57.390 | | | | | 459.120 |
| MANO DE OBRA | 24.078 | 24.078 | 24.078 | 24.078 | 24.078 | 24.078 | 24.078 | 24.078 | | | | | 192.624 |
| COSTO EQUIPO | 1323.000 | | | | | | | | (-) 1004.696 | | | | 318.304 |
| DEP. (-) | (-) 39.788 | | | | | (-) 318.304 |
| ALMACEN | 10.000 | | | | | | (-) 5,000 | (-) 5,000 | | | | | 0 |
| EGRESOS/MES | 1418.063 | 85.063 | 85.063 | 85.063 | 85.063 | 85.063 | 80.063 | 80.063 | (-) 1004.696 | | | | 998.808 |
| EGRESOS ACUMULADOS | 1418.063 | 1503.126 | 1588.189 | 1673.252 | 1758.315 | 1843.378 | 1923.441 | 2003.504 | 998.808 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

CASO BASE

ANTICIPO \$ 160 x 10⁶

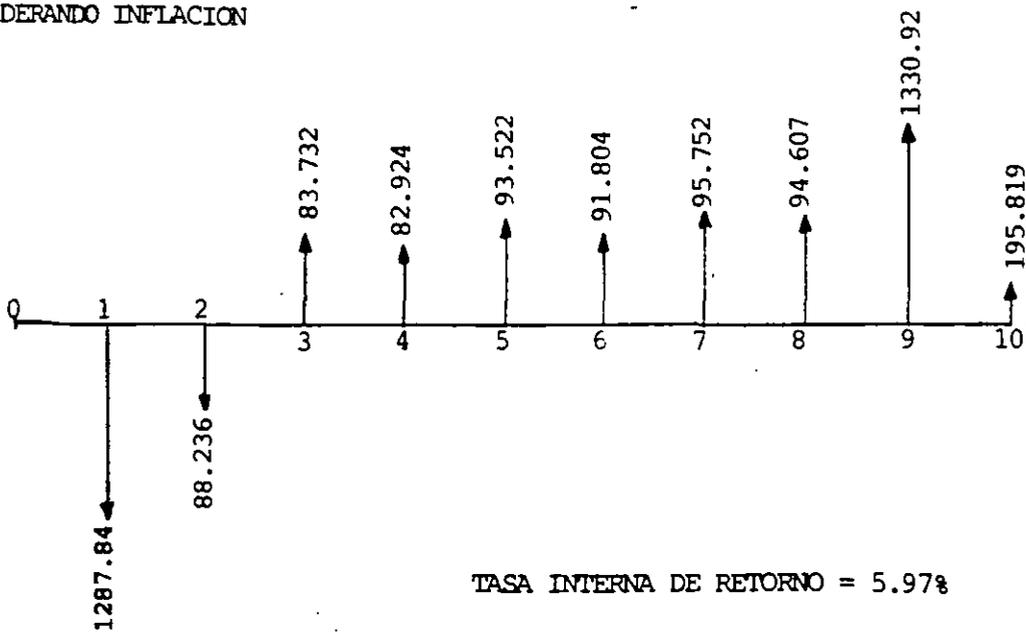
VEL. COBRO = 2 MESES



TASA INTERNA DE RETORNO = 5.02%

CASO BASE

CONSIDERANDO INFLACION



TASA INTERNA DE RETORNO = 5.97%

E G R E S O S

| | ENE 1 | FEB 2 | MAR 3 | ABR 4 | MAY 5 | JUN 6 | JUL 7 | AGO 8 | SEPT 9 | OCT 10 | NOV 11 | DIC 12 | M |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| SUMA EGRESOS | 418.063 | 85.063 | 85.063 | 85.063 | 85.063 | 85.063 | 80.063 | 80.063 | (-) 1004.696 | | | | 998.808 |
| INFLACION Mes | 2.1 | 1.6 | 1.1 | 0.9 | 0.7 | 1.9 | 1.7 | 1.3 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | | |
| Acum. | 2.1 | 3.73 | 4.87 | 5.82 | 6.56 | 8.58 | 10.43 | 11.86 | 12.98 | 13.88 | 14.68 | | |
| EGRESOS VAL. CORR. | 447.84 | 88.236 | 89.205 | 90.013 | 90.643 | 92.361 | 88.413 | 89.558 | (-) 1135.105 | | | | 941.164 |
| EGRESOS V.C. ACUM. | 447.84 | 536.07 | 625.28 | 715.29 | 805.93 | 898.29 | 986.71 | 1076.26 | 941.16 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

FINALMENTE Y CON EL OBJETO DE VER CUAN SENSIBLE ES EL PROYECTO A CIERTOS CAMBIOS, SE PRESENTAN LAS T.I.R. - BAJO LAS CONDICIONES SIGUIENTES:

- VARIANDO EL MONTO DEL ANTICIPO

- VARIANDO LA VELOCIDAD DE COBRO

| CONDICION | T.I.R. |
|---|--------|
| CASO BASE SIN ANTICIPO | 4.62% |
| CASO BASE CON ANTICIPO DE \$ 80 x 10 ⁶ | 4.82% |
| CASO BASE CON ANTICIPO DE \$160 x 10 ⁶ | 5.02% |
| CASO BASE CON ANTICIPO DE \$240 x 10 ⁶ | 5.24% |

| CONDICION | T.I.R. |
|-------------------------------------|--------|
| CASO BASE CON VEL. COBRO DE 1 MES | 5.71% |
| CASO BASE CON VEL. COBRO DE 2 MESES | 5.02% |
| CASO BASE CON VEL. COBRO DE 3 MESES | 4.49% |



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

M O D U L O : I
MOVIMIENTO DE TIERRAS

T E M A :
GEOLOGIA (ANEXO)

ING. ARTURO TADIA CRESPO

M A T E R I A L**VELOCIDAD (ms)**

| | |
|---------------------------|-----------|
| Suelo superficial | 170-500 |
| Arcilla | 1000-2800 |
| Arcilla arenosa | 975-1160 |
| Arcilla arenosa cementada | 1160-1280 |
| Limo | 760 |
| Aluvión | 550-1000 |
| Aluvión (terciario) | 800-1500 |
| Aluvión profundo | 1100-2360 |
| Depósito glacial | 490-1700 |
| Dunas | 500 |
| Loess | 475-400 |
| Arena seca | 300 |
| Arenisca | 2400-4000 |
| Lutita | 1800-3800 |
| Marga | 3000-4700 |
| Caliza | 3000-5700 |
| Granito | 3000-5000 |
| Basalto | 4000-6000 |
| Dolerita | 4000-7000 |
| Gabro | 4000-7000 |
| Mármol | 3500-6000 |
| Cuarcita | 5000-6500 |

Maria

26

DENSIDAD, FACTOR DE ABUNDAMIENTO Y CAVABILIDAD
DE ALGUNAS ROCAS Y SUELOS COMUNES (ATKINSON 1971)

| Tipo de roca o suelo | Densidad | Fact. Abund. | Exc. |
|--------------------------------|----------|--------------|------|
| 1. Basalto | 3.00 | 1.6 | D |
| 2. Granito | 2.65 | 1.55 | D |
| 3. Arenisca cementada | 2.60 | 1.6 | M-D |
| 4. Arenisca porosa | 2.50 | 1.6 | M |
| 5. Caliza dura | 2.70 | 1.6 | M-D |
| 6. Caliza suave | 2.20 | 1.5 | M-D |
| 7. Creta | 1.90 | 1.3 | M |
| 8. Lutita | 2.40 | 1.45 | M-D |
| 9. Grava seca | 1.80 | 1.25 | S |
| 10. Arena seca | 1.70 | 1.15 | S |
| 11. Arena y grava seca | 1.95 | 1.15 | S |
| 12. Arcilla ligera | 1.65 | 1.30 | M |
| 13. Arcilla densa | 2.10 | 1.35 | M-D |
| 14. Arcilla grava y arena seca | 1.60 | 1.30 | M |

- S = Material suave facilmente cavable
- M = Material de dureza media, parcialmente consolidado.
- M-D = Material mediana y dificilmente cavable, tal como arcilla densa húmeda, grava con grandes bloques y caliza explotada.
- D = Materiales dificiles que incluyen arcilla plástica y materiales que requieren uso de explosivos como: basalto, granito, caliza, etc.

| EQUIPO | VELOCIDAD SISMICA EN m/s x 1000 | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|------------|------------|------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Trabajo con pico y pala | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Tractor-Escrepa; sin desgarrar | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Tractor-Escrepa; después de desgarrar | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Cargador frontal sin explosivos | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Excavadora con cuchara y cadena | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Excavador de rueda y cajilones | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Draga fina sin explosivos | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Draga sin explosivos | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |
| Pala sin explosivos | ██████████ | ██████████ | ██████████ | ██████████ |

- ██████████ Posible
- ██████████ Marginal
- ██████████ Imposible

Velocidades sísmicas para determinar factibilidad de excavación (Atkinson)

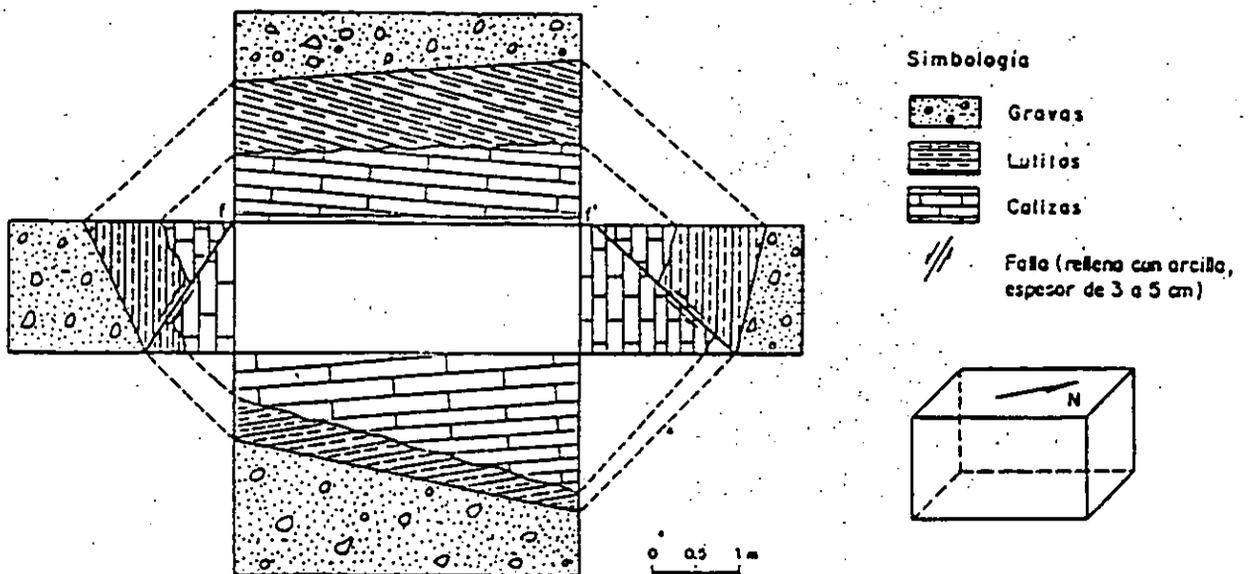


Figura 1. Perfil de una Trinchera.

ETAPAS EXPLORACION PARA UNA OBRA CIVIL

| Etapa | Estudio | Desarrollo | |
|-------|------------|---|---|
| I | Topografía | Recopilación de la información disponible Fotogrametría. | |
| | Geotecnia | Recopilación bibliográfica y cartográfica. Estudio de sensores remotos (fotogeología y otros). Recorridos de campo. | |
| II | Topografía | Fotogrametría. Levantamientos topográficos. | |
| | Geotécnica | Levantamiento Geotécnico | -Litología, estratigrafía, estructuras. -Reconocimiento de discontinuidades (fallas, fracturas, etc.). -Fenómenos geodinámica externa e interna. |
| | | Geofísica | -Localización de roca sana. -Localización del nivel de aguas freáticas. -Estratigrafía. -Calidad de los materiales. |
| | | Perforaciones | -Muestras de suelos (alteradas e inalteradas). -Recuperación núcleos de roca y muestreo integral. -Inspección de las paredes de los pozos (TV y fotografías). |
| | | Excavaciones | -Muestras cúbicas suelos y rocas -Estratigrafía. -Características estructurales de los macizos rocosos. -Observación fallas y fracturas. |
| | | Pruebas de Campo | -Resistencia y deformabilidad. -Permeabilidad. -Estado de esfuerzos tectónicos. |
| | | Pruebas de Laboratorio | -Propiedades índice. -Propiedades mecánicas. -Mineralogía y petrología. |
| III | Geotecnia | Localización y ubicación de bancos y ensayos de Materiales. | -Obtención de materiales de construcción. -Definición de métodos constructivos. |
| IV | Geotecnia | Instrumentación y Control | -Piezometría. -Instrumentación de fallas y taludes. -Pruebas de inyección. -Influencia de la obra en los - |

CLASIFICACION GENERAL DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS PARA
FORMULAR ESTIMACIONES DE TRABAJOS DE PERFORACION DE POZOS:

M A T E R I A L TIPO I

Arcilla *Terrenos Suaves*

Limos

Arenas

Gravas (menores de 5 cm.)

Creta y tufa

Yeso

Diatomitas

Carbón

Cenizas volcánicas

Perlita y retinita

Pumita o toba pumítica

Tobas alteradas

Rocas metamórficas alteradas

fácil de trabajar - desgarrador.

M A T E R I A L TIPO II

Lutitas

Limolitas

Areniscas

Clásticos gruesos (varían de 5 a 20 cms.)

Conglomerados y brechas

Calizas, dolomitas y travertino

Anhidrita

Tezontle

Tobas ígneas y compuestas

Rocas ígneas extrusivas alteradas

Rocas ígneas intrusivas alteradas

Vidrio volcánico (obsidiana)

Rocas metamórficas (excepto metacuarcitas,

gneis y corneanas)

desgarrador, bulldozer y escropa.

M A T E R I A L TIPO III

Terrenos Duros.

Ortocuarcitas

Metacuarcitas

Bloques y cantos rodados (mayores de 20 cms)

Pedernal

Rocas ígneas extrusivas sanas

Rocas ígneas intrusivas sanas

Gneis

Corneanas

desgarrador y cuchilla. EXPLOSIVOS.

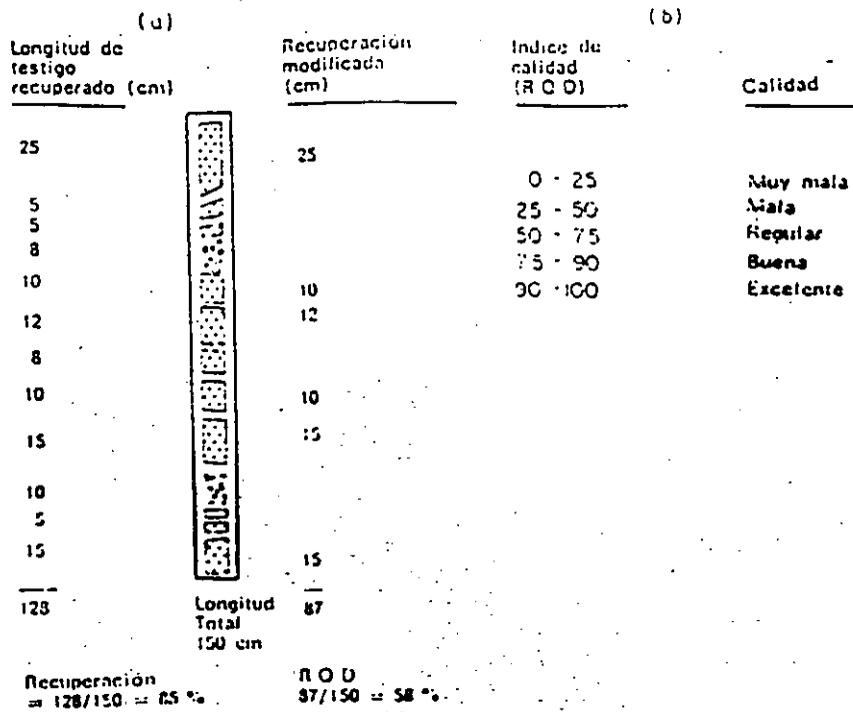


Figura 1.8 La recuperación modificada de testigo como índice de calidad de una roca¹

Tabla 1.4 Relación entre el RQD y la calidad de la roca¹²

| Indice de calidad (RQD) (%) | Calidad |
|-----------------------------|-----------|
| 0-25 | Muy mala |
| 25-50 | Mala |
| 50-75 | Regular |
| 75-90 | Buena |
| 90-100 | Excelente |

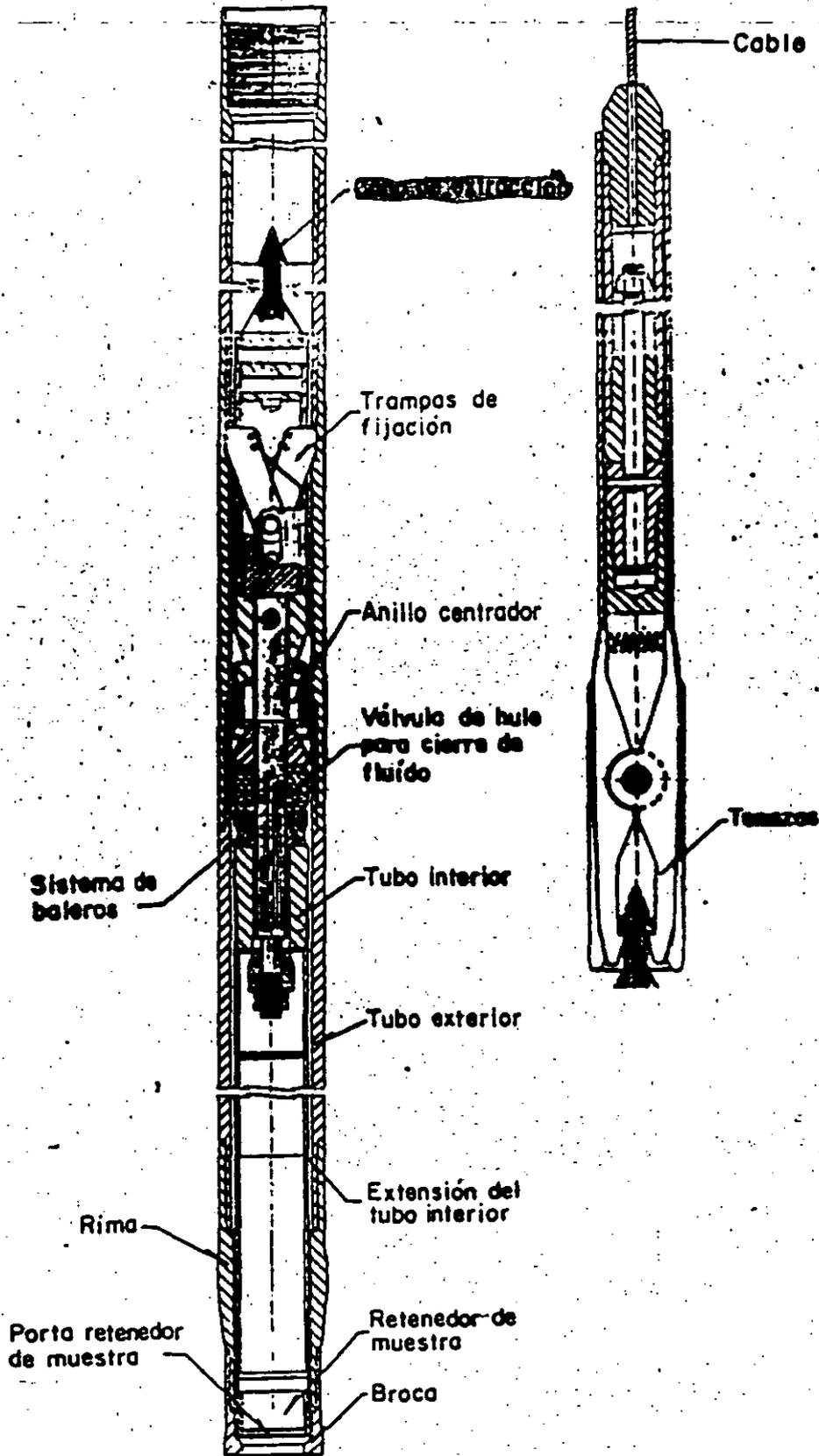


Fig II.17 Sistema "Wire Line"

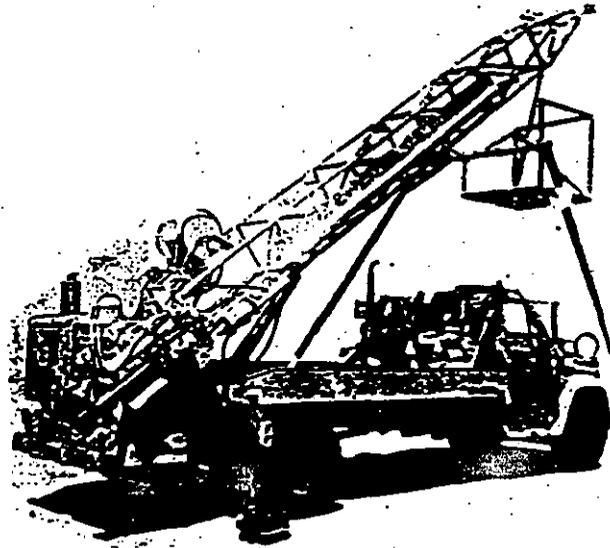
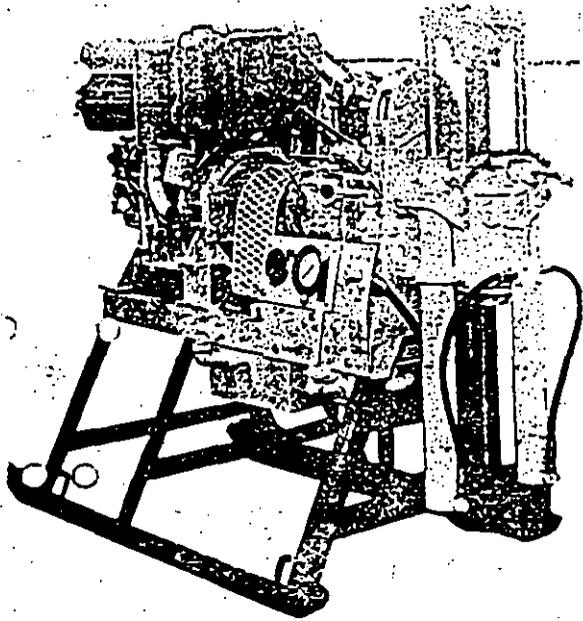


Figura 5. Equipo de perforación.

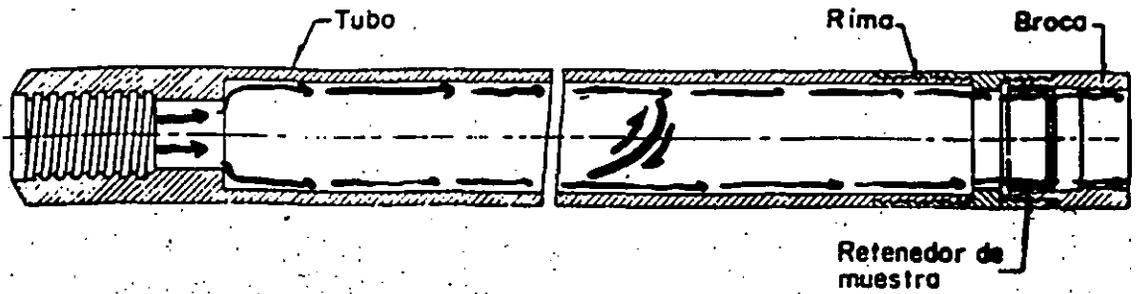


Fig II.12 Barril simple

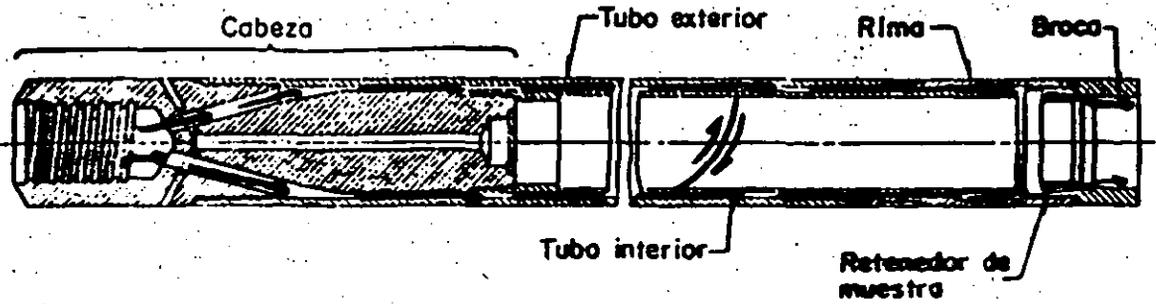


Fig II.13 Barril doble rígido

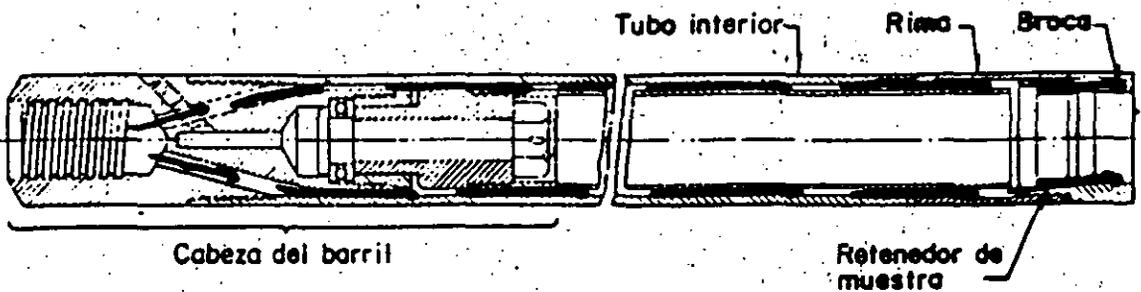


Fig II.14 Barril doble giratorio



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION
MODULO I: MOVIMIENTO DE TIERRAS**

**"EXCAVACIONES"
COMPLEMENTO**

ING. HECTOR SANGINES GARCIA

1994

B. EXCAVACIONES SIN ADEME

II.B.4 EXCAVACION PARA UNA ZANJA EN LA ZONA II SIN ADEME

1. INTRODUCCION.

El ejemplo consiste de una excavación para una zanja en la zona II sin ademe.

Se entiende por zona II, a la zona de depósitos de transición que divide a los suelos lacustres de las sierras que rodean al valle.

Por zanja se entenderá a la excavación acotada por las siguientes relaciones:

$$\frac{D}{B} > 2; \quad \frac{L}{B} > 5; \quad B < 3. \text{ m}$$

donde :

D es la profundidad

B es el ancho

L es la longitud.

En vista de lo anterior la geometría del ejemplo que se propone es la siguiente y se puede observar en la fig. 1.

$$D=3.5 \text{ m}$$

$$B=1.5 \text{ m}$$

L se analizará por metro

en vista de que L es muy grande en comparación con B.

2. INVESTIGACION DEL SUBSUELO Y ESTRATIGRAFIA.

Para la realización de zanjas es conveniente realizar un estudio del subsuelo de los estratos superiores hasta una profundidad de una vez el ancho de la excavación, a partir de la profundidad de excavación; como $B=1.5$ m por lo tanto la profundidad a la que se deben llevar los sondeos es de 5.0 m por lo menos. Para este ejemplo, se realizó una penetración estándar hasta la profundidad de los 5 m. Así mismo se recomienda realizar pozos a cielo abierto, penetración estándar, o exploración con cono a cada 200m de longitud de la zanja.

A partir del sondeo de penetración estándar se observa que la estratigrafía esta dada por estratos de limos arcillosos con intercalaciones de arenas finas y limos. En la fig. 2 se muestra el perfil estratigráfico, al mismo tiempo se observa en él, el contenido de agua, el límite líquido, el límite plástico, el número de golpes de la prueba de penetración estándar y la densidad de sólidos.

En la tabla 1 se muestra un resumen de las propiedades índice y mecánicas de cada uno de los estratos, del sitio en estudio.

3. ANALISIS Y DISEÑO DE LA EXCAVACION.

El artículo 228 del RCDF dice: "En el diseño de las excavaciones se considerarán los siguientes estados límites:

- I. De falla: colapso de los taludes.....
- II. De servicio: movimientos verticales y horizontales inmediatos y diferidos por descarga en el área de excavación....."

3.1. Estabilidad de taludes.

Por tratarse de una excavación somera en la zona II se propone un talud vertical; el análisis de estabilidad se realizará con el método de Bishop simplificado que es un método iterativo el cual consiste en:

- 1) suponer una superficie de falla circular
- 2) obtener el factor de seguridad, que es igual a la relación de los momentos resistentes entre los momentos actuantes con respecto al centro del arco de falla. Dicho factor debe ser igual o mayor que 1.67 (inverso de 0.6), según el RCDF

$$FS = \frac{\sum \frac{[c + (W / b) \tan \phi] b}{m_{\alpha}}}{\sum W \sin \alpha}$$

donde:

FS = factor de seguridad

c = cohesión del material

W = peso de la dovela

b = ancho de la dovela

ϕ = ángulo de fricción interna

α = ángulo del plano de falla

$$m_{\alpha} = \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F} \right)$$

F = factor de seguridad iterativo

ver artículo 35 del libro "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica" de K Terzaghi y R Peck.

- 3) proponer una nueva superficie de falla, solo que no se satisfaga la condición anterior, por lo que el método es a base de tanteos hasta obtener el círculo crítico.

Los pasos a seguir son:

- a) se debe dibujar una sección transversal del talud mostrando en detalle los estratos de suelo
- b) se escoge el centro del círculo de falla y se dibuja el arco a través de la sección transversal, el arco representa la superficie de falla que se va a analizar
- c) la zona de falla se divide en una serie de dovelas que pueden evaluarse individualmente en cuanto a su peso y características de resistencia
- d) obtener el momento resistente y el momento actuante
- e) obtener el factor de seguridad

En la fig.3 se ilustra el procedimiento descrito, y en la tabla 2 se muestra la secuencia de cálculos para obtener el factor de seguridad.

Debido a que el cálculo de la estabilidad es un método iterativo se propone el uso de programas de computadora, en este ejemplo solo se presenta la secuencia de cálculos de la primera iteración, ya que es un ejemplo ilustrativo.

3.2 Conclusión del cálculo.

De la tabla 2 se concluye que el factor de seguridad mínimo es igual a 1.93, por lo tanto la estabilidad de un talud con paredes verticales, para una zanja en la zona II, es satisfactoria, siempre y cuando no dure mucho tiempo abierta la excavación. Sin embargo, siempre se debe realizar la revisión del estado límite de falla, referente al análisis de estabilidad de taludes.

3.3. Falla de fondo de la excavación por corte.

La posibilidad de falla de fondo por cortante en arcillas blandas a firmes se analizará verificando que:

$$p_v + \Sigma q F_c < c_u N_c F_R$$

donde:

$$N_c = 5.14 (1 + 0.25 D_f / B + 0.25 B / L)$$

como $D_f = 3.5$ m, $B = 1.5$ m y L es muy grande se tiene que

$$\frac{D_f}{B} = \frac{3.5}{1.5} = 2.33 > 2 \text{ por lo tanto esta relación}$$

se considera igual a 2, y la relación B / L , es muy pequeña y esta se desprecia por lo tanto:

$$N_c = 5.14 (1 + 0.25 * 2) = 7.71$$

$$c_u = 7.5 \text{ t/m}^2 \quad F_R = 0.7$$

entonces

$$c_u N_c F_R = 7.71 * 7.5 * 0.7 = 40.47 \text{ t/m}^2$$

y

$$p_v + \Sigma q F_c = 5.45 + 5 * 1.4 = 12.45 \text{ t/m}^2$$

como se ve la falla de fondo no se presenta debido a que $12.45 < 40.47 \text{ t/m}^2$.

3.4. Cálculo de la falla por subpresión en estratos permeables.

En la figura 2 se observa que la estratigrafía está compuesta por arcillas plásticas con intercalaciones de arena, también se ve que el nivel de agua freática se encuentra a 2 m de profundidad,

por lo que es necesario revisar la estabilidad de la zanja por subpresión.

Esto quiere decir que se debe garantizar que la presión del agua de los poros del suelo sea menor que el peso del material comprendido entre el fondo de la excavación y la frontera superior de cada uno de los estratos permeables. En otras palabras para evitar la inestabilidad de fondo se deberá cumplir que

$$h > \frac{\gamma_w}{\gamma_m} h_w$$

donde:

h es el espesor de la capa impermeable (6.5-3.5=3 m)

h_w es la altura piezométrica en el lecho inferior de la capa impermeable (6.5-2=4 m)

γ_w es el peso volumétrico del agua (1 t/m³)

γ_m es el peso volumétrico del suelo entre el fondo de la excavación y el estrato permeable (1.5 t/m³)

Para tener un factor de seguridad adicional se puede afectar al primer término por un factor de reducción igual a 0.9, por lo tanto la desigualdad queda:

$$Fr \cdot h > \frac{\gamma_w}{\gamma_m} h_w$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$Fr \cdot h = 0.9 \cdot 3 = 2.7 \text{ m}$$

$$\frac{\gamma_w}{\gamma_m} h_w = \frac{1}{1.5} \cdot 4 = 2.66 \text{ m}$$

Por lo tanto cumple, sin embargo se recomienda abatir el nivel freático, mediante bombeo de achique en la excavación, para poder trabajar en seco, mientras se realiza la excavación y se vuelve a rellenar.

3.5 Movimientos horizontales y verticales.

Expansiones elásticas del fondo de la excavación

Al realizar un corte del terreno, se provoca una expansión del fondo de la excavación, ocasionada por la respuesta de las componentes elásticas del suelo. De acuerdo con el inciso (a) de la sección 5.2 del cap 5 (Análisis y Diseño de Excavaciones), de las NTC, "para estimar la magnitud de los movimientos verticales inmediatos por descarga en el área de excavación y en los alrededores, se recurrirá a la teoría de la elasticidad".

El módulo de elasticidad en arcillas saturadas se puede determinar a partir de pruebas de rebote elástico en compresión no confinada (Zeevaert 1973). El módulo de Poisson en arcilla saturada es del orden de 0.45. Cabe aclarar que las expansiones calculadas con los módulos de laboratorio resultan en general mayores que las expansiones observadas en casos reales, por lo que algunos autores proponen ciertas modificaciones para corregir este efecto. En este ejemplo utilizaremos los criterios de Zeevaert (1973) y de Alberro (1970).

Los valores del módulo de elasticidad del suelo determinados en el laboratorio se muestran en la tabla 3. El cálculo de expansiones instantáneas se hará utilizando la ley de Hooke para cada estrato

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu (\sigma_x + \sigma_y)]$$

Los esfuerzos normales σ_z , σ_x y σ_y se obtienen con las siguientes expresiones

Para σ_z (Damy 1985)

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{x^2 + z^2} + \frac{1}{y^2 + z^2} \right) \frac{x \cdot y \cdot z}{A} + \text{ang tan} \frac{x \cdot y}{z \cdot A} \right]$$

Para σ_x y σ_y (Dashkó y Kagán 1980)

$$\sigma_x = \frac{q}{2\pi} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{x-y-z}{(x^2+z^2)A} - \text{ang tan } \frac{z-A}{x-y} \right. \\ \left. + (1-2\nu) (\text{ang tan } y/x - \text{ang tan } \frac{y-A}{x-z}) \right]$$

$$\sigma_y = \frac{q}{2\pi} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{x-y-z}{(y^2+z^2)A} - \text{ang tan } \frac{z-A}{x-y} \right. \\ \left. + (1-2\nu) (\text{ang tan } x/y - \text{ang tan } \frac{x-A}{y-z}) \right]$$

La determinación de las expansiones con el procedimiento anterior se presenta en la tabla 3.

Zeevaert (1973) propone que se haga una corrección al cálculo de las expansiones, afectando las magnitudes de estas por el factor de expansión ρ_e dado por

$$\rho_e = (\sigma / p_e)^{c-1}$$

en donde p_e es la presión total a la mitad de un estrato. El exponente "c" es del orden de 1.5 para la arcilla de la ciudad de México. La aplicación del procedimiento de Zeevaert se muestra en la tabla 4, en la que se observa que la expansión instantánea del fondo del corte es del orden de 1 cm.

Por otra parte, Alberro (1970) propone que se emplee un módulo de elasticidad de la arcilla de la ciudad de México del orden de 50 kg/cm², valor mayor que el determinado a partir de pruebas de rebote elástico (tabla 5). Utilizando esta magnitud del módulo de elasticidad e incrementando en 50 % los valores de los módulos en los estratos 1 a 4 de la tabla 5, se obtienen los valores indicados en la tabla 5, donde se observa que la magnitud de la expansión del fondo de la excavación es del orden de 1.20 cm, valor ligeramente mayor que el obtenido con el procedimiento de Zeevaert.

Es interesante notar que en un artículo sobre propiedades elásticas de la arcilla de la ciudad de México, Reséndiz et al (1967) mencionan que los valores medidos de las expansiones del fondo de las excavaciones resultan mayores que las calculadas, por lo que proponen que se utilicen las envolventes de las magnitudes de los módulos de elasticidad determinados en el laboratorio. Esto confirma la necesidad de reducir de alguna forma las magnitudes de las expansiones instantáneas calculadas, lo que se logra empleando los procedimientos de Zeevaert o Alberro usados en este ejemplo.

En la tabla 3 se presentan los resultados de las expansiones elásticas obtenidas. En la tabla 4 se presenta el cálculo de expansiones por el método de Zeevaert y en la tabla 5 se presentan con el método de Alberro.

De acuerdo con los resultados se pueden considerar despreciables las expansiones cuando se trata de una zanja en la zona II, y la excavación no es profunda.

Explicación de la tabla 2, procedimiento de cálculo del método de Bishop.

-H1 es la altura del estrato 1

-H2 es la altura del estrato 2

-H3 es la altura del estrato 3

-ÁREA1 es igual a base por altura 1 ($A=b*H1$), si se trata de un rectángulo o base por altura sobre dos si se trata de un triángulo ($A=b*H1/2$)

-ÁREA2 es igual a base por altura 2 ($A=b*H2$)

-ÁREA3 es igual a base por altura 3 ($A=b*H3$)

-GAMA1 es el peso específico del estrato 1

-GAMA2 es el peso específico del estrato 2

-GAMA3 es el peso específico del estrato 3

-PESO es el peso de cada dovela obtenido al multiplicar el área por su peso específico ($A*\gamma_i$)

-ALFA es el ángulo entre la vertical que pasa por el centro del círculo y el radio vector al centro de cada dovela

- $W \cdot \text{SEN } A$ es igual a la fuerza actuante (T), donde W es el peso de cada dovela y SEN A es el seno del ángulo α

- $C + (W/b) \text{TAN } \phi$ es la ley de resistencia de un suelo cohesivo friccionante

-B es el producto de la base de la dovela por la ley de resistencia del suelo, en la base del círculo, por lo tanto es la fuerza resistente (B)

- $F = \text{SUMB} / \text{SUMT}$ es el factor de seguridad que se obtiene de dividir la sumatoria de todas las fuerzas resistentes entre las fuerzas actuantes

como el método de Bishop es un método iterativo se debe obtener con F calculada el MALFA, y posteriormente volver a checar F

-MALFA es un factor que es igual a

$$M_{\alpha} = \frac{1 + \tan \phi * \tan \alpha}{F} * \cos \alpha$$

-V/X es el cociente de la columna v entre la columna x, esto es igual al cociente entre B y M_{α}

- $F = \text{SUMY} / \text{SUMT}$ es el cociente de la columna y entre la suma de las fuerzas actuantes, en otras palabras es la suma de fuerzas resistentes entre suma de fuerzas actuantes

con este nuevo valor de F se vuelve a calcular M_{α} hasta que las F de dos iteraciones sean iguales, en el ejemplo esto sucede con

$$F = 1.93$$

- la última columna es la sobrecarga que se consideró para el ejemplo, que según el RCDF, debe ser de 1.5 t/m^2 .

$$CuNcFr = 5.52 \times 7.2 \times 0.5 = 19.9 \text{ t/m}^2$$

Puesto que 19.9 > 19.4 T/m², no existe el problema de falla de fondo si la excavación se realiza por zonas.

Estabilidad de los taludes de la excavación

En vista de que la transición entre las dos zonas de excavación se hará mediante un talud a 60° (Fig. II.C.2.g.(b)), es necesario revisar la estabilidad del mismo.

Tomando en cuenta de que se trata de un talud provisional, es posible analizar su estabilidad mediante un método sencillo, como el propuesto por Janbu (1954).

Dado que el método de Janbu es válido únicamente para materiales homogéneos, se considerará, en nuestro ejemplo, un sólo estrato de suelo hasta la profundidad de desplante del cajón de cimentación (9 m). Las propiedades índice y mecánicas de dicho estrato, se calcularon mediante un promedio ponderado de los estratos de suelo que se encuentran entre la superficie del suelo y la profundidad de 9 m.

De esta forma se obtuvo

$$\gamma_m = 1.63 \text{ t/m}^3$$

$$c = 4.87 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 19.4^\circ$$

El factor de seguridad del talud se puede evaluar de acuerdo con Janbu (1954) como sigue

$$FS = \frac{Ncfc}{Pe} \quad (2.3)$$

donde:

~~N_{cr}~~ : número de estabilidad, función del parámetro $\lambda c\phi$ y del ángulo de talud β .

c : cohesión del material determinada en una prueba de compresión triaxial rápida.

El valor de P_e se calcula como:

$$P_e = \frac{\gamma_m H + \Sigma q}{\mu q} \quad (2.4)$$

donde:

γ_m : peso volumétrico del material.

H : profundidad de la excavación.

Σq : sobrecargas en la corona del talud; $\Sigma q = 15 \text{ t/m}^2$, incisos 5, N.T.C.D.C.C.

μq : factor de reducción que toma en cuenta la sobrecarga q.

La ecuación 2.3 se puede poner en forma de desigualdad, utilizando los conceptos de factor de carga (F_c) y factor de resistencia (F_R). Ella toma la forma

$$P_e F_c < C_u N_{cr} F_R \quad (2.5)$$

dado que se trata de un talud provisional $F_c = 1$ y $F_R = 0.7$ (inciso 5.1 N.T.C.D.C.C.).

Para poder calcular el valor de número de estabilidad N_{cr} en la desigualdad 2.5, es necesario determinar el valor de P_e ,

partir de la ecuación 2.4.

$$P_s = \frac{1.63 \times 9 + 5}{0.95} = 17.02 \text{ T/m}^2$$

por lo tanto el parámetro $\lambda c\phi$ es igual a

$$\lambda c\phi = \frac{P_s \tan\phi}{c} = \frac{17.02 \tan 19.4^\circ}{4.87}$$

$$\lambda c\phi = 1.23$$

Finalmente con $\lambda c\phi = 1.23$ y $\beta = 60^\circ$, se obtiene $N_{cf} = 6.3$ (Fig.II.C.2.i).

Sustituyendo valores en la desigualdad 2.5, se obtiene:

$$F_{cPe} = 1 \times 17.02 = 17.02 \text{ t/m}^2$$

$$F_{R \text{ Cu } N_{cf}} = 0.7 \times 4.87 \times 6.8 = 23.18 \text{ t/m}^2$$

Dado que $23.18 > 17.02$, el talud propuesto es estable.

Falla por subpresión

Debido a que por debajo del fondo de la excavación existe un estrato permeable (Fig.II.C.2.j) de arena, el cual puede comprometer la estabilidad del fondo de ésta por la subpresión ejercida sobre los materiales que se encuentran entre el fondo de la excavación y la frontera superior del estrato permeable, es necesario revisar una posible falla por subpresión.

El espesor mínimo (h) del estrato impermeable que garantice la

estabilidad del fondo de la excavación debe satisfacer la siguiente desigualdad

$$h > \left(\frac{\gamma_w}{\gamma_m} \right) h_w \quad (2.6)$$

(Ecuación 13, NTCDDC)

donde:

h : espesor de la capa impermeable.

h_w : altura piezométrica en el lecho inferior de la capa impermeable.

γ_w : peso volumétrico del agua.

γ_m : peso volumétrico del suelo entre el fondo de la excavación y el estrato permeable.

Para nuestro ejemplo, se tiene que

$$h = 4.8 \text{ m}$$

$$h_w = 3.6 \text{ m}$$

$$\gamma_m = 1.4 \text{ t/m}^3$$

de donde:

$$\left(\frac{\gamma_w}{\gamma_m} \right) h_w = \frac{1}{1.4} \times 3.6 = 2.57 \text{ m}$$

dado que $4.8 \text{ m} > 2.57 \text{ m}$, la excavación es estable. Sin embargo, para realizar la excavación en seco es recomendable utilizar bombeo de achique.

PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS DEL SUELO.

| ESTRATO N | PROF. Z m | ESPESOR D m | HUMEDAD W % | GAMA M γ/m^3 | COHESION C t/m^2 | ANG FRICCION grados |
|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 60.00 | 1.50 | 4.00 | 10.00 |
| 2 | 2.00 | 1.00 | 10.00 | 1.70 | 0.00 | 28.00 |
| 3 | 6.50 | 4.50 | 110.00 | 1.50 | 7.50 | 0.00 |
| 4 | 8.50 | 2.00 | 70.00 | 1.20 | 15.00 | 12.00 |

TABLA II.B.4.a.

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EJEMPLO

| COL A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V |
|--------|------------------|----|--------|------|------|------|------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------|------|--------|--------|--------|----------------|--------|-------|
| DOVELA | COHESION | FI | TAN FI | BASE | H1 | H2 | H3 | AREA1 | AREA2 | AREA3 | GAMA1 | GAMA2 | GAMA3 | PESO | ALFA | SEN A | TAN A | COS A | W*SEN AC+(W/B) | TAN FI | B |
| | t/m ² | | | m | m | m | m | m ² | m ² | m ² | t/m ³ | t/m ³ | t/m ³ | t/m | | | | | | | |
| 1 | 4.00 | 10 | 0.1763 | 0.37 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 4.33 | 66 | 0.4384 | 2.2460 | 0.4067 | 1.90 | 6.06 | 2.24 |
| 2 | 0.00 | 28 | 0.5317 | 0.75 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.75 | 0.38 | 0.00 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 3.76 | 52 | 0.7880 | 1.2799 | 0.6157 | 2.96 | 2.67 | 2.00 |
| 3 | 7.50 | 0 | 0.0000 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.38 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 5.16 | 43 | 0.6820 | 0.9325 | 0.7314 | 3.52 | 7.50 | 3.75 |
| 4 | 7.50 | 0 | 0.0000 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.33 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 5.09 | 35 | 0.5736 | 0.7002 | 0.8192 | 2.92 | 7.50 | 3.75 |
| 5 | 7.50 | 0 | 0.0000 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.68 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 5.61 | 29 | 0.4848 | 0.5543 | 0.8746 | 2.72 | 7.50 | 3.75 |
| 6 | 7.50 | 0 | 0.0000 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.71 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 5.67 | 22 | 0.3746 | 0.4040 | 0.9272 | 2.12 | 7.50 | 3.75 |
| 7 | 7.50 | 0 | 0.0000 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.71 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 5.67 | 16 | 0.2756 | 0.2867 | 0.9613 | 1.56 | 7.50 | 3.75 |
| 8 | 7.50 | 0 | 0.0000 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.73 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 5.69 | 9 | 0.1564 | 0.1584 | 0.9877 | 0.89 | 7.50 | 3.75 |
| 9 | 7.50 | 0 | 0.0000 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.75 | 1.50 | 1.70 | 1.50 | 5.73 | 3 | 0.0523 | 0.0524 | 0.9986 | 0.30 | 7.50 | 3.75 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18.90 | | 30.49 |

TABLA 11.B.4.b.

| W | X | Y | Z | AA | AI | AC | AD | AE | AF | AG |
|-------------|--------|----------------|-------------|--------|-------|--------------|--------|-------|--------------|------------|
| F=SUMB/SUMT | MALFA | V/X | F=SUMY/SUMT | MALFA | V/AA | F=SUMAB/SUMT | MALFA | V/AD | F=SUMAE/SUMT | SOBRECARGA |
| TAN A*TAN | | FI)/(F+1)COS A | | | | | | | | T/m |
| 1.61 | 0.5066 | 4.43 | 1.92 | 0.4908 | 4.57 | 1.93 | 0.4902 | 4.58 | 1.93 | 4.05 |
| 1.61 | 0.8759 | 2.28 | 1.92 | 0.8339 | 2.40 | 1.95 | 0.8305 | 2.41 | 1.93 | 2.00 |
| 1.61 | 0.7314 | 5.13 | 1.92 | 0.7314 | 5.13 | 1.95 | 0.7314 | 5.13 | 1.93 | 3.00 |
| 1.61 | 0.8192 | 4.58 | 1.92 | 0.8192 | 4.58 | 1.95 | 0.8192 | 4.58 | 1.93 | 3.00 |
| 1.61 | 0.8746 | 4.29 | 1.92 | 0.8746 | 4.29 | 1.95 | 0.8746 | 4.29 | 1.93 | 3.00 |
| 1.61 | 0.9272 | 4.04 | 1.92 | 0.9272 | 4.04 | 1.95 | 0.9272 | 4.04 | 1.93 | 3.00 |
| 1.61 | 0.9613 | 3.90 | 1.92 | 0.9613 | 3.90 | 1.95 | 0.9613 | 3.90 | 1.93 | 3.00 |
| 1.61 | 0.9877 | 3.80 | 1.92 | 0.9877 | 3.80 | 1.95 | 0.9877 | 3.80 | 1.93 | 3.00 |
| 1.61 | 0.9986 | 3.76 | 1.92 | 0.9986 | 3.76 | 1.95 | 0.9986 | 3.76 | 1.93 | 3.00 |
| | | 36.20 | | | 36.46 | | | 36.48 | | |

CONTINUACION TABLA II.B.4.b.

CALCULO DE EXPANSIONES ELASTICAS

| Estrato | sz t/m2 | sx t/m2 | sy t/m2 | E t/m2 | nu | ez | H m | de' m |
|---------|------------|------------|------------|-----------|--------|------------------|--------|------------------|
| 1 | 2.9965 | 0.2107 | 1.2948 | 800 | 0.4500 | 0.0029 | 3.0000 | 0.0087 |
| 2 | 1.2715 | 0.0050 | 0.5183 | 1600 | 0.2500 | 0.0007 | 2.0000 | 0.0014 |
| 3 | 0.6672 | -0.0067 | 0.2656 | 500 | 0.4500 | 0.0011 | 5.5000 | 0.0061 |
| 4 | 0.3840 | -0.0073 | 0.1438 | 1100 | 0.3500 | 0.0003 0.0050 | 6.0000 | 0.0018 0.0180 |

$ez = (sz - nu * (sx + sy)) / E$ $de' = ez * H$

TABLA II.B.4.c.

CALCULO DE EXPANSIONES METODO DE ZEEVAERT

| Estrato | de' m | r | de m |
|---------|------------------|--------|------------------|
| 1 | 0.0087 | 0.5876 | 0.0051 |
| 2 | 0.0014 | 0.3238 | 0.0005 |
| 3 | 0.0061 | 0.1995 | 0.0012 |
| 4 | 0.0018 0.0180 | 0.1236 | 0.0002 0.0070 |

$de = de' * r$

TABLA II.B.4.d.

CALCULO DE EXPANSIONES METODO DE ALBERRO

| Estrato | E t/m2 | nu | ez | H m | de m |
|---------|-----------|--------|--------|--------|------------------|
| 1 | 1200 | 0.4500 | 0.0019 | 3.0000 | 0.0058 |
| 2 | 2400 | 0.2500 | 0.0005 | 2.0000 | 0.0010 |
| 3 | 750 | 0.4500 | 0.0007 | 5.5000 | 0.0040 |
| 4 | 1650 | 0.3500 | 0.0002 | 6.0000 | 0.0012 0.0120 |

$de = ez * H$

TABLA II.B.4.e.

Tabla VI-5

Taludes recomendados en cortes

| TIPO DE MATERIAL | TALUD RECOMENDABLE | | | | OBSERVACIONES |
|--|--|-------------|--------------|---------------|---|
| | Hasta 5 m | De 5 a 10 m | De 10 a 15 m | Mayor de 15 m | |
| Granito sano y masivo. | | | | | Descopetar a 1/2:1 la parte intemperizada si la hay. |
| Granito sano fisurado en bloques. | | | | | Amacizar taludes según la disposición de los bloques. |
| Granito exfoliado, grandes bloques empacados en arena. | | | | | No se considera recomendable la construcción de berma en el cambio de talud. |
| Granito exfoliado, grandes bloques empacados en arcilla arenosa. | | | | | Se recomienda construir banqueta con el objeto de recibir en ella los pequeños desprendimientos que normalmente se presentan. |
| Granito totalmente intemperizado (tucuruaguay). | | | | | Si el producto de la intemperización del granito es arena fina, limosa o arcillosa, se recomienda proyectar banqueta de 1 m para cortes hasta de 15 m y de 3 m para cortes mayores. |
| Dioritas. | Se recomienda tomar en cuenta las mismas observaciones que se hacen para los granitos, dependiendo del grado de intemperismo de la roca. | | | | |
| Andesita fisurada, sin alteración. | | | | | Se recomienda amacizar siguiendo los planos de fisuramiento. |
| Andesita fracturada y poco alterada. | | | | | Se puede construir berma de 4 m al cambiar talud si la parte inferior del corte no contiene arcilla en las fracturas y éstas están cerradas. |
| Andesita fracturada y alterada. | | | | | Se recomienda descopetar con talud 1:1 la parte superficial más alterada. Si existe flujo de agua deberá proyectarse un subdrenaje adecuado. |

Tabla VI-5
(Continuación)

| TIPO DE MATERIAL | TALUD RECOMENDABLE | | | | OBSERVACIONES |
|---|--------------------|---|--------------|---------------|---|
| | Hasta 5 m | De 5 a 10 m | De 10 a 15 m | Mayor de 15 m | |
| Riolitas sanas o fracturadas en grandes bloques, con sistemas de fracturamiento a 90° horizontal y verticalmente. | | | | | Se recomienda amacizar siguiendo los planos de fracturamiento, así como descopetar a 1:1 la parte intemperizada. |
| Diabasa sana poco fracturada. | | | | | Se recomienda amacizar. |
| Basalto fracturado, sano. | | | | | Descopetar 1/2:1 la parte superior del corte si el fracturamiento es muy intenso. Si hay una capa intemperizada descopetar 1:1. |
| Basalto fracturado en bloques de todos tamaños. | | | | | Si los fragmentos están sueltos y sin suelo, o empacados en arcilla o limo suave con flujos de agua. |
| Basalto fracturado en bloques de todos tamaños. | | | | | Si los fragmentos están empacados en arcilla firme sin que existan flujos de agua. |
| Basalto muy fracturado y en proceso muy avanzado de intemperización. | | | | | En zonas muy lluviosas se recomienda construir al pie del talud una banqueta de 1 m para cortes hasta de 15 m y de 3.0 m para cortes mayores de 15 m. |
| Corrientes basálticas intercaladas con rocas piroclásticas y tezontles. | | Se recomienda definir el contacto entre el basalto y las rocas piroclásticas para darle a cada uno su talud correspondiente. Las rocas piroclásticas requieren talud de 1:1 si se encuentran sueltas o de 3/4:1, si se encuentran compactos o son materiales muy gruesos. | | | |
| Tezontle masivo. | | | | | Si el tezontle es de grano fino y está suelto, se propone aplicar las mismas recomendaciones que para el resto de las piroclásticas. |
| Tobas, tobas brechoideas, andesíticas, riolíticas o basálticas, sanas o ligeramente fisuradas. | | | | | Si están intemperizadas en la parte superior del corte, se recomienda descopetar el corte a 1/2:1. |
| Tobas, tobas brechoideas, andesíticas, riolíticas o basálticas, sanas o ligeramente fisuradas. | | | | | Si existe un flujo de agua importante, se recomienda construir berma de 4 m a la mitad de la altura, impermeabilizándola. |

Tabla VI-5
(Continuación)

| TIPO DE MATERIAL | TALUD RECOMENDABLE | | | | OBSERVACIONES |
|--|--------------------|-------------|--------------|---------------|---|
| | Hasta 5 m | De 5 a 10 m | De 10 a 15 m | Mayor de 15 m | |
| Tobas, tobas brechoides, riolíticas, andesíticas o basálticas poco intemperizadas. | | | | | Se recomienda descopetar a 3/4:1 la parte superior si el fracturamiento o intemperismo es intenso. |
| Tobas, tobas brechoides, riolíticas, basálticas o andesíticas muy intemperizadas. | | | | | Cambio de talud a la mitad de la altura en cortes mayores de 15 m. |
| Lutita dura y resistente, con echado casi horizontal, poco fracturada. | | | | | No construir contracunetas si no son bien impermeables. Descopetar a 3/4:1 la parte superior más intemperizada. |
| Lutita suave de resistencia media muy fracturada. | | | | | No construir contracunetas si no son bien impermeables. Descopetar 1:1 la parte superficial más intemperizada. |
| Areniscas sanas fuertemente cementadas, estratificación mal definida horizontal o a favor del corte. | | | | | Descopetar 3/4:1 la parte muy intemperizada. |
| Arenisca poco cementada, muy alterada con flujos de agua. | | | | | Descopetar 1:1 la parte superficial muy intemperizada. |
| Conglomerado brechoide bien cementado con matriz silicea o calcárea. | | | | | Se recomienda amacizar eliminando todos los fragmentos sueltos. |
| Conglomerado pobremente cementado con matriz arcillosa. | | | | | Si la matriz arcillosa se encuentra saturada o sometida a fuertes cambios de humedad, se recomienda para cortes mayores de 10 m construir banquetas de 1 m y bermas de 4 m a la mitad de la altura. |
| Caliza fracturada con echado casi a favor del corte con estratificación gruesa o mal definida. | | | | | Se recomienda descopetar 1:1 la parte superior alterada o muy fracturada. |
| Calizas sanas con estratificación fina horizontal o a favor del corte. | | | | | Descopetar 1:1. |

Tabla VI-5
(Continuación)

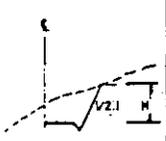
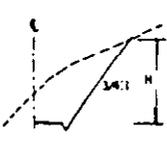
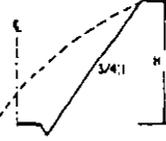
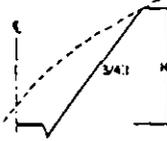
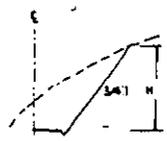
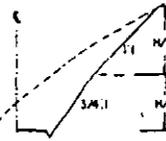
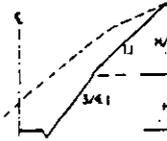
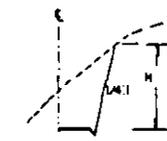
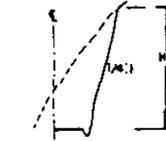
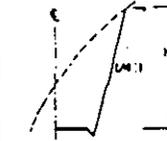
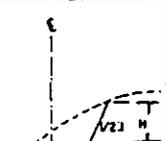
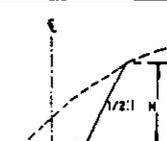
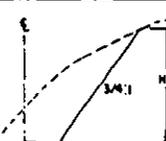
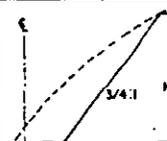
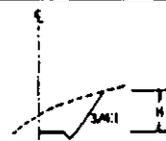
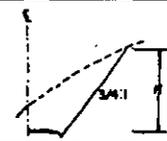
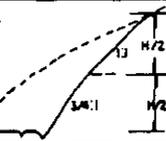
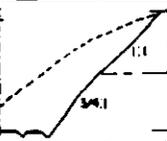
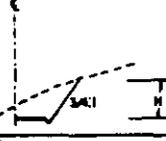
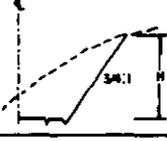
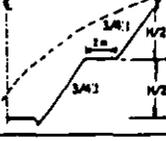
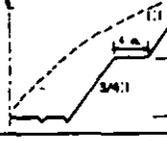
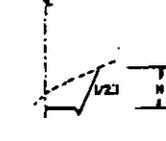
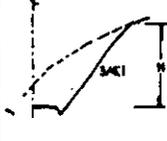
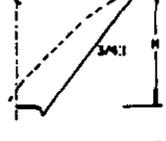
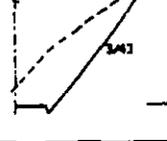
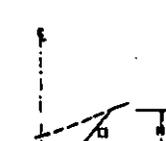
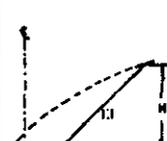
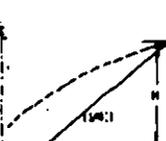
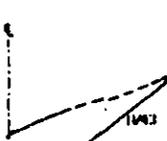
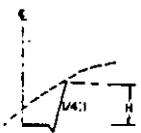
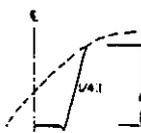
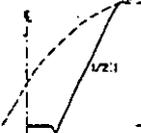
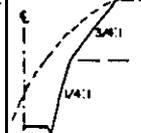
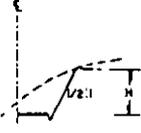
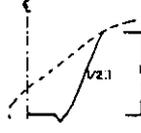
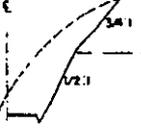
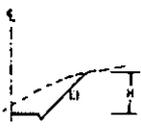
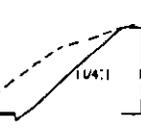
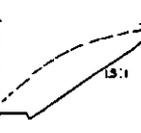
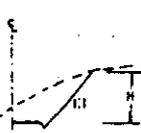
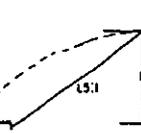
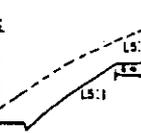
| TIPO DE MATERIAL | TALUD RECOMENDABLE | | | | OBSERVACIONES |
|--|---|---|---|--|---|
| | Hasta 5 m | De 5 a 10 m | De 10 a 15 m | Mayor de 15 m | |
| Caliza intemperizada con flujo de agua. |  |  |  |  | Proyectar subdrenaje con contracunetas impermeables. |
| Caliza sana con echado contra el corte entre 90° y 45°, con lubricante arcilloso entre estratos. | Dar el talud correspondiente al echado. Si la roca está muy fracturada, proyectar bermas impermeabilizadas de 4 m a la mitad de la altura. Contracunetas impermeables. | | | | |
| Caliza muy fracturada e intemperizada. |  |  |  |  | Contracuneta impermeable. |
| Caliza sana poco fracturada con echado contra el corte entre 30° y 45°. |  |  |  |  | Se puede considerar como si el echado fuera horizontal. |
| Caliza muy poco intemperizada y fracturada, con echado entre 45° y 30° contra el corte. |  |  |  |  | Descopetar la zona más fracturada a 1:1. Contracuneta impermeabilizada. |
| Pizarras | Mismas recomendaciones que para calizas. | | | | |
| Aglomerado medianamente compacto con finos no plásticos. |  |  |  |  | Contracuneta impermeabilizada, para cortes mayores de 10 m construir banquetas de 1.0 m en el pie del talud. |
| Aglomerado medianamente compacto con finos plásticos. |  |  |  |  | Contracunetas impermeabilizadas. Para corte mayor de 10 m proyectar bermas de 2 m a la mitad de la altura y para corte mayor de 15 m aumentar el ancho a 4 m. |
| Arenas limosas y limos compactos. |  |  |  |  | Descopetar 1:1 la parte superior más intemperizada, si son materiales fácilmente erosionables deberá proyectarse talud de 1:1 y proteger con pasto. |
| Arenas limosas y limos poco compactos. |  |  |  |  | Contracuneta impermeable. Descopetar a 1:1 a la parte más intemperizada. Para cortes mayores de 15 m proyectar banquetas de 3 m al pie del talud. |

Tabla VI-5
(Continuación)

| TIPO DE MATERIAL | TALUD RECOMENDABLE | | | | OBSERVACIONES |
|--|---|---|---|--|--|
| | Hasta 5 m | De 5 a 10 m | De 10 a 15 m | Mayor de 15 m | |
| Arenas limosas y limos muy compactos (tepetate). |  |  |  |  | Descopetar la parte superior suelta. |
| Arcillas poco arenosas firmes (homogéneas). |  |  |  |  | Descopetar 1:1 la parte intemperizada. Si existe flujo de agua proyectar subdrenaje. |
| Arcillas muy suaves expansivas y compresibles. |  |  |  |  | * Para cortes mayores de 15 m proyectar berma a la mitad de la altura bien drenada. |
| Caolín producto de la intemperización de granitos o dioritas. |  |  |  | | Cubrir con pasto el talud para cortes mayores de 8 m proyectar berma de 6 m bien drenada. (altura máxima 16 m) |
| Arenas limpias poco o nada compactas. | Su ángulo de fricción interna con banquetas de 1.00 m en la base. | | | | Cubrir los taludes con pasto. |
| <p>* La construcción de la berma requerirá de una contrapendiente con objeto de drenar el agua por medio de cunetas que deberán ser impermeables, pues si no lo son se podría tener una filtración que pondría en peligro la parte inferior del corte al establecerse una superficie de falla ocasionada por la disminución de la resistencia al esfuerzo cortante del material por efecto de la filtración.</p> | | | | | |

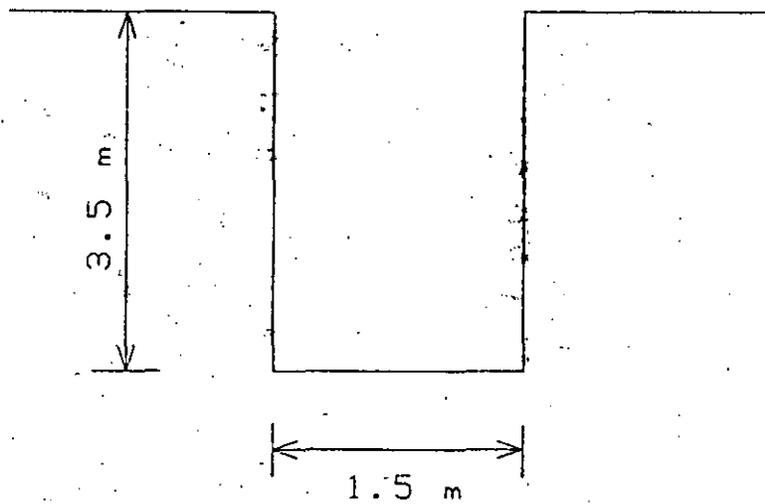


FIG. II.B.4.º GEOMETRIA DE LA EXCAVACION

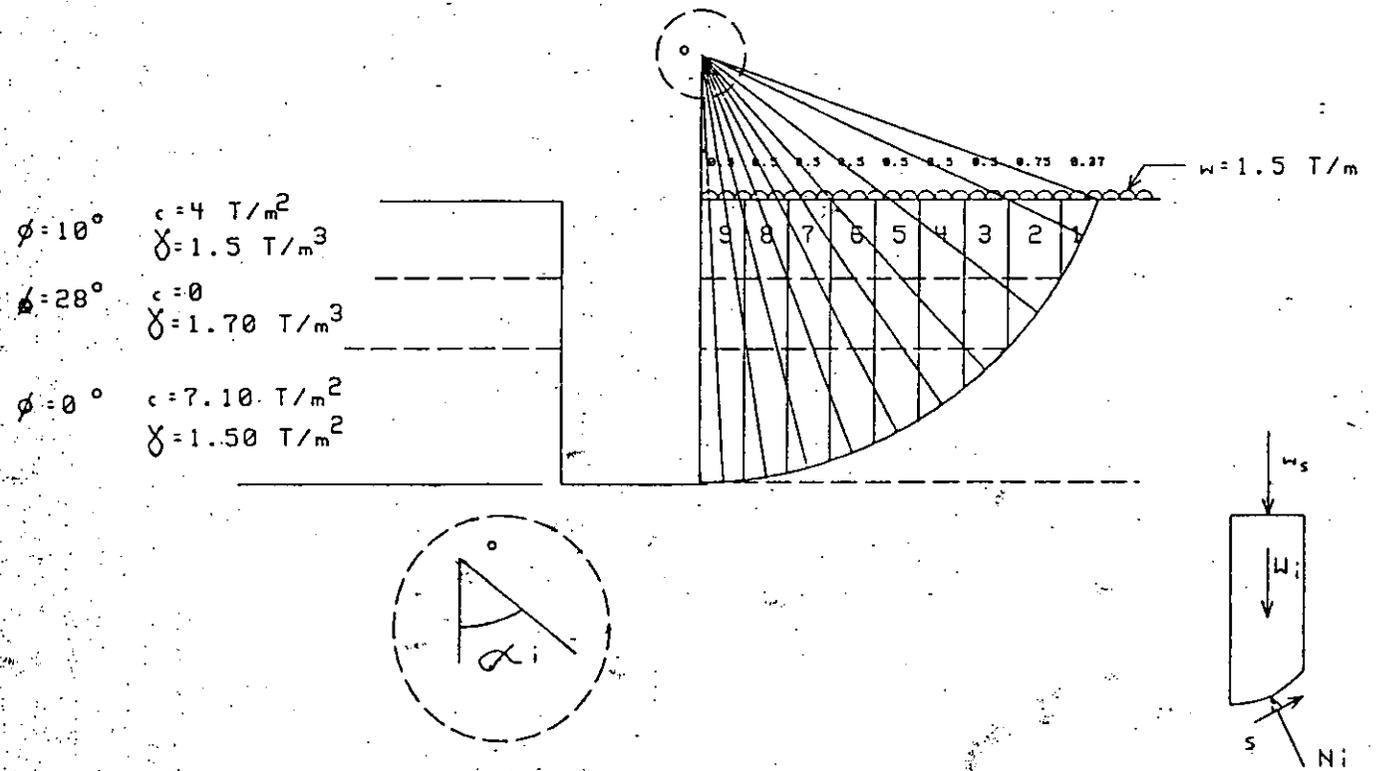


FIG. II.B.4.c SECCION TRANSVERSAL DEL TALUD VERTICAL

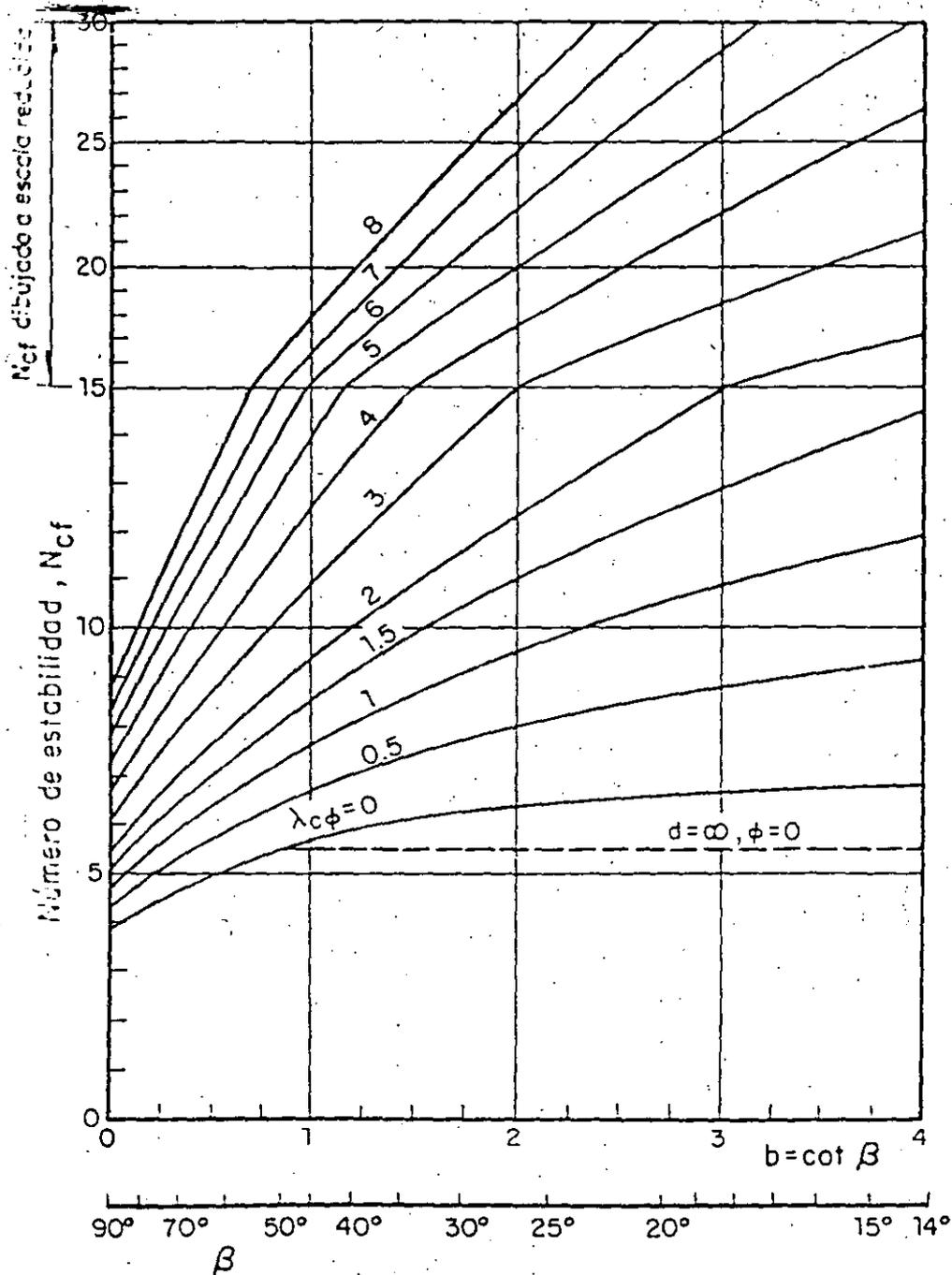


FIGURA I.B.1.f.- FACTOR $\lambda_c \phi$

EX CAVALCIN SIN ADENL EN BNA I CON TALUD



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

V CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION

MODULO: I

MOVIMIENTOS DE TIERRAS

MECANISMO DE CONTROL POR COMPUTADORA

ING. ARTURO FLORES ALDAPE

I. INTRODUCCION

La computación se presenta en la actualidad como una herramienta de uso práctico e inmediato que conduce a la toma de decisiones acertadas sobre aspectos tales como Presupuestos, Análisis de Precios Unitarios, Control de Obra, Sistemas de Apoyo al Diseño tanto Arquitectónico como Industrial.

Dadas las circunstancias económicas por las que atraviesa el País, es necesario hacer más eficiente nuestro trabajo tanto en la parte técnica como en la parte administrativa de las obras, puesto que la falta de control atenta contra el aspecto fundamental de cualquier obra que es el ECONOMICO.

El uso de métodos computarizados se justifica plenamente por el volumen de datos que se generan dentro de una empresa constructora, ya que el proceso en forma manual requiere un gran esfuerzo tanto humano como de recursos, ocupando también una gran cantidad de tiempo.

En un informe de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción encontramos que de una muestra de 50 empresas constructoras el 92 % de dichas empresas cuenta con equipo de computo. Asimismo dentro de ese 92 %, el 90% procesa su información en microcomputadoras.

La ventaja del uso de microcomputadoras radica en su inmediata utilización, a lo que se agrega el gran volumen de paquetería para muy diversas aplicaciones que existe en el mercado.

El hecho anterior permite que el usuario final de la microcomputadora no requiere tener conocimientos amplios de computación para desarrollar sus aplicaciones. En el campo de la construcción y el control de las obras existen múltiples sistemas de aplicación inmediata: como son Sistemas de Precios Unitarios, Control de Inventarios, Control de Avances de Obra, Programación de obras mediante Ruta Crítica, etc.

Para una adecuada selección de equipo y de los sistemas computacionales se deben tomar en cuenta los factores problema más representativos como son:

- Obsolescencia e incompatibilidad de los equipos
- Servicio de mantenimiento
- Soporte técnico de los programas
- Uso de paquetes incompletos o poco documentados
- Falta de información sobre actualizaciones
- Deficiencias en los paquetes sobre todo en cálculos muy especializados

Para el caso de los especialistas en computación a la búsqueda de necesidades de paquetes para desarrollar tenemos los siguientes por orden de necesidad:

- Programas para Planeación de Obras
- Programas de Administración de obras
- Programas de Ingeniería
- Programas de Control de Estimaciones
- Programas de Control Financiero

Aun cuando queda mucho camino por recorrer en el campo de la computación aplicada a la Construcción, el futuro se presenta muy prometedor en este campo. En un futuro no lejano se contará con computadoras instaladas directamente en la obra con comunicación directa al sistema general de la empresa u organismo controlador. En cuanto al costo de instalación y de desarrollo de equipos y sistemas, dado el volumen de competencia que existe en el mercado, es muy probable que tienda a ser menos representativo dentro de los gastos indirectos y traiga consigo además un mayor aprovechamiento de los recursos humanos.

II. TIPOS DE SISTEMAS

Independientemente de los paquetes comerciales de aplicación especializada como pueden ser: Precios Unitarios, Ruta Crítica, Control de Estimaciones, etc. existen cuatro grandes aplicaciones que permiten el uso de las microcomputadoras sin necesidad de desarrollar paquetes especializados.

Estas son las siguientes:

PROCESADORES DE PALABRAS

HOJAS DE CALCULO ELECTRONICAS

PROCESADORES DE BASES DE DATOS

AYUDAS PARA EL DISEÑO (CAD)

En el caso de los procesadores de palabra su uso va más encaminado a labores de tipo secretarial y para la redacción de informes técnicos o administrativos. No tienen una gran relevancia en el control de las obras.

Por el lado de los Sistemas de Ayuda para el Diseño su aplicación se orienta más hacia labores de proyecto aún cuando pueden aprovecharse para la misma obra como apoyo de gabinete.

El uso de Hojas de Cálculo Electrónicas representa un gran apoyo

para los mecanismos de control de la obra, ya que existen paquetes de muy fácil aplicación que lo mismo sirven para desarrollar precios unitarios que elaborar programas de obra y programas de avance físico financiero.

Por otro lado cuando se cuenta con un gran volumen de información de características afines se recomienda el uso de Paquetes de manejo de bases de datos muchos de los cuales con la práctica permiten desarrollar aplicaciones propias tales como Precios Unitarios, Control de recursos, Control de almacenes, Control de inventarios, Nóminas, etc.

El uso de Hojas de Cálculo o bien de Sistemas de manejo de bases de datos está sujeto al volumen de la información y a la complejidad de los cálculos requeridos.

III. LA PLANEACION INICIAL DE LA OBRA

Para desarrollar este capítulo partamos de una base dentro de la práctica común en la construcción en México. La contratación de las obras mediante el mecanismo de licitación pública o concurso de obra a precios unitarios.

Los primeros pasos dentro de un concurso de obra se refieren a los tramites administrativos para la inscripción al mismo concurso. El control en este paso se refiere únicamente al control de la documentación necesaria para ser aceptado como proponente al concurso. Una simple relación de los documentos necesarios lleva a cabo el control de esta etapa.

Cuando se cuenta con las bases del concurso es necesario elaborar un control mas ordenado de la documentación que debe acompañar a la propuesta. Las reglas del juego en los concursos de obra son muy estrictas, dado que la falta de un solo documento puede motivar la descalificación al concurso de obra. El control de esta parte debe llevarse muy rigurosamente para evitar probables descalificaciones. El costo en sí de la elaboración de un concurso motiva a un adecuado control de los tiempos y la integración de la documentación.

La parte más importante dentro de la elaboración de un concurso de obra lo es indudablemente la elaboración del presupuesto de obra.

Los pasos que se recomiendan para la obtención del presupuesto de obra se mencionan a continuación haciendo notar que la selección del paquete de computadora para la elaboración de los precios unitarios y la obtención del presupuesto correspondiente debe cubrir los pasos en la medida más cercana.

Corresponde al responsable de la elaboración de los precios y presupuestos aceptar el mecanismo de control o bien de acuerdo a su experiencia acoplar un sistema ya elaborado a su forma de trabajo.

Partamos de las siguientes bases.

No se ha definido el indirecto de obra puesto que éste será producto del importe de la misma en costo directo y del programa de ejecución de la obra.

Se tomarán en cuenta todos los aspectos de dificultad o facilidades en la elaboración del presupuesto correspondiente, lo anterior será producto de la o las visitas al lugar de la obra.

La obtención de los precios unitarios se hará en una primera versión sin costos para obtener la explosión de materiales correspondientes.

Una vez establecido lo anterior procederemos a mencionar los pasos a seguir en la elaboración del presupuesto inicial.

REVISION DEL CATALOGO DE CONCEPTOS

Esto se refiere al análisis detallado del catálogo de conceptos para precisar la elaboración de las matrices correspondientes.

OBTENCION DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Para este paso se obtienen las matrices de los precios unitarios tomando en cuenta tanto los materiales, mano de obra y equipo necesarios para cada concepto del catálogo. Los precios de los insumos no importan en esta etapa.

OBTENCION DE LA EXPLOSION DE INSUMOS

A partir de la obtención de los primeros precios unitarios se procede a sumarizar los insumos obteniendo una relación de materiales, mano de obra y equipo necesarios para la ejecución de los conceptos en el catálogo de materiales.

MERCADEO DE MATERIALES

Este paso del proceso es muy importante puesto que permitirá una completa evaluación del presupuesto tomando en cuenta todos los factores del mercado como pueden ser financiamientos, descuentos, mejor precio por compras masivas, mejores proveedores, aprovechamiento de materiales en el lugar y finalmente una perspectiva amplia que servirá para la misma ejecución de la obra.

REANALISIS DEL PRESUPUESTO CON EL MERCADEO DE INSUMOS

Una vez obtenido el inventario de los insumos del presupuesto se procede al cálculo de los factores que intervienen en la mano de obra para obtener el factor de salario real.

Junto con este factor se procede a actualizar el valor de los

insumos correspondientes dentro de las matrices de precios unitarios obteniendo de esta manera el presupuesto valorizado a costo directo para el catalogo de precios en estudio.

Si se desea la obtención de otra u otras alternativas de presupuesto en base la aplicación de factores tanto en materiales como en mano de obra o maquinaria y equipo, el sistema seleccionado de precios unitarios debe permitir esta posibilidad.

CALCULO DEL FACTOR DE INDIRECTOS

Una vez obtenido el presupuesto de obra a costo directo y en base al programa de obra realizado se procede al cálculo del factor de indirectos en función de la duración de la misma obra y a las necesidades que se deriven según el proceso constructivo en función de los frentes de ataque, o bien por las características mismas en cuanto al flujo de recursos de la misma obra.

La combinación del presupuesto de obra y el programa de avance físico financiero de la misma nos permitirá la toma de decisiones adecuada para la presentación de la propuesta correspondiente. Por consiguiente es recomendable que en la toma de decisiones para la adquisición de equipo o paquetes se tome en cuenta que dichos equipos o paquetes cumplan adecuadamente los pasos a seguir en la elaboración de presupuestos y programas de obra.

El uso de hojas de cálculo es muy recomendable para la obtención de programas de obra valorizados y aun de precios unitarios y presupuestos de obra permitiendo la obtención de varias alternativas a un tiempo razonablemente corto.

Cuando el volumen es bastante considerable es recomendable recurrir a la adquisición de paquetes ya desarrollados cuidando como ya comentamos que cubra lo más posible nuestras necesidades.

IV. EL CONTROL (EJEMPLOS DE APLICACION)

CONTROL DE PROGRAMAS DE OBRA

El ANEXO NUM 1 muestra una hoja de trabajo elaborada en LOTUS 123 para el control de fechas de programación.

Se encuentra dividido en columnas, cada una de las cuales con un título. Las primeras columnas provienen del programa original de la obra elaborado por algún procedimiento que produce las fechas de inicio y terminación programadas; las columnas mencionadas son las siguientes:

CLAVE: se refiere a la clave presupuestal o de actividad.

CONCEPTO: representa el nombre de la actividad o clave presupuestal.

UNIDAD: la unidad en que se controla o mide la actividad.

CANTIDAD: es la cantidad de unidades del presupuesto de obra correspondiente.

FECHA DE INICIO: La fecha probable de inicio de la actividad según el programa de ruta crítica.

FECHA DE TERMINACION: La fecha probable de terminación de acuerdo al mismo programa.

Las columnas siguientes son las propias del control en sí a través de la hoja de cálculo:

La columna correspondiente a RENDIMIENTO TEORICO se obtiene de dividir la cantidad de obra entre la duración del evento.

La FECHA DE INICIO REAL es producto de la obtención de datos reales en obra y se refleja junto con la duración del evento en modificaciones reales a la fecha de TERMINACION que es la siguiente columna. Esta columna se calcula sumando la duración del evento a la fecha de inicio real.

El AVANCE TEORICO se calcula haciendo intervenir la fecha de corte o de observación en el cálculo, esto se hace de manera lineal de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{AVANCE TEORICO} = \frac{(\text{FECHA DE CORTE} - \text{FECHA DE INICIO})}{(\text{FECHA DE TERMINACION} - \text{FECHA INIC})}$$

Para este caso las fechas que se toman son las del programa inicial.

El AVANCE SEGUN FECHAS se calcula de igual manera pero haciendo intervenir ahora las fechas modificadas.

La columna siguiente se refiere al avance real detectado en obra, producto de los informes de los responsables correspondientes.

En seguida tenemos dos columnas de desviaciones:

DESVIACION TEORICA que se calcula restando el avance real del avance teórico.

DESVIACION REAL calculada a partir del avance real, restándole el avance según las fechas actualizadas.

La columna de rendimiento real se calcula en base al avance de obra y a las cantidades de obra del presupuesto de la manera siguiente:

RENDIMIENTO REAL = (AVANCE REAL x CANTIDAD) / DIAS TRANSCURRIDOS

La CANTIDAD POR EJERCER es la diferencia entre lo ejecutado según el avance y la cantidad de obra.

Involucrando la cantidad por ejercer y el rendimiento real obtenido se obtiene el número de días necesarios para la terminación del evento los cuales sumados a la fecha de corte nos permiten obtener LA FECHA REAL DE TERMINACION del evento.

CONTROL DE AVANCE FISICO FINANCIERO

El ANEXO NUMERO 2 es un ejemplo de control de avance financiero de acuerdo a los avances de obra detectados en el ejemplo anterior.

Como se podrá observar en este caso involucramos el precio unitario correspondiente lo que nos permite obtener por simple multiplicación el importe de estimación correspondiente.

Al final de la hoja se obtiene el TOTAL DE LA ESTIMACION sumando únicamente los valores correspondientes.

ANEXO NUM 1 EJEMPLO DE APLICACION DE LOTUS PARA CONTROL DE PROGRAMAS DE OBRAS

| CLAVE | CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | FECHA DE INICIO | FECHA DE TERMINAC. | RENDIMIENTO TEORICO | FECHA DE INIC REAL | FECHA DE TER PROG | AVANCE TEORICO | AVANCE S/FECHAS | AVANCE REAL | DESVIACION TECNICA | DESVIACION REAL | RENDIMIEN REAL | CANTIDAD POR EJECUT | DIAS NECESARIOS | FECHA REAL TERMINACIO |
|-------|---------------------|--------|----------|-----------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------------|--------------------|-----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------|
| 1427 | EXCAVACION A MANO | M3 | 8.85 | 02-Sep-89 | 09-Sep-89 | 1.26 | 04-Sep-89 | 11-Sep-89 | 100.00% | 94.45% | 50.00% | -50.00% | -44.45% | 0.67 | 4.43 | 7 | 17-Sep-89 |
| 1428 | CONCRETO CICLOPEO | M3 | 8.85 | 05-Sep-89 | 11-Sep-89 | 1.48 | 05-Sep-89 | 11-Sep-89 | 93.53% | 93.53% | 25.00% | -68.53% | -68.53% | 0.39 | 6.64 | 17 | 27-Sep-89 |
| 1429 | ENRASE DE CIMENTAC. | M2 | 7.93 | 07-Sep-89 | 13-Sep-89 | 1.32 | 07-Sep-89 | 13-Sep-89 | 60.20% | 60.20% | 0.00% | -60.20% | -60.20% | 0.00 | 7.93 | 6 | 16-Sep-89 |
| 1425 | CINBRA COMUN | M2 | 15.86 | 09-Sep-89 | 15-Sep-89 | 2.64 | 09-Sep-89 | 15-Sep-89 | 26.86% | 26.86% | 0.00% | -26.86% | -26.86% | 0.00 | 15.26 | 5 | 16-Sep-89 |
| 1430 | ARMEX 15 X 15 X 3 | ML | 41.6 | 11-Sep-89 | 15-Sep-89 | 10.40 | 11-Sep-89 | 15-Sep-89 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00 | 41.60 | 4 | 15-Sep-89 |
| 1426 | CONCRETO F' C = 150 | M3 | 1.19 | 16-Sep-89 | 18-Sep-89 | 0.60 | 16-Sep-89 | 18-Sep-89 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00 | 1.19 | 2 | 18-Sep-89 |

ANEXO NUM 2 EJEMPLO DE APLICACION DE LOTUS PARA CONTROL DE AVANCE FISICO FINANCIERO

| CLAVE | CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | AVANCE ANTERIOR | AVANCE REAL | CANTIDAD POR EJECUT | PRECIO UNITARIO | OBRA EJECUTADA | IMPORTE ESTIMACION |
|-------|---------------------|--------|----------|--------------------|----------------|------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| 1427 | EXCAVACION A MANO | M3 | 8.85 | 0.00% | 50.00% | 4.43 | 14,809.42 | 4.43 | 65,531.68 |
| 1428 | CONCRETO CICLOPEO | M3 | 8.85 | 0.00% | 25.00% | 6.64 | 111,750.62 | 2.21 | 247,248.25 |
| 1429 | ENRASE DE CIMENTAC. | M2 | 7.93 | 0.00% | 0.00% | 7.93 | 24,708.75 | 0.00 | 0.00 |
| 1425 | CIMBRAS COMUN | M2 | 15.86 | 0.00% | 0.00% | 15.86 | 11,713.19 | 0.00 | 0.00 |
| 1430 | ARMEX 15 X 15 X 3 | NL | 41.6 | 0.00% | 0.00% | 41.60 | 9,339.94 | 0.00 | 0.00 |
| 1426 | CONCRETO F' C = 150 | M3 | 1.19 | 0.00% | 0.00% | 1.19 | 163,250.90 | 0.00 | 0.00 |
| | | | | | | | | TOTAL | \$312,779.93 |

60