

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

(23 al 28 de junio de 1980)

<u>F E C H A</u>	<u>H O R A</u>	<u>T E M A</u>	<u>P R O F E S O R</u>
LUNES 23 DE JUNIO	9:00- 9:30	INTRODUCCION	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
"	9:30-11:30	PLANEACION	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
"	11:30-11:40	D E S C A N S O	
"	11:40-13:00	MOTOESCROPAS	ING. JULIO CESAR ACEVES SERRANO
"	13:00-14:00	C O M I D A	
"	14:00-15:10	MOTOESCROPAS	ING. JULIO CESAR ACEVES SERRANO
"	15:10-15:20	D E S C A N S O	
"	15:20-18:00	TRACTORES	ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO
MARTES 24 DE JUNIO	9:00-10:10	RETROEXCAVADORAS	ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO
"	10:10-10:20	D E S C A N S O	
"	10:20-11:30	CARGADORES	ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO
"	11:30-11:40	D E S C A N S O	
"	11:40-13:00	OTROS EQUIPOS	ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO
"	13:00-14:00	C O M I D A	
"	14:00-15:30	TALLER	ING. EMILIO GIL VALDIVIA
"	15:30-15:40	D E S C A N S O	
"	15:40-18:00	CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS	ING. VICENTE SAISO SEMPERE

<u>F E C H A</u>	<u>H O R A</u>	<u>T E M A</u>	<u>P R O F E S O R</u>
MIERCOLES 25 DE JUNIO	9:00-11:40	COMPACTACION	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
"	11:40-11:50	D E S C A N S O	
"	11:50-13:00	EXPLORACION DE ROCAS	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
"	13:00-14:00	C O M I D A	
"	14:00-15:30	EXPLORACION DE ROCAS	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
"	15:30-15:40	D E S C A N S O	
"	15:40-18:00	TALLER	ING. FELIPE LOO GOMEZ
JUEVES 26 DE JUNIO	9:00-11:20	RHEMPLAZO DE EQUIPO	ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ
"	11:30-11:30	D E S C A N S O	
"	11:30-13:00	TALLER	ING. JORGE H. DE ALBA CASTANEDA
"	13:00-14:00	C O M I D A	
"	14:00-18:00	TECNICAS DE PRODUCCION DE ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA AGREGADOS	

<u>F E C H A</u>	<u>H O R A</u>	<u>T E M A</u>	<u>P R O F E S O R</u>
VIERNES 27 DE JUNIO	9:00-10:10	PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
"	10:10-10:30	D E S C A N S O	
"	10:30-13:00	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
"	13:00-14:00	C O M I D A	
"	14:00-16:30	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. JOSE PIÑA GARZA
"	16:30-16:40	D E S C A N S O	
"	16:40-18:00	EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO	ING. JOSE PIÑA GARZA
SABADO 28 DE JUNIO	9:00-11:45	CONTROL	ING. JOSE CARREÑO ROMANI
"	11:45-12:00	D E S C A N S O	
"	12:00-14:00	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	ING. LEON ROBERTO LEON RENDON
"	14:00-14:30	CLAUSURA	







DIRECTORIO DEL CURSO MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES
Y TERRACERIAS 1980.

1. ING. JULIO CESAR ACEVES SERRANO
Asesor Técnico de la División de Construcción Pesada
ICA
Minería 145 Edificio I 2º Piso
México 18, D.F.
Tel. 277.72.97
2. ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
Director General
Grupo Ingeniería Integral, S.A.
Adolfo Prieto No. 430
México 12, D.F.
Tel. 536.03.29
3. ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
Gerente de Ingeniería de Ventas
Compacto, S.A. de C.V.
Tonalá 130-1º
México 7, D.F.
Tel. 574.34.33
4. ING. JOSE CARREÑO ROMANI
Gerente de Obra Civil
Comisión de Vialidad y Transporte Urbano
D.D.F.
Av. Juárez No. 42 Edificio B, 1º Piso
México 1, D.F.
Tel. 585.10.11 Ext. 215
5. ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO
Gerente de Nuevos Proyectos
Dextrum Agrupación
Salvador Alvarado No. 144
México 18, D.F.
Tel. 277.47.00
6. ING. JORGE HUMBERTO DE ALBA CASTAÑEDA
Jefe de Supervisión de Delegaciones Xochimilco y Tlahuac
ICATEC, S.A.
Av. Sn. Fernando No. 469 -2º Piso
México 22, D.F.
Tel. 655.01.84

7. **ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA**
Vicepresidente
ICA Internacional
Minería 145 Entrada 1 Edificio 2 3º Piso
México 18, D.F.
Tel. 516.04.60 Ext. 320
8. **ING. EMILIO GIL VALDIVIA**
Subgerente de Obras Civiles
Comisión de Vialidad y Transporte Urbano
D D.F
Av. Juárez No. 42 Edificio B -1º Piso
México 1, D.F.
Tel. 518.66.55
9. **ING. LEON ROBERTO LEON RENDON**
Profesor del Area de Construcción
Laboratorio de Estudios 1º Piso
UAM
Av. Sn. Pablo No. 180
Azcapotzalco
México 16, D.F.
Tel. 382.50.00 Ext. 274
10. **ING. FELIPE LOO GOMEZ**
Supervisor General de Obra Civil
Dirección General de Aeropuertos
SAHOP
Chiapas No. 121-1º Piso
México 7, D.F.
Tel. 574.82.25
11. **ING. JOSE PIÑA GARZA**
Gerente del Area de Desarrollo Urbano
ICATEC, S.A.
Sn. Francisco No. 25-2º Piso
México 12, D.F.
Tel. 543.18.54
12. **ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ**
Coordinador General de Prácticas de Ingeniería Civil
División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica
Facultad de Ingeniería
UNAM
México 20, D.F.
Tel. 48.96.69
13. **ING. VICENTE SAISO SEMPERE**
Director General
Constructores del País, S.A.
Luis G. Urbina No. 4-201
México 5, D.F.
Tel. 254.01.33

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

(1)

CURSO: MOVIMIENTO DE TIERRAS:
EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

FECHA: Del 23 al 28 de Junio de 1980.

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
CONFERENCISTA				
1. Fernando Favela Lozoya				
2. Julio César Aceves Serrano				
3. Carlos Manuel Chavarrí Maldonado				
4. Emilio Gil Valdivia				
5. Vicente Saiso Sempere				
6. Federico Alcaraz Lozano				
7. Felipe Loo Gómez				
8. Pedro Luis Benítez Esparza				
9. Ernesto Mendoza Sánchez				

ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

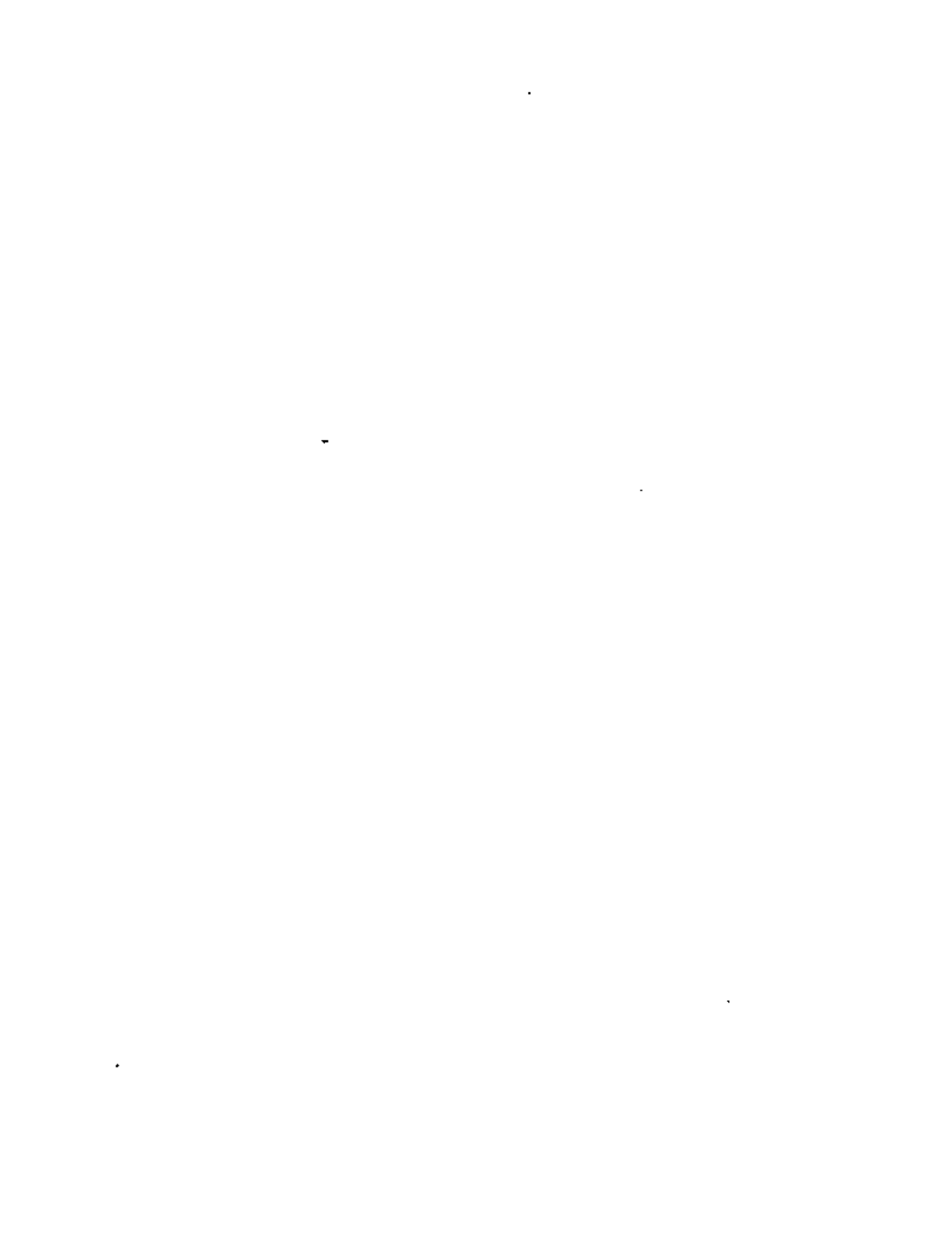
()
b

CURSO:

FECHA:

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
CONFERENCISTA				
1. Jorge Humberto de Alba Castañeda				
2. José Piña Garza				
3. José Carreño Román				
4. Leon Roberto León Rendón				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				

ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10



EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA
Introducción				
Planeación				
Motoescrapas				
Tractores				
Retroexcavadoras				
Cargadores				
Otros Equipos				
Taller				
Cuidado del equipo de tenacerfas				
Compactación				



EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
Explotación de Rocas					
Técnicas de Producción de Agregados					
Reemplazo de equipo					
Principales factores que influyen en la selección de equipo					
Métodos de selección de equipo					
El equipo de construcción en el proceso inflacionario					
Control					
Estudios de tiempos y movimientos					

EVALUACION DEL CURSO

③

	CONCEPTO	EVALUACION
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO CON EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10



1. ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE	AGRADABLE	DESAGRADABLE

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR ANUNCIO TITULADO DE VISION DE EDUCACION CONTINUA	PERIODICO NOVEDADES ANUNCIO TITULADO DE VISION DE EDUCACION CONTINUA	FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL	RADIO UNIVERSIDAD	COMUNICACION CARTA, TELEFONO, VERBAL, ETC.

REVISTAS TECNICAS	FOLLETO ANUAL	CARTELERA UNAM "LOS UNIVERSITARIOS HOY"	GACETA UNAM

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL PARTICULAR	METRO	OTRO MEDIO

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI	NO

6. ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7. La coordinación académica fue:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA

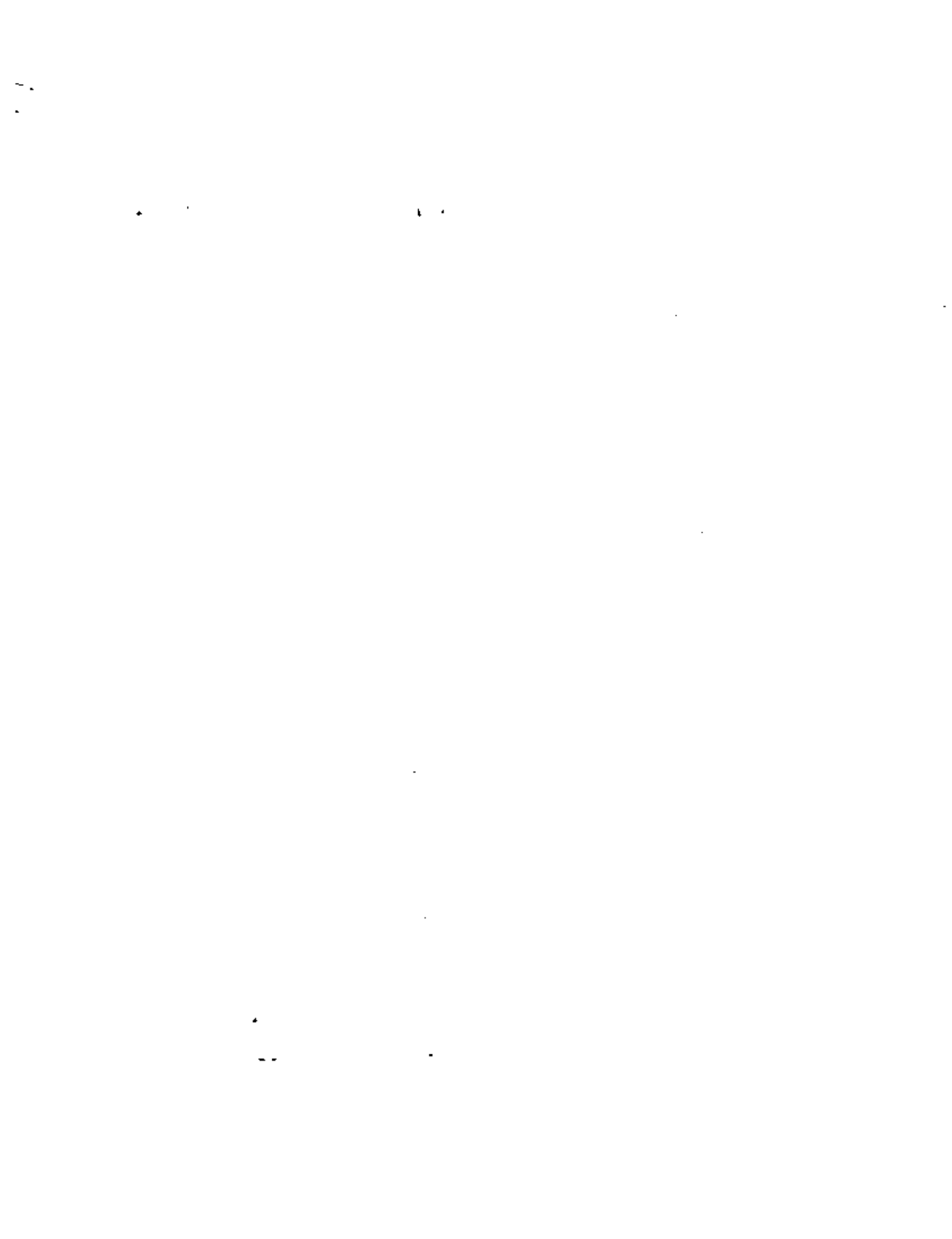
8. Si está interesado en tomar algún curso intensivo ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES DE 9 A 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON COMIDAS)	LUNES A VIERNES DE 17 A 21 H.	LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H.	MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H.	VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 Y DE 14 a 18 H.	O T R O

9. ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10. Otras sugerencias:









centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

PLANEACION

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

JUNIO, 1980

.....

.....

.....

.....

.....

INTRODUCCION

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.

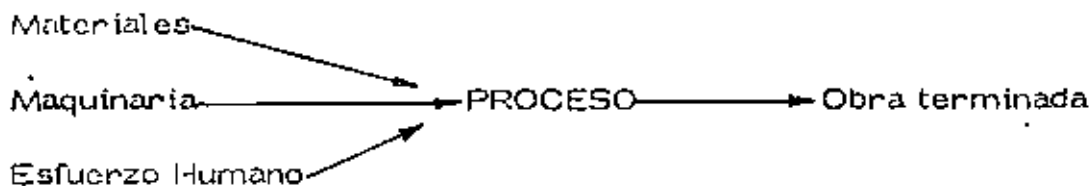
MÓVIMIENTO DE TIERRAS

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.

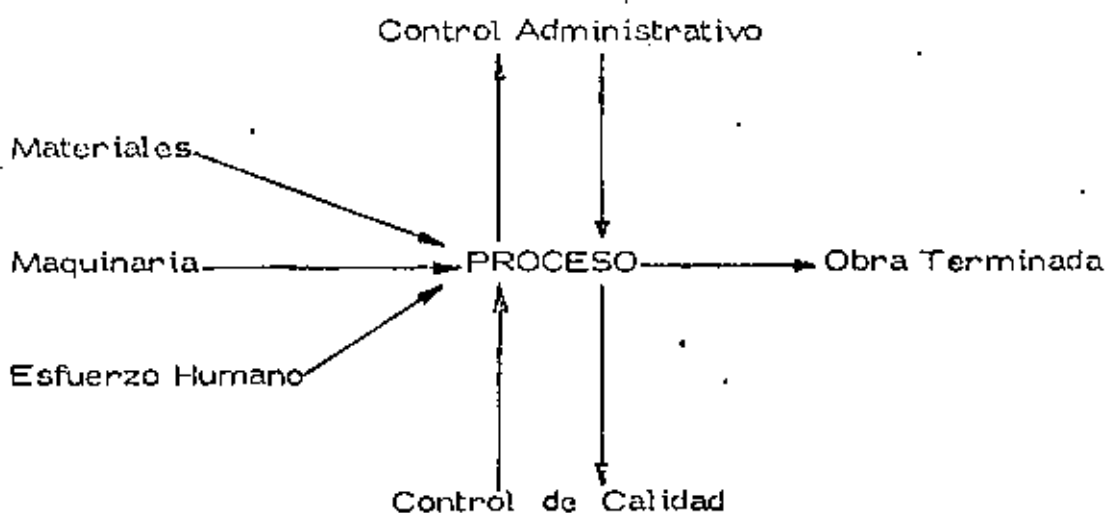


Como habíamos dicho antes el proceso puede ser uno o varios, pero también podremos dividirlo en subprocesos, cada uno de los cuales producirán una parte de la obra, estos pueden ser simultáneos o en cadena, y es usual que estos subprocesos se analicen por separado para definir los procedimientos de construcción que producirán la obra que deseamos.

CONTROLES

A lo largo de la ejecución deberemos revisar que nuestro esfuerzo nos vaya llevando a la obra terminada tal y como lo concebimos. Es fácil comprender que no conviene esperar al fin de la obra para revisar si ésta coincide con la diseñada, y si nuestra planeación se cumplió; esto es, si las cantidades y calidades que calculamos usar de nuestros recursos realmente fueron las utilizadas. Si algo falla; lo planeado no coincidirá con lo ejecutado. A la revisión del uso de los recursos a lo largo de la ejecución se le llama Control Administrativo. A la revisión de la calidad de la obra en todas sus partes a fin de que realmente ésta sea la diseñada se le denomina Control de Calidad. Estos controles consisten en tomar muestras a lo largo del proceso y compararlas con los estándares tomados de la planeación; en realidad constituyen en sí un proceso capaz también de ser planeado. Este tipo de procesos se denominan de Control o Retroalimentación. Si en estos procesos se encuentran desviaciones significativas con el estándar actúan sobre los procedimientos de construcción para corregir las desviaciones y acercar el producto al estándar.

Puede pues representarse la construcción y sus controles con el siguiente esquema.



2 Las políticas se han definido como declaraciones generales o conocimientos que guían la toma de decisiones de los subordinados en los diversos departamentos de una empresa. ¿Es necesario que estas declaraciones se pongan por escrito a fin de que se consideren como políticas (sí/no).

decisiones

3 Sea que estén o no escritas, las políticas sirven como una guía amplia y general para la toma de _____ en una organización.

nivel

4 Las políticas pueden clasificarse de diferentes maneras. Una clasificación útil está basada en el nivel organizacional de los administradores afectados. De esta manera, políticas básicas, generales y departamentales identifican el _____ organizacional de la aplicación de la política.

superior

5 Las políticas básicas que son de finalidades muy generales y que afectan a toda la organización las usan principalmente los administradores de nivel (superior/medio/de primera línea)

básica

6 Una política de mercado para un producto por cada uno de los productos ofrecidos por un competidor e importancia es un ejemplo de una política _____.

medio

7 La política general, la cual es más específica, típicamente se aplica a grandes secciones de la organización pero ordinariamente no a toda ella. La usan generalmente los administradores de nivel _____ (superior/medio/de primera línea)

general

8 Una política acerca de que los agentes de compras deben trabajar con contratistas locales, donde sea posible, es un ejemplo de una política _____.

de primera
línea

9 La política departamental es más específica por naturaleza y se aplica a las actividades diarias en el nivel departamental. La usan principalmente los administradores de nivel _____ (superior/medio/de primera línea)

departamental

10 La política de que los empleados deben avisar si van a faltar por enfermedad es una política _____.

básicas
generales
departamentales

11 En resumen, existen tres tipos de políticas basados en el fin y en el nivel administrativo afectado. Estas son las políticas _____, _____, y _____.

- medios de primera línea superior
- 12 Las políticas generales se relacionan, primariamente, con las actividades de los administradores _____, y las políticas departamentales conciernen más a los administradores _____ y las políticas básicas afectan más directamente a los administradores de nivel _____.
- manera
- 13 Otra clasificación de políticas se basa en la manera en que se forman en la organización. La política creada, la política solicitada y la política impuesta, son tres tipos de políticas basados en la _____ como se han formado.
- están
- 14 La política creada es la iniciada por los administradores de una compañía con el fin de que les sirva de guía a ellos y a sus subordinados. Típicamente la relación entre la política creada y los objetivos organizacionales _____ (están/no están) íntimamente ligados.
- creada
- 15 La decisión para promover la venta de contratos de servicio con venta de equipo, para asegurar que los clientes mantengan, de manera adecuada, el equipo, es un ejemplo de política _____.
- solicitada
- 16 En comparación con una política creada, una política solicitada la formula el administrador de una compañía. La diferencia está en que ésta última se origina por la solicitud de un administrador a su superior, para resolver un caso excepcional; ésta es la base para que se le llame política _____.
- si
- 17 Puesto que la política solicitada está basada en el manejo de casos individuales, el cual puede implicar circunstancias especiales, ¿existe algún peligro de que tal política sea incompleta, sin coordinación y quizás inconsistente? _____ (sí/no).
- solicitada
- 18 Cuando no existe una política previamente especificada, un administrador pregunta a su jefe qué hacer con una cuenta por cobrar ya vencida. La decisión del superior constituye la formulación de una política _____.
- creada
- 19 Cuando los administradores se ocupan continuamente de la formulación de políticas solicitadas, es un indicio de que no se ha dado suficiente atención a la formulación del tipo de política que previamente discutimos, esto es la política _____.
- impuesta
- 20 Las políticas impuestas son el resultado de una fuerza externa que presiona a la organización, tales como la acción gubernamental de la asociación comercial o del sindicato. En general, la importancia de la política _____ ha ido aumentando en los últimos años.

si (puesto que están sujetas a las mismas presiones gubernamentales, de la asociación comercial y del sindicato,

21 ¿Creé usted que las políticas impuestas en la General Motors, son similares a las de la Ford Motors Co.? _____ (sí/no).

impuesta

22 Una política de depreciación de equipo formulada debido a las exigencias de un contrato con la Fuerza Aérea, es un ejemplo de política _____.

creada, solicitada
impuesta

23 Con base en la manera como se forman, hemos discutido tres tipos de políticas: _____, _____, _____.

impuesta

24 El tipo de política que sería similar en diversas empresas de una misma rama es la política _____.

creada

25 La política específicamente formulada para establecer guías necesarias para lograr los objetivos de la organización antes de que se presente cualquier problema se llama política _____.

solicitada

26 El tipo de política cuya abundancia indica una flata de atención administrativa apropiada para dar por anticipado las guías necesarias para tomar decisiones se llama política _____.

trabajo

27 Finalmente, otra clasificación de políticas tiene como base el área de trabajo a la que se aplican. Aunque se podría discutir un gran número de categorías, abarcaremos: ventas, producción, finanzas y personal como las principales áreas de _____ en la empresa.

os

28 Las políticas de ventas tienen que ver con decisiones tales como la selección del producto que va a fabricarse, su precio, su promoción de ventas y la selección de los canales de distribución puesto que éstas son áreas interdependientes de toma de decisiones, la coordinación de estos esfuerzos _____ (es/no es) esencial.

ventas

29 La decisión para restringir la distribución de una cierta marca de cerveza a una área geográfica constituye una política de _____.

- 30 Las políticas de producción incluyen decisiones tales como la de fabricar o comprar un componente, la elección del sitio de producción, la compra del equipo de producción y los inventarios que deben mantenerse. Pueden formularse las políticas de producción sin tener en cuenta las políticas de ventas? no (sí/no).
- 31 La decisión para ubicar nuevas plantas a una cierta distancia de un mercado importante constituye una política de producción.
- 32 Las políticas financieras tienen que ver con la obtención de capital, métodos de depreciación y el uso de los fondos disponibles. Como tales, estas políticas (podrían/no podrían) podrían afectar directamente todas las otras áreas de formulación de políticas.
- 33 La decisión de alquilar en vez de comprar todo el espacio necesario para almacenes, es un ejemplo de política financiera.
- 34 Las políticas de personal tienen que ver con la selección del personal, desarrollo, compensación, desarrollo de una moral y con las relaciones sindicales. Es importante que estas políticas sean uniformes en toda la compañía? sí (sí/no)
- 35 La decisión de que los solicitantes de empleo se inicien como aprendices, con base en las pruebas de habilidad, es un ejemplo de una política de personal.
- 36 Los cuatro tipos de política basados en el área de trabajo que se han discutido son: ventas, producción, finanzas, personal y administrativo.
- 37 Obviamente, cualquier política dada puede describirse en términos de cualquiera de los tres sistemas principales de clasificación que se han discutido: El nivel administrativo, la manera como se formó la política, y el área de trabajo afectada.
- 38 El jefe de personal de una empresa ha informado a su superior que es incapaz de contratar cierto personal técnico en la comunidad local, y como resultado de esto el jefe de relaciones industriales decide que éste personal debe ser reclutado en una comunidad distante. Desde el punto de vista del nivel administrativo ésta es una política general, desde el punto de vista de la manera como se formó es una política solicitada y desde el punto de vista del área de trabajo es una política de personal.

39 Los administradores de nivel superior en una empresa deciden concentrar sus esfuerzos comerciales en el campo del equipo electrónico. Esto puede describirse como una política _____ y de _____.

básica
creada
ventas

40 Debido a las exigencias el contrato sindical con la empresa, los supervisores deben usar solamente ciertos métodos de estudio de tiempos para determinar los estándares de producción. Esto puede describirse como una política _____ y de _____.

departamental
impuesta
producción

B) PROCEDIMIENTOS Y METODOS

Una declaración de procedimiento es más específica que una declaración de política en que enumera la secuencia cronológica de pasos que deben tomarse para lograr un objetivo. Por otra parte, un método especifica cómo va a realizarse un paso del procedimiento.

41 Una descripción de cómo debe realizarse una serie de tareas, cuándo y por quién, normalmente se considera un procedimiento _____.

procedimiento

42 Las instrucciones específicas para atender órdenes de elaboración, que pueden incluir actividades en los departamentos de ventas, contabilidad y producción, son un ejemplo de un procedimiento _____ especificado.

procedimiento

43 Haga referencia a la figura 3.1 para un ejemplo de un procedimiento. En este caso está implicado un proceso de _____.

contratación

Figura 3.1 ESQUEMA DE UN PROCEDIMIENTO TÍPICO DE CONTRATACION.

- 1 Entrevista preliminar (discriminación de datos)
- 2 Solicitud
- 3 Verificación de referencias
- 4 Prueba de aptitud

métodos
procedimientos

53 A menos que la simplificación del trabajo sea en sí misma un procedimiento planeado, es más fácil lograr un mejoramiento y simplificación en los _____ que en los _____.

más fácil

54 Por ejemplo, si comparamos con la simplificación del procedimiento de selección de personal, la cual tiene que ver con varios departamentos, un mejoramiento en el método de realizar una prueba de aptitud es (más fácil/más difícil).

políticas
procedimientos
métodos

55 En resumen, en las secciones anteriores hemos descrito tres niveles de planeación que están relacionados con el logro de los objetivos organizacionales. Estos son la determinación de _____, _____ y _____.

procedimiento
método

56 Una descripción cronológica de los pasos que hay que dar para lograr un objetivo, es un _____, mientras que la especificación de cómo debe darse un paso particular, es _____.

simplificación
del trabajo

57 Los mejoramientos y la simplificación, tanto en los procedimientos como en los métodos se denominan _____.

C) TOMA DE DECISIONES

La habilidad para tomar decisiones es la clave de una planeación exitosa en todos los niveles. Esto implica más que la selección de un plan de acción, porque al menos deben realizarse tres fases: Diagnóstico, descubrimiento de las alternativas y análisis, antes de que se haga una elección.

alternativas
diagnóstico

58 La secuencia de las actividades de la toma de decisiones es de una importancia considerable. El análisis exitoso depende del descubrimiento previo de _____, apropiadas mientras que esta fase, a su vez depende de un cuidadoso _____.

diagnóstico

59 La función de la primera fase en la toma de decisiones, esto es el _____, es identificar y esclarecer un problema.

planeación

60 Un diagnóstico cuidadoso depende de la definición de los objetivos organizacionales con los cuales se compara la situación presente. Esto está de acuerdo con nuestra observación previa de que los objetivos son el punto focal para la función de _____.

12

- objetivos 61 Después de identificar los _____ organizacionales, el diagnóstico implica la identificación de los principales obstáculos que impiden que se logren. Según esto, debe observarse que el describir un problema _____ (sí/no) necesariamente identifica los obstáculos.
- no
- obstáculos 62 Por ejemplo, el identificar un problema que implique la función del mercadeo está al nivel de la descripción, mientras que el localizar las fallas específicas en el sistema interno de comunicación de la empresa constituye una identificación de los _____.
- objetivos
obstáculos 63 Además de definir los _____ organizacionales e identificar los principales _____, la fase de diagnóstico de la toma de decisiones ordinariamente implica el señalar los factores en la situación que no pueden cambiarse. ¿Esta acción tiende a aumentar o disminuir el número de posibles soluciones al problema? _____ (aumentar/disminuir)
- disminuir
- improbable 64 En la fase del diagnóstico de la toma de decisiones hay que tener cuidado para evitar "bloquear" las alternativas que de hecho son posibles. Por ejemplo, el ejecutivo de mercado que acepta el método actual para distribuir el producto, con un factor fijo, es _____ (probable/improbable) que considere un método alternativo obvio.
- diagnóstico 65 La primera fase del proceso de la toma de decisiones, que ya discutimos, es la del _____. Esta fase es seguida por el descubrimiento de cursos alternativos de acción.
- alternativos 66 Es en esta segunda fase descubrir cursos _____ de acción donde el elemento de la creatividad es especialmente importante.
- sí 67 ¿Existen diferencias individuales marcadas, entre las personas en lo relativo a pensamiento creativo? _____ (sí/no)
- lo hace 68 Dada la importancia de las diferencias individuales en la creatividad existen diversas variables organizacionales que afectan la posibilidad de la creatividad. Un factor obvio pero a menudo olvidado es que la recompensa al comportamiento creativo (lo hace/no lo hace) _____ que surja.
- creatividad 69 De esta manera, el administrador que hace a un lado las nuevas sugerencias considerándolas poco, no alienta el desarrollo de la _____ en sus subordinados.

- 70 Otro factor íntimamente relacionado con la creatividad es el nivel de presión en el ambiente. Aunque cierta presión es -- estimulante, las investigaciones que se han realizado en este -- campo indican que la alta presión da como resultado un desor-- den en el comportamiento o a una manera rígida de actuar, nin-- guna de las cuales favorece la creatividad. De acuerdo con es-- to las personas que dentro de una organización trabajan a "alta
menos presión son _____ (más/menos) creativas, aunque pue-- den ser productivas.
- 71 Comparando las organizaciones de investigación exitosas-- con las organizaciones de producción que han alcanzado el éxito, uno podría esperar encontrar menos énfasis en los programas -- diarios en las _____ (primeras/últimas)
primeras
- 72 Finalmente el pensamiento creativo y las soluciones pens -- plicases no puede surgir sin dedicar tiempo para adquirir y con -- siderar el material de hechos. Esto sugiere el "tiempo para -- pensar", durante el cual no es obvio ningún progreso patente, -- _____ (es/no es) tiempo gastado productivamente.
es
- 73 De esta manera, al menos tres factores afectan el clima -- la creatividad. La creatividad mejora cuando tal comportamien -- to es _____, cuando el nivel de _____ es apropiado, y cuando está disponible el _____ -- adecuado para considerar el problema.
recompensado presión(etc) tiempo
- 74 Después del diagnóstico y del descubrimiento de alternati -- vas, la parte final del proceso de la _____ es la del análisis el cual consiste en com -- parar los posibles cursos de acción y en escoger una de las al -- ternativas.
toma de de-- cisiones
- 75 En el grado en que un administrador basa sus decisiones en corazonadas o sentimientos internos, el proceso de la elección se basa en la intuición. En un enfoque totalmente intuitivo, la -- tercera fase de la toma de decisiones, la del _____ po -- dría virtualmente estar ausente.
análisis
- 76 El hecho de que la base para la elección de una alternativa no esté claro, ni aún para la misma persona que va a tomar la -- decisión, es una debilidad o desventaja confiar en la _____ al tomar decisiones.
intuición
- 77 El enfoque típico para la fase de análisis de la toma de de -- cisiones es el análisis de hechos. En este enfoque, las conazo -- nadas asociadas con el enfoque _____ deberían ser es -- pecíficamente identificadas o rechazadas en el proceso de la to -- ma de decisiones.
intuitivo

análisis de hechos.

78 El identificar y posiblemente enumerar las ventajas y desventajas relacionadas con cada una de las alternativas es un ejemplo del método del _____.

si

79 ¿Cree usted que sería útil cuantificar a menudo los diversos factores implicados en el análisis de hechos? _____ (sí/no)

I O

80 Un método que confía en la cuantificación de todos los factores y que se ha encontrado que es útil en la toma de decisiones es el de la investigación de operaciones. Algunas veces se hace referencia a éste usando las primeras letras de las dos palabras, esto es _____.

matemático

81 Una de las características de la investigación de operaciones para analizar las situaciones de toma de decisiones es la construcción de un modelo para la situación. De acuerdo con su interés en cuantificar todas las variables implicadas, el modelo usado en el enfoque de la I O es típicamente un modelo _____ (físico/matemático)

matemático

82 De esta manera, el enfoque de la investigación de operaciones pone énfasis de la importancia de identificar y cuantificar todas las variables implicadas en una situación de toma de decisión y construir un modelo _____ para representar la situación.

REPASO

objetivos (o metas)

83 Antes de comenzar una actividad efectiva de planeación a cualquier nivel, deben identificarse los _____ organizacionales.

(Introducción a la Unidad, Cuadro 1)

políticas procedimientos métodos

84 La planeación se define como la selección y definición de _____ y _____ para lograr los objetivos organizacionales.

(Introducción a la Unidad)

básicas generales departamentales

85 Las políticas, que sirven como guías generales para la toma de decisiones de los administradores, pueden clasificarse de diferentes maneras. Con base en el nivel organizacional de los administradores afectados, las políticas se describen como _____.

(Cuadros del 2 al 12)

general

86 Por ejemplo, el tipo de política que se aplica a grandes secciones de una organización, pero no a la totalidad de ella, y que es de gran interés para los administradores medianos, es la política _____.

(Cuadros del 7 al 8)

creadas
solicitadas
impuestas

87 Existen también tres tipos de políticas basadas en la manera como se forman en la organización. Estas son políticas _____, _____ e _____.

(Cuadros del 13 al 23)

solicitada

88 ¿Qué tipo de formulación de política indica que los administradores superiores no han anticipado con éxito las necesidades de política de la organización? Política _____.

(Cuadros 16 al 26)

ventas
producción
finanzas de
personal

89 La tercera clasificación de las políticas que discutimos se basa en el área de trabajo a la cual se aplican. Sobre esta base, existen políticas de _____, _____ y _____.

(Cuadros 27 al 36)

finanzas

90 La decisión de rentar más que comprar mercados de ventas al menudeo es un ejemplo de la formulación de la política de _____.

(Cuadros del 32 al 33)

departamental
creada
de personal

91 Cualquier política puede describirse desde el punto de vista de los tres sistemas de clasificación que hemos discutido. La decisión de que todos los supervisores en la empresa deben ser responsables del desarrollo de sus subordinados puede clasificarse como política _____, _____ y _____.

(Cuadros del 37 al 40)

procedimiento

92 Una descripción de cómo va a realizarse cada una de las series de tareas, cuándo se realizará y por quién debe ser realizada normalmente está incluida en una declaración de un _____.

(Cuadros del 41 al 44)

93 Por contraste, la especificación detallada de cómo se realiza un paso de un procedimiento es el establecimiento de un método _____.

(Cuadros del 45 al 57)

94 La selección de un plan de acción representa la culminación del proceso de toma de decisiones. El proceso mismo está constituido por tres partes, al menos: diagnóstico de descubrimiento de alternativas análisis _____ y _____.

(Cuadros del 58 al 78)

95 Es en el descubrimiento de alternativas en el que adquiere gran importancia la creatividad en la toma de decisiones. El comportamiento creativo surge con más facilidad cuando es recompensado presión tiempo _____, cuando el nivel de _____ es apropiado y está disponible el _____ adecuado para considerar el problema.

(Cuadros del 76 al 78)

96 El análisis de hechos, el cual se basa en la construcción de un modelo matemático y que se ha encontrado que es útil en la toma de decisiones denominase investigación de operaciones (10) _____.

(Cuadros del 79 al 82)

PREGUNTAS PARA DISCUSION.

1 Al contestar a una pregunta, el presidente de una compañía dice "Mi único objetivo es obtener utilidades". Comento la respuesta.

2 ¿De qué manera la planeación efectiva en el nivel departamental en una organización depende de acontecimientos en los niveles superiores de la organización?

3 Las políticas se han clasificado de varias maneras. Por qué no se utiliza un sistema de clasificación más simple?

4 Considere la diferencia que existe entre el mejoramiento en los métodos y la simplificación del trabajo. ¿Por qué debe preferirse en la mayoría de los casos el segundo?

DECISIONES

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 aplicado 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 de el pasado y el futuro, y en función de este estudio se selecciona la vía de acción más adecuada. Ambos métodos se usan comúnmente en el problema de selección de equipo.

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. El ingeniero deberá, consecuentemente, determinar un objetivo u objetivos que le servirán 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 ingeniero 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 el ingeniero para tomar su decisión. El ingeniero deberá, por lo tanto, tener un conocimiento profundo de los costos, y deberá 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, pues, 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 valorar 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.

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 probabilísticas de las variables.

PROCESO - SISTEMAS

Al analizar el proceso constructivo y planearlo nos encontramos 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 como 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 como cada valor de la variable influye en la salida del proceso.

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.

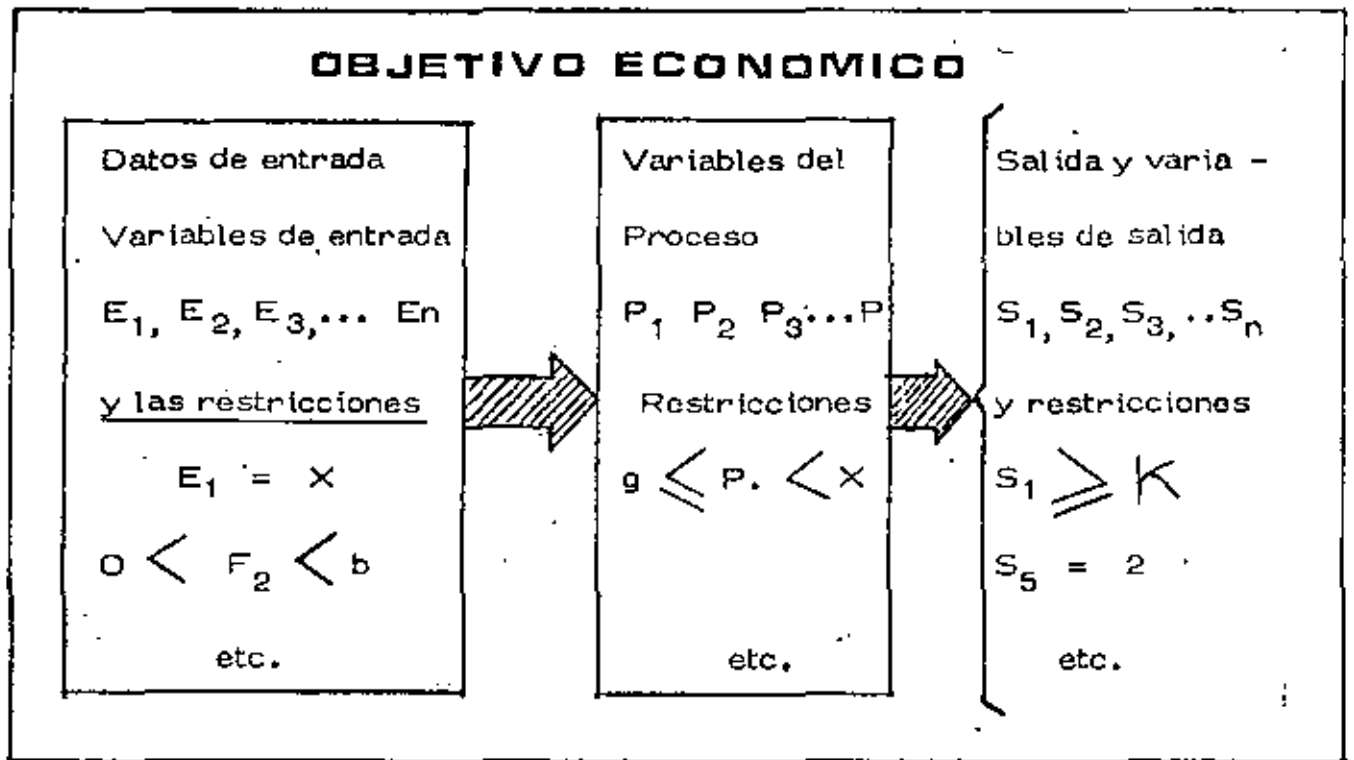
SELECCION DE VARIABLES

No es fácil encontrar todas 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:

DADOS



ENCONTRAR

El conjunto de valores de las variables controlables que hagan óptimo el criterio económico y que satisfagan las limitaciones y restricciones.

DECISION MINIMIZANDO COSTO DIRECTO

Este es un método comúnmente 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 sí.

Es costumbre relacionar a posteriori las actividades similares para buscar una optimización posterior. Por ejemplo todas las actividades que se refieren a compactación.

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.

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 apariencias menos convenientes.

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.

PROCEDIMIENTO PRACTICO

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 al 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 eran 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.

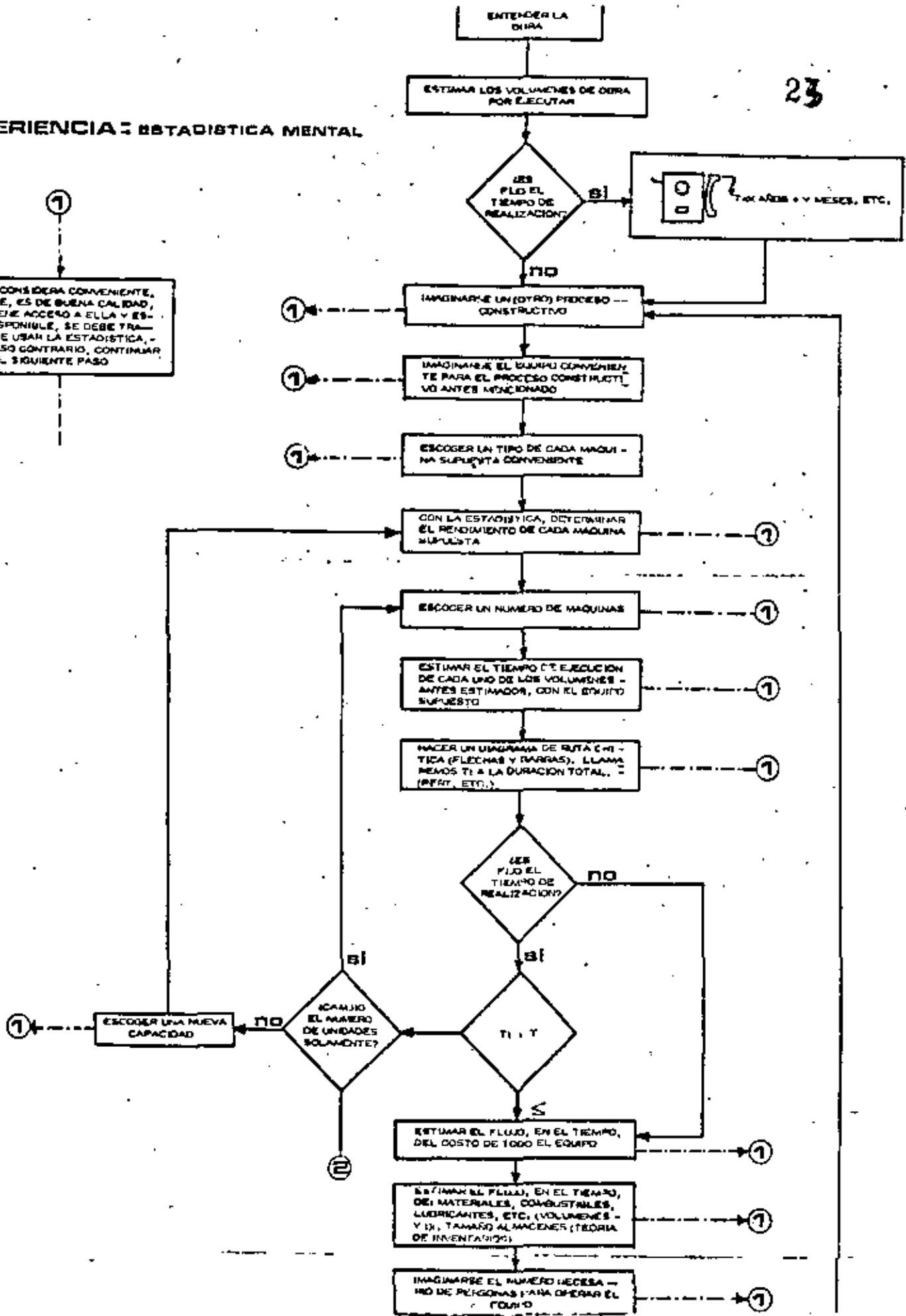
Esto puede hacerse fácilmente mediante redes de actividades.

El orden puede modificarse, y hacer nuestra red de actividades previa a la fijación de tiempo.



EXPERIENCIA ESTADISTICA MENTAL

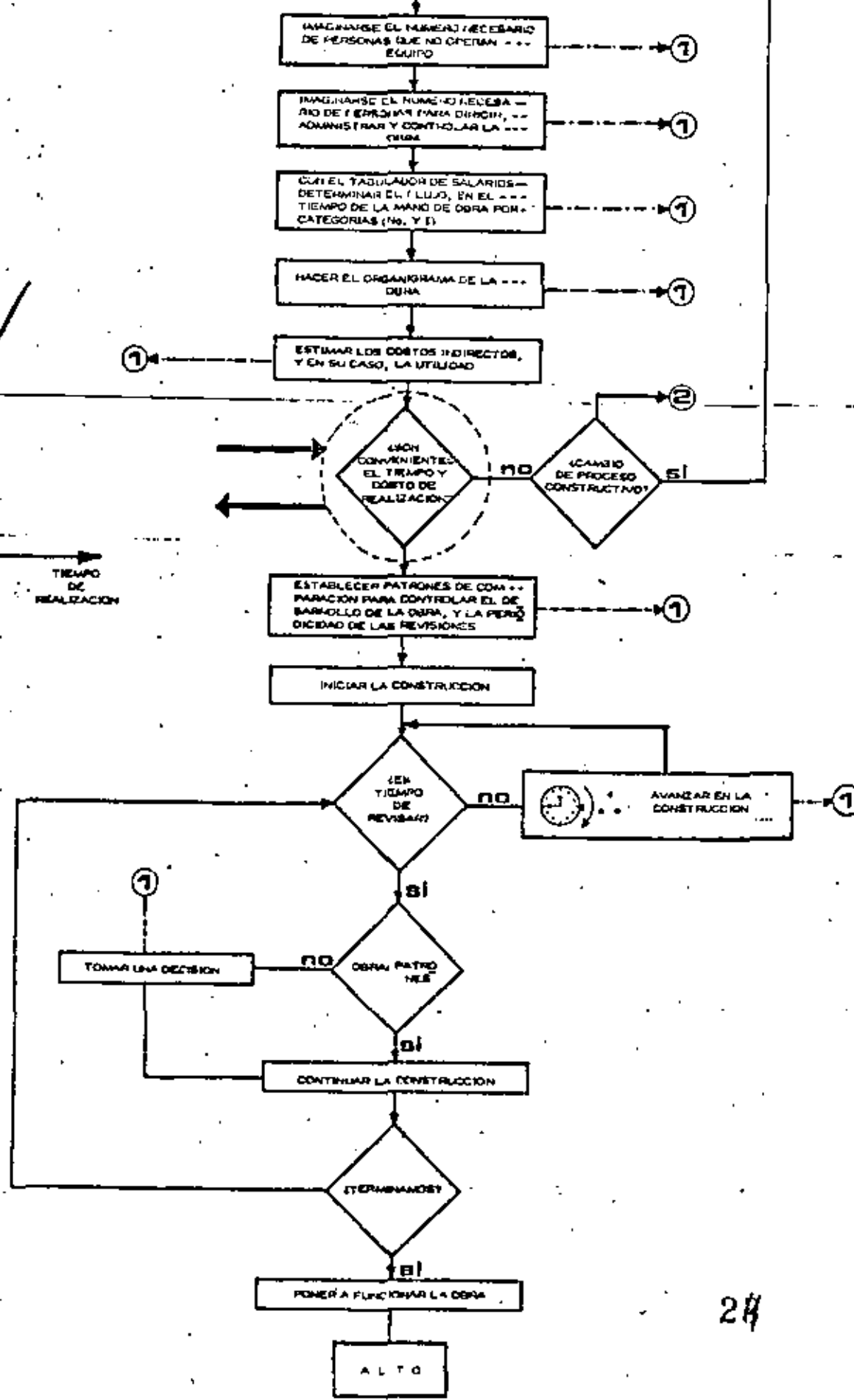
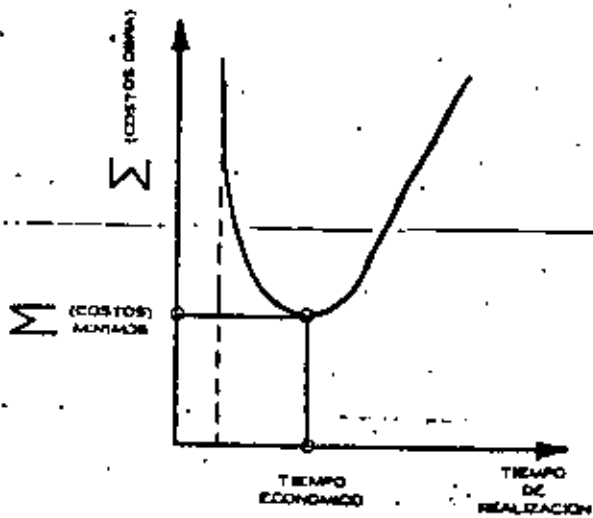
1
SI SE CONSIDERA CONVENIENTE, EXISTE, ES DE BUENA CALIDAD, SE TIENE ACCESO A ELLA Y ESTA DISPONIBLE, SE DEBE TRATAR DE USAR LA ESTADISTICA, EN CASO CONTRARIO, CONTINUAR CON EL SIGUIENTE PASO



.....

..

..





Una vez revisado el tiempo total de realización del proyecto y -- después de varios intentos quedará fijo el programa general tentativo.

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 zo -- nales en un programa total.

Después se procura una retroalimentación de estos datos al pro -- grama 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 pro -- cedimiento. La fig. # 6 muestra la gráfica de producción correspondien -- te al programa modificado. Se ve que el máximo de producción se ha disminuido 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.

IMPLEMENTACION

Al implementar la planación 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 continúa a lo largo -- de la obra.

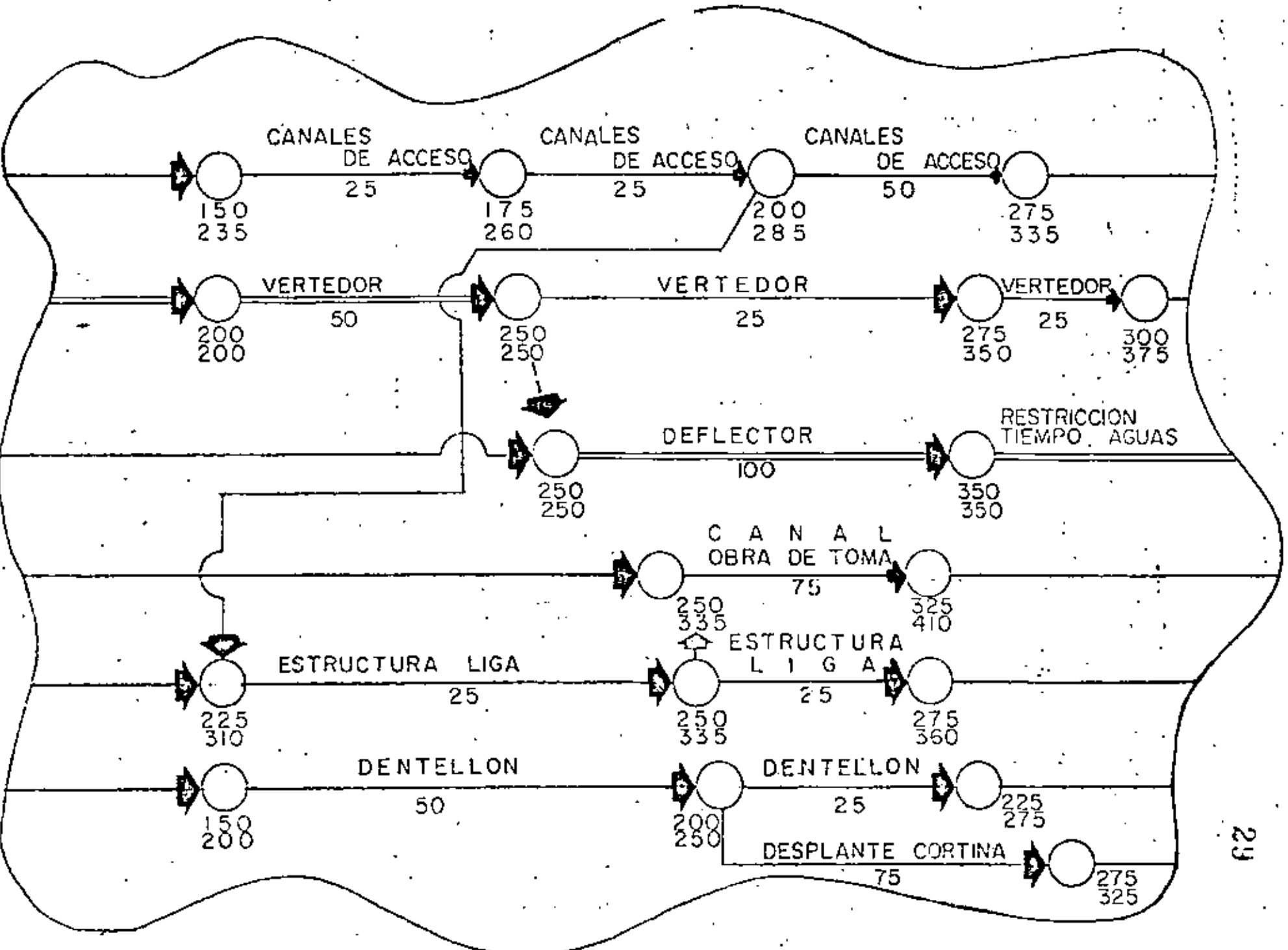
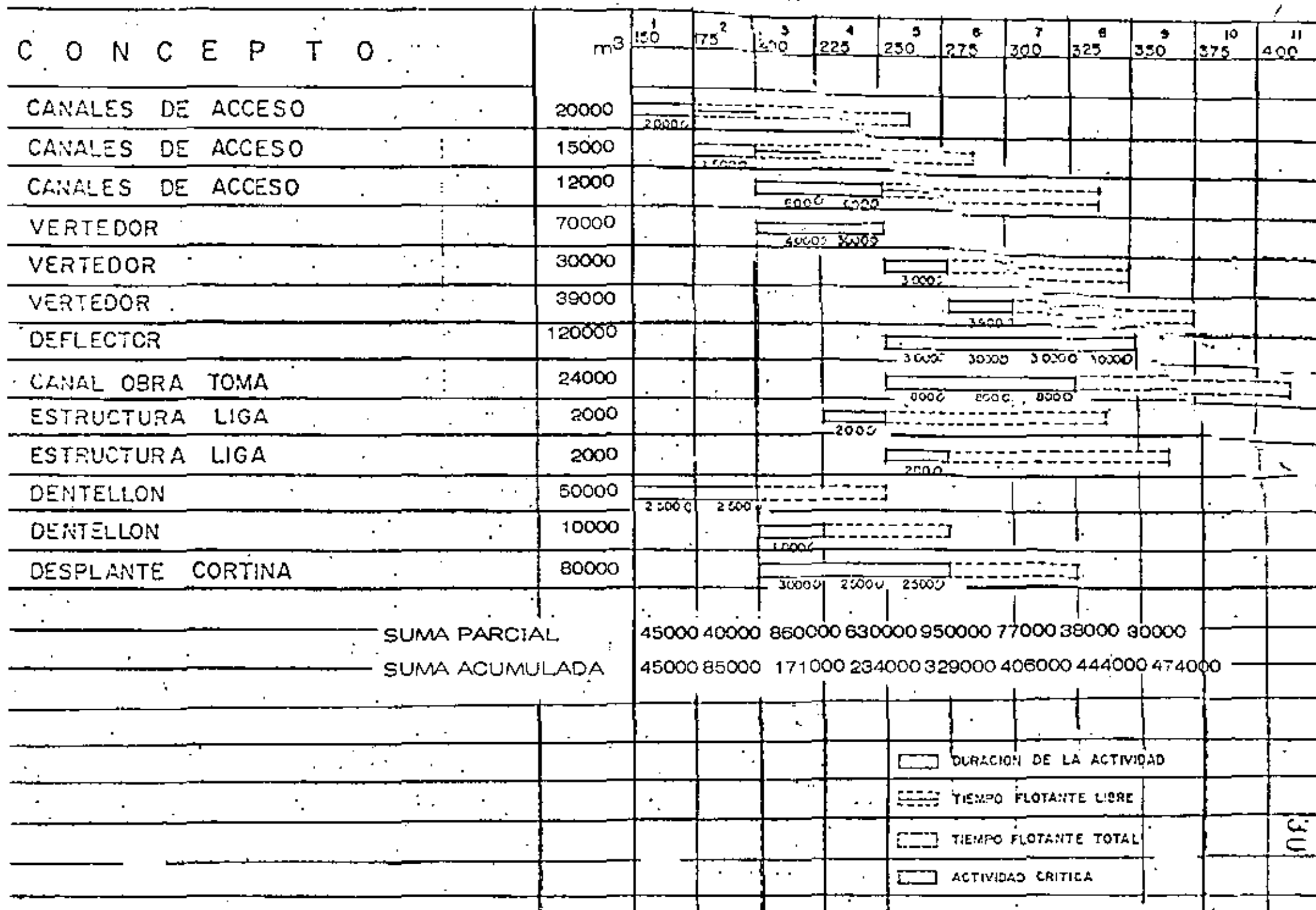


Fig.



30

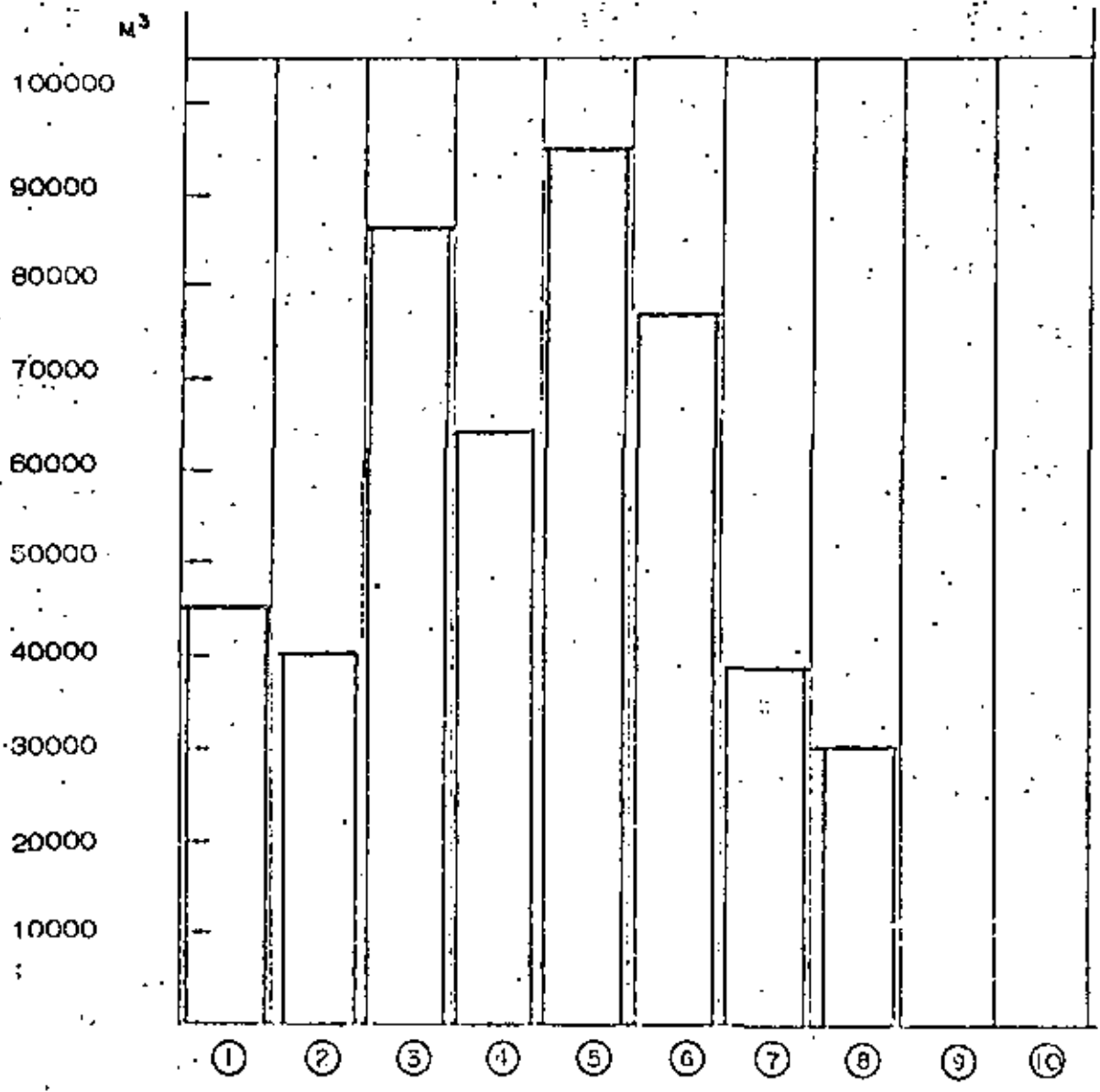


Fig. # 4

Fig. 1

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
CANALES DE ACCESO	20000		2000								
CANALES DE ACCESO	15000			7500	7500						
CANALES DE ACCESO	12000					6000	6000				
VERTEADOR	70000			5000	30000						
VERTEADOR	30000								30000		
VERTEADOR	39000									30000	
DEFLECTOR	120000					30000	30000	30000	30000		
CANAL OBRA TOMA	24000						8000	8000	4000	4000	
ESTRUCTURA LIGA	2000					2000					
ESTRUCTURA LIGA	2000						2000	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	117500	233000	303000	367000	431000	474000		

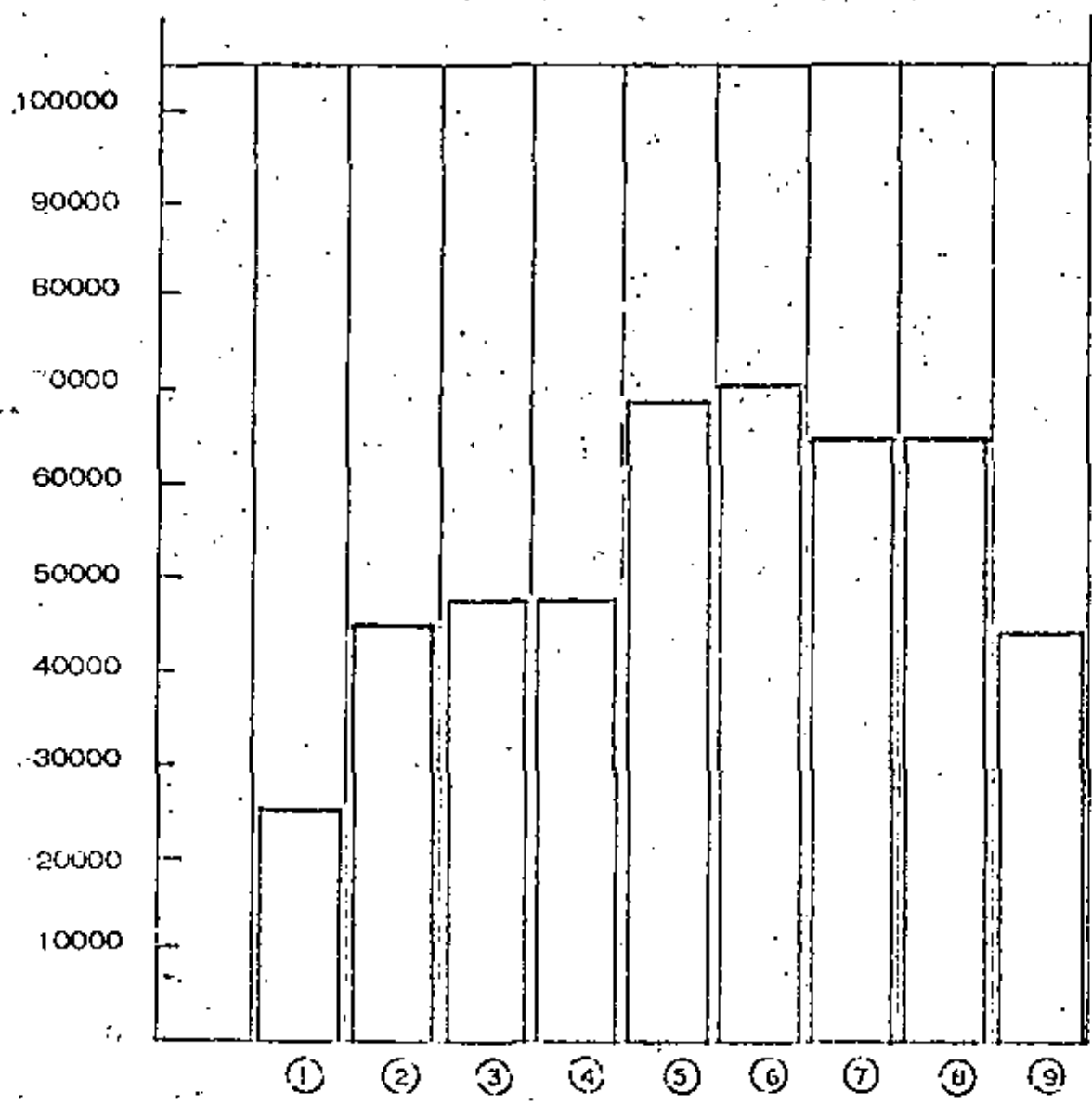


Fig. # 6

SOLUCION

ESPECIFICACION DE UNA SOLUCION

Una vez elegida la solución en la toma de decisiones inmediata —mente se deberá proceder a especificar los atributos físicos y las características de funcionamiento de la misma con tanto detalle como se requiera para que las personas que van a participar en su implementación conozcan hasta el detalle necesario. Principalmente cuando el — que planea es una persona diferente del que ejecuta, es preciso elaborar cuidadosamente documentación de tal manera completa, que pueda co — municar a otros la solución.

Normalmente se hace mención de la necesidad de la solución propuesta, se especifica la solución, mediante dibujos y especificaciones y se justifican sus características y funcionamiento.

Muchas veces se hace necesario acompañar todo esto con un resumen del proceso decisorio, y de los argumentos empleados para seleccionar la vía de acción, de tal manera que si se hace necesario en — algún momento revisar la solución esto pueda hacerse fácil y rápida — mente.

ACEPTACION DE LA SOLUCION

Se ha demostrado con experimentos que una solución derivada de un análisis cuantitativo normalmente tiene poca aceptación. Es fre — cuente que las personas a las que se propone se inclinen por aceptar — más fácilmente una solución derivada de la experiencia que una que — tenga bases cuantitativas, pero que sea deducida.

Para tener mayores probabilidades de éxito en la aceptación de la solución a la persona o personas que se van a dedicar posteriormente a la implementación.

Esto es común hacerlo formando un equipo con la persona que planea y la o las que posteriormente van a encargarse de la implantación del plan. Desafortunadamente esto no es posible a veces o la planeación en Movimiento de Tierras muchas veces se hace antes de iniciar los trabajos; por ejemplo si se concursa para definir el valor probable de los trabajos. Esto hace difícil lograr que se facilite al planeador el que se acepte su plan a priori.

Por otra parte es común que se tenga que cambiar al encargado de los trabajos y que el nuevo encargado no acepte las soluciones contenidas en el plan que se estaba siguiendo.

Es pues muy conveniente que se presente gran atención a la forma en que se va a presentar el plan que contiene las decisiones deducidas analíticamente, pues si el ejecutor no piensa que las decisiones son correctas es bastante probable que la solución sea un fracaso.

Un sistema que se ha seguido con éxito es reunir a todos los encargados de las obras para prepararlos en las técnicas de la decisión. Aprovechar para que entre todos planeen el sistema de información-decisión que servirá para planear las obras, de modo que tengan confianza en el método y crean en él. Sin embargo cualquier sistema tiene sus fallas que tendremos que estar prontos a corregir cualquier problema que se presente en la implementación proveniente de que el encargado "duda" de la solución propuesta.

IMPLANTACION.

Es muy frecuente que al implantar la solución se presenten condiciones no previstas que obliguen a modificar en poco o en mucho la solución especificada. Por otro lado puede también suceder que la realidad no conteste completamente a lo previsto en el análisis. En ambos casos es muy conveniente que en estas modificaciones necesarias inter venga la persona que se encargó de seleccionar la vía de acción más conveniente desde el punto de vista del objetivo.

Esto se obvia organizando reuniones entre los encargados de planeación y los de la implantación del plan, que muchas veces conduce a modificaciones que mejoran inclusive la solución.

CONTROL

Cuando se trata de una cadena de decisiones o el proceso se realiza en tiempos largos es indispensable al planear la solución, planear también las herramientas de control, con objeto de poder supervisar fácilmente si la realidad se comporta de acuerdo con lo previsto.

Posteriormente se ampliará el concepto de control, pero conviene recordar que el control es una herramienta indispensable para lograr resultados satisfactorios.

OPORTUNIDAD DE LAS DECISIONES

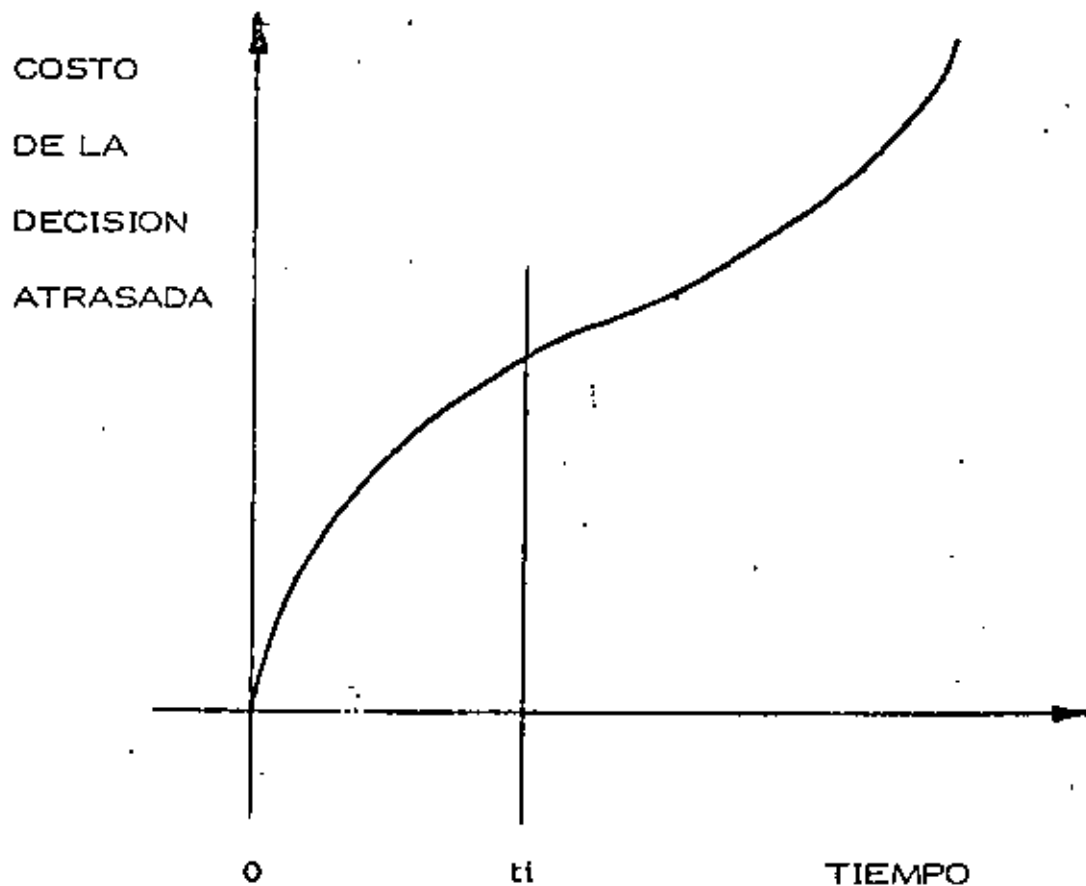
Toda decisión tomada por el ingeniero debe cumplir entre otras

condiciones la de ser adecuada y oportuna.

La segunda de las características mencionadas, la oportunidad - en las decisiones, es tan importante como la primera. No basta que la decisión que se toma sea adecuada, es necesario que también sea oportuna para que ejerza la función para la cual se requiere.

Si la decisión es adecuada y oportuna, se logrará el resultado deseado. Si sólo se satisface una de las dos condiciones anteriores, no se obtendrán los resultados apetecidos.

Si se define el costo de la decisión atrasada como la diferencia - entre el costo en el tiempo t menos el costo en el tiempo cero, considerando que el tiempo cero es aquel en que se debe tomar la decisión, se puede describir la forma teórica general que el costo de la decisión atrasada tiene, independientemente del tipo de decisión de que se trate, a través de la gráfica siguiente :



Si la decisión se toma en el momento justo (tiempo cero) el costo de la decisión atrasada será cero; a medida que pasa el tiempo el costo de la decisión atrasada aumenta con una cierta rapidez de crecimiento hasta llegar a un tiempo t_i después del cual ésta rapidez se incrementa notablemente. Así, para toda decisión se pueden distinguir -

dos regiones: la primera de 0 a t_1 , donde el costo de la decisión atrasada no es muy importante, y de t_1 en adelante, donde el costo de la decisión atrasada puede resultar tan alto, que puede afectar seriamente la actividad de que se trate, o tal vez el proyecto completo desde el punto de vista económico. Sin embargo, aunque se conoce la forma de la curva, es muy difícil definirla cuantitativamente para una decisión cualquiera. Las escalas, como es lógico suponer, son diferentes para cada caso; tanto en lo que se refiere a los costos como a los tiempos.

El costo de la decisión atrasada es tanto más difícil de cuantificar cuanto más complejo sea el sistema en el cual se hace la decisión, ya que un atraso en una decisión no suele afectar exclusivamente a una actividad; sino a un conjunto de actividades directa o indirectamente conectadas a ella.

DECISIONES CORRECTIVAS

A lo largo del tiempo de ejecución del proyecto y mediante los mecanismos de control podemos detectar desviaciones significativas entre lo planeado y lo real. Estas desviaciones deberán corregirse tomando una serie de decisiones que tiendan a colocar el proyecto en su ejecución correcta. Esta serie de decisiones correctivas pueden originar una modificación completa de la planeación o sea una replaneación del proceso. En el caso de estas decisiones es particularmente importante que sean oportunas, pues en caso de dilaciones el costo de la decisión atrasada se eleva muy rápidamente con el tiempo, puesto que el proyecto está en marcha.





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

MOTOESCREPAS

ING. JULIO CESAR ACEVES SERRANO

JUNIO, 1980



4 0

En las obras de construcción de nuestros días los movimientos de tierra son cada vez más grandes tanto en carreteras, como aeropuertos y presas.

Para efectuar dichos movimientos existen varios tipos de máquinas, siendo las motoescrepas las que mayor demanda han tenido últimamente sobre todo en aquellos tipos de obras, donde se requiere acarrear las tierras a distancias que oscilan entre 200 a 3000 mts. debido a que compiten en costo con los sistemas tradicionales de cargador y camión o también cargador - vagoneta, independientemente de otras ventajas de carácter técnico tales como la colocación del material en capas a espesores controlables que permiten un mejor control en la calidad de la construcción de terraplenes, un mejor control en los acabados en cortes, etc.

Esta máquina consta fundamentalmente de dos partes.

Una caja metálica reforzada soportada por un eje con 2 ruedas neumáticas en la parte trasera, una compuerta curva que puede subir o bajar mediante un mecanismo de cables, eléctrico o hidráulico, una cuchilla de material resistente en la parte inferior de la caja que sirve para cortar el material, una placa metálica móvil en la parte interior, la cual al desplazarse hacia adelante permite desalojar el material contenido en la caja.

Todo este conjunto es halado mediante un tractor de ruedas neumáticas que puede ser de uno o dos ejes. Los controles de operación se encuentran en dicho tractor. En las siguientes transparencias (2, 3 y 4) podemos ver en forma esquemática el proceso de carga acarreo y descarga.

En la 1a. se observa como baja la caja presentando la cuchilla contra el terreno para realizar el corte, en algunos casos la penetración llega a ser hasta de 30 cms. en motoescrepas de 11 a 20 m³ y del orden de 50 cms. en la de mayor tamaño. De acuerdo con la profundidad del corte y el ancho de la cuchilla será la longitud de corte para el llenado total de la caja. Una vez llena la caja se levanta, se cierra la compuerta delantera y se ejecuta el acarreo.

Llegada al sitio de descarga la operación consiste en bajar la caja, levantar la compuerta delantera y expulsar el material mediante la acción de la placa trasera hacia adelante. Esta actividad se realiza en movimiento y se irá extendiendo el material en una longitud y con un espesor de acuerdo con la abertura de descarga.

Existen y han existido una gran variedad de tipos de esta máquina desde la escrepa de mano, escrepa de arrastre, escrepa de tambor giratorio, etc. hasta llegar a la motoescrepa, las cuales a su vez han tenido una gran evolución debido a los avances en la tecnología.

Los principales adelantos han sido aplicados en los sistemas de operación, desde el sistema por cables, sistema eléctrico, hasta el sistema hidráulico el cual predomina en la actualidad. Las desventajas más importantes que se presentaban en las 2 primeras eran básicamente.

En el de cables el complicado y lento sistema de operación, así como su alto costo de mantenimiento.

En el eléctrico el polvo, que originaba grandes fallas en los motores y generadores a pesar de todas las protecciones y aditamentos que les fueran adaptados, independientemente también de lo complicado del sistema de manejo.

En el sistema hidráulico se superaron las desventajas iniciales que se tuvieron y que eran básicamente las fugas del líquido por roturas de mangueras y en las conexiones. Al mismo tiempo se obtuvo una gran ventaja que consiste en aprovechar la presión hidráulica en la penetración de la cuchilla en el terreno para la ejecución del corte.

Otra evolución que han tenido las motoescrepas es en relación con el tamaño de las mismas. Podemos ver motoescrepas desde 8 m^3 de capacidad hasta 50 m^3 .

En la transparencia siguiente podemos observar la motoescrepa L-90 Le Tourneau, constituida por un conjunto de 32 mts. de longitud; 3.60 mts. de ancho y una altura al tope de la cabina de 4.20 mts. Todas sus funciones son operadas eléctricamente por medio de 3 motores diesel de 475 H.P. c/u acoplados a 3 generadores de corriente continua conectados a 12 motores para las ruedas y mecanismos. Esta motoescrepa carga en 40 segundos sin empujador 50 m^3 de material $4\ 500 \text{ m}^3/\text{hora}$.

En esta otra transparencia vemos motoescrapa La Terex TS-32 de 43 - yd³ colmada (33 m³) operada con sistema hidráulico.

La influencia que tiene el tamaño de la motoescrapa en el costo la podemos ver en la siguiente curva que aunque es para determinadas condiciones específicas de operación, longitud de acarreo, tipo de camino, etc. se pueda decir que es representativa.

En la gráfica vemos como aumenta el costo a medida que disminuye el tamaño de la motoescrapa tomando como 100% de costo la de 54 yd³ hasta llegar a la de 18 yd³ con un incremento de un 20%.

En el caso particular de México por las características de las obras sobre todo en carreteras y por los criterios de utilización del equipo las motoescrapas predominantes son las de 14, 18 y en algunos casos las de 24 yd³.

Una de las clasificaciones más actualizadas de los diferentes tipos de motoescrapas y capacidades la tiene la Caterpillar la cual consiste básicamente de 4 grupos con 16 modelos todos operados por medio de sistemas hidráulicos.

<u>MAQUINA</u>	<u>TIPO</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>NO. DE MODELO</u>
Motoescrapa	Estandard	8-31 m ³	6
Motoescrapa	De potencia en Tandem	11-32 m ³	4
Motoescrapa	De tiro y empuje (Push-Pull)	11-49 m ³	3
Motoescrapa	De autocarga (con mecanismo elevador)	11-31 m ³	3

Todos estos modelos estan diseñados para mover todo tipo de materiales con excepción de roca. Para el caso de que quiera usarse para roca existe una caja reforzada especialmente y es usada en las motoescrapas estandard ó de potencia en Tandem. La roca deberá ser muy bien tronada o también para materiales no muy duros que requieran ser arados.

Las Motoescrapas Estandard tienen un solo motor en el tractor que puede ser de uno o 2 ejes con ruedas neumáticas; para ser cargados requieren de la ayuda de un tractor de orugas que se utiliza como empujador.

Estas unidades se utilizan tanto en distancias intermedias o largas con bajas pendientes y caminos de acarreo en buenas condiciones. Trabajan generalmente en grupo de 2, 3 ó 4 unidades en combinación con el tractor empujador de acuerdo con las necesidades de la obra.

Las Motoescrapas de 2 Motores se utilizan al igual que las motoescrapas estandard en distancias intermedias o largas pero debido a su mayor potencia se adaptan para fuertes pendientes y disminuyen el tiempo de la carga siendo recomendable de todos modos el uso del tractor empujador. Sin embargo en materiales suaves se pueden cargar solas.

Las Motoescrapas de tiro y empuje (Push-Pull) Este nuevo concepto ha agregado versatilidad a las escrapas de 2 motores, abarcando la extensión de su aplicación a los demás tipos de motoescrapas. Sus ventajas se apoyan principalmente en lo siguiente:

Se elimina el tractor empujador.

Se elimina el problema de desproporción posible entre el número de escrapas convencionales y el empujador.

No se carga al costo el tiempo perdido del empujador.

Debido a que estas máquinas trabajan en parejas no tienen que esperar por el empujador, no se tiene amontonamiento de máquinas como en las convencionales.

Es un equipo balanceado con menor inversión.

El costo por el arreglo consistente en un refuerzo especial en los bastidores y el cuello de ganso más el sistema de enganche representa tan solo de un 6 a un 7% de la inversión de una motoescrapa de 2 motores.

Las Motoescrapas Autocargables

Con mecanismo elevador.- Funcionan mediante un sistema de paletas elevadoras las cuales van cargando el material dentro de la caja. Este tipo de máquinas no requieren del tractor empujador, se usan para materiales suaves. Son muy útiles para excavar en arenas donde el material

es difícil de cargarse con los demás tipos de motoescrepas su utilización - está limitada para acarreos cortos y con pendientes muy suaves.

A continuación veremos una película de 8 mm. con duración de 8 minutos aproximadamente en donde podremos observar las operaciones con algunos tipos de Motoescrepas.

Nos queda ahora responder a las siguientes preguntas dado un trabajo de terminado: que tipo y que tamaño de Motoescrepa debemos seleccionar?. Su - poniendo que se trata por supuesto de un trabajo para Motoescrepas, lo míni mo que debemos conocer es:

- 1.- La evaluación de la Obra
- 2.- Los costos de las máquinas
- 3.- Los rendimientos y características más importantes de las máquinas (Di mensiones, peso, avances técnicos en sus componentes, etc.)

- 1.- Entendemos en este caso por evaluación de la obra las cantidades de vo lúmenes a mover, las distancias a que hay que mover dichos volúmenes, el tipo de material (arena, limo, arcilla, tepatate, roca etc.), su - configuración topográfica y todos aquellos datos de la observación di- recta que permitan escoger la estrategia más conveniente para la reali zación del trabajo partiendo de la base de ejecutarlo con el mínimo es fuerzo.
- 2.- Los costos de las máquinas que generalmente se refieren a la unidad ho raria y que dependen de muchos factores (vida económica la máquina que depende a su vez del criterio de cada empresario, del lugar donde su - utilice, sobre el nivel del mar o en zonas altas, en zonas desérticas o lluviosas, etc.) pero que básicamente se integran en tres conceptos:

- 1.- Cargos Fijos
 - a).- Depreciación anual
 - b).- Intereses seguros impuestos
 - c).- Reparaciones mayores y menores
 - d).- Talleres
 - e).- Almacenaje

II.- Cargos por consumos

- a).- Combustibles
- b).- Lubricantes
- c).- Llantas
- d).- Eléctricos
- e).- Otros

III.- Cargos por Operación

- a).- Salarios de Operadores, Ayudantes, etc. La suma de los 3 cargos nos dará el costo por hora de operación de la máquina.

Los rendimientos son los volúmenes movidos durante la unidad horaria y que pueden ser obtenidas mediante:

- 1).- Observación directa
- 2).- Por medio de reglas y fórmulas
- 3).- Por medio de datos del Fabricante

Dado el tema a tratar nos concretaremos a estudiar el aspecto de selección de Motoescrepas analizando los rendimientos y suponiendo sin analizar una determinada obra y los costos de las máquinas.

A continuación presentamos ejemplo de datos de rendimientos obtenidos por observación directa (promedio de 3 observaciones tomadas con cronómetro) de un conjunto de 3 unidades con un empujador en un trabajo de terracerías en material suave y con un acarreo total de 800 mts. en camino sin revestir. Tomando el ciclo de una de las Motoescrepas como observación.

Tiempo medio de espera	0.28 minutos
Tiempo medio de demora	0.25 "
Tiempo medio de carga	0.65 "
Tiempo medio de acarreo	4.26 "
Tiempo medio de descarga	0.50 "
Tiempo medio de retorno	2.06 "

T o t a l : 8.00 minutos

Peso de la unidad vacía (en báscula) 22 070 kgs.

Peso de la unidad cargada.

Pesada No. 1	42 375 kgs.
Pesada No. 2	40 720 kgs.
Pesada No. 3	40 260 kgs.
	<hr/>
	123 355 kgs.
Peso medio	41 120 kgs.

- 1.- Peso medio de carga 41 120 - 22 070 = 19 050 kgs.
- 2.- Peso volumétrico del material 1 890 kg/m³ en banco.
- 3.- Carga = $\frac{19\ 050\ \text{kgs.}}{1\ 890\ \text{kg/m}^3}$ = 10 m³ en banco
- 4.- Ciclo = $\frac{60\ \text{minutos}}{8.00\ \text{min.}}$ = 7.5 viajes/hora
- 5.- Producción Media = 7.5 x 10 = 75 m³/hora en banco.

Este sistema es muy útil cuando ya se tienen las máquinas; por medio deobservaciones se corrigen las fallas y se llega a obtener el máximo de eficiencia en los trabajos.

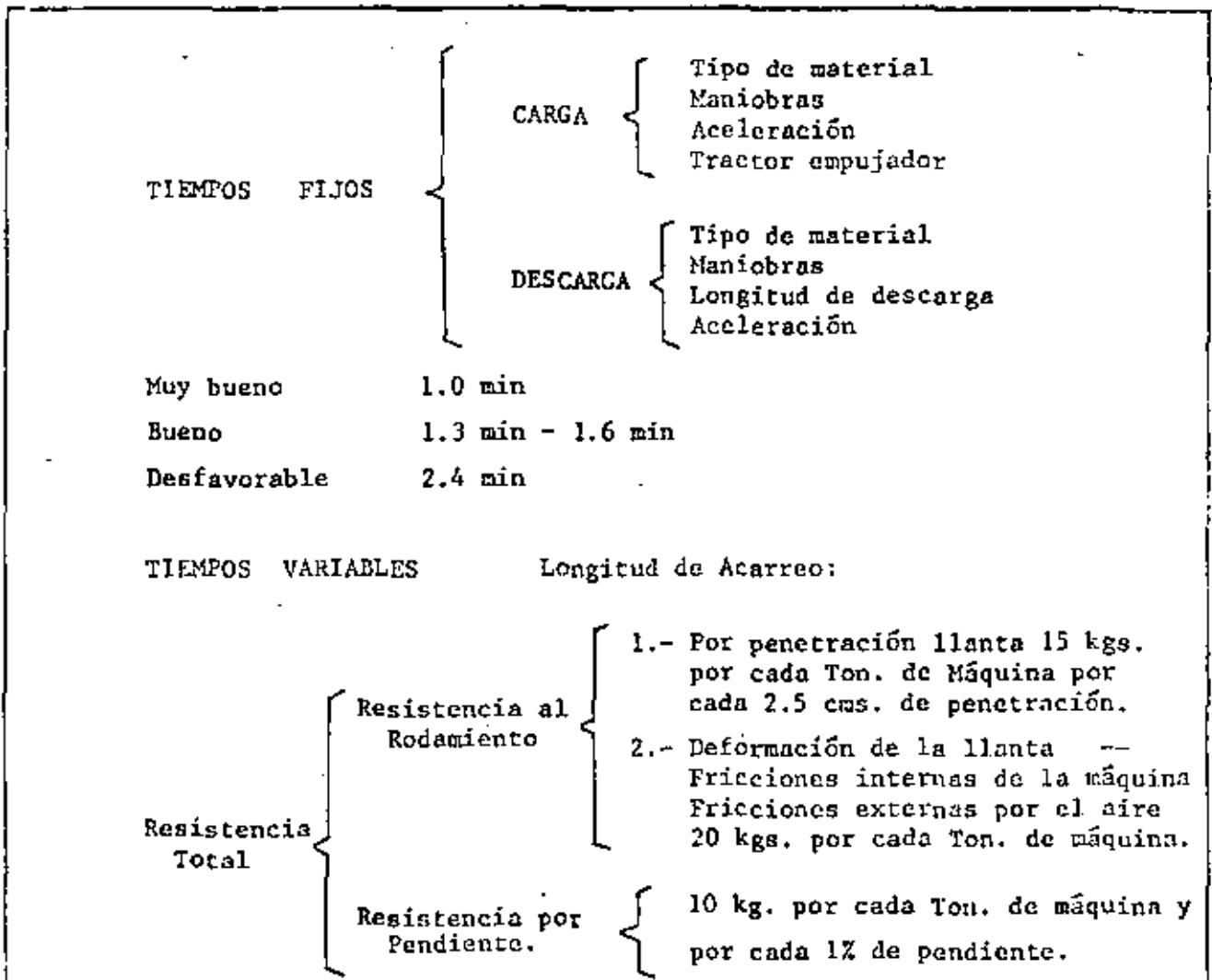
Por medio de Reglas y Fórmulas:

En general el ciclo de una motoescrepa esta formado por los tiempos durante los cuales la máquina carga, acarrea, descarga y regresa al lugar de carga.

- a) La carga.- se realizará en el tiempo necesario cuando ayudada o no por el tractor empujador force el material con la cuchilla de la motoescrepa hacia adentro de la caja y quede completamente llena.
- b) La descarga.- comprende el tiempo que necesita la máquina para que una vez en el lugar de depósito con la tapa semilevantada, la caja ligeramente inclinada y en movimiento tire todo el material en capas del espesor necesario.
- c) Las maniobras.- Son los tiempos que requiere la máquina en las vueltas que ejecute a la entrada de la carga y a la salida de la descarga.

- d) Las aceleraciones.- Son los tiempos que se requieren para ejecutar el cambio de velocidad de la caja de transmisión directa. En la actualidad las máquinas con cambios automáticos y de potencia permiten -- disminuir bastante estos tiempos.
- e) El acarreo.- Es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga al inicio en el sitio de descarga.
- f) El regreso o retorno.- Es el tiempo que requiere la máquina vacía de la salida del sitio de descarga al inicio en el sitio de carga.

Los tiempos anteriores han sido agrupados en 2 tiempos básicos: Tiempos fijos y Tiempos variables. En la transparencia siguiente tenemos su división y sus dependencias.



Del material que va a ser movido es necesario conocer las siguientes características: PESO VOLUMETRICO, EXPANSION VOLUMETRICA Y COMPRESIBILIDAD.

El peso del material afecta la carga de la Motoescropa y las velocidades de la misma durante el acarreo, no es lo mismo cargar y transportar escoria por ejemplo a transportar arcilla mojada, a mayor peso se requiere mayor potencia.

La Expansión Volumétrica es muy importante conocerla dado que la mayoría de las formas de pago al contratista es referida al volumen del material natural en el banco. Cuando el material es movido de su estado natural su volumen aumenta; por ejemplo un m^3 de arcilla en estado natural es igual a $1.4 m^3$ en estado suelto. Si se transporta arcilla en una motoescropa de $20 m^3$ de capacidad colmada realmente estamos transportando $\frac{20}{1.4} = 14.3 m^3$ de material en banco el cual es el que se multiplicará por el precio de paga y no los $20 m^3$ abundados.

Para obtener los Pesos Volumétricos así como para los coeficientes de expansión volumétrica, que es la relación de volumen abundado a volumen en banco, existen tablas para los distintos tipos de materiales predominantes.

La compresibilidad es el estado del material después de aumentar artificialmente su peso volumétrico por medios mecánicos (compactado) mediante la reducción del porcentaje de vacíos al lograr que las partículas encuentren un mayor acomodo. La relación entre el volumen compactado y el volumen en banco obtenida de los datos de trabajo nos dará el coeficiente de compresibilidad.

Veamos un ejemplo de aplicación de los conceptos anteriores.

Volúmen a colocar $10,000 m^3$ de arcilla coeficiente de abundamiento = 1.4

Coeficiente de compresibilidad = 0.8

Se moverá en motoescropa de $20 m^3$ colmados

Se desea saber:

- 1.- Volúmen en banco necesario.
- 2.- Número de viajes.

Volúmen en banco	=	$\frac{10,000}{0.8}$	=	12,500 m ³
Capacidad de la motoescrepa				
Referida a banco	=	$\frac{20 \text{ m}^3}{1.4}$	=	14.3 m ³
Número de viajes	=	$\frac{12,500}{14.3}$	=	869

Las maniobras y aceleraciones dependen básicamente de la habilidad del operador.

El objetivo que estamos persiguiendo es el de realizar un trabajo a la mayor velocidad posible para obtener el máximo de volúmen movido en el tiempo mínimo posible y por supuesto al menor costo factible.

Para lograr esto necesitamos conocer la potencia necesaria de la máquina para realizar el trabajo. Las potencias disponibles de las máquinas existentes en el mercado y por último la potencia utilizable que es la potencia disponible limitada por las condiciones del trabajo.

Los factores que debemos considerar son:

Resistencia al Rodamiento que es una medida de la fuerza requerida para empujar o halar y hacer rodar las ruedas en el suelo. Depende de las condiciones del terreno y del peso de la máquina vacía o cargada. Mientras más se hundan las ruedas en el terreno mayor es la resistencia.

La experiencia da como dato.- 15 kgs. por cada tonelada de carga y por cada 2.5 cms. de penetración. Se puede considerar aproximada para caminos:

Sin revestir	-	7.5 cm. de penetración
Revestidos	-	5.0 cm. de penetración
Pavimentados	-	2.5 cm. de penetración

Otros factores que intervienen son: la deformación de la llanta, el ancho de la misma, el dibujo, la velocidad (a mayor velocidad mayor resistencia del aire), las fricciones internas de las componentes de la máquina, etc.

En una máquina que este funcionando normalmente se consideran los factores anteriores constantes e igual a una resistencia de 20 kgs. por cada Tonelada de máquina cargada o descargada según sea el caso.

Del ejemplo de observación.

Una motoescropa cuyo peso total es 41 120 kgs. en un camino revestido de penetración de llanta de 7.5 cms. La Resistencia al Rodamiento será:

$$\begin{array}{rcl} 15 \text{ kgs/Ton} \times 3 + 20 \text{ kgs/Ton} & = & 65 \text{ kg/Ton.} \\ 65 \text{ kgs/Ton} \times 41.120 \text{ Tons.} & = & \underline{2\ 673 \text{ kgs.}} \end{array}$$

Resistencia por Pendiente: Esta resistencia es causada por la fuerza de gravedad, puede ser a favor o en contra, dependiendo del sentido de movimiento de la máquina, se calcula aproximadamente tomando un valor de 10 kg. por tonelada por cada 1 % de inclinación.

Ya tenemos la Resistencia al Rodamiento y la Resistencia por pendiente.

$$\text{La Resistencia Total} = R. R. + R. P.$$

La Resistencia total nos marca la fuerza de tracción necesaria para mover la máquina.

Esta fuerza de tracción la debemos comparar con la fuerza de Tracción disponible de la máquina, la cual esta íntimamente ligada con las diferentes velocidades que desarrolla por medio del sistema de transmisión que tenga. Así tendremos que una máquina desarrolla una gran fuerza de tracción a baja velocidad y poca fuerza de tracción a altas velocidades.

Como ejemplo tenemos:

La Resistencia total de una motoescropa es de 3 200 kgs. o (fuerza de tracción necesaria), la cual comparamos con las diferentes fuerzas de Tracción -Velocidad de la siguiente tabla:

Transmisión	Velocidad Km/h	Fza. de Tracción disponible. Tons.
1a.	3.7	10.230
2a.	7.3	5.335
3a.	11.6	3.310
4a.	18.8	2.055
5a.	30.3	1.275

La Motoescropa debe ser operada en 3a. velocidad con una fuerza de tracción 3 310 kgs. y una velocidad de 11.6 km/hora. Podríamos operarla en la. ó 2a. pero lo único que conseguiríamos es desperdiciar potencia y en consecuencia ir a menos velocidad. No podemos usar la 4a. ó 5a. porque la máquina no se movería.

La Potencia disponible no siempre es la potencia utilizable, está limitada por dos factores.

Coefficiente de Tracción.- que es la relación que existe entre la fuerza de tracción de las ruedas motrices y la fuerza que puede desarrollar contra el terreno. Es decir si una máquina trabaja en una superficie resbalosa es muy probable que la fuerza que desarrolla con el terreno sea inferior a la fuerza de tracción disponible y entonces las llantas patinarán. Se tienen tablas donde se dan los datos de coeficiente de tracción para diferentes terrenos; por ejemplo en tierra firme el coeficiente de tracción es de 0.50 - y en tierra suelta es de 0.40; la fuerza de tracción utilizable se obtiene multiplicando el coeficiente de tracción por el peso sobre la ruedas motrices.

Ejemplo:

Que fuerza de tracción utilizable en las ruedas puede ejercer una Motoescropea cuyo peso en las ruedas propulsadas es de 23 600 kgs.

En tierra firme:

$$0.50 \times 23\ 600 = 11\ 800 \text{ kgs.}$$

En tierra suelta:

$$0.40 \times 23\ 600 = 9\ 440 \text{ kgs.}$$

El coeficiente de tracción depende del peso sobre las ruedas motrices y de las condiciones del suelo. Siempre podrá corregirse esto mejorando el terreno donde opere la máquina.

Altitud: La altitud es otra limitación a la potencia disponible de la máquina. A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar la eficiencia de los motores disminuye. En la actualidad algunas máquinas con motor turboalimentado solo pierden potencia a partir de los 3000 m. sobre el nivel del mar. La mayoría de las máquinas se diseñan para funcionar hasta 1 500 m. sin pérdida de potencia y se considera un porcentaje del 1% de pérdida de potencia para cada 100 m. de altitud después de los 1 500 m. Cada fabricante proporciona tablas para corregir la potencia disponible por altitud.

En resumen estas son las secuencias para calcular la velocidad de trabajo de una máquina.

SECUENCIAS PARA CALCULAR LA VELOCIDAD DE
TRABAJO DE UNA MAQUINA

- 1o.- Determinese la Fuerza de tracción necesaria que es la suma de la Resistencia al Rodamiento más la Resistencia por Pendiente.
- 2o.- Compárese la Fuerza de Tracción necesaria con la Fuerza de Tracción Velocidad disponible de las especificaciones de la máquina.

- 30.- De la comparación anterior selecciónese la más alta velocidad que sea aconsejable usar.
- 40.- En caso necesario considérese la tracción que ofrece el terreno y determínese la Fuerza de Tracción Utilizable - Velocidad.
- 50.- Si el trabajo se lleva a cabo a una altitud mayor de 1 500 mts. calcúlese la pérdida de potencia y revítese la nueva velocidad más aconsejable.

Una vez conocida la velocidad adecuada para la máquina en los diferentes tramos del camino de acarreo, estamos en posibilidad de calcular la velocidad media. Los fabricantes aconsejan que se multiplique la velocidad máxima por 0.65, suponiendo que la máquina parte del reposo. Si se supone que parte de una velocidad inicial el factor se modificará.

En general a lo largo de un camino podemos suponer que se presentan diferentes pendientes, diferentes resistencias al rodamiento y que no son factibles o convenientes de modificarse, en este caso las relaciones de transmisión de la máquina en movimiento, serán variables, es decir se requieran varios cambios de Transmisión. Para calcular la velocidad media se acostumbra en estos casos dividir el camino en los diferentes tramos y hacer el análisis de cada uno de ellos, calculando su velocidad media.

Una vez conocida la velocidad media y la longitud de recorrido estamos en posibilidad de calcular el tiempo o los tiempos en los diferentes tramos con solo dividir dicha longitud entre la velocidad media.

La suma de los tiempos de ida y vuelta más los tiempos fijos nos dará el Tiempo Total del Ciclo de Operación de la máquina.

Con este tiempo podemos calcular la producción horaria de la máquina y el costo por m³ de material movido en Banco.

Ejemplo para ver el proceso de cálculo:

Problema:

La Empresa "A" tiene que ejecutar un trabajo consistente en mover - 800 000 m³ para la construcción de una pista de aterrizaje, cuenta la Empresa con el siguiente Equipo.

- 6 Motoescrapas. Caterpillar 621 de 15 m³ de capacidad colmada.
- 2 Tractores D-8H con empujador amortiguado.

Se supone que no se ejecutará la compactación del material, unicamente la extracción, carga, acarreo, transporte y colocación en capas del mismo.

Los Datos son:

Material	-	limo arenoso seco
Peso Volumétrico	-	1 600 kg/m ³
Altitud S.N.M.	-	2 000 m.
Longitud de acarreo	-	1 300 mts. de los cuales:
1 000 mts.	-	Tienen 4% de pendiente Adversa.
y 300 mts. tienen	-	2% Favorables
Coefficiente de abudamiento	=	1.25 o su recíproco 0.8
Peso de la máquina vacía	=	23. 6 Tons.
Peso de la máquina cargada del equipo	=	23.6 Tons. + 1 600x0.6x15 m ³ = 43T

Costos horarios: según la Empresa

Tractor	-	\$ 280/hora
Motoescropa	-	\$ 320/hora

La Empresa desea saber el costo por m³ en banco más barato con los siguientes tipos de camino de acarreo.

- a) Sin revestir
- b) Revestido
- c) Pavimentado.

I.- Suposición de los tiempos fijos:

Dada la experiencia que tiene la Empresa de acuerdo con su equipo, toma como tiempos fijos (carga y descarga) = 1.3 minutos.

II.- Cálculo de los tiempos variables:

A).- Resistencia al Rodamiento - 15 kg/por cada Ton. de máquina por cada 2.5 cm. de penetración.

7.5 cm. en camino sin revestir	=	45 kg/ton. M.
5.0 cm. en camino revestido	=	30 kg/ton. M.
2.5 cm. en camino pavimentado	=	15 kg/ton. M.

A estas cantidades habrá que sumarle 20 kg/ton. M. por deformación de llanta, fricciones internas, etc.

B).- Resistencia por Pendiente: 10 kg/Ton. M. por cada 1 %.

Sección de 1000 m. de ida	=	4% x 10	=	40 kg/T.M.
Sección de 300 m. de ida	=	2% x 10	=	20 kg/T.M.
Sección de 1000 m. de regreso	=	4% x 10	=	40 kg/T.M.
Sección de 300 m. de regreso	=	2% x 10	=	20 kg/T.M.

RESUMIENDO

DE IDA (CARGADA)

Tipo de Camino	Resist. al Rod. Kg/T.M.	R. por P. kg/T.M.		R. Total kg/T.M.	
		1000 m.	300 m.	1000 m.	300 m.
sin revestir	65	40	-20	105	45
revestido	50	40	-20	90	30
pavimentado	35	40	-20	75	15

T-33

DE REGRESO (VACIA)

17

Tipo de Camino	Resist. al Rod. Kg/T.M.	R. por P. kg/T.M.		R. Total kg/T.M.	
		300 m.	1000 m.	300 m.	1000 m.
Sin revestir	65	20	-40	85	25
Revestido	50	20	-40	70	10
Pavimentado	35	20	-40	55	-15

Cálculo de la R. Total o Rimpull de la máquina.

Resistencia Total x Peso de la máquina cargada.

Resistencia total x Peso de la máquina vacía.

También la Resistencia Total puede hacerse equivalente a la pendiente de un camino ficticio es decir si tenemos que la resistencia por pendiente es igual a 10 kg. por cada Ton. de Máquina y por cada 1% de pendiente bastará dividir la resistencia total entre 10 para obtener el % de pendiente equivalente.

Esto se hace en virtud de que las gráficas de algunos fabricantes las presentan como Rimpull o en % de pendiente o ambos.

PESO MOTOESCREPA CARGADA = 43 TONS. DE IDA

Tipo de Camino	R. T. o Rimpull Toneladas		R. T. en % Pendiente	
	1000	300	1000	300
Sin revestir 105 - 45	4.5	1.9	10.5	4.5
Revestido 90 - 30	3.9	1.3	9.0	3.0
Pavimentado 75 - 15	3.2	0.7	7.5	1.5

PESO MOTOESCREPA VACIA = 23.6 TON. DE REGRESO

Tipo de Camino	R. T. o Rimpull toneladas		R.T. en % de Pendiente	
	300	1000	300	1000
Sin revestir 85 - 25	2.0	0.6	8.5	2.5
Revestido 70 - 10	1.7	0.2	7.0	1.0
Pavimentado 55 - (-15)	1.3	-0.1	5.5	-1.5

Quando se obtiene el Rimpull o el % de pendiente negativo quiere decir que la máquina puede acelerarse más allá de su velocidad máxima permisible, sin embargo las máquinas actuales tienen un retardador que impide que esto suceda, evitando el uso excesivo de los frenos.

Revisemos el coeficiente de Tracción contra el suelo para las condiciones más desfavorables.

Coeficiente en camino sin revestir = 0.45

Peso de la máquina cargada en las ruedas motrices 63%

$0.63 \times 43 \text{ T} \times 0.45 = 12 \text{ T.}$

Peso de la máquina vacía en las ruedas motrices 63%

$0.63 \times 23.6 \text{ T.} \times 0.45 = 6.8 \text{ T.}$

Cubren ampliamente para las resistencias totales de 4.5 Tons. cargada y 2.0 Tons. vacía.

Corrección por altitud.

La máquina puede trabajar al 100% de potencia a 1 500 m., los 500 mts. restantes serán igual a:

$$\frac{500 \times 1\% \text{ por cada } 100 \text{ mts.}}{100} = 5\%$$

Habrà que multiplicar las Resistencias Totales o Rimpull de los cuadros anteriores por 1.05 .

MOTOESCREPA CARGADA

Tipo de Camino	R. T. TONS. (RIMPULL)		R.T. % DE PENDIENTE	
	1000	300	1000	300
Sin revestir	4.7	2.0	11.0	4.7
Revestido	4.1	1.4	9.5	3.2
Pavimentado	3.3	0.7	8.0	1.6

MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	R. T. TONS. (RIMPULL)		R. T. % DE PENDIENTE	
	300	1000	300	1000
Sin revestir	2.1	0.6	9.0	2.6
Revestido	1.8	0.2	7.5	1.1
Pavimentado	1.4	-0.1	6.0	-1.6

Con los datos anteriores entramos a la gráfica, proporcionada por el fabricante.

Se puede entrar con el Rimpull o con el % de pendiente por ejemplo para 4.7 de Rimpull o 11% de pendiente, se procede de la siguiente forma: En dónde dice Fuerza de Tracción o Rimpull de la escala vertical del lado izquierdo, buscamos 4.7 Tons. seguimos en una línea horizontal hasta interceptar la curva correspondiente a la 4a. velocidad, de este punto bajamos verticalmente y encontramos en la escala horizontal la velocidad de 15 Km/h.

Si procedemos con la pendiente, buscamos del lado derecho en la escala aproximadamente el 11% de pendiente descendemos en una línea paralela a las demás líneas marcadas y dónde cruce con la línea punteada vertical de carga de 21 800 kgs. trazamos una horizontal hacia la izquierda hasta encontrar el mismo punto de cruce con la curva correspondiente a la 4a. velocidad, después procedemos igual que en el caso anterior, bajamos verticalmente y encontramos la misma velocidad de 15 Km./hora.

Procediendo de la misma forma para todos los casos obtenemos los siguientes resultados:

VELOCIDADES DE LA MOTOESCREPA CARGADA

Tipo de Camino	Velocidad para los 1000 m.	Transmisión	Velocidad para los 300 m.	Transmisión
Sin Revestir	15 Km/h.	4a.	34 km/h.	7a.
Revestido	16 Km/h.	4a.	48 km/h.	8a.
Pavimentado	20 Km/h.	5a.	50 km/h.	8a.

VELOCIDADES DE LA MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	Velocidad para los 300 m.	Transmisión.	Velocidad para los 1000 m.	Transmisión
Sin Revestir	34 km/h.	7a.	50 km/h.	8a.
Revestido	37 km/h.	7a.	50 km/h.	8a.
Pavimentado	49 km/h.	8a.	50 km/h.	8a.

Las tablas anteriores son muy importantes ya que físicamente en el camino se pueden marcar en un cuadro, como las señales de velocidad de los caminos, - la velocidad a la que debe transitar la Motoescrepa.

Por ejemplo si se escogiera el tipo de camino pavimentado:

A la salida del corte se marcaría 20 km/h. y a los 1000 mts. otra señal - que indicará 50 km/h en el sentido de ida. Y de regreso, prácticamente desde - la salida del tiro hasta la entrada del corte 50 km/h.

Las velocidades anteriores son las velocidades máximas, debemos multipli-carlas por 0.65 para obtener las velocidades medias que consideran las acele-raciones y desaceleraciones.

VELOCIDADES MEDIAS (CARGADA)

Tipo de Camino	Velocidad para los 1000 m.	Velocidad para los 300 m.
Sin revestir	10 km/h.	22 km/h.
Revestido	11 km/h.	31 km/h.
Pavimentado	13 km/h.	35 km/h.

VELOCIDADES MEDIAS (VACIA)

Tipo de Camino	Velocidad para los 300 m.	Velocidad para los 1000 m.
Sin revestir	22 km/h.	35 km/h.
Revestido	24 km/h.	35 km/h.
Pavimentado	31 km/h.	35 km/h.

Con las velocidades medias y las longitudes podemos calcular los tiempos; bastará dividir la longitud por 60 minutos entre la velocidad en metros - por hora.

$$t = \frac{L \times 60}{V \text{ (m/h)}} = \text{tiempo en minutos}$$

TIEMPOS DE MOTOESCREPA CARGADA

Tipo de Camino	Tiempo en los 1000 m.	Tiempo en los 300 m.	T. Total
Sin revestir	6.0 min.	0.8 min.	6.8 min.
Revestido	5.5 min.	0.6 min.	6.1 min.
Pavimentado	4.6 min.	0.5 min.	5.1 min.

TIEMPOS DE MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	Tiempo en los 300 m.	Tiempo en los 1000 m.	T. Total
Sin revestir	0.8 min.	1.7 min.	2.5 min.
Revestido	0.7 min.	1.7 min.	2.4 min.
Pavimentado	0.6 min.	1.7 min.	2.3 min.

El siguiente paso es obtener el tiempo total del ciclo. (Tiempos fijos más tiempos variables) y la producción horaria en banco.

TIEMPO TOTAL DEL CICLO EN MINUTOS Y
M³/H. EN BANCO.

Tipo de Camino	Tiempos Fijos	Tiempos variables		Tiempo Total	Número de viajes por Hora	M ³ /H
		ida	regreso			
Sin revestir	1.3	6.8	2.5	10.5	5.7	67
Revestido	1.3	6.1	2.4	9.8	6.1	73
Pavimentado	1.3	5.1	2.3	8.7	6.9	83

COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO = 1.25 ó 0.8 por el P.
 CAPACIDAD COLMADA DE LA MOTOESCREPA = 15 m³
 CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA EN BANCO = 15 x 0.8 = 12 m³

Esta producción esta considerada para horas de 60 minutos, es ló - gico pensar que esto es poco real en virtud de que intervienen factores tales como la experiencia, la habilidad de los operadores, descomposturas, demoras imprevistas, etc., por lo cual la producción al 100% de eficiencia deberá - afectársele del factor de eficiencia que considere cada empresa de acuerdo - con su experiencia en términos generales un factor de eficiencia del 70% es bastante bueno. Con esto último calcularemos la producción real, el costo - por m³ de material movido en banco. Antes de pasar a realizar este cálculo analizaremos si el equipo de 2 tractores y 6 motoescrepas esta balanceado.

Las maniobras que realiza el empujador considerando que tiene pla - ca amortiguadora hasta para una velocidad de 8 km/h y que no tiene pérdida en el acomodo para el empuje son: Impulso, retorno y maniobras se conside - ra que este tiempo lo realiza entre 1.6 minutos con mucha eficiencia y 2.4 con regular. Tomaremos para este caso 2 minutos, el valor medio.

NUMERO DE MOTOESCREPAS

Tipo de Camino	Tiempo del ciclo de la Motoescrepa	Tiempo de ciclo del tractor empujador.	Número de Motoescrepas
Sin revestir	10.6	2.0	6
Revestido	9.8	2.0	5
Pavimentado	8.7	2.0	5

De este cuadro se observa que en el peor de los casos se requiere unicamente 1 tractor empujador y 6 motoescrepas.

T-44

Costo de los conjuntos:	
Costo horario del tractor	\$ 280.00/hora
Costo horario Motoescrepa	\$ 320.00/hora
Costo conjunto 1 tractor y 6 Motoescrepas.	
1 x \$ 280.00 =	\$ 280.00/h.
6 x \$ 320.00 =	<u>\$ 1920.00/h.</u>
Costo Total =	\$ 2200.00/h.
Costo conjunto 1 tractor y 5 Motoescrepas.	
1 x \$ 280.00 =	\$ 280.00/h.
5 x \$ 320.00 =	<u>\$ 1600.00/h.</u>
Costo Total =	\$ 1880.00/h

Producción real para:

A.- Camino sin revestir		
67 m ³ /h x 0.7 x 6 máquinas	=	281 m ³ /h
B.- Camino revestido		
73 m ³ /h x 0.7 x 6 máquinas	=	256 m ³ /h
C.- Camino Pavimentado		
83 m ³ /h x 0.7 x 5 máquinas	=	291 m ³ /h

Costo por m³/h movido en banco:

A.- Camino sin revestir			
$\frac{\$ 2\,200.00}{281\text{ m}^3/\text{h}}$	=	\$ 7.82	
Costo Total	=	7.82 x 800,000 m ³	= 6'256,000
B.- Camino revestido			
$\frac{\$ 1\,880.00}{256\text{ m}^3/\text{h}}$	=	\$ 7.35	
Costo Total	=	7.35 x 800,000 m ³	= 5'880,000
C.- Camino Pavimentado			
$\frac{\$ 1\,880.00}{291\text{ m}^3/\text{h}}$	=	\$ 6.47	
Costo Total	=	6.47 x 800,000 m ³	= 5'176,000

Por último:

Obtención de Rendimientos por medio de datos proporcionados por el fabricante:

En el siguiente ejemplo vemos los diferentes rendimientos y costos para un camino con una resistencia determinada. La Caterpillar ha estudiado un gran número de combinaciones con la cual facilita bastante la selección del equipo.

DISTANCIA DE ACARREO EN METROS (MEDIO CICLO)
CAMINO DE 100 kg/T

	75	152	305	610	915	1525
<u>627</u>						
Producción de una sola unidad m ³ en b/hr	343	287	217	146	110	73
Traíllas/Empujador	2	2	3	4	6	6
Costo (¢ m ³ en b*)	14,8	17,7	21,2	29,8	37,4	56,4
<u>621</u>						
Producción de una sola unidad m ³ en b/hr	288	241	183	123	93	62
Traíllas/Empujador	2	2	3	5	6	6
Costo (¢ m ³ en b*)	14,7	17,6	20,7	28,8	35,8	53,7
<u>623</u>						
Producción de una sola unidad m ³ en b/hr	243	204	154	103	78	52
Traíllas/Empujador	-	-	-	-	-	-
Costo (¢ m ³ en b*)	12,8	15,4	20,3	30,4	40,2	60,2
<u>627</u>						
Producción de una sola unidad m ³ en b/hr	281	239	184	126	96	65
Traíllas/Empujador	-	-	-	-	-	-
Costo (¢ m ³ en b*)	12,9	15,0	19,5	28,5	37,4	55,2
La unidad más económica	623	627 de T y E	627 de T y E	627 de T y E	621	621

*Utilizando los porcentajes de la eficiencia de la flotilla y de la disponibilidad de la traílla.

Conclusiones:

Para cada tipo de trabajo deberá estudiarse la selección adecuada de equipo.

Siempre existirá alguna solución para reducir los tiempos fijos y variables, en el caso de las motoescrepas.

Reducción de Tiempos fijos.-

Realizar la carga con pendiente favorable.

Escoger el empujador más adecuado.

Educación del Operador.

etc.

Reducción de Tiempos variables.-

Camino adecuado (revestido o pavimentado), en caso de acarreos cortos o también en caminos revestidos conservación de los mismos mediante el uso de Motoconformadora, riego de agua y en algunos casos equipo auxiliar de compactación.

Señalamiento de las velocidades a lo largo del camino.

Tratar de localizar el camino sin pendientes ó modificarlo al máximo.

etc.

Existen aditamentos especiales en las Motoescrepas que permiten también obtener una buena reducción en los tiempos tales como: Enganche o Empujador amortiguado, Asiento del operador amortiguado que permite una mejor operación de la máquina, transmisión automática, etc.

Recuerdese siempre que tiempo es dinero .

No olvidar respetar el mantenimiento que especifique el fabricante para la máquina .



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

T R A C T O R E S

ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO

JUNIO, 1980

TRACTORES Y ARADOS

En la industria de la construcción y principalmente en las actividades de exca vación podemos considerar que el tractor es una máquina que casi siempre estará - presente en este tipo de trabajos por su versatilidad. Para el constructor resulta in dispensable conocer bien este equipo para lograr su mejor aprovechamiento al míni mo costo.

Pensemos en cualquier proyecto y observaremos que con frecuencia aparece la silueta tan conocida de un tractor, especialmente el de carriles, equipado con -- accesorios inseparables como son la hoja o dozer y posiblemente el arado o desga rrador.

La ingeniería moderna exige realización de las obras en plazos mínimos de -- acuerdo con programas elaborados atendiendo a la técnica y a la economía, pero siempre resultan trabajos en los cuales deben aportarse suficientes recursos y apro vecharlos al máximo, es decir, lograr la mayor eficiencia.

El ingenio del hombre está transformando continuamente la cara de nuestra tie rra e inclusive en ocasiones modifica la ecología, todo con la intención de buscar una mejor forma de vida atendiendo a las crecientes y continuas necesidades que debemos satisfacer para nuestra explosiva población.

El constructor atendiendo a un proyecto determinado, planea, programa, orga- niza, ejecuta, controla, aporta máquinas, materiales, personal y toda la experien- cia que se requiere para coordinar esta suma de agregados para lograr un producto,

final que puede ser desde una mínima obra que sirve a un individuo hasta un proyecto que beneficie una zona, región o nación atendiendo necesidades colectivas.

Existen muchas máquinas para realizar trabajo, pero posiblemente ninguna tan conocida como el tractor y resulta que siendo un equipo costoso, en muchas ocasiones los que manejan este equipo delegan en gente irresponsable su operación, - casi siempre por desconocimiento o apatía. Una simple analogía sería la de un carro en la cual el dueño lo opera, mantiene y vigila que esté limpio, lubricado y hasta la exageración de que no tenga ruidos. Sabe como usarlo en distintas superficies de rodamiento y pendientes, qué velocidades son convenientes, como hacer el mantenimiento adecuado; de modo que cuando lo reemplaza obtiene casi siempre un buen valor de rescate. Un carro cuesta del orden de \$60,000.00 y se usa rá en promedio unas 150 hrs/mes cuando mucho. Un tractor tipo D-8 o similar, - que es un elemento de producción y se utiliza más horas al mes, se cotiza actualmente en \$1'200,000.00 al contado y si se compra a crédito habrá que sumar gastos de apertura de crédito e intereses. Esto quiere decir que hay una relación de 20 a 1 entre el valor de esas máquinas y cabe reflexionar si la atención durante su vida útil es proporcional.

Cuando se compra una máquina de la categoría de un tractor de inmediato - debe estar produciendo pues el capital invertido es de tal magnitud que la inactividad le causa pérdidas al dueño, es peor que tener el dinero guardado en la - casa sin beneficio alguno. Al contrario, una máquina o grupo de máquinas adquiridas y manejadas con eficiencia pueden permitir al dueño no solo obtener beneficios que compensen la inversión sino también tener utilidades que aceleren el - progreso de la empresa.

El movimiento de tierras se realiza a través de tres actividades principales, - como son: excavar, acarrear y colocar los materiales que han sido atacados en su estado natural. Lo que más le interesa al constructor es obtener máxima producción al mínimo costo y esto dependerá de la modalidad de la obra. El tractor equipado con hoja o dozer llamado comunmente bulldozer y con un arado o desgarrador puede realizar esa triple actividad en forma muy efectiva dentro de determinadas condiciones.

DESCRIPCION.-

Existen dos tipos de tractores:

Los de ruedas.

Los de orugas o carriles.

Ambos son muy utilizados en construcción, sin embargo para excavar, el de carriles es más conveniente en terminos generales. Desde luego para seleccionar el tractor que debe usarse es necesario tomar en cuenta el tipo de obra por ejecutar, superficie de rodamiento y pendientes, dureza de los materiales por excavar, distancias de acarreo, dificultades de ataque, cantidades de obra por ejecutar, y otra serie de factores, pero cuando se requieren tractores para excavar podemos atrevernos a decir que el de orugas es el más utilizado.

El tractor de carriles consta principalmente de un motor diesel, apoyado en un chasis, un sistema de transmisión de diseño planetario para enviar la potencia generada por el motor mediante mandos finales al sistema de tránsito.

El motor es de combustión interna, de cuatro tiempos, seis cilindros. La potencia neta en el volante está indicada bajo determinadas características de temperatu

ra, presión barométrica y revoluciones por minuto.

El sistema de tránsito consta de cadenas formadas por pernos y eslabones a las cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos conocidos como "roles". En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engrane propulsor que transmite la fuerza tractiva.

En las tablas de las páginas números 5 y 6 se indican las especificaciones de los tractores de carriles marca Caterpillar. En estas tablas tenemos señaladas las potencias de algunas máquinas, sus dimensiones geométricas, su peso y características de los motores.

Los tractores de oruga tienen diversos aditamentos, siendo el principal la hoja empujadora o dozer cuyas funciones pueden ser la de excavar, desmontar y empujar otras máquinas.

El tractor de oruga tiene la gran ventaja de que construye sus propios caminos de acceso para llegar a los sitios de trabajo, puede operar en zonas montañosas y de fuerte pendiente, tiene mejor tracción al tener mayor adherencia con la superficie de apoyo que los tractores de llanta.

TRACTORES DE CARRILES.- ESPECIFICACIONES

Modelo	DD9G	D9G	D8H	D7F	D6C	D6C (A.E.)	D5 60" (trocha) 74"	D5 (A.E.)	D4D	D4D (A.E.)		
Potencia en el volante, en hp . . .	770	385	270	180	125	125	93	90*	65	68*		
RPM indicadas	1330	1330	1280	2000	1900	2000	1750	1900	1680†	2000		
Peso aprox. S-T lb	176,500	68,000	50,000	31,900	23,500		18,700	19,100	13,700			
embarque (kg)	(80100)	(30800)	(22700)	(14,500)	(10700)		(8500)	(8700)	(6200)			
Peso: TD lb			49,000	31,300	23,000	26,100	18,100	18,500	20,400	13,100		
(kg)			(22200)	(14200)	(10400)	(11800)	(8200)	(8400)	(9300)	(5900)		
Dimensiones Generales:												
Largo total	pies	42'6"	18'0"	17'0"	14'8"	13'0"	13'	12'9"	12'9"	11'1"	11'0"	
(mm)		(13000)	(5500)	(5200)	(4450)	(3950)	(3950)	(3900)	(3900)	(3400)	(3350)	
Ancho (zapatas Std.)	pies	10'9"	9'11 1/2"	8'11"	8'5"	7'9"	7'10"	6'7 1/2"	7'9 1/2"	7'9 1/2"	6'6"	6'6"
(mm)		(3300)	(3050)	(2700)	(2550)	(2360)	(2390)	(2020)	(2370)	(2370)	(1980)	(1980)
Alto (sin escape ni predepurador)	pies	9'10 1/4"	9'2"	8'0"	7'4"	6'11 1/2"	7'2 1/2"	6'5 1/2"	6'10"	5'7 1/2"	6'1"	
(mm)		(3000)	(2800)	(2440)	(2240)	(2120)	(2200)	(1970)	(2080)	(1710)	(1850)	
Entrevía	pulg	90"	90"	84"	78"	74"	74"	60"	74"	74"	60"	60"
(mm)		(2290)	(2290)	(2130)	(1980)	(1880)	(1880)	(1520)	(1880)	(1880)	(1520)	(1520)
Espacio libre (de la cara de las zapatas)	pulg	14"	23-9/16"	19-7/8"	15 1/4"	14-5/8"	14 1/2"	14"	13 1/2"	13 1/2"	14"	14"
(mm)		(355)	(600)	(500)	(385)	(370)	(370)	(355)	(345)	(345)	(355)	(355)
Ancho de zapatas	pulg	24"	24"	22"	20"	18"	20"	16"	18"	13"	16"	
(mm)		(610)	(610)	(560)	(510)	(455)	(510)	(405)	(455)	(330)	(405)	
Area de contacto en el suelo	pulg ²		6354	5049	4280	3357	3730	2784	3085	1885	2378	
(m ²)			(4,10)	(3,26)	(2,76)	(2,17)	(2,41)	(1,80)	(1,99)	(1,22)	(1,50)	
Largo de carriles en el suelo	pulg		132 1/2"	115"	107"	93 1/4"	93"	87"	85-11/16"	72 1/2"	72 3/4"	
(mm)			(3350)	(2900)	(2700)	(2370)	(2360)	(2210)	(2180)	(1840)	(1850)	

*hp en la Barra de Tiro, no en el volante.
S-T = Servo-Transmisión
TD = Transmisión Directa

†La velocidad indicada del motor del D4D con S-T es de 2000 R.P.M.
Para la pérdida de hp a causa de la altitud vea la última página de la Sección de Movimiento de Tierra.

TRACTORES DE CARRILES.- ESPECIFICACIONES

Modelo		D09G	D9G	D8H S-T	D8H TD	D7F S-T	D7F TD	D6C S-T	D6C TD	D6C (A.E.)	D5 S-T	D5 TD	D5 (A.E.)	D4D TD	D4D S-T	D4E (A.E)
Capacidades:																
Sistemas de enfr.	gal EUA (litros)	80 (302)	40 (151)	31 (117)	31 (117)	12 (45)	12 (45)	10% (39)	9% (34,5)	10 (38)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	8 (30)	8 (30)	8 (30)
Tanque de comb.	gal EUA (litros)	400 (1514)	200 (757)	134 (507)	134 (507)	115 (435)	115 (435)	78 (295)	78 (295)	115 (435)	65 (246)	65 (246)	78 (295)	42 (159)	42 (159)	62½ (237)
Cárter del motor diesel	gal EUA (litros)		11½ (43)	8% (33)	8% (33)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7 1/4 (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	5 (18,9)	5 (18,9)	5 (18,9)
Compart. transmisión, divisor de par, corona embragues de direc.	gal EUA (litros)		31 (117)	31 (117)		31 (117)		21 (79)			12% (46)				10x (38)	
Transm., corona, embrague de direc.	gal EUA (litros)				31* (117)		31* (117)		26* (98)	26* (98)						
Transmisión	gal EUA (litros)											12%* (46)	12%* (46)	6 (22,7)	4† (15,1)	6 (22,7)
Embrague principal	gal EUA (litros)										(entrevia) 74" 60"			2% (8,5)		2% (8,5)
Cada mando final	gal EUA (litros)		11½ (43)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	5 (19)	5 (19)	5 (19)	3 (11)	2-3/8 (9)	3 (11)	2% (9)	2% (9)	2% (9)
Cada caja del resorte tensor	gal EUA (litros)		7 (26)	5 (19)	5 (19)											

Incluye también el Embrague Principal

† Compart. de la Corona.

xCompart. de la Transm. y del Convertidor de par

D = Transmisión Directa

S-T = Servo-Transmisión

En el mercado se encuentran varios proveedores que distribuyen tractores de carriles como son: Caterpillar, Komatsu, Terex, Allis Chalmers, International, de distintos tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que los hacen más o menos populares entre el gremio de los constructores, pero quizá los factores que más influyan para adquirir una marca sean la oportunidad, la existencia, facilidades de pago, precio, posible valor de rescate, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca el vendedor.

Algunos modelos de tractores se señalan a continuación:

KOMATSU		INTERNATIONAL		TEREX	
modelo	potencia	modelo	potencia	modelo	potencia
D55A	105 HP	TD-15 B	120 HP	82-30	225 HP
D65A	140 HP	TD-20 B	160 HP	82-40	290 HP
D85A	180 HP	TD-20 C	170 HP	82-80	440 HP
D150A	300 HP	TD-25 B	230 HP		
D355A	410 HP	TD-25 C	285 HP		

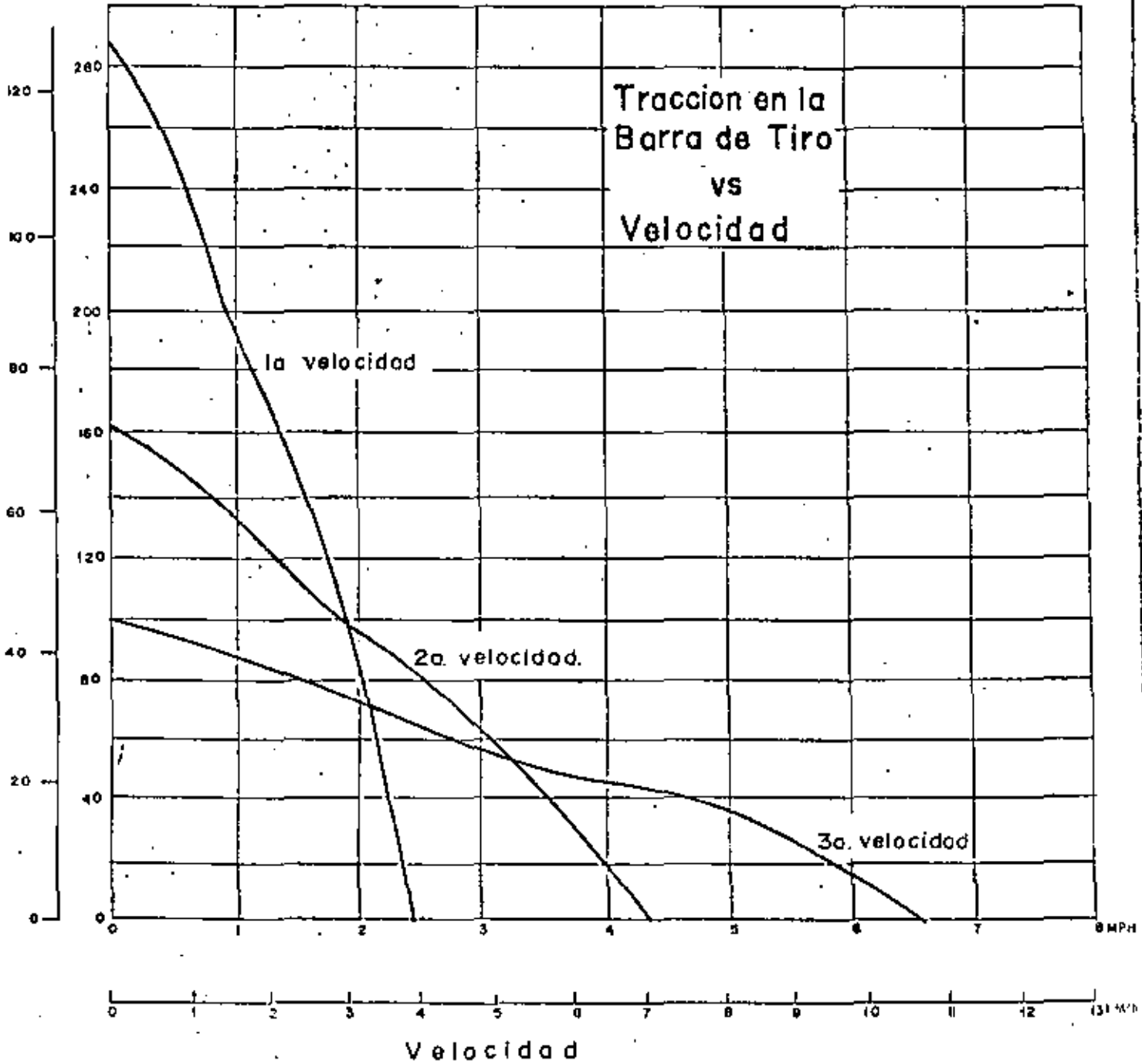
La capacidad de un tractor está en función de su potencia y de su peso. La potencia nos determina la fuerza tractiva disponible en el gancho o barra de tiro y está afectada por la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie donde se desplaza la máquina y por la pendiente. La máxima fuerza tractiva está fijada por el peso de la máquina multiplicado por el coeficiente de tracción. Así por ejemplo un vehículo patinaría al transitar sobre hielo, que tiene un mínimo coeficiente de tracción, a pesar de que hubiera mucha potencia disponible.

Los hojas de especificaciones que ofrecen los distribuidores de equipo dan las características de los distintos modelos y desde luego el tamaño del tractor es proporcional a su potencia en el volante a determinadas R.P.M., la que se transmite mediante mecanismos y determinan la tracción en la barra de tiro utilizable a distintas velocidades, la cual está afectada como se indicó anteriormente por las -- condiciones del suelo, pendiente, altura sobre el nivel del mar. Este último aspecto superado en las máquinas modernas por la instalación de turbo cargadores y -- enfriadores de aire.

La relación entre velocidades de avance y tracción en las barras de tiro en tractores Caterpillar equipados con servo transmisión se muestran en las hojas números 9, 10, 11 y 12. En la hoja 13 se muestra esta misma relación para los modelos D8H y D7F con transmisión directa.

Tracción en la Barra de Tiro

KG 1000 lbs 1000

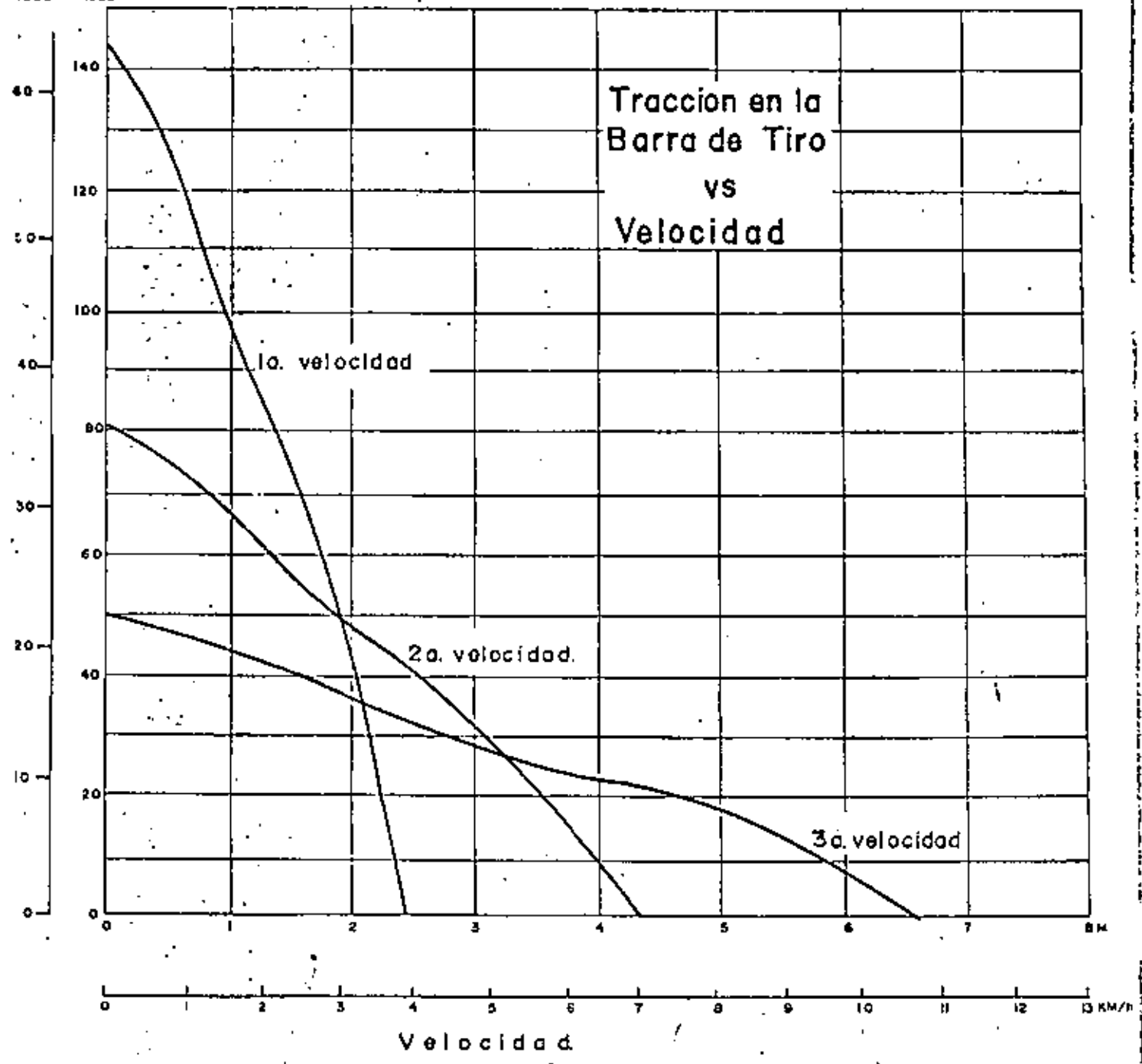


D 9 G

10

Traccion en la Barra de Tiro

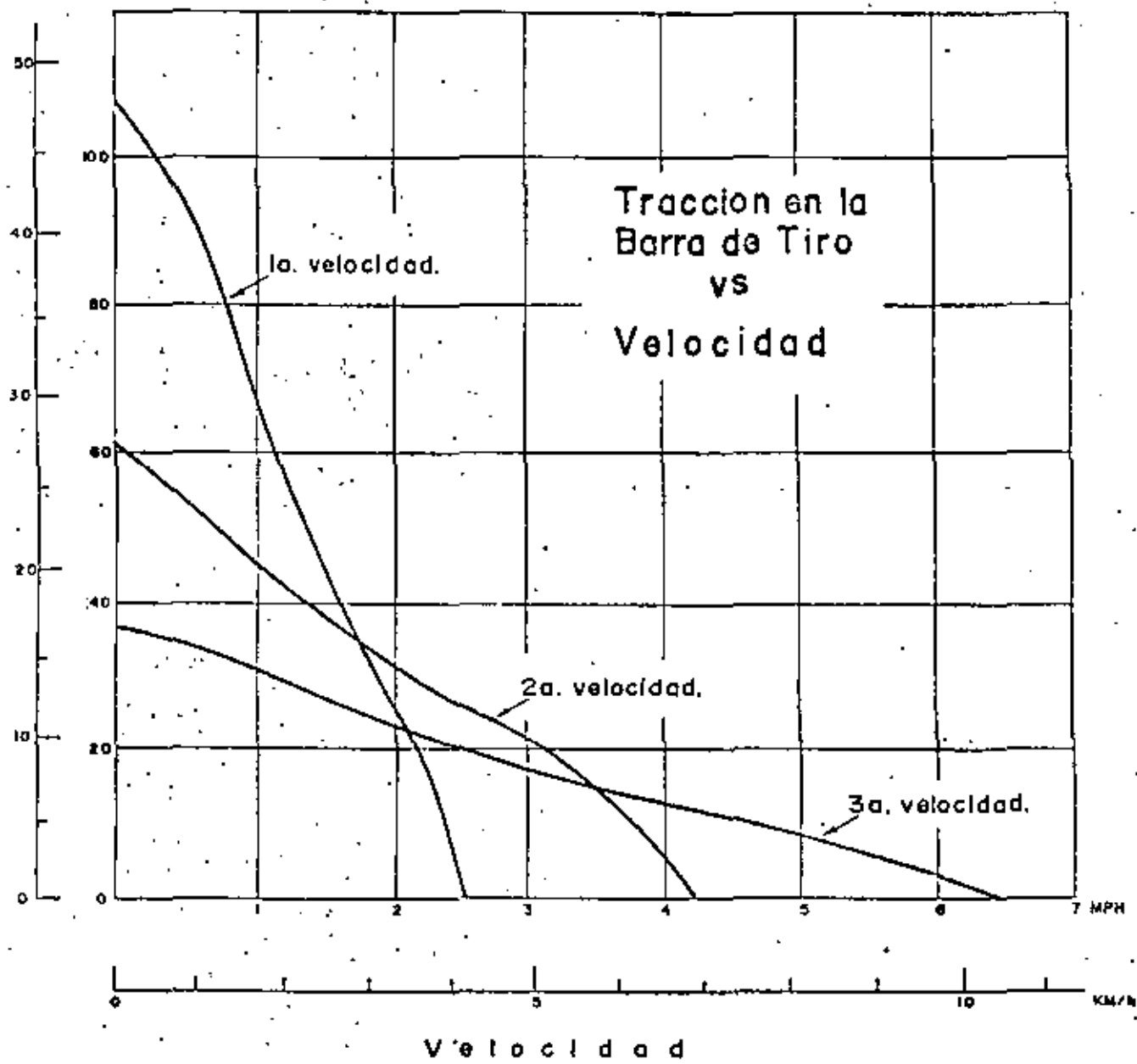
KG x 1000 lbs x 1000



D 8 H - CON SERVO-TRANSMISION

Tracción en la Barra de Tiro

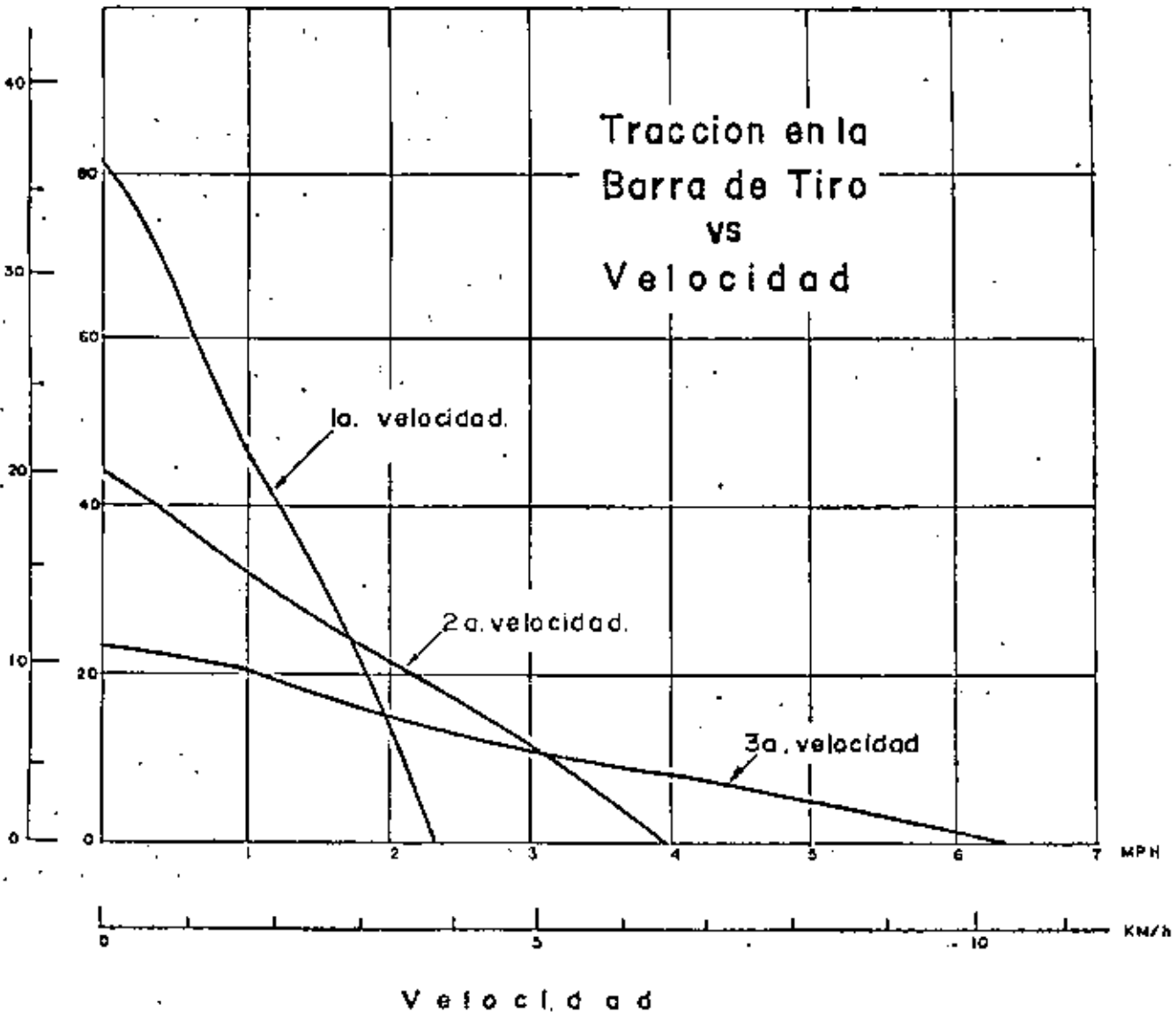
KG x 1000 lbs x 1000



D7F con SERVO-TRANSMISION

Tracción en la Barra de Tiro

KG x 1000 lb x 1000



D8H y D7F con TRANSMISION DIRECTA

TRANSMISION DEL D8H Y DEL D7F:

De engrane constante, con engranajes helicoidales y cambio rápido de sentido de marcha. Lubricación a presión, con aceite filtrado y enfriado. Construcción en unidades desmontables.

VELOCIDADES Y TRACCION EN LA BARRA DE TIRO DEL D8H:

	Avance		Retrososo		Tracción en la barra de tiro*			
					A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
	MPH	km/h	MPH	km/h	libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.6	(2,6)	1.6	(2,6)	52,410	(23790)	63,860	(28990)
2a	2.1	(3,3)	2.1	(3,4)	39,130	(17760)	47,930	(21760)
3a	2.9	(4,6)	2.9	(4,7)	26,870	(12200)	33,210	(15030)
4a	3.7	(6,0)	3.8	(6,1)	19,490	(8850)	24,360	(11060)
5a	4.9	(7,8)	4.9	(7,9)	13,840	(6280)	17,580	(7980)
6a	6.7	(10,8)	6.8	(11,0)	8,660	(3930)	11,360	(5160)

VELOCIDADES Y TRACCION DEL D7F:

Transmisión Standard

	Avance		Retrososo		Tracción en la barra de tiro*			
					A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
	MPH	km/h	MPH	km/h	libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.5	(2,4)	1.8	(2,9)	37,600	(17100)	47,450	(21540)
2a	2.2	(3,5)	2.5	(4,0)	25,000	(11350)	31,760	(14420)
3a	3.1	(5,0)	3.7	(6,0)	16,400	(7450)	21,090	(9570)
4a	4.6	(7,4)	5.4	(8,7)	10,100	(4580)	13,280	(6030)
5a	5.9	(9,5)	-	-	7,140	(3240)	9,610	(4360)

RENDIMIENTO.-

14

Potencia es la capacidad de realizar un trabajo por unidad de tiempo, por lo que las unidades son Pies Libras por Minuto o Kilógrámetros por Minuto. Generalmente se expresa en unidades del sistema Inglés en H.P. o caballos de potencia. Un H.P. corresponde a 33,000 Pies Libras por Minuto y equivale a 746 watts.

La altura sobre el nivel del mar afecta la potencia útil de los motores arriba de los 1000 metros del orden del 1% por cada 100 metros de altura, así una máquina trabajando a 3000 metros tendría una pérdida del 20%, que con la instalación de turbocargadores y enfriadores de aire de admisión se tiende a compensar esta disminución en la potencia.

La fuerza tractiva en la barra de un tractor está expresada en la siguiente ecuación:

$$F.T. = \frac{375 \times H.P. \times 0.80}{V}$$

en donde:

F.T. = Fuerza tractiva en libras.

H.P. = Potencia nominal.

V = Velocidad en millas por hora.

Las especificaciones de las máquinas muestran la relación entre velocidad y tracción en la barra de tiro.

La resistencia al rodamiento es la fuerza que se opona al movimiento de una máquina sobre un camino a velocidad uniforme. Se calcula en función del peso del vehículo multiplicado por el coeficiente de Resistencia al Rodamiento.

$$R.R. = \frac{\text{Peso de la máquina} \times \text{coeficiente de R.R.}}{100}$$

La resistencia a la pendiente es la componente del peso de la máquina paralela al plano inclinado. Su valor está en función del peso del vehículo y de la pendiente.

$$R.P. = \frac{\text{Peso del vehículo} \times \% \text{ de pendiente}}{100}$$

Las resistencias al rodamiento y a la pendiente se restan a la fuerza tractiva en el gancho y se obtiene la fuerza tractiva disponible para realizar trabajo, sin olvidar que la máxima está definida por:

$$F.T. mx. = \text{Peso del tractor} \times \text{coeficiente de tracción.}$$

Las tablas de la hoja número 16 nos muestran coeficientes de resistencia al rodamiento y de tracción.

LA RESISTENCIA AL RODADO EN
CONDICIONES TÍPICAS

Un camino estabilizado, pavimentado, duro y liso que no cede bajo el peso, regado y conservado . . .	lb/ton 40	(kg/t) (20)
Un camino firme y liso, de tierra o con recubrimiento ligero, que cede un poco bajo la carga. Reparado con bastante regularidad, y regado	65	(35)
Nieve: compacta	50	(25)
suelta	90	(45)
Un camino de tierra, con baches y surcos, que cede bajo la carga; se repara muy poco, o nada, y no se riega. Los neumáticos penetran 1" (25 mm), o más	100	(50)
Camino de tierra con baches y surcos, blando, sin estabilizar y que no se repara. La penetración de los neumáticos es de 4" a 6" (100 a 150 mm)	150	(75)
Arena o grava suelta	200	(100)
Camino blando y fangoso con surcos, no se repara .	200 a 400	(100 a 200)

El tamaño de los neumáticos y la presión del aire utilizados son factores que reducen o aumentan considerablemente las cifras de la tabla. Los datos indicados son bastante exactos para hacer estimaciones cuando no hay disponible la información específica sobre el rendimiento de un equipo determinado en terrenos de ciertas condiciones. Para información adicional, vea la Sección de Datos sobre Movimiento de Tierra.

COEFICIENTES APROXIMADOS DEL
FACTOR DE TRACCIÓN EN EL SUELO

	FACTORES DE TRACCIÓN	
	Neumáticos	Carriles
Hormigón	0,90	0,45
Marga arcillosa, seca	0,55	0,90
Marga arcillosa, mojada	0,45	0,70
Marga arcillosa con surcos	0,40	0,70
Arena seca	0,20	0,30
Arena mojada	0,40	0,50
Cantera	0,65	0,55
Camino de grava suelta	0,36	0,50
Nieve compacta	0,20	0,25
Hielo	0,12	0,12*
Tierra firme	0,55	0,90
Tierra floja	0,45	0,60
Carbón amontonar	0,45	0,60

*Zonas con hielo: coeficiente 0,27

Con los datos anteriores se puede calcular la producción de un tractor. La fuerza tractiva disponible determina la velocidad de marcha que a su vez nos -- permite calcular el tiempo del ciclo; este se integra con tiempos fijos y tiempos variables. Los tiempos fijos son del orden de 0.15 - 0.25 min.

El rendimiento está expresado por:

$$R = \frac{E \times \text{Capacidad de la máquina en M3 sueltos.}}{\text{Tiempo del ciclo en minutos}}$$

$R = \text{M3 sueltos/hora.}$

$E = \text{Minutos por hora de trabajo generalmente de 45 a 50 minutos.}$

Para obtener volúmen compacto habría que dividir el resultado entre el coeficiente de abundamiento, después de aplicar los factores de corrección correspondientes al tipo de trabajo que se realiza.

La producción de una máquina también puede obtenerse por observación directa, midiendo el volúmen excavado en un tiempo determinado.

El tractor excavando con una hoja del tipo recto o angulable puede dar distintas producciones dependiendo de las condiciones del trabajo que esté realizando y del tipo de material que esté moviendo.

En pendientes positivas tendrá menor rendimiento que si trabaja cuesta abajo. En zanjas su producción será mayor pues el material excavado no puede escurrirse por los lados. En acarrees largos habrá tendencia a perder volúmen excavado en el trayecto. En la tabla de la página número 18 se muestran las pendientes en las -- cuales pueden trabajar los tractores de carriles.

OPERACION EN LADERAS DE LOS TRACTORES ... 18

DE CARRILES CATERPILLAR

18

La tabla siguiente da la pendiente máxima a la cual cada tractor opera bien con la debida lubricación.

TRACTOR	D9 Serie G	D8 Serie H	D7 Serie F	D6 Serie C	D5	D4 Serie D
En porcentaje	100	84	100	100	100	100
o en Grados de inclin.	45	40	45	45	45	45

Deben considerarse los siguientes puntos importantes:

- Velocidad de viaje - A velocidades altas, las fuerzas de inercia tienden a disminuir la estabilidad del tractor.
- Desigualdades del terreno o superficie. Debe aplicarse una considerable tolerancia cuando el terreno o la superficie es desigual.
- Accesorios instalados. Los bulldozers, aguilones laterales, malacates, y cualquier otro equipo montado, alteran el equilibrio de la máquina.
- Tipo de suelo. Los rellenos de tierra nuevos pueden ceder bajo el peso del tractor. Los suelos rocosos suelen ocasionar el deslizamiento de las máquinas.
- Deslizamiento de los carriles debido a cargas excesivas. A causa de esto, los carriles a nivel inferior podrían excavar el suelo y aumentar la inclinación del tractor.
- Implementos instalados en la barra de tiro (arcos para tirar de troncos, vagones de dos ruedas, etc.) podrían reducir el peso en el carril más elevado.
- Altura del enganche en el tractor. Cuando se utiliza una barra de enganche alta, el tractor es menos estable que si tiene una de altura standard.
- Ancho de las zapatas. Las zapatas anchas tienden a reducir la acción de excavación, o sea que el tractor es más estable.
- Equipo operado. Debe considerarse con cuidado la estabilidad y otros distintivos del equipo operado por el tractor.

La calidad y granulometría del material que se excava influyen en la producción horaria, pues no es lo mismo manejar arena suelta o tierra vegetal que una roca bien o mal tronada.

El proyecto desde luego tiene una influencia definitiva en los resultados. Un tractor con hoja angulable cortando en balcón y desperdiciando el material tendrá probablemente ventaja sobre otra máquina excavando el mismo material en secciones de tipo mixto o en tramos compensados. Cada caso requiere de coeficientes de corrección que son consecuencia de la observación y experiencia y que de no aplicarse pueden dar lugar a errores en el cálculo de la producción y redundan en los costos analizados a priori.

Al manejar cantidades de obra debe aclararse si se trata de volúmenes en -- banco, sueltos o compactos y aplicar los factores de conversión volumétrica correspondientes.

Operar con eficiencia un tractor nos dará máximo rendimiento y mínimo costo por lo que es fundamental que el trabajo de la máquina esté respaldado por una -- organización adecuada que aporte servicios de combustibles, lubricantes, mantenimiento, reparaciones y personal en forma oportuna. La máquina no puede trabajar por sí misma, necesita forzosamente atención como todos los bienes de producción en instalaciones fijas.

APLICACIONES.-

20

Los tractores tienen diversas aplicaciones y aditamentos específicos para cada caso, entre los principales están:

- Aditamento frontal llamado hoja o dozer.
- Arado o desgarrador adaptado en la parte posterior del tractor.

El tractor puede utilizar varios tipos de hojas topadoras y en este caso se le conoce con el nombre de bulldozer:

- 1.- Recta, que se utiliza para excavar acarreado el material hacia adelante.
- 2.- Angulable, que puede inclinarse en relación al avance del tractor.
- 3.- En "U", que tiene una mayor capacidad puesto que los lados forman una caja para evitar que el material se escurra.
- 4.- Amortiguada, para empujar y resistir los impactos.
- 5.- Desgarradora, que permite una mayor penetración en el terreno.

Cada hoja tiene una función específica, sin embargo las más frecuentes son: la recta y la angulable. Esta última muy popular pues tiene una gama más amplia de aplicaciones. Todas vienen equipadas con piezas de desgaste como son la cuchilla en la parte inferior y las puntas de extremo o "gavilanes". Estas piezas son las que inician el afloje de la excavación y pueden cambiarse cada vez que se requiera, en esta forma se protege la hoja que es un elemento caro.

La hoja se monta en un marco que está acoplado al tractor y puede controlarse mediante cables o sistemas hidráulicos. El control de cable, es más sencillo en su mantenimiento, pero el control hidráulico resulta superior pues permite aplicar -

una mayor fuerza de penetración con una fácil manejabilidad. La única desventaja del control hidráulico podría ser el costo de reparaciones por una mala operación - al encontrar el tractor dificultades en la excavación. Los fabricantes de tractores - también lo son de sus propias hojas.

En las páginas 22, 23, 24, 25, 26 y 27 se muestran las características de las hojas topadoras para tractores Caterpillar modelos D-9, D-8 y D-7.

Modelo		9A	9S	9U	9R	9C
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora	Amortiguada
Peso de embarque sin control:						
Para usarse con Control Hidráulico 193	-lb -(kg)	14600 (6600)	14600 (6600)	16200 (7400)	18300 (8300)	12000 (5400)
Dimensiones principales: (Tractor y topador)						
Longitud (hoja recta)	-pies -(mm)	23'3 1/4" (7100)	23'2 3/4" (7100)	24'2 3/4" (7400)	23'3" (7100)	22'8 1/2" (6900)
Longitud (hoja en ángulo)	-pies -(mm)	26'3 7/8" (8000)				
Ancho (hoja recta)	-pies -(mm)	15'11 3/4" (4850)	14'5 3/8" (4350)	15'9" (4600)	14'4 1/2" (4350)	10'1" (3050)
Ancho (hoja en ángulo)	-pies -(mm)	14'2" (4300)				
Ancho (sólo con bastidor "C")	-pies -(mm)	12'1" (3700)				

Modelo		9A	9S	9U	9R	9C
Hoja:						
Longitud	-pies	15'11 3/4"	14'5 3/8"	15'9"	14'4 1/2"	10'1"
	-(mm)	(4850)	(4350)	(4800)	(4350)	(3050)
Altura	-pulg	51 1/4"	71 1/2"	71 1/2"	71 1/2"	60"
	-(mm)	(1300)	(1820)	(1820)	(1820)	(1520)
Descenso máximo por debajo del suelo	-pulg	23 1/2"	21 1/4"	21 1/4"	21 1/4"	20 3/4"
	-(mm)	(600)	(540)	(540)	(540)	(530)
Inclinación lateral máx.	-pulg	10"	37 1/4"	40 1/2"	37 1/4"	
	-(mm)	(255)	(950)		(950)	
Ajuste máx. del ángulo de ataque			8°	8°	8°	
Giro de la hoja (a cada lado)		25°				
Accesorios:						
Protector de empuje-Bastidor en "C"		Sí	No	No	No	No
-Hoja		No	Sí	No	Sí	No
Peso de embarque (instalada)	-lb	5420	1550		1550	
	-(kg)	(2460)	(700)		(700)	

Modelo		8A	8S	8U	8R	8C
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora	Amortiguada
Peso de embarque sin control:						
Para usarse con Control Hidr. 183, Serie B	-lb -(kg)	11600 (5300)	10900 (4950)	12100 (5500)	15400 (7000)	8900 (4050)
Control de Cable 128	-lb -(kg)	10600 (4800)	10000 (4550)	11200 (5100)		9400 (4250)
Dimensiones principales: (Tractor y topador)						
Longitud (hoja recta)	-pies -(mm)	21'8" (6600)	21'9" (6650)	22'7" (6900)	21'9" (6650)	22'1" (6750)
Longitud (hoja en ángulo)	-pies -(mm)	24'8 1/2" (7550)				
Ancho (hoja recta)	-pies -(mm)	15'2" (4600)	13'1" (4000)	13'9" (4200)	13'4" (4050)	13'4" (4050)
Ancho (hoja en ángulo)	-pies -(mm)	13'9" (4200)				
Ancho (sólo con bastidor "C")	-pies -(mm)	11'4" (3450)				

Modelo	8A	8S	8U	8R	8C
Hojas:					
Longitud	15'2"	13'1"	13'9"	13'4"	9'10 1/2"
-pies.	(4600)	(4000)	(4200)	(4050)	(3000)
- (mm)					
Altura	43 5/8"	53 1/2"	53 1/2"	53 1/2"	48 1/4"
-pulg.	(1110)	(1360)	(1360)	(1360)	(1230)
- (mm)					
Descenso máximo por debajo del suelo	21 3/4"	18 3/8"	18 3/8"	18 3/8"	21"
-pulg.	(550)	(470)	(470)	(470)	(530)
- (mm)					
Inclinación lateral máx.	13"	34 1/2"	35 3/4"	23 3/8"	
-pulg.	(330)	(880)	(910)	(590)	
- (mm)					
Ajuste máximo del ángulo de ataque		10°	10°		
Giro de la hoja a cada lado	25°				
Accesorios:					
Cilindro de Inclinación					
Inclin. lateral máx., híd.		41 3/4"	44"	23 3/8"	
-pulg.		(1060)	(1120)	(590)	
- (mm)					
Protec. de empuje - Bastidor "C"	Si	No	No	No	No
- Hoja	No	Si	No	Si	No
Peso de embarque (instalada)	5535	750	750	750	
-lb	(2510)	(340)		(340)	
- (kg)					
Dimensiones del cable:					
Diámetro	1/2"	1/2"	1/2"		1/2"
-pulg.	(12,7)	(12,7)	(12,7)		(12,7)
- (mm)					
Longitud para usarse con el Control de Cable No. 128	92'6"	92'6"	92'6"		92'6"
-pies.	(28)	(28)	(28)		(28)
- (m)					

*No hay límite en las unidades de Control de Cable.

Modelo		7A	7S	7U	7R
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora
Peso de embarque sin control:					
Para usarse con					
Control Hidráulico No.173	-lb -(kg)	6700 (3050)	7100 (3200)	7900 (3600)	9100 (4150)
Control de Cable No.127	-lb -(kg)	6200 (2800)	6600 (3000)		
Dimensiones principales: (Tractor y hoja topadora)					
Longitud (hoja recta)	-pies -(mm)	18'0" (5500)	17'4" (5300)	18'10" (5750)	17'4" (5300)
Longitud (hoja en ángulo)	-pies -(mm)	21'0" (6400)			
Ancho (hoja recta)	-pies -(mm)	14'0" (4250)	12'0" (3650)	12'8" (3850)	12'0" (3650)
Ancho (hoja en ángulo)	-pies -(mm)	12'10" (3900)			
Ancho (sólo con bastidor "C")	-pies -(mm)	10'3" (3100)			

Modelo		7A	7S	7U	7R
Hoja:					
Longitud	-pies -(mm)	14'0" (4250)	12'0" (3650)	12'8" (3850)	12'0" (3650)
Altura	-pulg -(mm)	38" (960)	50" (1270)	50" (1270)	50" (1270)
Descenso máximo por debajo del suelo	-pulg -(mm)	16 3/4" (425)	17 1/2" (440)	17 1/2" (440)	17 1/2" (440)
Inclinación lateral máx.	-pulg -(mm)	18 3/4" (475)	22 1/4" (560)	23 3/4" (600)	21" (530)
Ajuste máximo del ángulo de ataque		25°	9°	9°	
Giro de la hoja a cada lado					
Accesorios:					
Cilindro de inclinación lateral					
Inclin. lateral máx., hidr.	-pulg -(mm)	19" (485)	28 1/2" (720)	30 1/4" (770)	21" (530)
Protector de empuje - Bastidor en "C"		Si	No	No	No
-Hoja		No	Si	No	Si
Peso de embarque (instalada)	-lb -(kg)	1030 (470)	650 (295)		650 (295)
Dimensiones del cable:					
Diámetro	-pulg -(mm)	1/2" (12,7)	1/2" (12,7)		
Longitud para usarse con el Control de Cable No. 127	-pies -(m)	72' (22)	72' (22)		

*No hay limite en las unidades de Control de Cable.

El bulldozer tiene diversas aplicaciones y es una máquina muy eficiente para excavar. Tiene ciertas limitaciones, especialmente en la distancia de acarreo y en el nivel del piso de excavación. Lo más conveniente para una mayor producción - sería no acarrear, como una excavación en un camino de penetración que va en - ladera, desperdiciando el material, caso poco frecuente, pues los acarreos medios - de un bulldozer son del orden de 30 metros a 50 metros. La distancia máxima de -- acarreo aconsejable es de 100 metros. En este caso se aumenta mucho el tiempo del ciclo por la baja velocidad del tractor y disminuye el rendimiento por lo que resul- ta anti-económico acarrear a distancias mayores de 100 metros. El escurrimiento del material por los lados de la hoja puede ser otro factor que limite la distancia del - acarreo.

El bulldozer tiene varios usos:

- Desmonte, desenraice.
- Limpia de sitios para construcción
- Construcción y mantenimiento de caminos de acceso.
- Despalme de bancos y arreglo del piso de los mismos.
- Afloja de material para cargadores frontales.
- Afine tosco de taludes.
- Formación de bordos con préstamo lateral.
- Relleno de zanjas.
- Empujador de motoescrapas.
- Auxiliar en diversos procedimientos de construcción.
- Excavación y acarreo hasta 100 metros.
- Extendiendo material en terraplenes y remolcando equipo de compactación.

La actividad más frecuente es la de excavar y acarrear en distancias cortas, pero de cualquier modo en los grandes proyectos de Ingeniería Civil, casi siempre la vanguardia de la maquinaria la forman los bulldozers y a la vez es la última máquina en dejar la obra pues realizan la limpia final y la conformación de los terrenos atacados. Existen otros aditamentos para los tractores con los cuales tienen más aplicaciones, como son los desgarradores para afloje de excavaciones, las plumas laterales para construcción de ductos, los cucharones para carga de materiales, remolcador de esrepas y otros, pero en estos casos su función no es de bulldozer.

La capacidad de la hoja topadora es de:

$$V = \frac{L h^2}{2 \operatorname{tg} x}$$

V = Capacidad de la hoja.

L = Longitud de la hoja.

h = Altura de la hoja.

X = Angulo de reposo del material.

Si el talud del material es 2:1, $\operatorname{tg} x = 1/2$

$$\text{y } V = L h^2$$

Cuando se trabaja cuesta arriba el volumen disminuye 4% por cada 1% de pendiente. Al ir cuesta abajo es al contrario. En distancias mayores de 30 metros el rendimiento disminuye 5% por cada 30 metros adicionales.

Un buen operador procura acarrear el material entre montones formados previamente a los lados para evitar pérdida de material por escurrimiento, trabajar cuesta abajo cuando sea posible y trabajar en las velocidades adecuadas para no dañar la máquina.

Para calcular la producción de las hojas topadoras pueden utilizarse los datos contenidos en las páginas 31, 32, 33, 34 y 35 . En la página No. 35 se muestra el factor de corrección por trabajo en pendientes.

Un aspecto que no debe descuidarse nunca es el mantenimiento y la buena lubricación de la máquina. Cambios de aceite y filtros a tiempo, engrase y limpieza diaria, mantenimiento preventivo y operativo oportuno aumentan la vida de la máquina, disminuyen los costos de operación y reparación y benefician la producción. No es necesario conocerlo todo, recurrir al distribuidor para que haga el servicio y capacite al personal es una política correcta. Una máquina en buenas condiciones puede trabajar un 50% a 100% más de horas efectivas al año que una máquina cuyas condiciones de mantenimiento sean ineficaces. El costo horario de una máquina bien -- vigilada es menor al de una máquina mal cuidada e indudablemente dará mayor rendimiento.

PRODUCCION CON HOJAS TOPADORAS CALCULO SEGUN FORMULAS Y REGLAS

Se puede obtener la producción estimada de una hoja topadora utilizando las gráficas de producción de las siguientes páginas, como también los factores de corrección aplicables. Debe usarse la siguiente fórmula:

$$\begin{matrix} \text{Producción (m}^3 \text{ sueltos/hr)} \\ \text{(yd}^3 \text{ sueltas/hr)} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{Producción máxima} \times \\ \text{Factores de corrección} \end{matrix}$$

Las curvas de producción de las hojas topadoras dan los rendimientos máximos no corregidos para hojas rectas y universales, y se basan en las siguientes condiciones:

1. 100% de eficiencia (60 minutos/hora).
2. Tiempos fijos de 0,05 minutos en máquinas con Servo-Transmisión.
3. La máquina excava por 50 pies (15 m), y luego empuja la carga para arrojarla desde el borde de una escarpa.
4. Densidad de la tierra: 2300 lb/yd³ mater. suelto (1370 kg/m³ mater. suelto), y 3000 lb/yd³ en banco (1790 kg/m³ en banco). El material se expande 30% (factor volumét. de conversión es 0,769).
5. Coeficiente de tracción:
 - a. Máquinas de carriles - 0,5 ó más.
 - b. Máquinas de ruedas - 0,4 ó más*
6. Se utilizan hojas de control hidráulico.

Para estimar la producción en yd³ en banco, debe aplicarse el adecuado factor volumétrico de conversión (sección de Tablas) a la producción corregida, la cual se obtiene como se ha indicado.

$$\begin{matrix} \text{Producción (m}^3 \text{ en banco/hr)} \\ \text{(yd}^3 \text{ en banco/hr)} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{(m}^3 \text{ sueltos/hr)} \\ \text{(yd}^3 \text{ sueltas/hr)} \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{Factor} \\ \text{volumét.} \end{matrix}$$

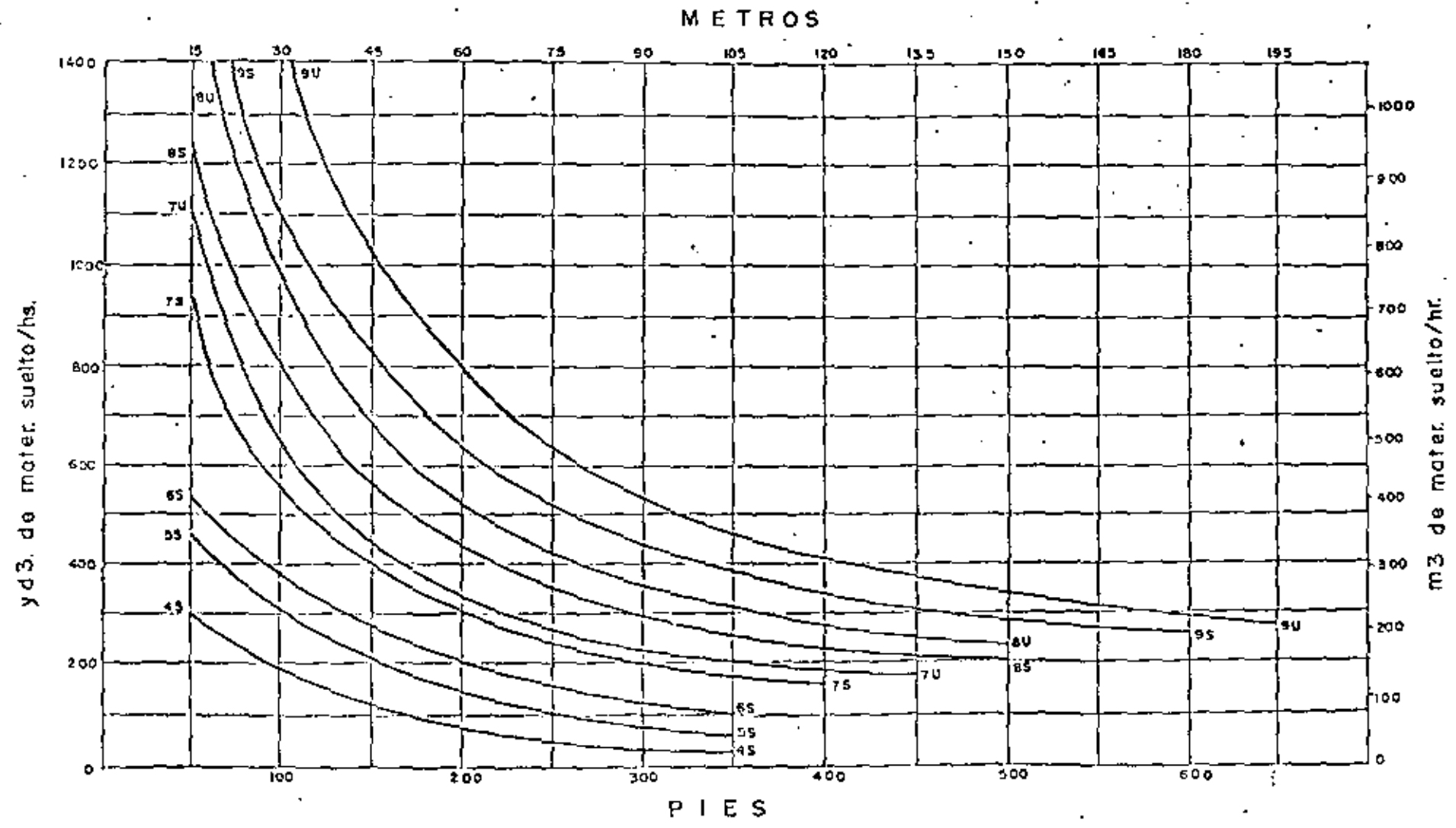
*Se supone que el coeficiente de tracción es por lo menos 0,4. Aunque las malas condiciones del suelo afectan tanto a los vehículos de carriles como a los de ruedas - lo cual obliga a empujar cargas más pequeñas a fin de compensar la pérdida de tracción en el suelo - los efectos en los de ruedas son mucho mayores, y su producción disminuye en mayor grado. Aunque no hay reglas exactas para anticipar dicha reducción, una regla empírica indica que los topadores de ruedas tienen 4% de pérdida por cada centésimo de disminución, cuando el coeficiente de tracción baja de 0,40. Por ejemplo, si éste es de 0,30, la diferencia es 10 centésimos (0,10), y la producción sería del 60% (10 X 4% = 40% de disminución).

CORRECCIONES SEGUN LAS CONDICIONES DEL TRABAJO		Tractor de Carriles	Tractor de Ruedas
OPERADOR:	Excelente	1,00	1,00
	Bueno	0,75	0,60
	Deficiente	0-0,60	0-0,50
MATERIAL:			
1. Peso—factor de corrección:			
<u>3000 lb/yd³ banco</u>		<u>2300 lb/yd³ sueltas</u>	
Peso efectivo/yd ³ banco		Peso efectivo/yd ³ sueltas	
2. Tipo—			
Material suelto amontonado	..	1,20	1,20
Difícil de cortar; congelado	..		
con cilindro de incl. lateral	..	0,80	0,75
sin cilindro de incl. lateral	..	0,70	--
hoja con control de cable	..	0,60	--
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, material no cohesivo o material muy pegajoso)	..	0,80	0,80
Roca desgarrada o dinamitada	..	0,60-0,80	--
EMPUJE POR METODO DE ZANJA		1,20	1,20
EMPUJE CON DOS TRACTORES JUNTOS		1,15-1,25	1,15-1,25
VISIBILIDAD: polvo, lluvia, nieve, niebla u oscuridad		0,80	0,70
EFICIENCIA DEL TRABAJO:			
50 min/h	..	0,84	0,84
45 min/h	..	0,75	0,75
TRANSMISION DIRECTA			
(tiempo fijo de 0,1 min).	..	0,80	--
*HOJA: Hoja angulable (A)	..	0,50-0,75	--
Hoja amortiguada (C)	..	0,50-0,75	0,50-0,75
Hoja con desgarradores (R)	..	1,00-1,50	--
D5 de entavía estrecha	..	0,90	--
Material liviano			
hoja U (carbón)	..	1,20	1,20
Hoja con caja (montones)	..	1,30	1,30
PENDIENTES: Véase la gráfica de factores de pendientes.			

*NOTA: Las hojas angulables y las amortiguadas no se consideran implementos de producción. Según sean las condiciones del trabajo, la hoja A y la C rinden del 50 al 75% de las hojas rectas.

El objeto de las hojas con desgarradores es elevar la producción con materiales duros y aumentar la adaptabilidad de un tractor topador. En ciertas situaciones y condiciones de trabajo, la hoja R iguala o supera el rendimiento de la recta.

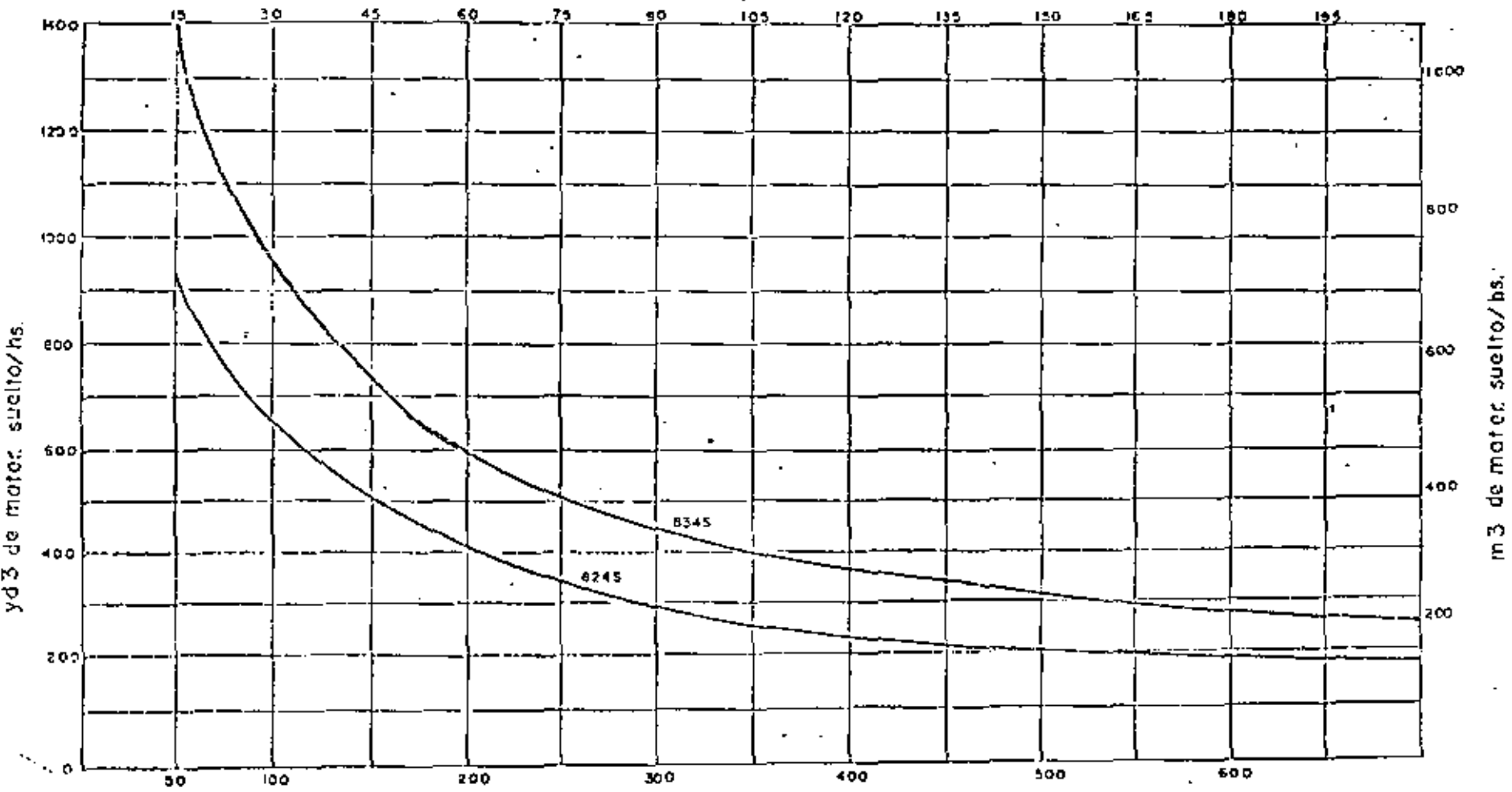
PRODUCCION ESTIMADA DE UN TRACTOR DE CARRILES CON
HOJAS TOPADORAS UNIVERSALES Y RECTAS



DISTANCIA MEDIA DE RECORRIDO CON HOJA TOPADORA

PRODUCCION ESTIMADA DE TRACTORES DE RUEDAS CON HOJA RECTA

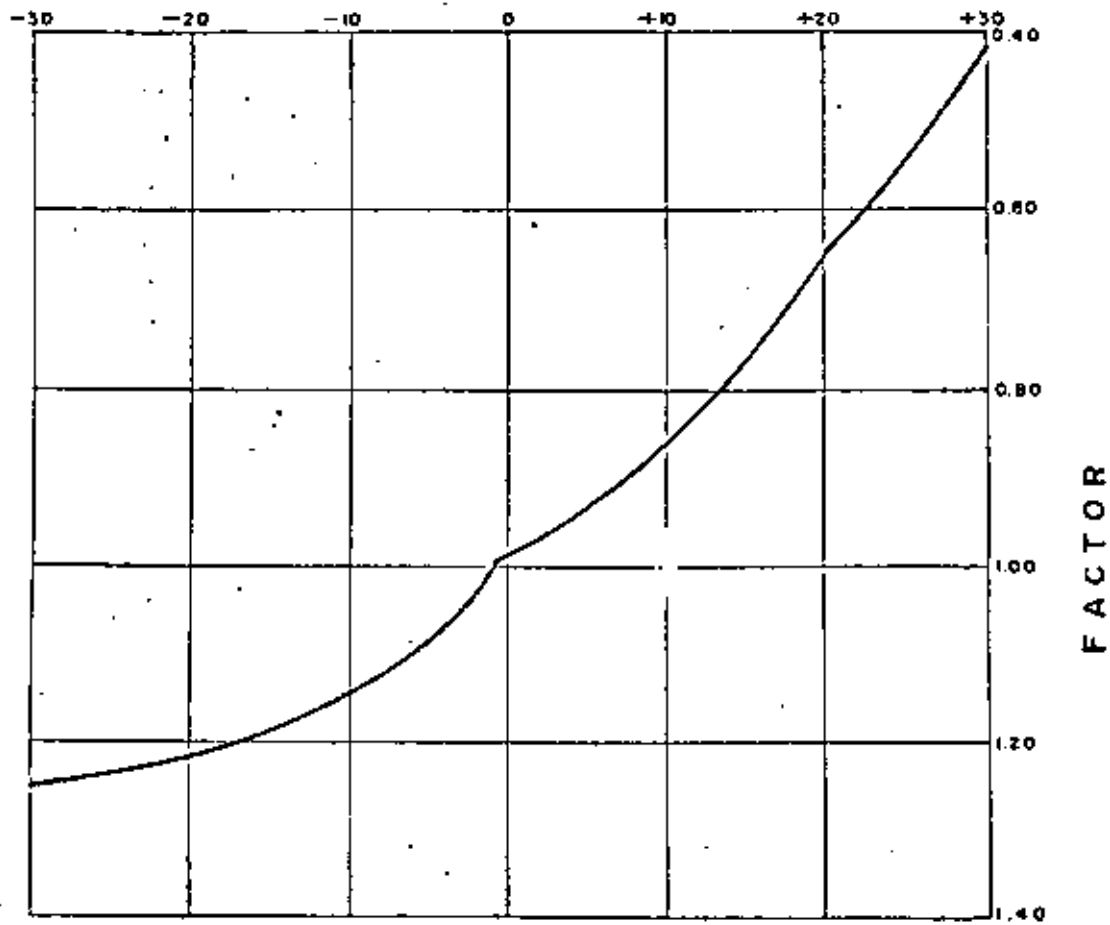
M E T R O S



DISTANCIA MEDIA DE RECORRIDO CON HOJA TOPADORA

FACTORES DE CORRECCION POR PENDIENTE

% DE PENDIENTE



NOTA: (-) FAVORABLE
(+) DESFAVORABLE

Recientemente se está utilizando un método para el mantenimiento preventivo de los tractores que consiste en observar en un espectroscopio muestras de aceite - obtenidas de los tractores. Estas muestras se toman con una jeringa, como si fueran muestras de sangre, se llevan al espectroscopio y se observa el contenido de residuos de metales o aleaciones de metales que se identifican con las distintas piezas del tractor. Si el residuo acusa un contenido superior a ciertos límites especificados se puede detectar cual es la pieza que debe sustituirse. En esta forma al cambiar una pieza oportunamente se evitan daños a otras partes del tractor, se hace la reposición oportuna eliminando así tiempos perdidos de operación.

En México la Caterpillar está dando este servicio en la Ciudad de Monterrey y es probable que próximamente se tenga el mismo servicio en la Ciudad de México.

DESGARRADORES

Otro aditamento muy útil de los tractores es el arado o desgarrador que en los últimos años ha venido a revolucionar la excavación en roca o de los materiales denominados como "C" ó "III", que normalmente requieren barrenación y uso de explosivos para su afloje pero que en muchos casos pueden atacarse con el uso del arado. Este es un implemento auxiliar pues de las tres actividades principales del movimiento de tierras que son: excavar, acarrear y colocar, solo realiza el afloje de la excavación.

El arado se acopla a la parte posterior del tractor y consiste en una viga horizontal la cual tiene en su extremo un vástago vertical y éste a su vez termina en su parte inferior en una punta llamada casquillo. Al penetrar el vástago -- con su casquillo en el terreno y ser jalados por la fuerza tractiva van rompiendo la estructura del material que se pretende excavar y logrando con esto el afloje requerido para que pueda cargarse mediante excavadoras frontales o motoescrapas o acarrear con bulldozer, según el procedimiento de construcción que se haya planeado de acuerdo con el proyecto.

El arado es un implemento muy antiguo que se utilizó principalmente para labores agrícolas, tirado por animales. Su aplicación en la industria de la construcción se inicia durante el presente siglo utilizando el tipo de control de cables, tirado por un tractor y que penetra en el terreno como consecuencia del peso propio del arado. El arado a base de controles hidráulicos, de más reciente diseño, -

permite que la penetración esté provocada por el sistema hidráulico y por el peso del tractor.

Con el armado de tractores de mayor peso y potencia la acción de los desgarradores es más efectiva, pues el rendimiento depende fundamentalmente de esos dos factores.

Los desgarradores se fabrican de dos tipos: de bisagra y de paralelogramo, con uno o tres vástagos. Ambos tienen sus funciones específicas, pero en términos generales resulta más atractivo para los constructores el de paralelogramo equipado con un diente.

El de bisagra que puede ser de uno a tres dientes, tiene la desventaja de que al penetrar el vástago en el terreno modifica su ángulo de inclinación. El de paralelogramo penetra conservando siempre el mismo ángulo lo cual ofrece una mayor efectividad en el rompimiento del terreno. Este tipo de desgarrador puede realizar excavaciones a mayor profundidad y la distancia entre el vástago y el tractor aumenta, lo que permite desgarrar fragmentos de roca de mayor tamaño.

Anteriormente cuando el constructor se encontraba con el problema de excavar en roca, forzosamente tenía que recurrir al uso de equipo de barrenación y explosivos, en cambio actualmente con los arados, rocas con ciertas características geológicas pueden atacarse en forma más económica, pues aparte del costo comparativo, se facilita su utilización al evitar una serie de recursos adicionales que requieren el uso de explosivos como llevar compresores y perforadoras con todo su equipo auxiliar, el personal, los riesgos y trámites correspondientes.

Antes de tomar la decisión del equipo por utilizar debe hacerse un cuidadoso análisis con objeto de ver cual resulta más conveniente, pero sobre todo - tener alguna seguridad de que el material por excavar pueda desgarrarse. En algunos casos en donde la geología del proyecto lo exige tendrán que usarse - ambos procedimientos.

El arado tiene la ventaja de que acoplándose a un tractor, éste puede tener otros usos, como bulldozer o empujando máquinas.

Es fundamental conocer el tipo de material que se pretende excavar para decidir sobre el uso del arado. En términos generales la decisión no solo se apoya en la dureza de la roca sino en sus condiciones geológicas, pueden ararse si presenta las siguientes características:

- Fracturas y fallas.
- Planos laminados.
- Intemperización.
- Poca dureza.
- Grano grueso.
- ↳ Fragilidad
- Conglomerados empacados en materiales arcillosos.

Lo anterior da un indicio de los materiales arables y deben confirmarse a través de exploraciones geológicas, muestras obtenidas mediante sondeos o la observación directa.

Ultimamente se aplica el sistema de refracción sismográfica, muy conveniente cuando se tiene bien definido el proyecto y localizados los sitios que pretendan explotarse. Se basa en que la velocidad de una onda sonora a través de un material compacto es mayor que a través de materiales suaves, de modo que las distintas velocidades sísmicas, definen ciertos límites dentro de los cuales los materiales son susceptibles a desgarrarse. Frecuentemente este sistema se complementa con perforaciones y observación directa, sin embargo, de aplicarse la refracción sismográfica deben analizarse con cuidado los resultados para evitar deducciones equivocadas o inciertas.

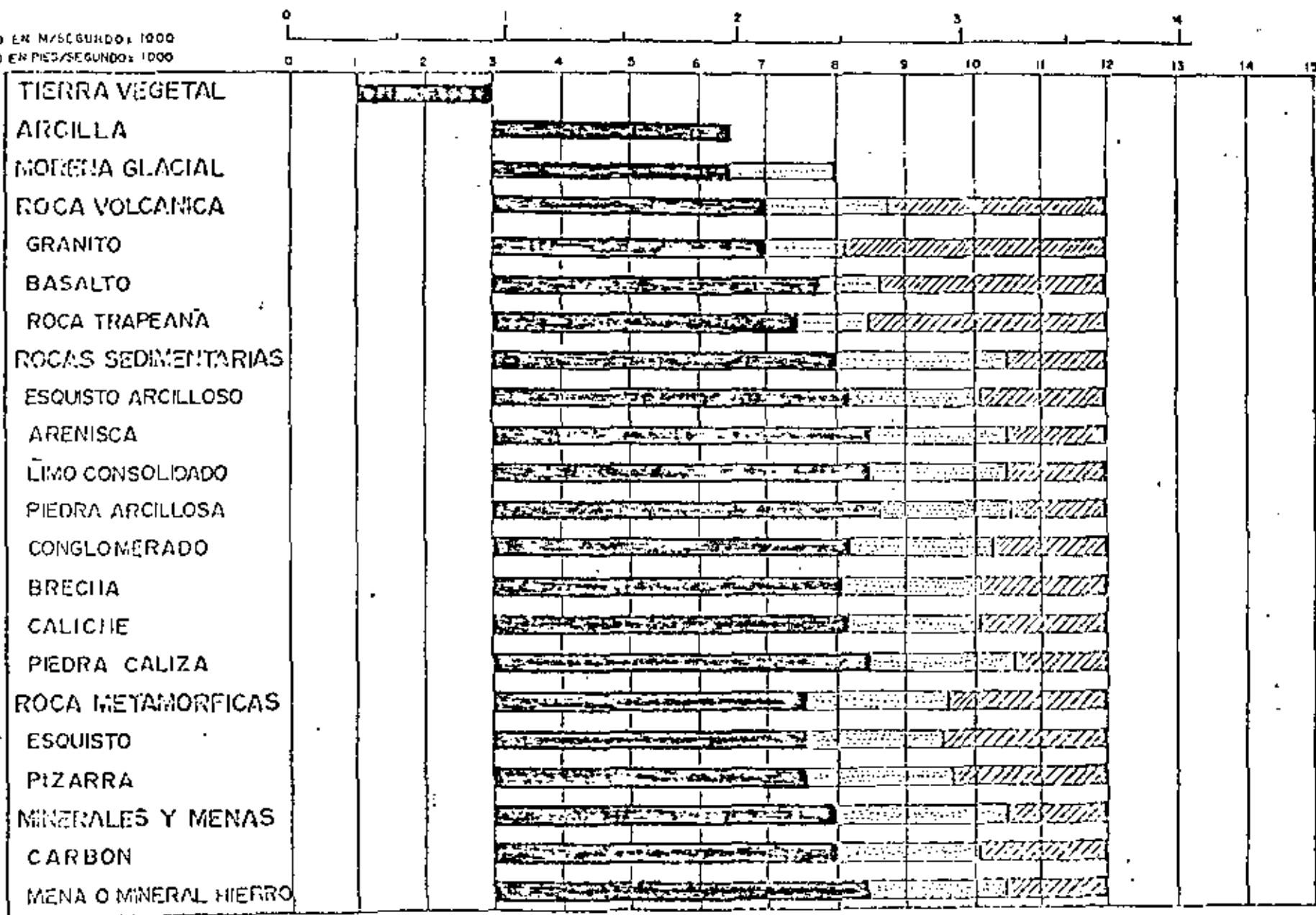
Se utiliza un aparato llamado geófono que consiste principalmente en un martillo que golpea una placa a diferentes distancias de un receptor, el cual mediante circuitos electrónicos señala el tiempo transcurrido, con lo que se obtienen las velocidades de las ondas sísmicas y se deduce el grado de consolidación de la roca. En las páginas números 41, 42 y 43 se presentan unas gráficas con los rendimientos de los tractores Caterpillar D9G, D8H y D7 equipados con desgarrador en función de las velocidades sísmicas en distintos tipos de materiales. Como se observa, a mayor potencia de tractor mayor rendimiento para los efectos de afloje mediante arado. Para materiales suaves como tierras vegetales y las arcillas de baja velocidad sísmica es un desperdicio desgarrar, en cambio rocas volcánicas, sedimentarias o metamórficas son desgarrables hasta cierto límite según la velocidad de la onda sísmica y esto puede redundar en menores costos de producción.

R e n d i m i e n t o

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 9, SERIE D, DE UNO Y DE VARIOS VASTAGOS, EN TRACTOR D9G (365 hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS

VELOCIDAD EN M/SEGUNDO x 1000

VELOCIDAD EN PIES/SEGUNDO x 1000



DESARRABLE

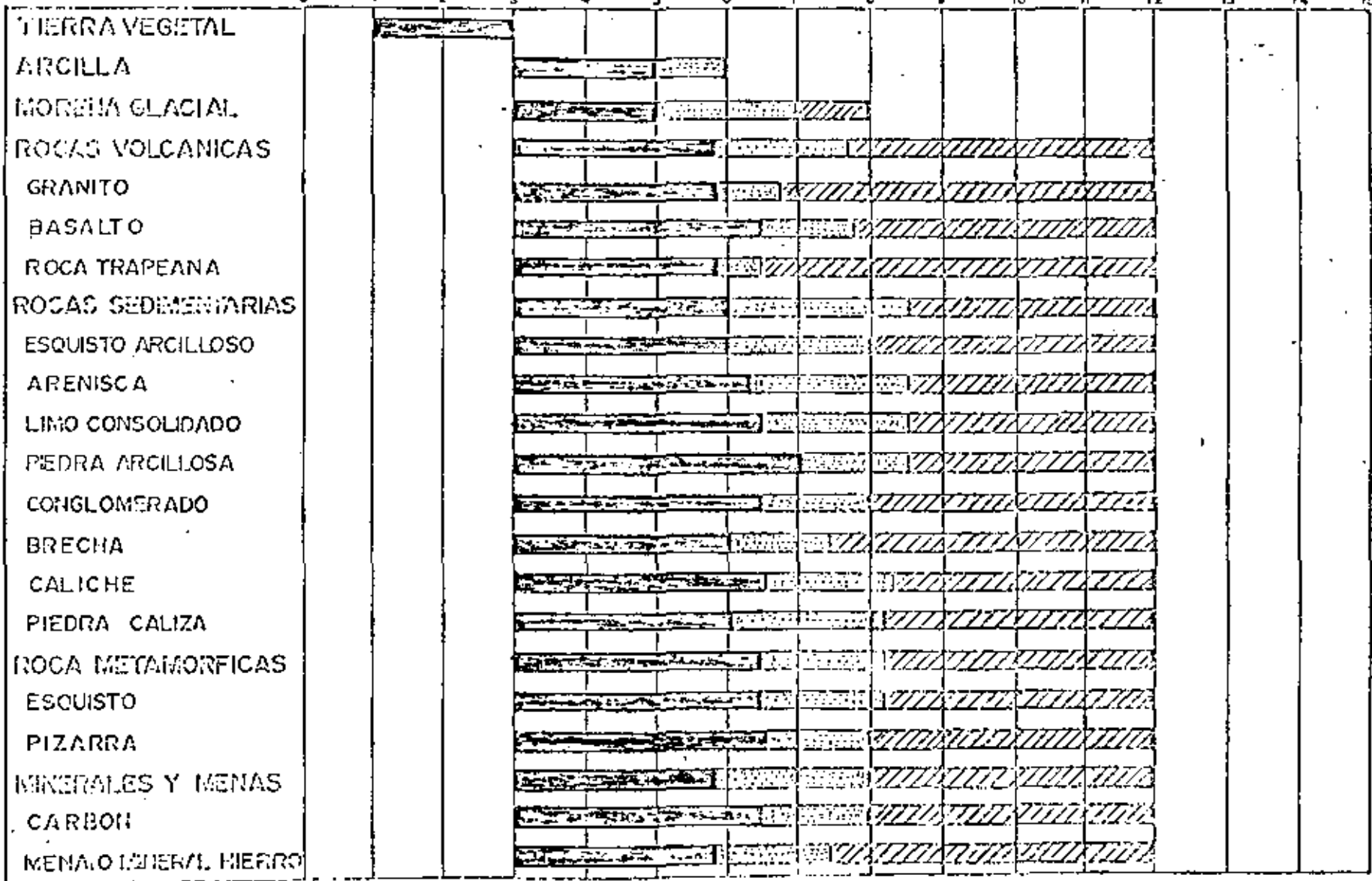
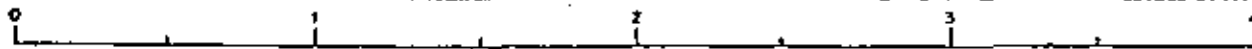
MATERIAL

NO DESARRABLE

Rendimiento

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 8 SERIE DE UNO Y DE VARIOS VASTAGOS, EN TRACTOR DSH (270hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS

VELOCIDAD EN M/SEGUNDO x 1000
VELOCIDAD EN PIES/SEGUNDO x 1000



DESARRABLE

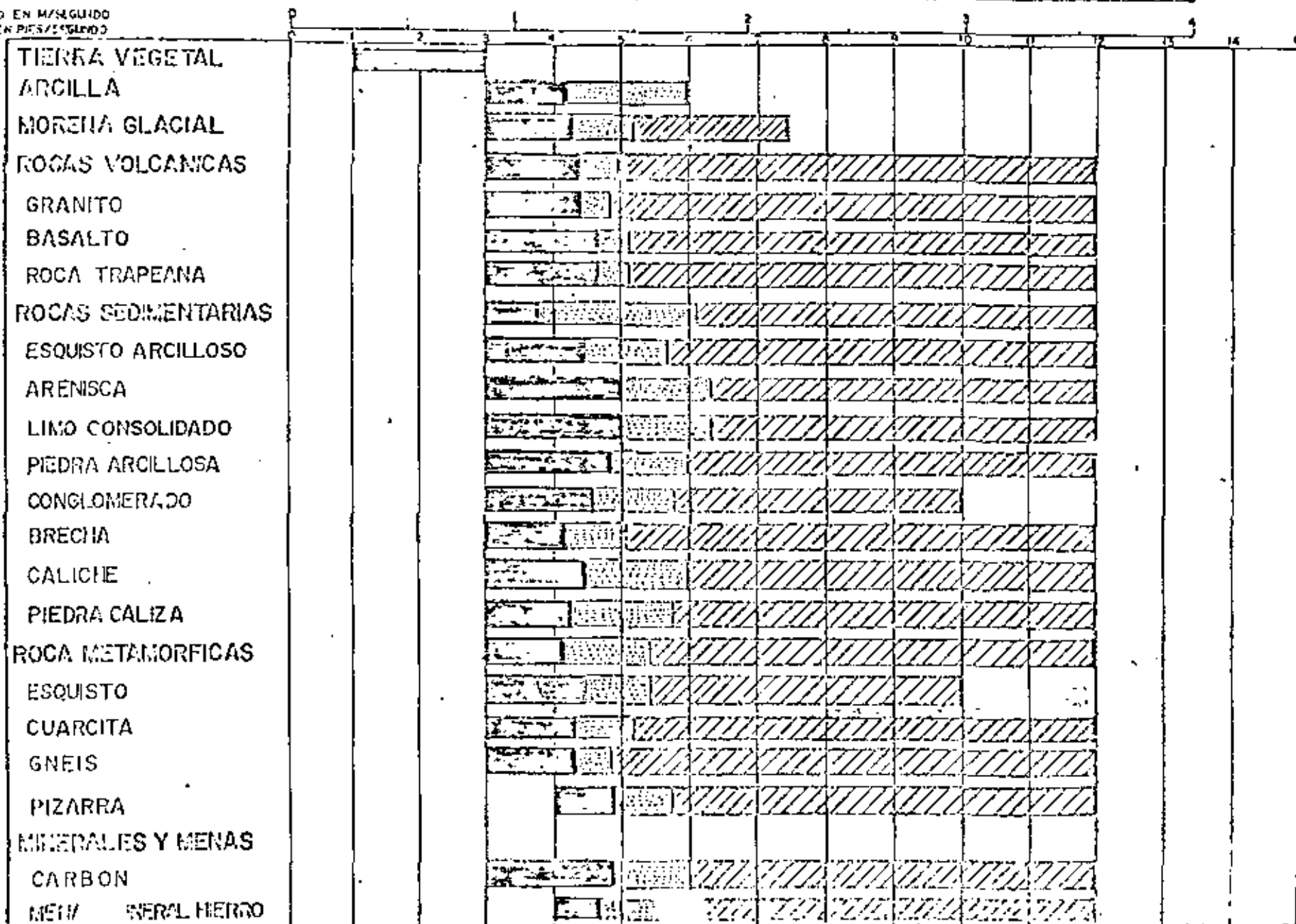
MARGINAL

NO DESARRABLE

R e n d i m i e n t o

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 7 EN TRACTOR D7F (130hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS

VELOCIDAD EN M/SEGUNDO
VELOCIDAD EN PIES/SEGUNDO



DESCARRABLE

MARGINAL

NO DESCARRABLE

De no aplicarse sistemas como los anteriores para seleccionar el equipo - muchas veces el constructor en función de su propia experiencia define que -- materiales puedan atacarse con el arado. Pero siendo el arado un aditamento - que no limita la utilización del tractor, casi siempre se adquieren equipados - con desgarrador de cualquier tipo pues en caso de encontrarse materiales adecuados, se pueden aflojar sin tener la necesidad de recurrir a los sistemas convencionales de borrenación y uso de explosivos.

No debe olvidarse al analizar los costos comparativos que el aflojar roca - con explosivos actualmente resulta más económico con la aplicación de productos o base de nitrato de amonio..

Es frecuente que el constructor en muchas ocasiones no pueda definir fácilmente el tipo de arado que debe adquirir, pues la máquina que se va a utilizar puede trabajar en distintos proyectos y se presenta la duda de inclinarse por un arado tipo bisagra, tipo paralelogramo y de uno o tres dientes. Esto dependerá - de las características del material pues cada tipo de arado tiene su aplicación - propia, pero como se señaló anteriormente el de paralelogramo presenta muchas ventajas y mayor versatilidad. Un arado que trabaja con tres dientes, con mayor razón podrá rendir más con un solo diente; si el material es duro solo puede penetrar un diente. Si se tiene un arado de tres dientes podrán utilizarse todos o - trabajar solamente con uno, esto será siempre consecuencia de la experiencia y de la observación directa.

La longitud del vástago depende de la dificultad de ataque pero debe procurarse aprovecharla hasta donde sea posible, vigilando que no se rompan los vástagos. Ultimamente se ha diseñado un perno con controles hidráulicos que permita al operador del tractor ajustar la longitud necesaria sin moverse de su asiento y además los vástagos tienen una placa protectora para absorber los impactos de la roturación y con esto se evitan los rompimientos frecuentes.

Lo que más se desgasta al desgarrar roca son los casquillos, que se fabrican en tres tamaños: corto, intermedio y largo. Recomiendan los fabricantes usar el tipo de casquillo más largo posible siempre y cuando no se rompa. Esto nos lleva a tomar decisiones en función de resultados previos, pero lo importantes es evitar el rompimiento o desgaste prematuro de los casquillos pues encarecen el costo del desgarramiento.

La profundidad de penetración del vástago en las máquinas modernas puede ser hasta de 84 pulgadas, como cuando se requiere excavar en zanjas, pero esto significa un vástago con casquillos especiales y condiciones de uso rudo pues al aumentar la profundidad habrá tendencia a mayor desgaste y rompimiento de las piezas. Una penetración del orden de 30 ó 40 pulgadas es frecuente.

Los tractores sometidos a los trabajos de desgarramiento sufren deterioro en su sistema de tránsito por lo que es conveniente vigilar la correcta operación para disminuir hasta donde sea posible los costos de reparación. Se recomienda el uso de zapatas de trabajo sobre roca de servicio extremo en lugar de usar zapatas anchas standard. Una mala operación disminuye los rendimientos y encarece los costos.

La velocidad de marcha al estar usando el arado es de 2 a 3 Km/hr., especialmente en el caso de encontrarse con materiales muy duros. De preferencia debe trabajarse cuesta abajo, sin embargo en ocasiones conviene trabajar - cuesta arriba para que el peso del tractor permita una mayor penetración.

La distancia entre pasos del arado dependerá de las características de la roca y del sistema de carga del material. Si se usan motoescrapas es conveniente obtener tamaños adecuados para facilitar la carga. En caso de utilizar cargadores frontales o palas mecánicas, esto permite tamaños mayores. Si el material aflojado se acarrea con bulldozer pueden modificarse aun más las distancias entre pasos. La realidad es que la separación entre cada paso del arado y la penetración del diente debe determinarse mediante tanteos sucesivos.

En la misma situación se encuentra la aplicación de uno o tres dientes, - pues lo que busca el constructor es el máximo rendimiento, sin embargo la aplicación de un solo diente es más frecuente.

Los tractores que a su vez desgarran con el arado y empujan motoescrapas que están cargando el material, deben trabajar siempre en el mismo sentido para que puedan fácilmente ejercer ambas funciones.

Otras recomendaciones que señalan los fabricantes es la de aflojar en el - sentido en que la estratificación del material facilite el desgarramiento y evitar que el diente penetre cuando el tractor está girando.

Cuando se encuentran materiales que oponen mucha resistencia al desgarro y previo análisis cuidadoso, pueden utilizarse dos tractores en tandem, el que va adelante equipado con el arado y el que va atrás empujando al primero y aplicando el peso de su hoja topadora sobre el propio arado. En caso de aplicar este procedimiento los arados vienen equipados con un adaptador que recibe la carga horizontal y vertical del tractor empujador.

En las páginas 48, 49 y 50 se presentan las especificaciones de los desgarradores Caterpillar que se acoplan a tractores de carriles modelos D8 y D9. Existen otras marcas de arados que pueden adquirirse en el mercado y el propio fabricante del tractor lo es de este aditamento.

DESARRADORES - TRACTORES DE CARRILES	No. 90	No. 90	No. 80	No. 20
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Tipo	Ajustable	Ajustable	Ajustable (opción de ajuste manual o hidráulico)	Ajustable (opción de ajuste manual o hidráulico)
Modelo	D9G	D9G	D8H	D8H
Dimensiones principales - tractor y desgarrador				
Longitud, desgarrador alzado - pies y pulg	23'6"	21'11"	22'4"	20'9"
- (mm)	(7200)	(6700)	(6800)	(6300)
Longitud, desgarrador abajo - pies y pulg	24'11"	23'4"	23'7"	22'0"
- (mm)	(7600)	(7100)	(7200)	(6700)
Ancho máximo de desgarrador - pies y pulg	9'11"	9'11"	9'2"	9'2"
- (mm)	(3000)	(3000)	(2800)	(2800)
Viga:				
Longitud - pies y pulg	4'1"	9'5"	4'1"	8'3"
- (mm)	(1240)	(2850)	(1240)	(2500)
Sección - pulg	14" x 15"	14" x 15"	14" x 15"	12" x 12 1/2"
- (mm)	(355 x 380)	(355 x 380)	(355 x 380)	(305 x 320)
Espacio libre bajo la viga - levantada - pulg	72 1/4"	72 1/4"	65 3/4"	64"
- (mm)	(1840)	(1840)	(1670)	(1630)
en posición baja - pulg	9 1/4"	9 1/4"	16"	14"
- (mm)	(235)	(235)	(405)	(355)

MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES

Desgarradores

MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES

DESARRADORES - TRACTORES DE CARRILES	No. 90	No. 50	No. 80	No. 80
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Vástagos (uno standard - otros dos optativos): Número de vástagos		3	1	3
Posiciones de los vástagos	4 6	2	4 6	2
Longitud con la punta -pulg - (mm)	87" 109" (2210) (2750)	72" (1830)	87" 109" (2210) (2750)	69" (1650)
Sección -pulg - (mm)	3 1/2" x 14" (89 x 355)	3" x 13" (76 x 330)	3 1/2" x 14" (89 x 355)	3" x 13" (76 x 330)
Espacio de centro a centro -pulg - (mm)		53" (1350)		45" (1170)
Penetración máxima -pulg - (mm)	55" 77" (1400) (1960)	40" (1020)	48" 70" (1220) (1780)	28" (710)
Longitud de las puntas -pulg - (mm)	12" (305)	12" (305)	12" (305)	12" (305)
Espacio libre bajo la punta Vástago levantado -pulg - (mm)	44 1/2" (1130)	33 1/2" (850)	37 3/4" (960)	32" (810)

DESGARRADORES - TRACTORES DE CARRILES	No. 90	No. 9D	No. 8D	No. 8D
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Cilindros hidráulicos: Dos de doble acción, diám. y carrera				
Punta				
-pulg	8.25" x 20.67"	8.25" x 20.67"	7.25" x 16.50"	7.25" x 16.50"
- (mm)	(210 x 525)	(210 x 525)	(184 x 420)	(184 x 420)
Levantamiento				
-pulg	9.25" x 21.03"	9.25" x 21.03"	8.25" x 18"	8.25" x 18"
- (mm)	(235 x 530)	(235 x 530)	(210 x 455)	(210 x 455)
Ajuste total del vástago				
Hidráulico	33"	33"	28"	28"
Manual			10"	10"
Peso, con inclusión de un diente				
Instalado	13500 13900	14500	9700* 9900*	9300*
- (kg)	(6100) (6300)	(6600)	(4400) (4500)	(4200)
Peso de cada diente adicional				
Instalado		800		700
- (kg)		(365)		(320)
ACCESORIOS DEL DESGARRADOR - Puntas optativas:				
Longitud media			13 1/2"	13 1/2"
-pulg			(345)	(345)
- (mm)				
Largas	13 1/2"	13 1/2"	15 1/2"	15"
-pulg	(345)	(345)	(395)	(395)
- (mm)				
Extractor hidráulico de pesadores	Optativo Standard	ND	Optativo Standard	ND

**MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES**

Desgarradores

ND = No disponible *Ajuste manual del vástago. El ajuste hidráulico aumenta el peso en 200 lb (91 kg).



RENDIMIENTO. -

La producción de un tractor aflojando material con un arado dependerá de la separación entre los pasos, profundidad del vástago y de la potencia de la máquina. Influye la velocidad de marcha pero como ya se indicó debe vigilarse cuidadosamente no exagerarla, pues puede dañar seriamente la máquina.

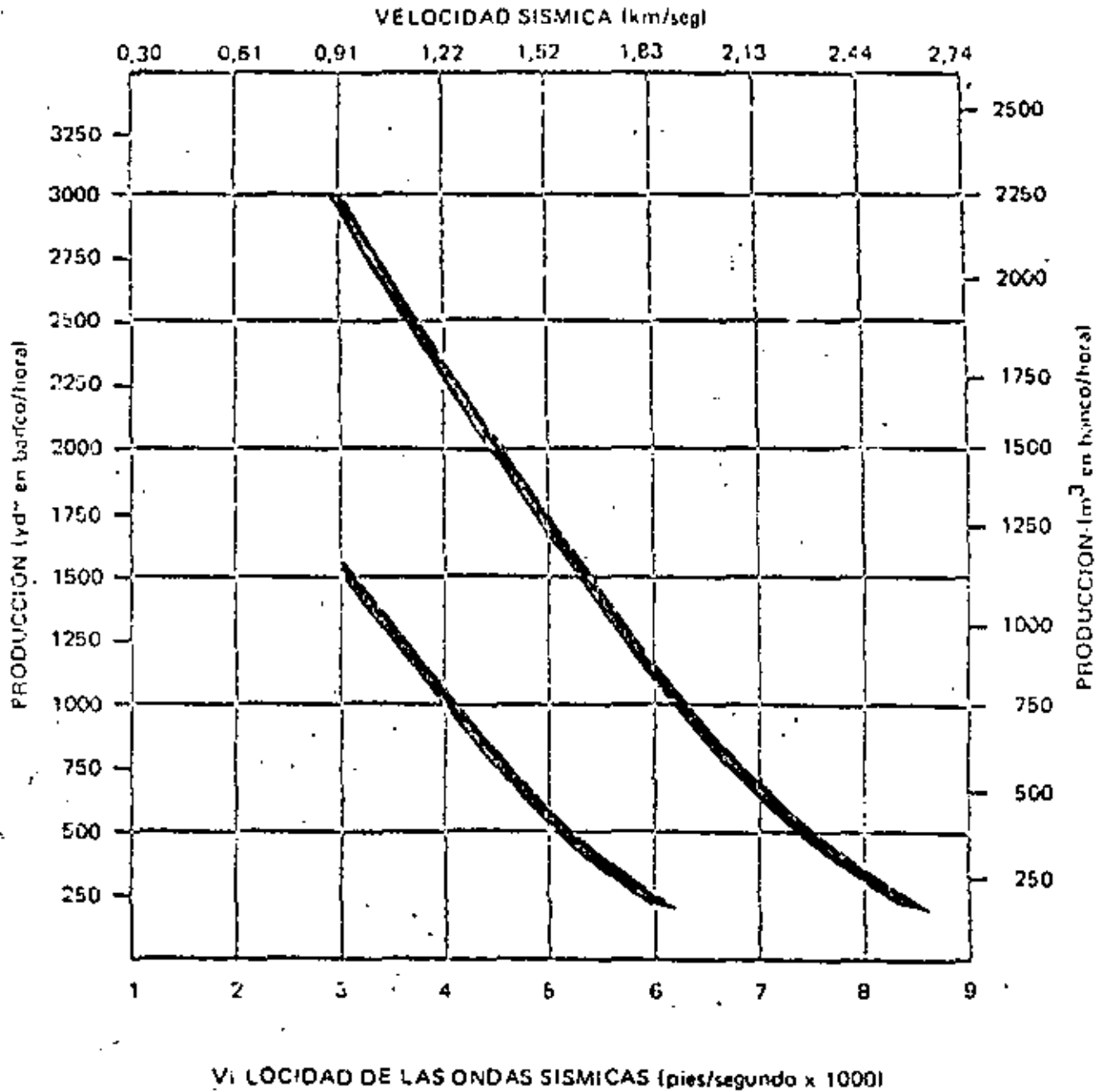
Para determinar la producción se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$P = \frac{a \times h \times v}{n} \times f$$

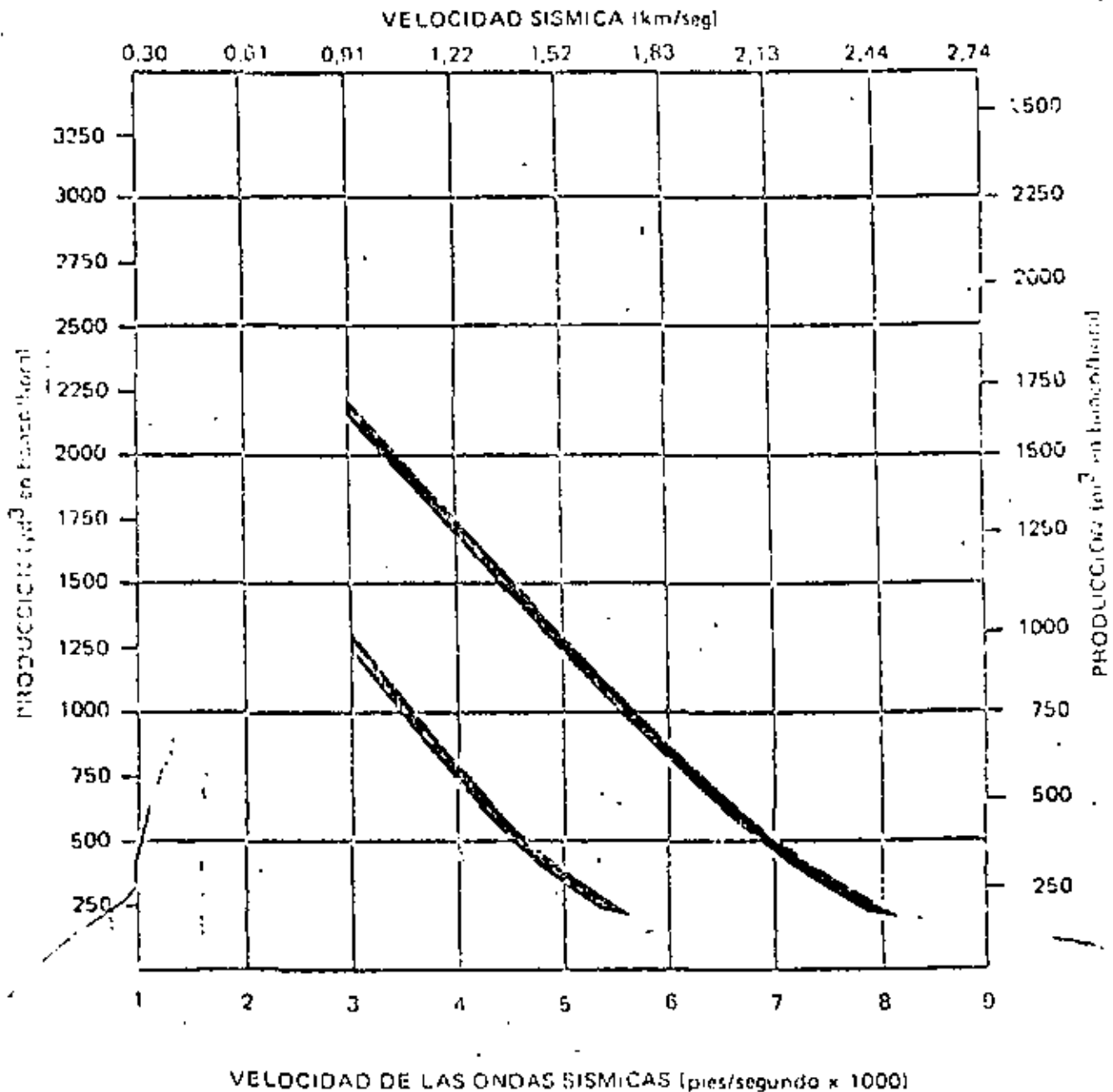
- P, es la producción en M³/hr.
- a, la separación entre pasos en metros.
- h, la penetración del vástago en metros.
- v, la velocidad en metros/hora.
- n, el número de pasos requeridos para aflojar el material.
- f, factor de corrección que se determina por observación directa según el tipo de material de que se trate.

En las páginas 52 y 53 se presentan las producciones estimadas de desgarrado ras montando en tractores Caterpillar D9G y D8H. Representan condiciones ideales, por lo que su aplicación debe manejarse con cuidado y adaptándose al tipo de trabajo que se está realizando. Se considera en estas gráficas que las máquinas trabajan con una eficiencia de 100% y para velocidades sísmicas mayores de 6 000 pies/segundo debe reducirse la producción en un 25%. Es preferible usar la curva de menor producción y aplicar factores de corrección.

PRODUCCION ESTIMADA DE UN DESGARRADOR 9D montado en un D9G



PRODUCCION ESTIMADA DEL DESGARRADOR 8D montado en tractor D8H





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

RETROEXCAVADORAS

ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO

JUNIO, 1980

la comparación de algunas alternativas, o con algunas otras máquinas que hagan el mismo trabajo, Por ejemplo, una retroexcavadora tiene características favorables para excavar una zanja, pero su área de vaciado está limitada, Puede moverse utilizando sus medios de tracción y aumentar así su alcance de descarga, dentro de ciertos límites; pero ésto reduce su productividad.

Características de operación:

Movilidad.

Depende del tipo de tracción que posea; puede ser montada sobre orugas o montada sobre llantas.

Las retroexcavadoras más comunes son las montadas sobre orugas. Por lo general, las retroexcavadoras montadas sobre neumáticos, por su mayor movilidad, tienen un uso adecuado para excavaciones de alcantarillas y obras auxiliares en caminos y obras de urbanización.

Se utilizan donde es posible mover grandes volúmenes sin necesidad de desplazamientos grandes.

Las demás características de operación y diseño son:

- a) Alcance
- b) Profundidad de excavación
- c) Área de excavación
- d) Altura de descarga
- e) Giro
- f) Capacidad del cucharón

Estas características, se muestran en la gráfica No. 1

Selección del cucharón apropiado.

Existe un amplio diseño de cucharones cuya selección se hace de acuerdo a:

- Tamaño de la retroexcavadora.
- Tipo y peso del material que va a ser excavado.
- Profundidad y ancho de la zanja que se requiera hacer.

Los fabricantes ofrecen equipos opcionales (cuchillas y dientes), según las necesidades del constructor, así como distintos tipos de cucharones, además de los comúnmente empleados.

Aplicaciones:

Dentro de la amplia variedad de aplicaciones de una retroexcavadora, se pueden mencionar:

- 1 Excavación de zanjas para drenaje y agua potable.
- 2 Alcantarillas y cunetas de caminos.
- 3 Excavación y afinamiento de canales.
- 4 Excavación para cimentación de edificios y casas.
- 5 Alimentación de equipos de trituración y cribado.
- 6 Carga a camiones.
- 7 Levantar pavimentos asfálticos deteriorados.
- 8 Limpieza de terrenos.
- 9 Colocación de tuberías de drenaje y agua potable.
- 10 Excavación de precisión.
- 11 Rellenos.
- 12 Desazolve de canales.

Cálculo de la producción

Factores que afectan la producción:

- Tipo de material
- Peso del material
- Abundamiento del material
- Contenido de humedad
- Facilidad de manejo
- Angulo de reposo

Factores que intervienen en el cálculo de la producción:

- Selección del cucharón
- Rendimiento horario aproximado
- Factor de eficiencia
- Coefficiente por profundidad de corte
- Coefficiente por giro
- Coefficiente por facilidad de carga
- Número de vehículos de acarreo (cuando se esté cargando camiones)

GRAFICA No. 1

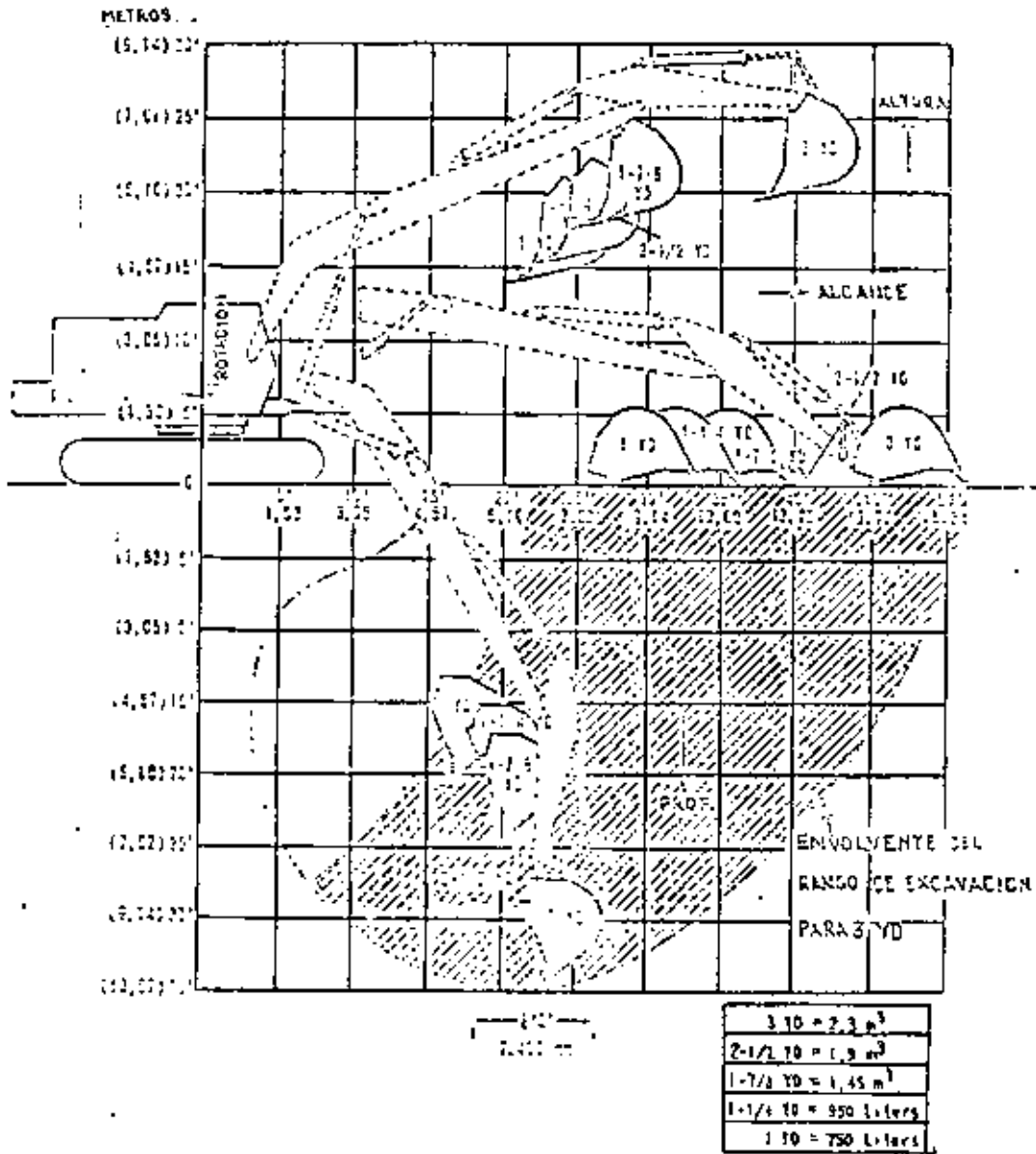


TABLA 1

Rendimiento horario aproximado (m3 en banco) en m3/hora..

Capacidad cucharón (yd3)	m3	Suelo arcilloso	Roca bien fragmentada
1	0.75	65 - 76	45 - 57
1 1/4	0.95	76 - 100	60 - 76
1 7/8	1.45	110 - 145	80 - 105
2 1/2	1.90	150 - 195	105 - 150
3	2.30	188 - 295	138 - 188

TABLA 2

Factor de eficiencia

	Min/hora	%	Factor
Excelente	55	92	1.1
Medio	50	83	1.0
Malo	45	75	0.9
Muy malo	40	67	0.8

TABLA 3

Carga fácil	0.95
Carga media	0.85
Carga dura	0.70
Carga muy dura	0.55

TABLA 4

Factor por profundidad de corte

Prof. máx. de corte (m)	Factor
1.5	0.97
3.0	1.15
4.5	1.00
6.0	0.95
7.5	0.85
9.0	0.75

TABLA 5

Factor por ángulo de giro

Angulo de giro	Factor
45°	1.05
60°	1.00
75°	0.93
90°	0.86
120°	0.76
180°	0.61

EJEMPLO:

Se requiere una producción mensual de 15,000 m³ en un terreno de suelo arcilloso, difícil de cargar a una profundidad máxima de excavación de 8.00 m con un ángulo de giro de 90°

Determinar qué capacidad debe tener la retroexcavadora apropiada para este trabajo.

Se trabajará 1 turno, con una eficiencia de 50 min/hora

Solución:

$$\begin{aligned} \text{Horas disponibles por mes} &= 25 \text{ días} \times 8 \text{ h/día} \times 0.83 \\ &= 160 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento teórico necesario por hora} &= \frac{15,000 \text{ m}^3/\text{mes}}{160 \text{ horas/mes}} \\ &= 93.7 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento necesario por hora (según tablas)} &= \frac{\text{Rend. teórico necesario por h.}}{\text{Factor de carga} \times \text{Factor de giro} \times \text{factor de prof. de corte}} \\ &= \frac{93.7 \text{ m}^3/\text{hora}}{0.70 \times 0.86 \times 0.80} \\ &= 195.2 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

De la tabla 1, se considera apropiado un equipo con cucharón de 2 1/2 a 3 yd³.

Ejemplo:

Calcular el costo por m³ de material excavado y colocado a un lado de una zanja para alojar unas tuberías para drenaje. Se utiliza una retroexcavadora de 1 yd³, la zanja tiene una profundidad máxima de 7.0 m y el giro para descargar es de 90°. La zanja se hará en un suelo arcilloso de muy dura extracción. Se considera una eficiencia de la obra de 0.9

Costo horario de la retroexcavadora de 1 yd³ \$ 611.40

Solución:

De la tabla 1

Rendimiento teórico	= 65 m ³ /hora
Rendimiento real	= Rend. teórico x factor de eficiencia x factor de giro x factor de profundidad de corte x factor de carga
	= 65 m ³ /hora x 0.9 x 0.86 x 0.92 x 0.55
	= 25.5 m ³ /hora
Costo Unitario	= <u>Costo horario de la retroexcavadora</u> Rend. real
	= <u>\$ 611.40/hora</u> 25.5 m ³ /hora
	= \$ 23.98/m ³

PROBLEMA

Se requiere cargar 2,650,000 m³ de grava-arena para la construcción de una cortina. El material se extrae del cauce del río a una profundidad promedio de 3m y un giro de 90° cargándose a camiones de 6 m³.

Equipo disponible

Retroexcavadora 4 yd ³ Koering 1066	Costo horario	\$ 2,378.47
Retroexcavadora 1 1/2 yd ³ LS-5000	Costo horario	\$ 952.69
Draga 2 1/2 yd ³ LS-408	Costo horario	\$ 1899.14
Tiempo de realización 15 meses		

Solución

$$\begin{aligned} \text{Tiempo disponible } 25 \times 15 \times 3 \times 8 &= 9000 \text{ horas} \\ \text{Producción requerida } \frac{2,650,000}{9000} &= 294.5 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

de la operación de las máquinas se obtuvieron los resultados siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Koering 1066} &= 131 \text{ m}^3/\text{hora} \\ \text{LS-5000} &= 84.6 \text{ m}^3/\text{hora} \\ \text{Draga} &= 50 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

Costos

$$\text{Retroexcavadora } 4 \text{ yd}^3 \quad \frac{2,378.47}{131} = \$18.15/\text{m}^3$$

$$\text{Retroexcavadora } 1 \frac{1}{2} \text{ yd}^3 \quad \frac{952.69}{84.6} = \$11.26/\text{m}^3$$

$$\text{Draga } 2 \frac{1}{2} \text{ yd}^3 \quad \frac{1899.14}{50} = \$37.98/\text{m}^3$$

Como puede observarse el costo más bajo lo da la retroexcavadora de 1 1/2 yd³:

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>Retroexcavadora</u>	Hoja No: _____
_____	Modelo: <u>Y-90</u>	Calculó: <u>CAM</u>
_____	Datos Adlc: <u>1.0 yd3</u>	Revisó: <u>CCIM</u>
OBRA: _____		Fecha: <u>24-I-80</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ <u>2'328,970.80</u>	Fecha cotización: <u>10-I-80</u>
Equipo adicional -	_____	Vida económica (Ve): <u>5</u> años
_____	_____	Horas por año (Ha): <u>2000</u> hr/año
_____	_____	Motores <u>DIESEL</u> de <u>103</u> HP.
Valor inicial (Va):	<u>2'328,970.80</u>	Factor operación: <u>0.75</u>
Valor rescate (Vr): <u>0</u> % = \$ _____		Potencia operación: <u>77.25</u> HP. op.
Tasa interés (i): <u>18</u> %		Coefficiente almacenaje (K): <u>0.01</u>
Prima seguros (s): <u>2</u> %		Factor mantenimiento (Q): <u>0.8</u>

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación :
$$D = \frac{Va - Vr}{-Ve} = \frac{2'328,970.80 - 0}{10,000} = \$ 232.90$$

b) Inversión :
$$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{2'328,970.80 + 0}{2 \times 2000} 0.18 = 104.80$$

c) Seguros :
$$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{2'328,970.80 + 0}{2 \times 2000} 0.02 = 11.64$$

d) Almacenaje :
$$A = KD = \frac{0.01 \times 232.90}{1} = 2.32$$

e) Mantenimiento :
$$M = QD = \frac{0.8 \times 232.90}{1} = \underline{\underline{186.32}}$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 537.98

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times \frac{77.25 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00}{\text{lt.}} = \$ 15.45$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \frac{\text{HP. op.} \times \$}{\text{lt.}} =$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_a$
 Capacidad carter: $C = \frac{11.4}{\text{litros}}$
 Cambios aceite: $t = \frac{100}{\text{horas}}$
 $a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{77.25 \text{ HP. op.}}{\text{lt./hr.}} = \frac{0.38}{\text{lt./hr.}}$
 $L = \frac{0.38}{\text{lt./hr.}} \times \$ \frac{14}{\text{lt.}} = 5.32$

d) Llantas: $Ll = \frac{VII \text{ (valor llantas)}}{Hv \text{ (vida económica)}}$
 Vida económica: $Hv = \text{_____ horas}$
 $Ll = \text{_____ horas} = \underline{\underline{0}}$

Suma Consumos por Hora \$ 20.77

III. OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -
 operador: _____

_____: _____
 _____: _____

Sal/turno-prom: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6.64} \text{ horas}$

Operación = $0 = \frac{S}{H} = \frac{349.60}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{\underline{52.65}}$

Suma Operación por Hora \$ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) \$ 611.40

CONSTRUCTORA _____ _____ OBRA: _____	Máquina: <u>RETROEXCAVADORA</u> Modelo: <u>GC-120</u> Datos Adic: <u>1.5 YD³</u>	Hoja No: _____ Calculó: <u>CAM</u> Revisó: <u>CCIM</u> Fecha: <u>24-I-80</u>
---	---	---

DATOS GENERALES

Precio adquisición: <u>\$3'795,000.00</u> Equipo adicional - _____ _____ Valor inicial (Va): <u>3'795,000.00</u> Valor rescate (Vr): <u>0 % = \$ 0</u> Tasa interés (i): <u>18 %</u> Prima seguros (s): <u>2 %</u>	Fecha cotización: <u>10-I-80</u> Vida económica (Ve): <u>5</u> años Horas por año (Ha): <u>2,000</u> hr/año Motores <u>DIESEL</u> de <u>115</u> HP. Factor operación: <u>0.75</u> Potencia operación: <u>86.25</u> HP. op. Coeficiente almacenaje (K): <u>0.01</u> Factor mantenimiento (Q): <u>0.8</u>	
--	--	--

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación :
$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{3'795,000 - 0}{10,000} = \$ 379.5$$

b) Inversión :
$$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{3'795,000 + 0}{2 \times 2,000} \cdot 0.18 = 170.77$$

c) Seguros :
$$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{3'795,000 + 0}{2 \times 2000} \cdot 0.02 = 18.97$$

d) Almacenaje :
$$A = KD = \frac{0.01 \times 379.5}{1} = 3.79$$

e) Mantenimiento :
$$M = QD = \frac{0.8 \times 379.5}{1} = \underline{\underline{303.60}}$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 876.63

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times 86.25 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00 / \text{lt.} = \$ 17.25$

Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \$ \text{ /lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubrificantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = \frac{14.2}{100}$ litros

Cambios aceite: $t =$ horas

$a = C/t \div \frac{0.0035}{0.0030} \times 86.25 \text{ HP. op.} = 0.44 \text{ lt/hr.}$

$L = 0.44 \text{ lt/hr} \times \$ 14 / \text{lt.} = 6.16$

d) Llantas: $Ll = \frac{VII \text{ (valor llantas)}}{Hv \text{ (vida económica)}}$

Vida económica: $Hv =$ horas

$Ll =$ horas = 0

Suma Consumos por Hora \$ 23.41

III. OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -

operador: _____

_____:

_____:

Sal/turno-prom: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = 6.64 \text{ horas}$

Operación = $D = \frac{S}{H} = \frac{349.60}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{52.65}$

Suma Operación por Hora \$ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) \$ 952.60

CONSTRUCTORA	Máquina: DRAGA	Hoja No: _____
_____	Modelo: LS-408	Calculó: CAM
_____	Datos Adic: 2.5 YD ³	Revisó: CCIM
OBRA: _____		Fecha: 24-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$7'771,608.00	Fecha cotización:	10-1-80
Equipo adicional -	_____	Vida económica (Ve):	5 años
_____	_____	Horas por año (Ha):	2,000 hr/año
_____	_____	Motores DIESEL de	194 HP.
Valor inicial (Va):	7'771,608.00	Factor operación:	0.75
Valor rescate (Vr):	0 % = \$ 0	Potencia operación:	145.5 HP. op.
Tasa interés (i):	18 %	Coefficiente almacenaje (K):	0.01
Prima seguros (s):	2 %	Factor mantenimiento (Q):	0.8

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{7'771,608 - 0}{10,000} = \$ 777.16$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{7'771,608 + 0}{2 \times 2,000} \times 0.18 = 349.72$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{7'771,608 + 0}{2 \times 2,000} \times 0.02 = 38.86$

d) Almacenaje : $A = KD = \frac{0.01 \times 777.16}{1} = 7.77$

e) Mantenimiento : $M = QD = \frac{0.8 \times 777.16}{1} = 621.72$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 1,795.23

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times 145.5 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00 / \text{lt.} = \$ 29.10$

Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \$ / \text{lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad cárter: $C = \frac{14.4}{100}$ litros

Cambios aceite: $F = \text{horas}$

$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 145.5 \text{ HP. op.} = \frac{0.65}{\text{lt/hr.}}$

$L = \frac{0.65}{\text{lt/hr.}} \times \$ 14 / \text{lt.} = 9.10$

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas)
(vida económica)

Vida económica: $Hv = \text{horas}$

$Ll = \text{horas} = 0$

Suma Consumos por Hora \$ 38.20

III. OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -
operador: _____

Sal/turno-prom: \$ 436.36

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = 6.64 \text{ horas}$

Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{436.36}{6.64 \text{ horas}} = \$ 65.71$

Suma Operación por Hora \$ 65.71

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) \$ 1,809.14

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>RETRO EXCAVADORA</u>	Hoja No: _____
_____	Modelo: <u>KOERING 1066</u>	Calculó: <u>CAM</u>
_____	Datos Adic: <u>4 Yd3</u>	Revisó: <u>CCIM</u>
OBRA: _____	_____	Fecha: <u>24-I-80</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	<u>\$ 9'600,000.00</u>	Fecha cotización:	<u>10-I-80</u>
Equipo adicional -	_____	Vida económica (Ve):	<u>5</u> años
_____	_____	Horas por año (Ha):	<u>2,000</u> hr/año
_____	_____	Motores DIESEL de	<u>450</u> HP.
Valor inicial (Va):	<u>9'600,000.00</u>	Factor operación:	<u>0.75</u>
Valor rescate (Vr):	<u>0</u> % = \$ _____	Potencia operación:	<u>337.5</u> HP. op.
Tasa interés (i):	<u>18</u> %	Coefficiente almacenaje (K):	<u>0.01</u>
Prima seguros (s):	<u>2</u> %	Factor mantenimiento (Q):	<u>0.08</u>

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{9'600,000.00}{10,000} = \$ 960.00$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{9'600,000.00}{2 \times 2,000.00} \cdot 0.18 = 432.00$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{9'600,000.00}{2 \times 2,000} \cdot 0.02 = 48.00$

d) Almacenaje : $A = KD = \frac{0.01 \times 960}{1} = 9.60$

e) Mantenimiento : $M = QD = \frac{0.8 \times 960}{1} = 768.00$

Suma Cargos Fijos por Hora \$2,217.60

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times 337.5 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00 / \text{lt.} = \$ 67.50$

Gasolina: $E = 0.24 \times \underline{\hspace{2cm}} \text{ HP. op.} \times \$ \underline{\hspace{2cm}} / \text{lt.} = \underline{\hspace{2cm}}$

b) Otras fuentes de energía: $\underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ litros}$

Cambios aceite: $t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ horas}$

$a = C/t \pm \frac{0.0035}{0.0030} \times \underline{337.5} \text{ HP. op.} = \underline{1.3} \text{ lt/hr.}$

$L = \underline{1.3} \text{ lt/hr} \times \$ \underline{14.00} / \text{lt.} = 18.20$

d) Llantas: $Ll = \frac{VII \text{ (valor llantas)}}{Hv \text{ (vida económica)}}$

Vida económica: $Hv = \underline{\hspace{2cm}} \text{ horas}$

$Ll = \underline{\hspace{2cm}} \text{ horas} = \underline{0}$

Suma Consumos por Hora \$ 85.70

III. OPERACION.

Salario base: \$

Salario real -

operador:

 :

 :

Sal/turno-prom: \$ 499.15

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6.64} \text{ horas}$

Operación = $0 = \frac{S}{H} = \frac{499.15}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{75.17}$

Suma Operación por Hora \$ 75.17

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) \$ 2578.47



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

OTROS EQUIPOS

ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO

JUNIO, 1980



El Ingeniero Civil al estar ligado en las diferentes esferas del desarrollo de la infraestructura de nuestro país, requiere estar actualizando sus conocimientos, por ello se organizó el presente curso que está dirigido a aquellos que tienen que ver con el movimiento de tierras. En el aspecto de caminos, los primeros se requieren para el paso de la gente y bestias de carga y posteriormente otros tipos ligeros como los carruajes, pero la frecuencia de cargas y el tránsito cada vez mayor, han exigido que se desarrollen nuevas técnicas para un mejor aprovechamiento de los materiales naturales, con objeto de lograr máxima economía en su construcción y tiendan a durar más.

Esto ha traído como resultado entre otros, que el constructor de un proyecto determinado planee, programe, organice, ejecute y controle mejor todos los recursos por aplicar en dicho proyecto. Es por ello que en la ejecución de obras tenemos la necesidad de equipos más potentes y modernos para excavar, transportar, triturar, mezclar, colocar y compactar los materiales ya sea en la construcción de caminos, en pistas de aeropuertos, canales o cortinas de presas. Esta diversidad de técnicas que intervienen en las construcciones antes mencionadas, traen como consecuencia que el ingeniero se aleje con frecuencia del avance de la técnica y por ello consideramos de gran utilidad cursos como este.

Vamos a hacer una breve descripción de las innovaciones en el equipo de construcción como preambulo a los temas que se desarrollarán más adelante.

Existen muchos equipos para realizar trabajo, pero posiblemente ninguno tan versátil como el tractor, especialmente el de carriles equipado con su hoja y arado. La hoja o dozer, se encuentra montada en un marco que se acopla al tractor y se controla hoy en día por sistemas hidráulicos, a diferencia de los antiguos modelos con sistema de cables que, aunque más sencillos en cuanto a su mantenimiento no permitían aplicar mayor fuerza que los primeros. Anteriormente se objetaba el sistema hidráulico debido al alto costo de las reparaciones derivadas de usar mal dicho sistema, aspecto completamente superado en la actualidad.

En cuanto al arado o desgarrador, que se empezó a utilizar desde 1930 ha evolucionado rápidamente, ya que desde entonces a la fecha ha cambiado su estructura al integrarlo al tractor, además de otros cambios como son: nuevas aleaciones, mayor potencia en los tractores, introducción de un mecanismo hidráulico en paralelogramo que permite al arado controlar mejor la fuerza y profundidad de hincado etc.

Las motoescrepas que utilizamos en trabajos de terracerías con mediana longitud de acarreo, están formadas fundamentalmente de

dos partes: una que da tracción a la máquina y otra que es en sí la escrepa formada por una caja metálica integrada con piezas diversas para rigidizarla y que puede subir o bajar ya sea hidráulicamente, - por cables o bien por electricidad. Durante mucho tiempo se utilizó la motoescrepa con mecanismo de cables y se consideró de mayor - eficiencia en vista de que los sistemas hidráulicos no estaban bien desarrollados. Hay que recordar que el sistema hidráulico trabaja con elevadas presiones, lo que puede provocar algunos problemas, pero como ya se mencionó para los tractores, existen actualmente motoescrepas perfectamente desarrolladas con mecanismo hidráulico. También se emplean los sistemas eléctricos a base de motores independientes, solo que el polvo origina grandes fallas a pesar de las protecciones que se le den, además de que el manejo del sistema en sí, es complicado.

Una evolución más en las motoescrepas es su tamaño, ya -- que las podemos ver desde 8 m³ hasta 50 m³.

Por otra parte la potencia de tractor ha aumentado, con lo cual, evidentemente se reducen los costos de operación, siempre - que el tamaño de la obra permita su uso. .

Otra ventaja que se ha originado con los últimos avances, - tanto en el tractor como en la escrepa, es la alta velocidad a la cual se pueden desplazar en los caminos, invadiendo así el campo

de las vagonetas. A medida que aumenta la velocidad disminuye el ciclo y por lo tanto la capacidad horaria, es mayor.

La introducción de dos motores permite utilizar las motoescrepas en caminos de fuerte pendiente y disminuyen el tiempo de carga. Hay ocasiones, cuando el material es suave, en que se cargan solas, sin ayuda del tractor empujador.

Existe un nuevo sistema de trabajo, que le ha dado mayor versatilidad a las motoescrepas con dos motores, conocido como Push-Pull el cual elimina el uso del tractor empujador.

En lo referente a cargadores, estos han mejorado tanto sus sistemas como sus capacidades y las restricciones que se tenían respecto a la posibilidad en el tipo de ataque han cambiado a tal grado que tienden a desplazar a las palas aún en el ataque en roca, pues con solo proteger adecuadamente los neumáticos se pueden reducir sus costos de operación. Esto ha dado lugar a que los veamos alimentando trituradoras cuando el banco se encuentra a 150 ó 200 m de distancia, o cargando material en bancos de roca a cielo abierto. Por otra parte su movilidad permite que el rango de aplicaciones se incremente día a día.

Por lo que respecta a las dragas, éstas van siendo desplazadas poco a poco por retroexcavadoras las cuales han venido mejorando en su diseño y capacidad, actualmente las encontramos --

desde $3/8$ hasta $3\ 1/2$ yd³ de capacidad además de haber aumentado su alcance, profundidad y productividad, lo cual nos permite nuevas aplicaciones que sólo eran destinadas a las dragas y palas.

Por lo que se refiere al equipo de compactación tenemos una serie de modificaciones muy amplias como son: mejores sistemas hidráulicos, sensores electrónicos, mayor versatilidad en su uso, etc., que se han traducido en más alta productividad. Así, tenemos que, el equipo pata de cabra que consistía en un rodillo que era jalado por un tractor ha cambiado de tal manera que, ahora es autopropulsado, con cuatro rodillos y una cuchilla que le permite acomodar el material; obteniendo así una versatilidad tal que produce mayores rendimientos.

El rodillo liso vibratorio jalado por tractor ha evolucionado en tal forma que hoy lo tenemos auto propulsado, con mayores rangos de vibración que nos permiten tener menor número de ciclos y de pasadas, pudiéndose aplicar inclusive en la compactación de carpetas asfálticas con magníficos resultados.

El seleccionar correctamente un equipo de trituración es uno de los aspectos que influyen para dar buenos resultados de costo y producción.

Anteriormente se utilizaban equipos de muy poca producción además de un tamaño inadecuado para su transportación a las obras y que requerían mucho tiempo para su instalación. Es por ello, -

que actualmente las plantas móviles nos permiten una más rápida instalación y en consecuencia se reduce el tiempo para iniciar la producción. Las modificaciones a sus mecanismos y tamaños nos permiten poder obtener mejores costos y programas más ambiciosos además de control más adecuado en el tamaño de los agregados obtenidos. Los molinos han sido desplazados por la trituradora de conos que es la máquina idónea para integrar grupos móviles secundarios y terciarios que permiten procesar cualquier tipo de roca.

El mezclar o revolver materiales pétreos, con asfaltos o agua es muy común en la elaboración de mezclas asfálticas o bases hidráulicas respectivamente.

Existen equipos que nos permiten ahorrar horas motoconformadora en el mezclado de bases hidráulicas, al realizar dicha mezcla antes de su colocación obteniendo mayor producción en su tendido y una reducción considerable en el número de pipas y -- motoconformadoras.

Las mezclas asfálticas se realizan en plantas, que pueden ser del tipo continuo o discontinuo. En nuestro país se está incrementando el número de plantas continuas pues el mito que se tenía con relación en su dificultad para calibrarlas va desapareciendo rápidamente al mejorarse sus sistemas de operación, que han cambiado de mecánicos a electrónicos. Así mismo una mejor clasificación de materiales nos permite en las plantas modernas

reducir el recribado y obtener costos horarios más bajos así como mayores producciones.

En lo referente a colocación de material de sello, se tienen actualmente equipos autopropulsados que han permitido aumentar de una manera considerable la producción.





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS

ING. VICENTE SAISO SEMPERE

JUNIO, 1980

PRIMERA SESION DE TRABAJO

I.- INTRODUCCION.

- A) DESARROLLO,
- B) IMPORTANCIA,
- C) JUSTIFICACION ECONOMICA.
- D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

II.- PLANEACION

- A) OBJETIVOS.
- B) ANALISIS DE INFORMACION.
- C) PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

III.- ORGANIZACION.

- A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.
- B) SISTEMA ADMINISTRATIVO.
- C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.
- D) SISTEMAS DE INFORMACION.
- E) SISTEMAS DE CONTROL.

SEGUNDA SESION DE TRABAJO.

IV.- TEMAS ESPECIFICOS.

- A) ANALISIS DE PARAMETROS DE INFORMACION.
- B) LIMPIEZA Y LUBRICACION.
- C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.
- D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS.
- E) DIAGRAMAS.

I.- INTRODUCCION

A) DESARROLLO

- HISTORICAMENTE EL MANTENIMIENTO SE INICIA COMO UN SISTEMA ADMINISTRATIVO, MANEJADO POR PERSONAL CON FORMACION ADMINISTRATIVA.
- APARECEN LOS PRIMEROS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES. (INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION).
- SUFREN UN CAMBIO PAULATINO DE SU CARACTER ADMINISTRATIVO A UN CARACTER TECNICO.
- SU DESARROLLO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION HA SIDO SEMEJANTE AL DE LA INDUSTRIA EN GENERAL.

PRESENTA CARACTERISTICAS ESPECIALES QUE LO HACEN MAS DIFICIL DE REALIZAR CON EXITO, COMO POR EJEMPLO:

- A) EL EQUIPO DE CONSTRUCCION ES TOTALMENTE MOVIL.
- 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 POBLACION, ETC.,

I.- INTRODUCCION

B) IMPORTANCIA.

LA IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE PUEDE MEDIR A TRAVES DE SU IMPACTO EN LOS SIGUIENTES FACTORES.

- INVERSION DE EQUIPO - DISMINUYE

A) INCREMENTO EN LA VIDA UTIL.

B) INCREMENTO EN LA VIDA ECONOMICA.

- PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO = PRODUCCION - AUMENTA

A) INCREMENTO EN EL VALOR DE RESCATE.

B) DISMINUCION DEL COSTO DE REPARACIONES.

C) DISMINUCION DEL COSTO POR MAQUINA PARADA.

D) INCREMENTO DEL NUMERO DE HORAS DISPONIBLES.

E) EQUIPO EN OPTIMAS CONDICIONES DURANTE HORAS DE TRABAJO.

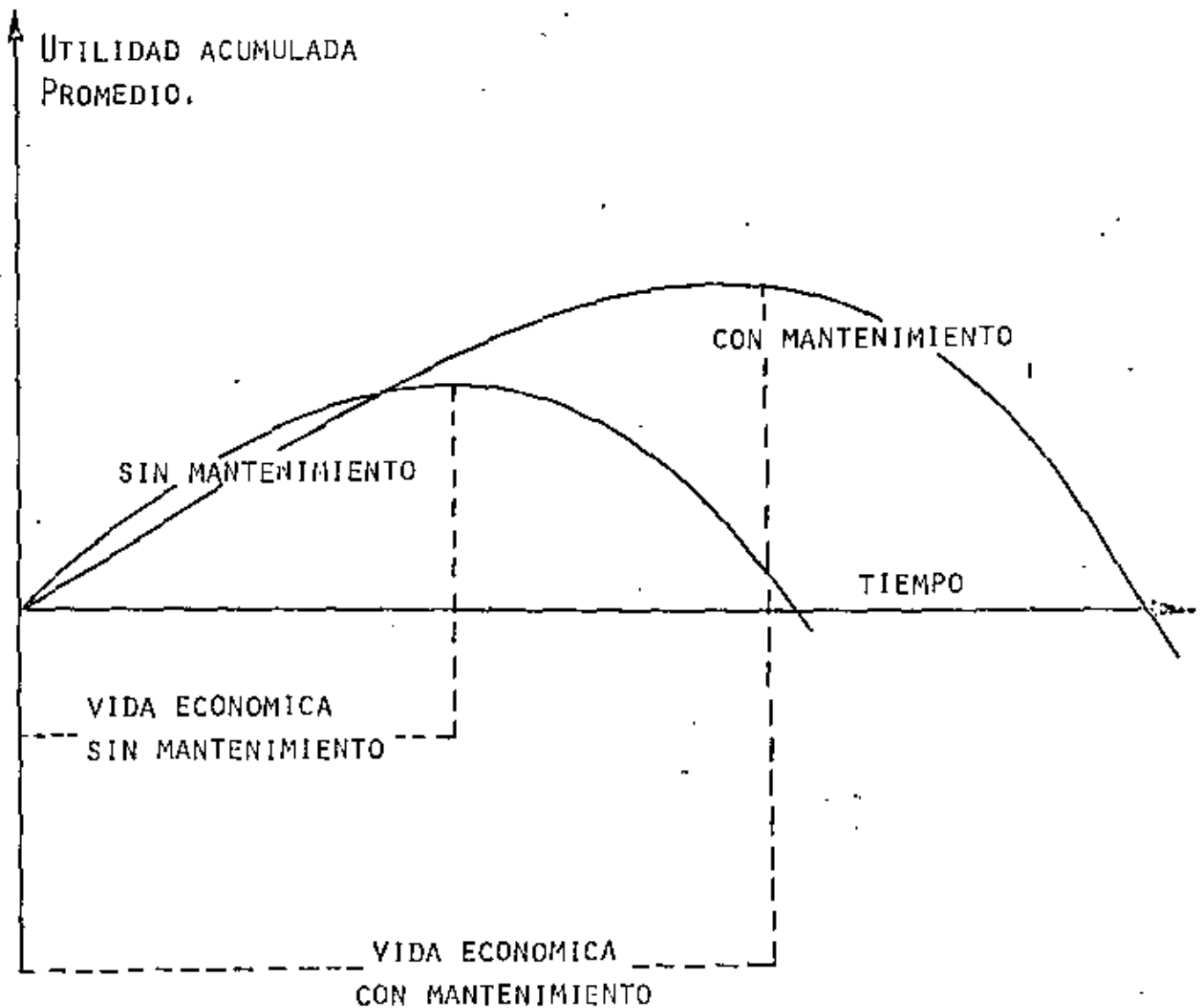
----- 0 -----

C) JUSTIFICACION ECONOMICA.

SE DERIVA DE LA CUANTIFICACION DE:

- A) DISMINUCION DE LA INVERSION.
- B) AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.
- C) DISMINUCION DE COSTOS DE PRODUCCION.

EL EFECTO ECONOMICO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE ILUSTR_UTRA EN LA GRAFICA SIGUIENTE:



D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

MANTENIMIENTO PLANEADO.

ES EL MANTENIMIENTO ORGANIZADO ORIENTADO A MANTENER EN CON-
DICIONES DE MAXIMA PRODUCCION EL EQUIPO MEDIANTE LA PROGRA-
MACION DEL MANTENIMIENTO DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DE-
LA PRODUCCION Y LAS CONDICIONES DE LA OBRA.

SE COMPONE DE:

- A) MANTENIMIENTO PREDICTIVO.
- B) MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- C) MANTENIMIENTO DE RUTINA.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

ES EL DIAGNOSTICO DEL COMPORTAMIENTO INTERNO Y EXTERNO DE -
LOS DIVERSOS CONJUNTOS Y SUBCONJUNTOS DEL EQUIPO.

SE BASA EN:

- ANALISIS DE LABORATORIO (ANALISIS DE DESGASTE INTERNO DE -
METALES).
- EQUIPO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS.
- ANALISIS ESTADISTICO DE VIDA UTIL DE CONJUNTOS Y SUBCONJUN-
TOS.

PROPORCIONA,

- ACTUALIZACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- LOCALIZA E INFORMA PARA QUE SE CORRIJAN FALLAS CUANDO ESTAN
EN SU FORMA MAS INCIPIENTE.

- PRONOSTICO DE CAMBIOS Y REPOSICIONES.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- ES LA APLICACION PRACTICA 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 EJECUCION INMEDIATA ES IMPERATIVA.
- LOS TIEMPOS DE PARO DEL EQUIPO SON PROLONGADOS.
- SU COSTO DE EJECUCION ES SUMAMENTE ELEVADO.

----- 0 -----

ESTRUCTURAS DEL MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO EQUIPO

MANTENIMIENTO PLANEADO

MANTENIMIENTO OBLIGADO

4

MANTENIMIENTO PLANEADO

**MANTENIMIENTO
PREDICTIVO**

ANÁLISIS DE LABORATORIO
EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE
VIDA ÚTIL

**MANTENIMIENTO
PREVENTIVO**

INSPECCIÓN DE EQUIPO
SERVICIOS DE CONSERVACION
DETECCION Y CORRECCION DE
FALLAS
SUPERVISION DE OPERACION
REPARACIONES MAYORES PRO-
GRAMADAS
INTERCAMBIO DE CONJUNTOS

**MANTENIMIENTO
RUTINA**

LUBRICACION DE LOS EQUIPOS
LIMPIEZA DEL EQUIPO
ABASTECIMIENTO DE COMBUS-
TIBLE

II.- PLANEACION

9

A) OBJETIVOS.

OBJETIVO BASICO: MAXIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD (EN SU SENTIDO MAS AMPLIO) DEL EQUIPO EN OBRA.

EN TERMINOS SIMPLIFICADOS.

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{PRODUCCION}}{\text{COSTO}}$$

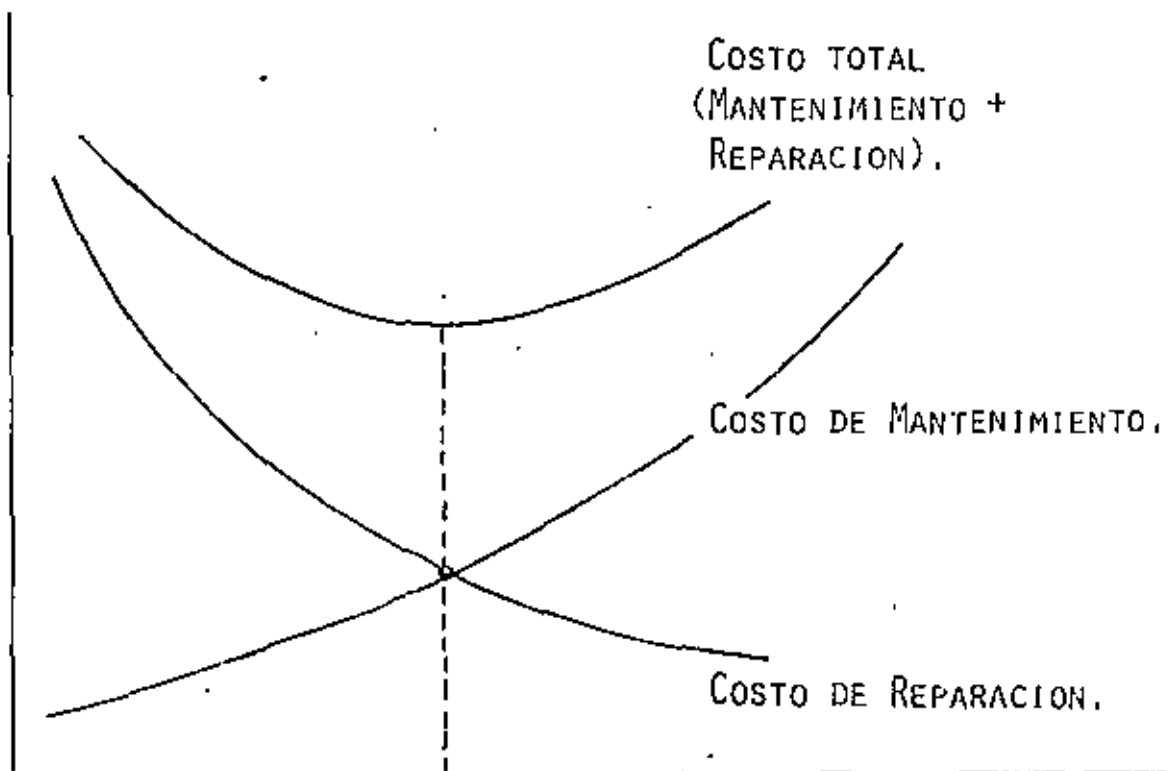
UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO ORIENTADO HACIA ESTE OBJETIVO- TRATARA DE MAXIMIZAR PRODUCCION Y MINIMIZAR COSTO.

- MAXIMIZARA PRODUCCION.

ALCANZANDO EN FORMA OPTIMA LOS FACTORES MENCIONADOS EN 1-B.

- MINIMIZARA COSTO :

PROPORCIONANDO EL MANTENIMIENTO AL NIVEL OPTIMO.



B) ANALISIS DE LA INFORMACION.

POR LAS CARACTERISTICAS ESPECIALES QUE SE PRESENTAN DE LA CONSTRUCCION, ES NECESARIO, HACER UNA PLANEACION DE MANTENIMIENTO ESPECIFICO PARA CADA OBRA.

POR LO QUE SE NECESITA CONSIDERAR:

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

LOCALIZACION.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION.

PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

- OBRAS DONDE SE TIENE AREAS DE GRAN CONCENTRACION 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).

LOCALIZACION DE LA OBRA.

- VIAS DE ACCESO O COMUNICACION.
- DISTANCIA A CENTROS DE ABASTECIMIENTO.
- CONDICIONES CLIMATOLOGICAS DE LA ZONA.
- CLASE DE TRABAJO A DESARROLLAR Y MATERIAL PREDOMINANTE.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION

- CALENDARIO Y SECUENCIA DEL TRABAJO.
- NUMERO DE TURNOS DE TRABAJO DE PRODUCCION Y HORARIO DE LOS MISMOS.
- NUMERO DE FRENTES DE PRODUCCION ATACANDOSE SIMULTANEAMENTE.
- DISTRIBUCION DEL EQUIPO EN LOS DIVERSOS FRENTES DE TRABAJO.
- DISTANCIA APROXIMADA ENTRE LOS DIVERSOS FRENTES DE PRODUCCION.
- COSTOS Y RENDIMIENTOS CON LOS QUE FUE PLANEADA LA OBRA.

PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

- RITMO DE TRABAJO A QUE TIENE QUE SOMETER LAS MAQUINAS PARA CUMPLIR CON EL PROGRAMA.
- CANTIDAD, CLASE Y ANTIGUEDAD DEL EQUIPO QUE SE TENDRA EN OBRA.
- FECHA DE RECEPCION Y DESOCUPACION.
- CANTIDAD Y CLASE DE EQUIPO QUE REQUIERE DE INSTALACION.

PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

- HUMANOS.
- EQUIPO AUXILIAR.
- HERRAMIENTA.
- INSTALACIONES.
- RECURSOS HUMANOS.

- SELECCION.
- CAPACITACION.
- DISTRIBUCION.

- SUPERVISION.
- PERSONAL DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO , PREVENTIVO Y DE RUTINA.
- PERSONAL DE ADMINISTRACION Y CONTROL.
- OPERADORES DEL EQUIPO.

SE DEBE CONSIDERAR:

- CANTIDAD DE PERSONAL Y VARIACION 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, NUMERO 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 PERIODICAMENTE.

EQUIPO AUXILIAR

A.- EQUIPO ESPECIALIZADO.

DE LABORATORIO

ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA.

DE CAMPO.

- EQUIPO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS.

EQUIPO DE MANTENIMIENTO

FIJO.

INSTALACIONES DE TALLER.

- | | | |
|---------------------------------|---|---|
| AIRE COMPRIMIDO | - | COMPRESOR, LINEAS |
| LIMPIEZA. | - | LAVADORAS DE VAPOR Y BOMBAS DE ALTA PRESION. |
| LUBRICACION. | - | EQUIPO DE LUBRICACION.
BOMBAS, CARRETES TAMBORES. |
| SOLDADURA. | - | SOLDADORAS.
EQUIPO DE CORTE.
EQUIPO DE TRAZO. |
| FUNDICION Y FORJA
(HERRERIA) | - | FRAGUA, AFILADORAS. |
| ELECTRICIDAD | - | PROBADOR DE ARMADURAS.
CARGADOR DE BATERIAS. |
| MAQUINAS HERRA-
MIENTAS. | - | TORNO, TALADRO.
FRESADORA, ROSCADORA. |
| MOVIL | - | EQUIPO DE LIEMPIEZA.
EQUIPO DE LUBRICACION Y ENGRASE.
TALLER MOVIL.
SOLDADORAS.
EQUIPO DE TRANSPORTE (VEHICULOS). |

HERRAMIENTA.

FIJA:

HERRAMIENTA PARA TALLER.

ESMERIL - TORNILLO DE BANCO, PRENSA HIDRAULICA.
PULIDORA.

CAJA DE HERRAMIENTA PARA TALLER.

HERRAMIENTA PNEUMATICA Y ELECTRICA.

HERRAMIENTAS DE MEDICION,

MOVIL.:

HERRAMIENTA PARA CAMPO.

HERRAMIENTA PARA MANIOBRAS.

HERRAMIENTA PARA LLANTAS.

HERRAMIENTA DE MEDICION.

HERRAMIENTAS PARA CALIBRACIONES.

INSTALACIONES.

LAS INSTALACIONES EN OBRAS DE CONSTRUCCION SON:

A) INSTALACIONES DE SERVICIO.

- TALLER MECANICO.
- ALMACEN.
- ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

B) INSTALACIONES DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA.

- ELECTRICAS.
- AIRE COMPRIMIDO.
- VENTILACION.
- HIDRAULICAS.

C) INSTALACIONES DE PRODUCCION.

- CONCRETO ASFALTICO.
- CONCRETO HIDRAULICO.
- PRODUCCION DE AGREGADOS.

INSTALACIONES DE SERVICIO.

TALLER MECANICO Y ALMACEN.

A) AREA DE INSTALACION.

- DE FACIL ACCESO.
- EQUIDISTANTE A LOS DIVERSOS FRENTES DE TRABAJO.
- ORIENTACION ADECUADA.
- FUERA DE ZONAS DE TRABAJO PARA EVITAR CONTAMINACION.

B) DIMENSIONES.

- ADECUADA A LA DEMANDA DE TRABAJO SEGUN PROGRAMA.
- INSTALACION SENCILLA Y DE SER POSIBLE MODULAR.
- AREA NECESARIA PARA MANIOBRAS Y ALMACENAJE.
- DIVISION POR DEPARTAMENTOS.

ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

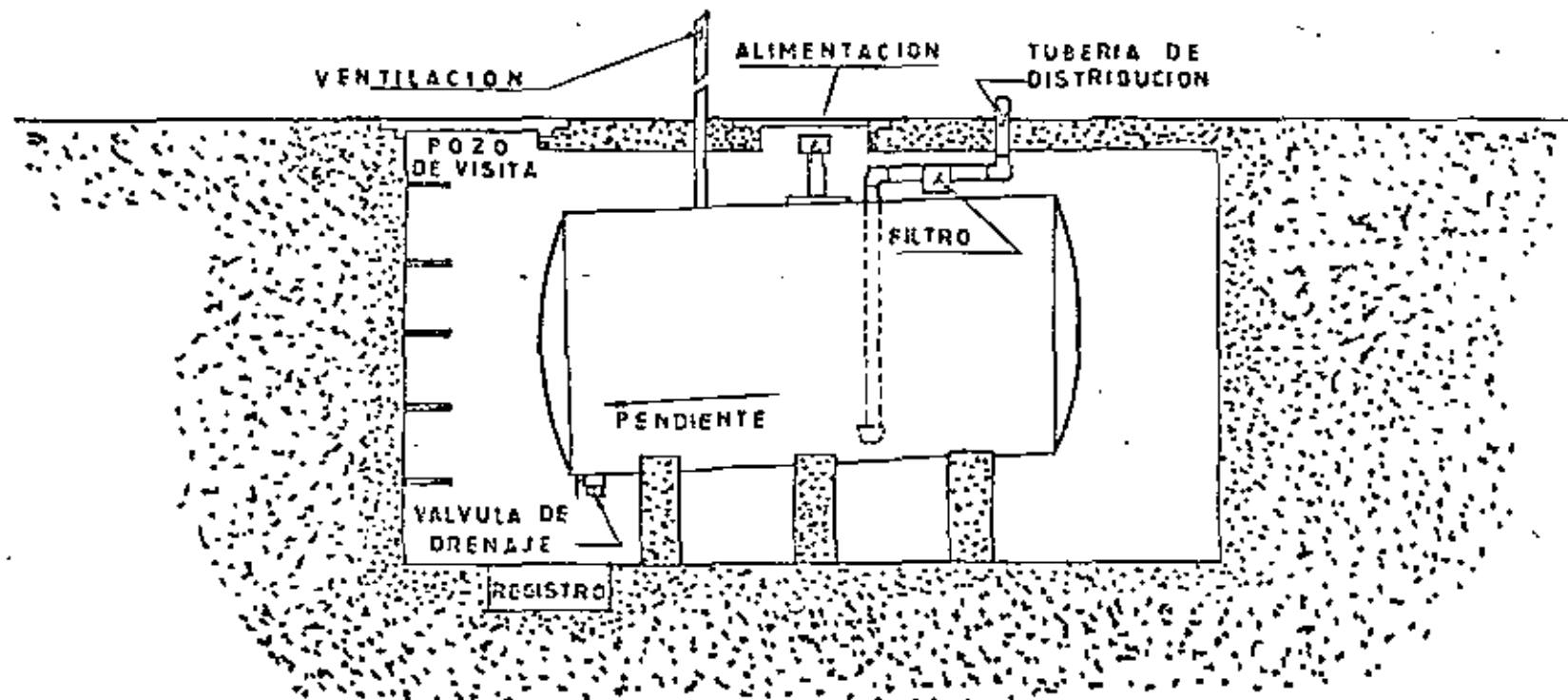
SE CONSIDERA BASICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE LOS MOTORES.

SE REQUIERE:

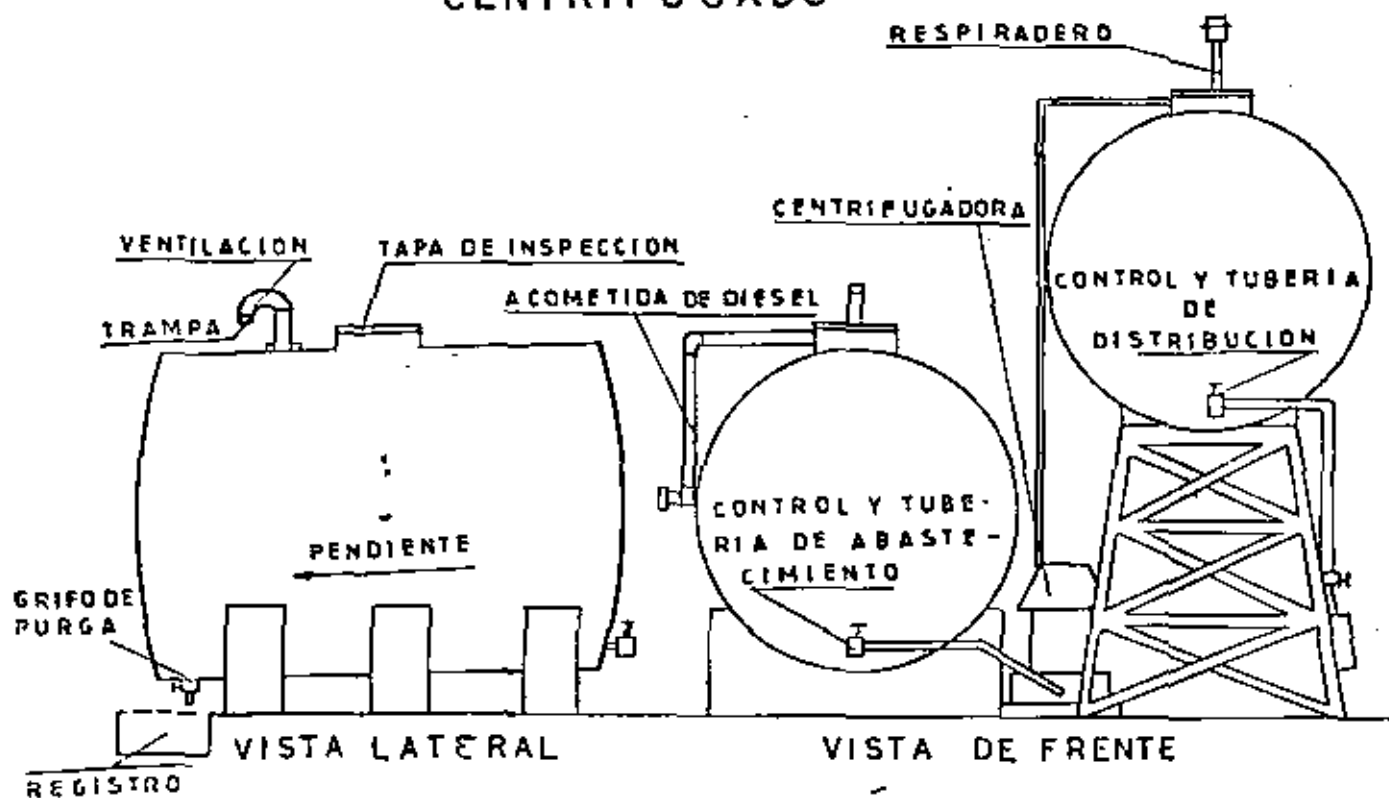
- TANQUE PARA RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.
- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE CENTRIFUGADO O FILTRADO.
- CENTRIFUGADORA O FILTROS.

LOS TANQUES DEBEN TENER INCLINACION PARA ASENTAMIENTOS Y LIMPIEZA PERIODICA.

INSTALACION SUBTERRANEA



INSTALACION DE COMBUSTIBLE DIESEL CENTRIFUGADO



A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

- ORGANIGRAMA.
- DISTRIBUCION DE AREAS DE RESPONSABILIDAD.
- DESCRIPCION DE FUNCIONES.

B) SISTEMA DE ADMINISTRACION.

- ARCHIVO GENERAL.
- MANEJO DE REGISTROS.
- EXISTENCIAS DE ALMACEN.
- ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE COSTOS.
- MANEJO DE CUENTAS.

C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.

- ELABORACION DE HOJAS DE SERVICIOS DE CONSERVACION PERIODICOS.
- HOJAS DE RENTA DE LUBRICACION.
- CARTAS DE LUBRICACION.
- REPORTES DE OPERACION.

D) SISTEMAS DE INFORMACION.

- DIAGRAMAS DE FLUJO.
- REPORTES DEL PERSONAL DE CAMPO.
- REPORTES DE INSPECCION DEL EQUIPO.
- INFORMES DE LABORATORIO Y DIAGNOSTICO.

E) SISTEMAS DE CONTROL.

- HISTORIA DE LA MAQUINA.
- TARJETAS DE COSTOS.
- INVENTARIO FISICO DE EQUIPO.

- INVENTARIO DE ALMACEN.
- ORDENES DE TRABAJO.

09)

RECURSOS COMPLEMENTARIOS.

AQUI CONSIDERAMOS LOS RECURSOS EXTERNOS QUE SE ENCUENTRAN A DISPOSICION DE USUARIOS DE EQUIPO O CONSUMIDORES DE CIER-
TOS ARTICULOS PROPORCIONADOS GENERALMENTE POR PROVEEDORES.

- CATALOGOS DE PARTES.
- CATALOGOS DE OPERACION.
- CATALOGOS DE MANTENIMIENTO.
- INSTRUCCION DE OPERADORES.
- INSTRUCCION DE MECANICOS.
- INFORMACION TECNICA.

ANALISIS DE PARAMETROS DE INFORMACION PARA PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

<u>PARAMETROS:</u>	<u>PORQUE ES NECESARIO</u>
- INVENTARIO FISICO DE EQUIPO	SE TIENE CONTROL DEL EQUIPO QUE SE ENCUENTRA EN OBRA. PARA FORMAR GRUPOS DE EQUIPOS CON LAS MISMAS CARACTERISTICAS. PARA ESTABLECER LAS DIFERENCIAS DE COMPORTAMIENTO Y COSTOS ENTRE LOS MISMOS TIPOS DE EQUIPO. PARA FACILITAR EL CONTROL DE REQUISICIONES. PARA AGRUPAR LAS DIFERENTES CATEGORIAS DE EQUIPO.
- SISTEMA DE COSTOS.	PARA IDENTIFICAR LOS COSTOS POR CADA MAQUINA. PARA LLEVAR UN COMPORTAMIENTO ECONOMICO DE LAS MAQUINAS. PARA TOMAR DECISIONES DE REEMPLAZO. PARA IDENTIFICAR SI EL RENDIMIENTO DEL EQUIPO ESTA DE ACUERDO CON SUS COSTOS.
- TIPO DE TRABAJO EN QUE SE ESTA USANDO EL EQUIPO.	PARA EVALUAR SI EL TRABAJO DESARROLLADO ESTA DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO. PARA DETERMINAR POLITICAS ESPECIALES DE MANTENIMIENTO. PARA SELECCIONAR LA OPERACION ADECUADA. PARA EVALUAR EL EFECTO DEL TRABAJO EN LA VIDA UTIL DE LA MAQUINA, DE ALGUNO DE SUS CONJUNTOS.
- HORAS TRABAJADAS EN LAS MAQUINAS.	SIRVE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO. PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE MAQUINARIA. PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO. PARA EVALUAR SI EL CRITERIO DE DEPRECIACION ES CORRECTO.

- 5.- CONTROLES DE RECEPCION DE ENVIO. PARA IDENTIFICAR LOS MEDIOS EN QUE SE ENVIA O SE RECIBE.
PARA IDENTIFICAR SI SE RECIBE EN LAS CONDICIONES EN QUE SE -
ENVIO.
PARA EVALUAR LOS TIEMPOS DE TRANSPORTE.
-
- 6.- CONTROLES DE CALIDAD. PARA DETERMINACION SI SE RECIBE EN CONDICIONES DE TRABAJO.
PARA PROGRAMAR LOS DETALLES DE MANTENIMIENTO O REPARACION QUE SE
ENCUENTREN.
PARA DETERMINAR EL TIEMPO EN QUE PODEMOS TRABAJAR EL EQUIPO.
PARA PROGRAMAR SUS REPARACIONES MAYORES.
-
- 7.- PROGRAMA DE REPARACIONES MAYORES. PARA DETERMINAR EL TIEMPO QUE EL EQUIPO VA HA ESTAR PARADO.
PARA PROGRAMAR LOS RECURSOS.
PARA DETERMINAR POLITICAS DE SUSTITUCION EN OBRA.
PARA DETERMINAR SI LA REPARACION CORRESPONDE A DESGASTE NORMAL,
POR FALLAS DE MANTENIMIENTO, OPERACION.
-
- 8.- PLANTILLAS DE PERSONAL. VARIACIONES SEGUN PROGRAMA DE OBRA.
DISTRIBUCION ADECUADA EN LOS FRENTES DE TRABAJO.
CAPACIDAD, CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA Y HABILIDAD.
CURSOS DE CAPACITACION.
-
- 9.- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO. ESTABLECIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA.
PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMANAL O MENSUAL.
INSPECCIONES FISICAS DEL EQUIPO.
PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.
-

-
- 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 UTIL DEL EQUIPO. PARA ANALIZAR LA CONVENIENCIA DE LA UTILIZACION Y PRODUCTIVIDAD DE 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 PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.
-
- 16.- TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS. ES UN INDICADOR DEL PROMEDIO DE UTILIZACION DEL EQUIPO. ESTABLECER PROGRAMAS DE ACUERDO A LA DISPONIBILIDAD.
-

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 ESPECIFICOS

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.

----- 0 -----

V. - TEMAS ESPECIFICOS

D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS.

1º HUMANOS.

- PREPARACION.
- COMUNICACION.

2º LOCALIZACION.

- TRABAJO A LA INTEMPERIE.
- LEJANIA DE CENTROS IMPORTANTES DE POBLACION.

3º TIPO DE TRABAJO.

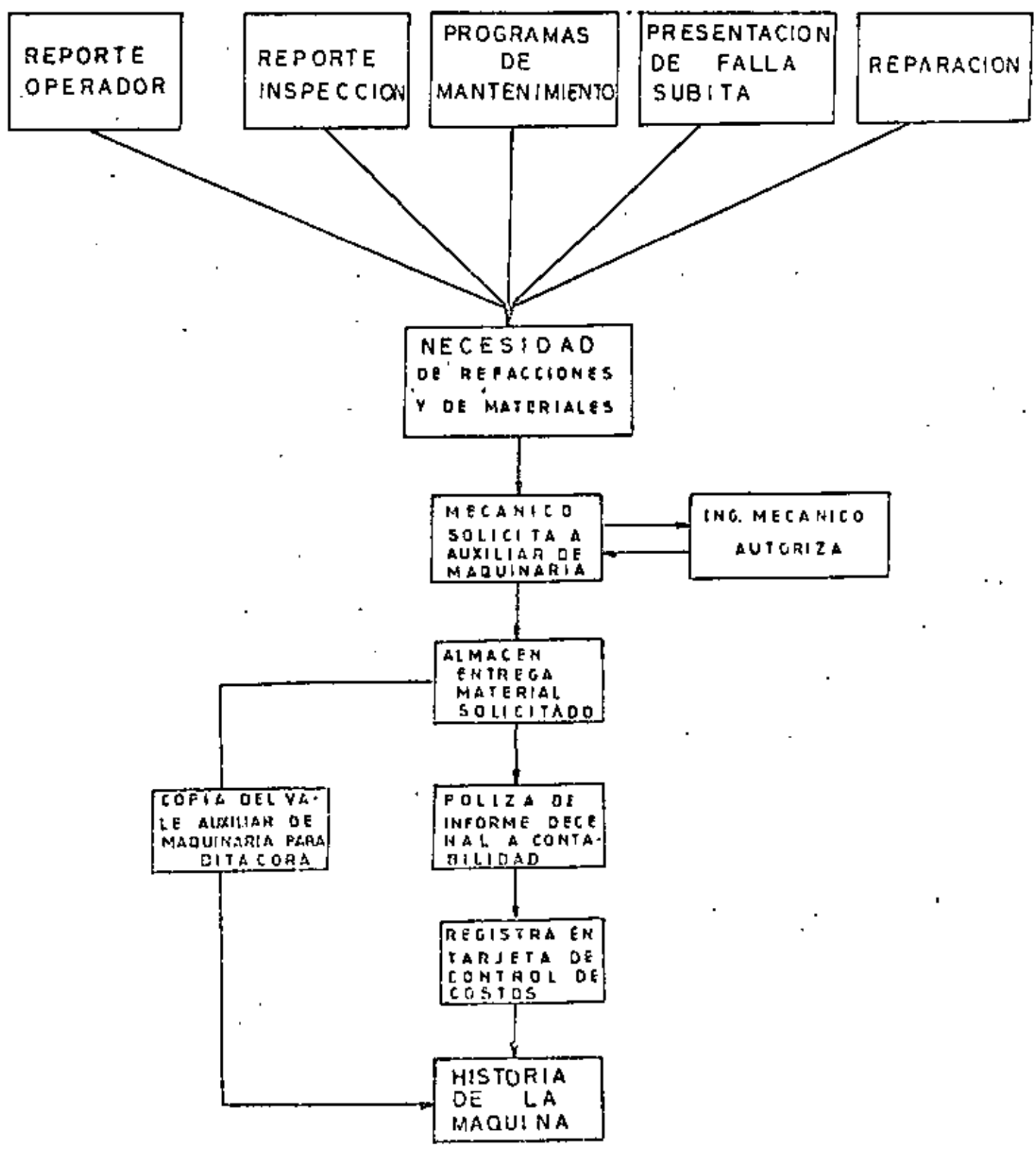
- RITMO MUY ACELERADO (A PRESION),
- FECHAS DE TERMINACION AGRESIVAS.
- NECESIDAD DE ALTOS PROCENTAJES DE UTILIZACION.

4º INSTALACIONES.

- MOVILES.
- RUDIMENTARIAS.
- DE BAJO COSTO.

DIAGRAMA DE FLUJO

VALES DE SALIDA DE ALMACEN



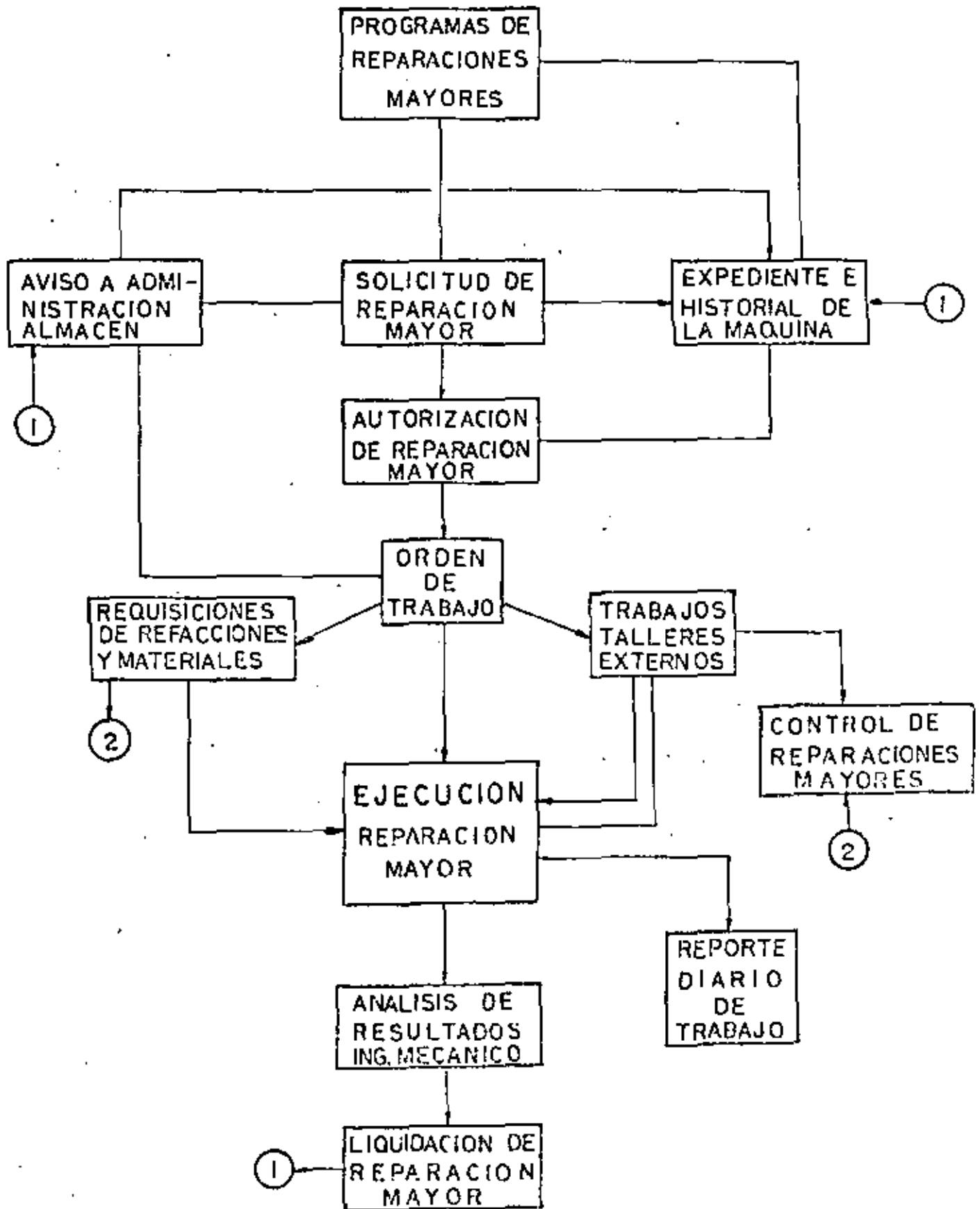


DIAGRAMA DE FLUJO

REPORTE DE OPERADORES

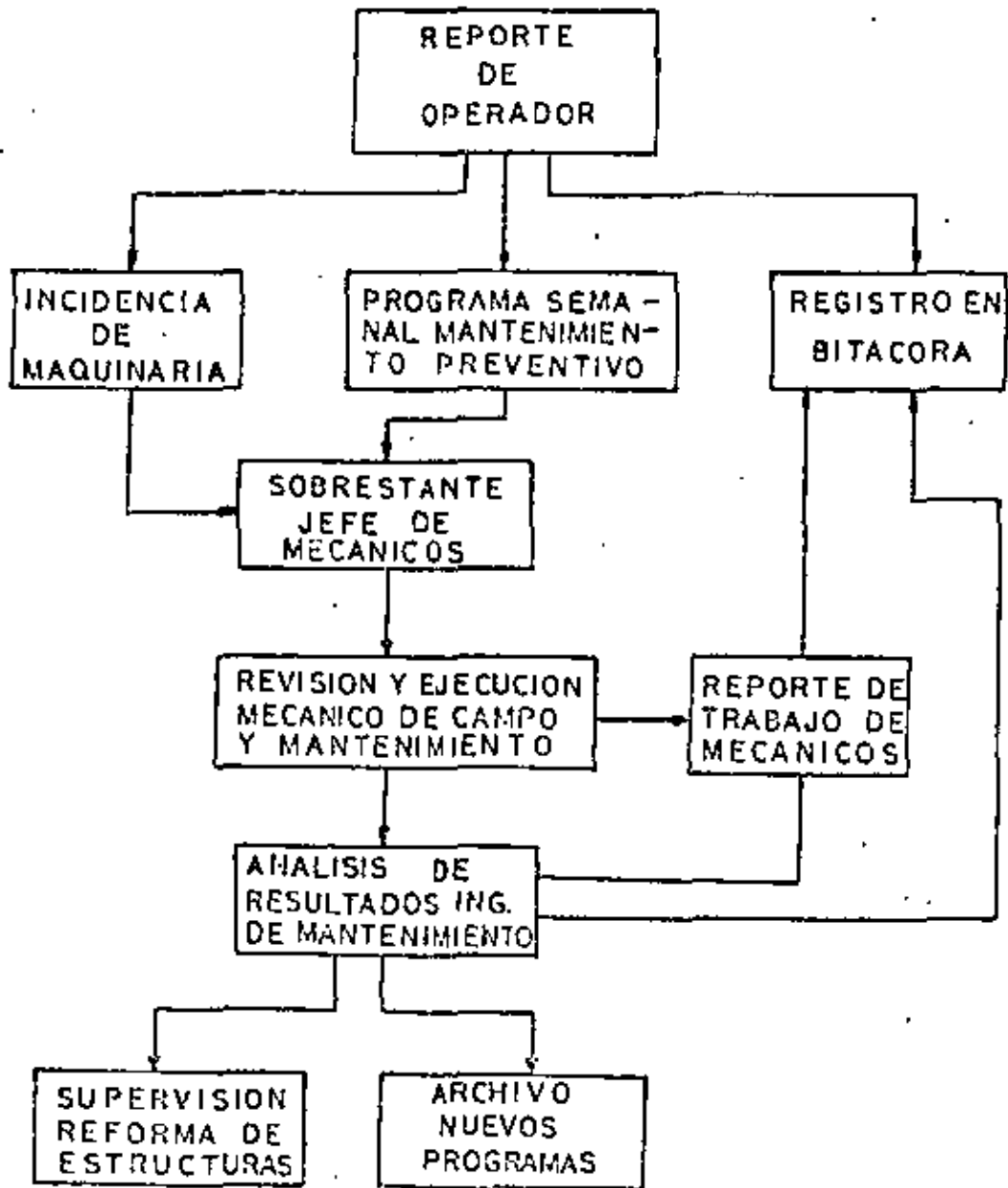
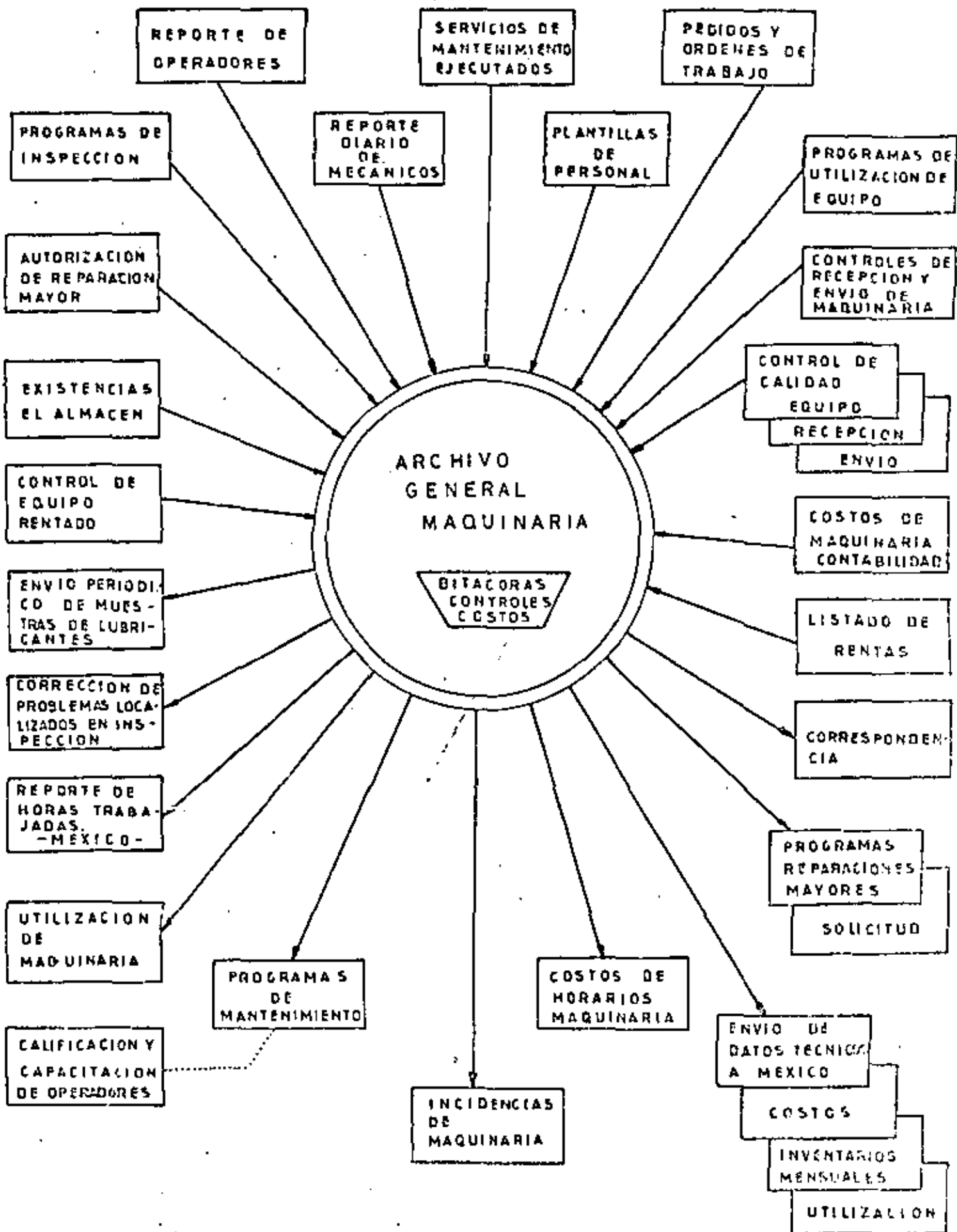


DIAGRAMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO

30



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 ó completa, pues el distribuidor maneja 1 ó 2 marcas de equipo y el constructor 8 ó 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 redituen 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 que funciones y responsabilidades se van a delegar en una persona, los criterios para contratarla tampoco estarán definidos y por tanto quedará al criterio (bueno ó 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 examen 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.

El exámen de este tipo nos puede servir para 2 aspectos: 1) Seleccionar entre los candidatos a ingresar a los que esten mejor preparados. 2) Aplicando - estos exámenes a nuestro personal existente , podremos saber que nivel de conoci- mientos tiene, en que área ó áreas necesarias en su puesto tiene carencias y por - tanto necesita recibir capacitaciones para superarlas; Quién está bien y con capa- citación puede ascender a otros niveles de trabajo.

Entonces una de las acciones gremiales que por ejemplo el ICIC, puede - llevar a cabo en beneficio de los constructores es la de elaborar descripciones de - puestos con sus requisitos previos y exámenes que se puedan aplicar para cada uno de esos puestos, esto les daría a los constructores elementos muy importantes para - juzgar al personal que tienen y al que van a tomar y propiciaría que se promueva la - capacitación en las áreas de deficiencia, para que se lleguen a cubrir los puestos - eficazmente.

4.- DISTINTAS FORMAS DE CAPACITAR.

Hay 2 muy generales: a) Capacitación previa al trabajo.
b) Capacitación en el trabajo.

La capacitación previa al trabajo esta representada por toda la escolaridad formal: Educación básica, media, media superior, superior y las técnicas especiales que el sistema escolar formal esté en capacidad de impartir.

Estos conocimientos son base para los que se necesitarán en los puestos de - trabajo, y por tanto el pensar que la capacitación toda debe ser en el trabajo es un - grave error.

Por ejemplo para un mecánico para maquinaria pesada se puede pensar que - entre los requisitos de escolaridad previa, esté el que haya cursado y terminado - - secundaria, considerando que sin los conocimientos de física, geometría y matemáti- cas de ese nivel escolar no estará en condiciones de entender los problemas del siste- ma hidráulico ó eléctrico de las máquinas. Además se buscará ó que haya pasado - por alguna escuela técnica de fabricante ó distribuidor en la que haya recibido cono- cimientos sobre la mecánica aplicada a la maquinaria.

En el trabajo, que es actualmente el lugar donde sin querer ó no capacita - mos, la falta de organización y control de esa capacitación, la hace ser poco prac- tica y muy deficiente, además de llevarnos a costos elevadísimos, no por la capaci- tación, sino por el costo que la mala capacitación quiera. Una transmisión sin - aceite, nos cuesta 300 a 500 mil pesos y así por el estilo.

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.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EQUIPO DE COMPACTACION

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

JUNIO, 1980



COMPACTACION EN EL CAMPO

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 ejecutarse 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 han introducido mejoras, tales como: poderosos sistemas hidráulicos, sensores electrónicos confiables, diseños más funcionales, mayor versatilidad 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 tiro 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. CLASIFICACION DE LOS SUELOS.

Para poder clasificar los suelos nos basaremos en el "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos" (S.U.C.S.).

Este sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos - por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores - que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino; si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

1) SUELOS GRUESOS.

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo.

G (Gravel) Gravas y suelos en que predominen éstas.

S (Sand) Arenas y suelos arenosos.

Las gravas y las arenas se separan con la malla No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla No. 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

- a) Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W -- (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW y SW.
- b) Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P -- (poorly graded). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.
- c) Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del Sueco Mo y Mjala). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.

- d) Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C - - (Clay). En combinación con los símbolos genéricos; da lugar a los grupos GC y SC.

2) SUELOS FINOS.

También en este caso el Sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar a las siguientes divisiones:

- M Del Sueco Mo y Mjala) Limos inorgánicos.
- C (Clay) Arcillas inorgánicas.
- O (Organic) Limos y Arcillas Orgánicas.

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si este es menor del 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (Low - Compressibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor del 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (High Compressibility), teniendo así los grupos MH, CH, OH.

Al final de este capítulo aparece una tabla general del "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos".

Los materiales friccionantes son principalmente gravas y arenas; entendiéndose por fricción interna a la resistencia al desplazamiento entre las partículas internas del material.

Los materiales cohesivos son arcillas y limos arcillosos; cohesión podemos definirla como la atracción mutua de las partículas de un suelo debido a fuerzas moleculares y a la presencia de humedad.

III. COMPACTACION

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.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

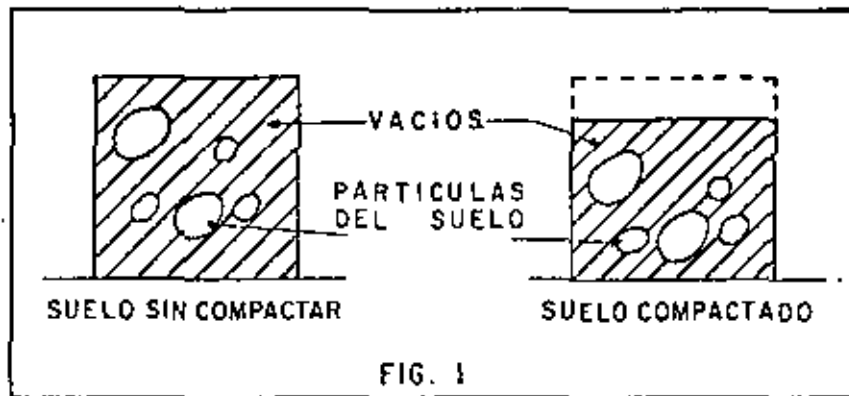
PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Excluyendo los porcentajes mayores de 7.6 cm. (3") y basando las fracciones en pesos estimadas)		SIMBOLOS DEL GRUPO (*)	NOMBRES TÍPICOS	INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS			
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla N° 200 (φ)	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa retenida en la malla N° 4 (Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la apertura de la malla N° 4.)	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40		Dése el nombre típico, indiquense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico; cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis. Para los suelos inalterados agréguese -- información sobre estratificación, compactación, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje. EJEMPLO Arena limosa con grava, como un 20% de grava de partículas duras, angulosas y de 15 cm. de tamaño máximo, arena gruesa a fina de partículas redondeadas o subangulosas, alrededor de 15% de finos no plásticos de baja resistencia en estado seco; compacta y húmeda en el lugar, arena aluvial, (SM)			
		Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todas las fracciones intermedias	GW		Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.		
		Predomina de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	GP		Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos		
		Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo)	GM		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		
		Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo)	GC		Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla		
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa para la malla N° 4 (Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la apertura de la malla N° 4.)	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40		Dése el nombre típico, indiquense el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis. Para los suelos inalterados agréguese información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado inalterado como remoldeado, condiciones de humedad y drenaje		
			Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todas las fracciones intermedias			SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos
Predomina de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos				
Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo)	SM		Arenas limosas, mezclas de arena y limo				
ARENAS CON FINOS Más de la mitad de la fracción gruesa para la malla N° 4 (Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la apertura de la malla N° 4.)	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40		Dése el nombre típico, indiquense el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis. Para los suelos inalterados agréguese información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado inalterado como remoldeado, condiciones de humedad y drenaje				
	Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo)	SC		Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla			
	Nula a ligera	ML		Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos			
	Media a alta	CL		Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres			
SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material para la malla N° 200 (Las partículas de φ 0.75 mm. de diámetro (malla N° 200))	LIMOS Y ARCILLAS Líquido Límite menor de 50	Ligera a media	Lenta	Ligera	DL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
		Ligera a media	Lenta o nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos	
		Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas	
	LIMOS Y ARCILLAS Líquido Límite mayor de 50	Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.	
		SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		Facilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa	P ₁	Turba y otros suelos altamente orgánicos	EJEMPLO Limo arcilloso, café, ligeramente plástico porcentaje reducido de arena fina, numerosos agujeros verticales de raíces, firme y seco en el lugar, leosa (ML)

(*) Clasificaciones de frontera - Los suelos que poseen las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos

(φ) Todos los tamaños de los mallas en este carta son los U.S. Standard.

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).



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. 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 fué 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.

3. PRUEBAS DE COMPACTACION.

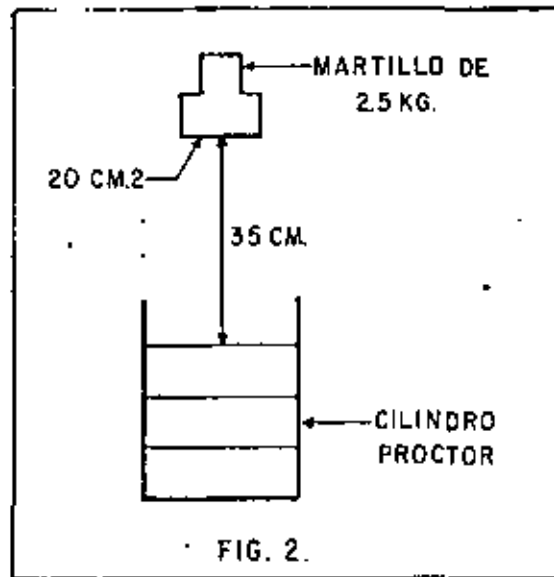
En la construcción de terraplenes sería ideal poder medir la resistencia del suelo para determinar cuando se ha alcanzado la resistencia necesaria, pero el equipo para medir esta resistencia (especialmente a esfuerzos de compresión y cortante) es difícil de manejar, es caro y no es aplicable a todos 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 material de 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.



- d) Se pesa el material y como el volumen es conocido se calcula el peso volumétrico húmedo, simplemente dividiendo el peso del material entre su volumen. Como la humedad es conocida, se resta el peso del agua y se obtiene el peso volumétrico seco para esa humedad.
- e) Se repite la prueba varias veces, variando cada vez el grado de humedad, con lo que se obtienen pares de valores Humedad-Peso Volumétrico Seco.

Con estos pares de valores se dibuja la siguiente gráfica (Fig. 3).

Puede observarse que hay un cierto contenido de humedad para el cual el peso volumétrico es máximo, este peso se conoce como: "Peso Volumétrico Seco Máximo" (P.V.S.M.), o peso proctor, y el contenido de humedad como humedad óptima.

El diseñador entonces especifica el porcentaje del peso proctor que debe obtenerse en la construcción del terraplén y la humedad óptima.

Por ejemplo: Si el proyectista especifica 95% Proctor en el caso de la gráfica, tenemos: P.V.S.M. = 1820 kg/m³

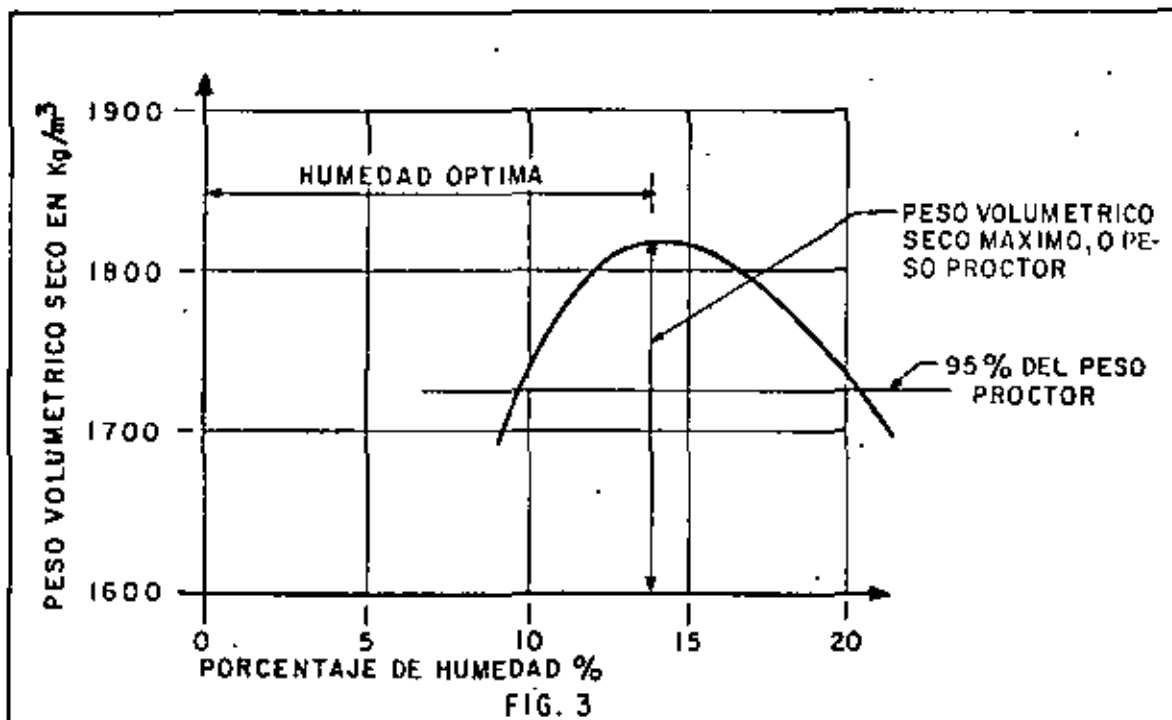
$$95\% \text{ de P.V.S.M.} = 0,95 \times 1820 = 1729 \text{ kg/m}^3.$$

es decir el constructor debe obtener un peso volumétrico seco mínimo de 1729 kg/m³ en ese material.

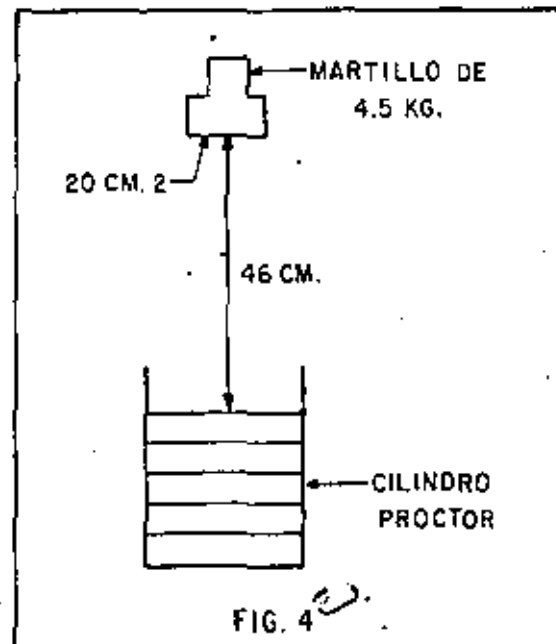
La razón de la existencia de un peso volumétrico máximo es que en todos los suelos, al incrementarse su humedad, se les proporciona un medio lubricante entre sus partículas, que permite un cierto acomodo de estas cuando se sujetan a un cierto trabajo de compactación. Si se sigue aumentando la humedad, 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 cilindro proctor, pero el material se compacta en 5 capas con un martillo de 4,5 kg y cayendo de una altura de 46cm, 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.

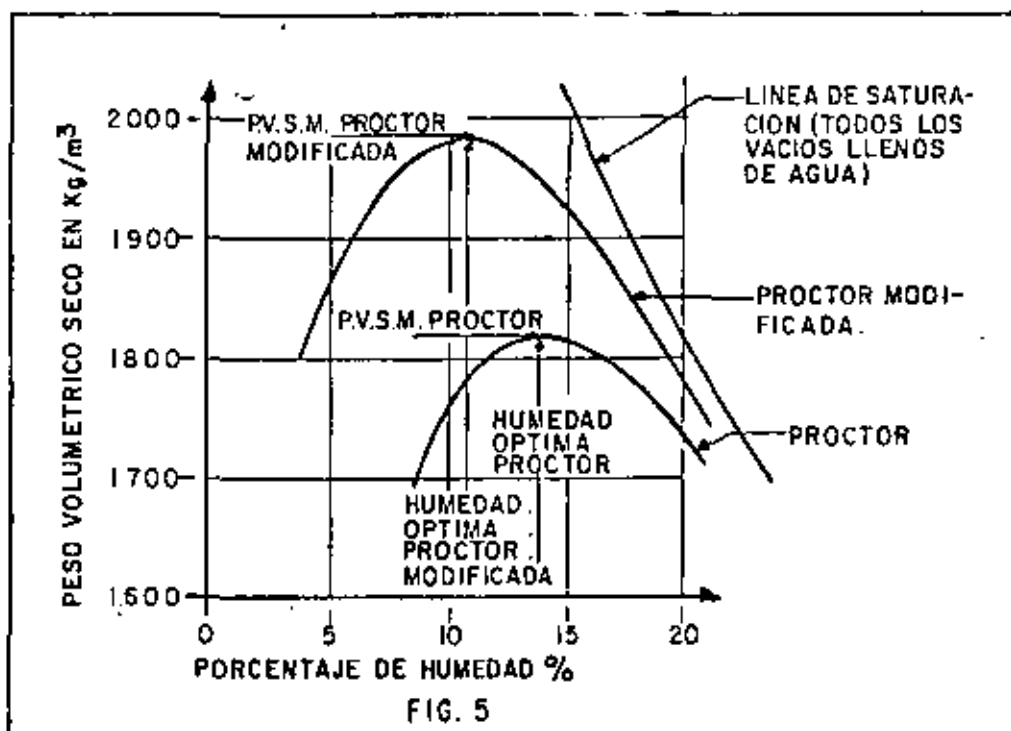
La gráfica siguiente es un ejemplo de la prueba proctor y la prueba proctor modificada efectuadas en el mismo material (Fig. 5).

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.

Para obviar esta dificultad se ideó la prueba Porter, que consiste en lo siguiente:

- 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 30cm 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.

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 volumétrico con el calentamiento, debido a la evaporación de partes orgánicas principalmente. Nunca debe llegarse a la calcinación que también puede alterar el peso volumétrico, 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 que se tiene en un recipiente graduado.

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).

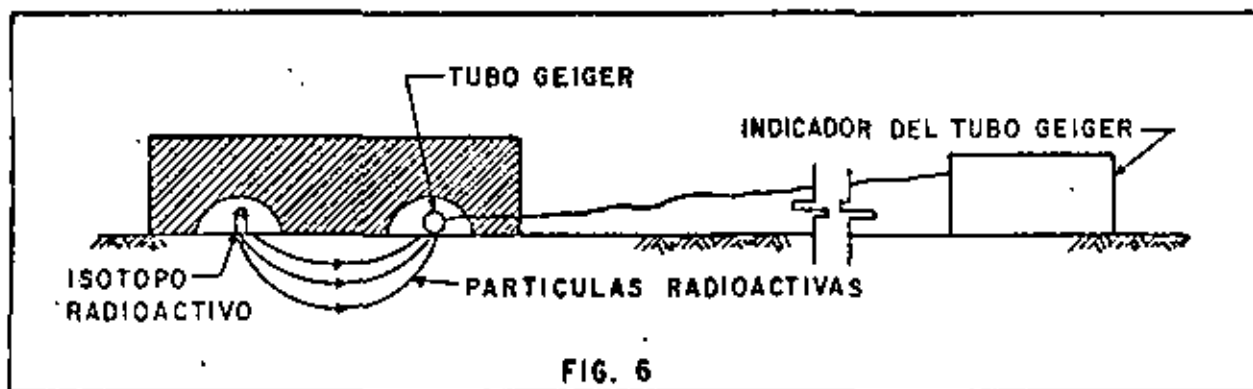


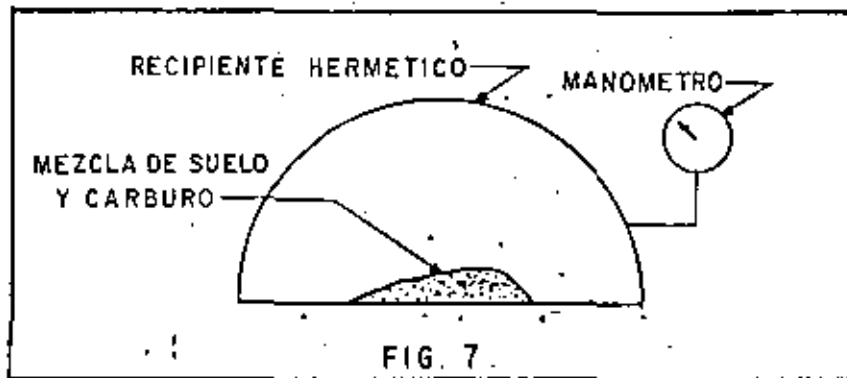
FIG. 6

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 frecuente 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 despreciadas 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.



IV. 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. 8).

En el suelo se desarrollan presiones, si unimos los puntos de igual presión, obtendremos superficies 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).
- 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, sí aumenta.

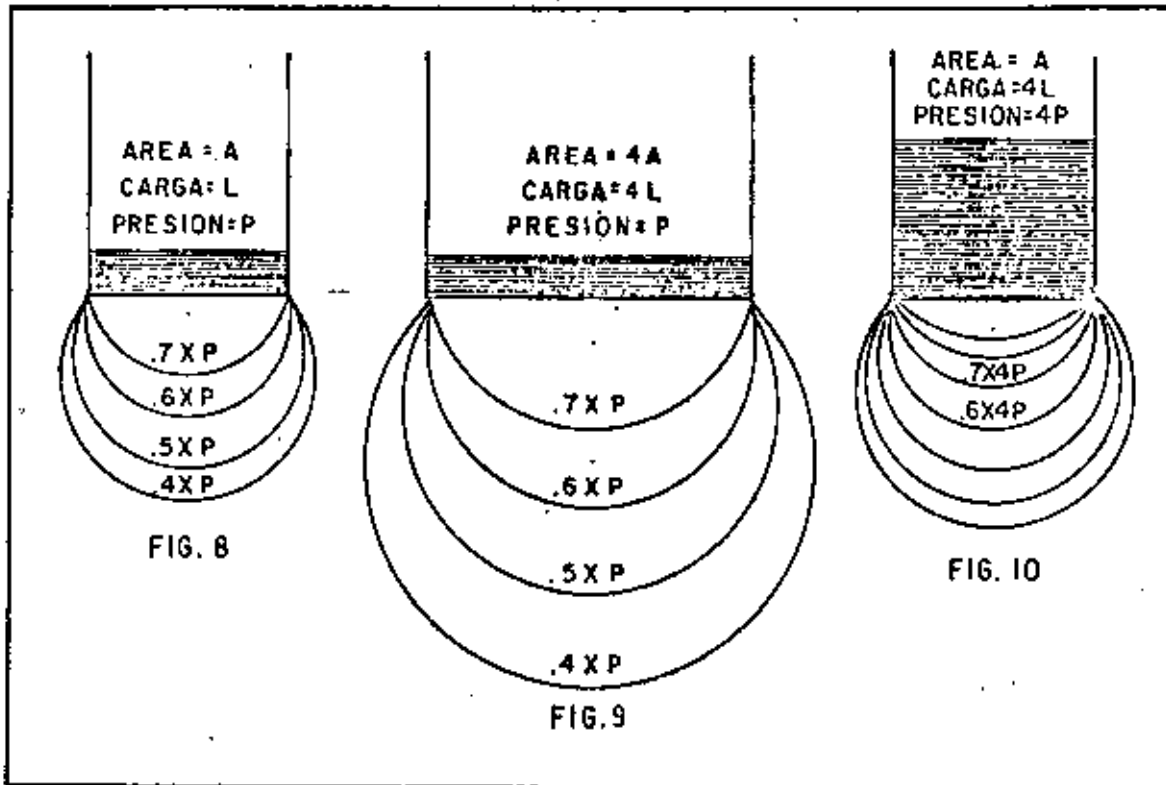
Si consideramos un cierto equipo de compactación, trabajando capas de un determinado espesor:

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, aunque 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 aún para suelos granulares.



Los esfuerzos mecánicos empleados en la compactación, son una combinación de uno o más de los siguientes efectos:

- 1) PRESION ESTATICA: La aplicación de una fuerza por unidad de área.
- 2) IMPACTO: Golpeo con una carga de corta duración, alta amplitud y baja frecuencia.
- 3) VIBRACION: Golpeo con una carga de corta duración, alta frecuencia, baja amplitud.
- 4) AMASAMIENTO: Acción de amasado, reorientación de partículas próximas, causando una reducción de vacíos.
- 5) CON AYUDA DE ENZIMAS,

1. COMPACTACION POR PRESION ESTÁTICA.

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).

Para este tipo de compactación es necesario hacer riegos intensivos de agua cuando el material así lo soporte.

2. COMPACTACION POR IMPACTO.

La compactación por medio de impacto se logra haciendo caer repetidamente un peso desde una cierta altura.

Cuando una unidad compactadora tiene una frecuencia baja y una amplitud grande, la unidad cae dentro de este tipo de compactación.

El principio en que se basa este tipo de compactación es que, cuando un cuerpo se levanta una cierta distancia sobre una superficie y se deja caer, la presión que ejerce sobre ésta, es varias veces mayor que la presión que ejerce el mismo cuerpo estando apoyado estáticamente sobre dicha superficie.

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 rápidos y fuertes impactos o 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 una perforadora de flabes dentro de un recipiente que contenga arena o grava, primero en estado estático y luego colocando el recipiente sobre una placa vibratoria.

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 anchura.

Con este principio de compactación las partículas de material se ven sujetas a presión estática y a impulsos dinámicos de las fuerzas vibratorias, - con lo cual se logra una compactación con menor esfuerzo.

La densificación de un material por medio de compactadores vibratorios - 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 compactación que son tan difíciles de obtener, y a veces imposibles de obtener, con compactadores estáticos.
- b) Permite el uso de compactadores más pequeños.
- c) Se puede trabajar sobre capas de material de mayor espesor.
- d) Permite hacer trabajos más rápidos por menor número de pasadas.
- e) Por las razones anteriores los costos de compactación resultan más económicos.

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 la dos, 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.

5. COMPACTACION CON LA 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.

Según la definición de Sumner o Somers una enzima es: "cierta substancia 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, permitiendo que esta reacción origine una fusión molecular progresiva, lo que trae por consecuencia que las partículas del suelo se agrupan y se transformen en una masa compacta y firme.

Se hace hincapié en que al 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.

V. EQUIPO DE COMPACTACION.

Hay una gran variedad de equipos de compactación, se describirán sus características básicas:

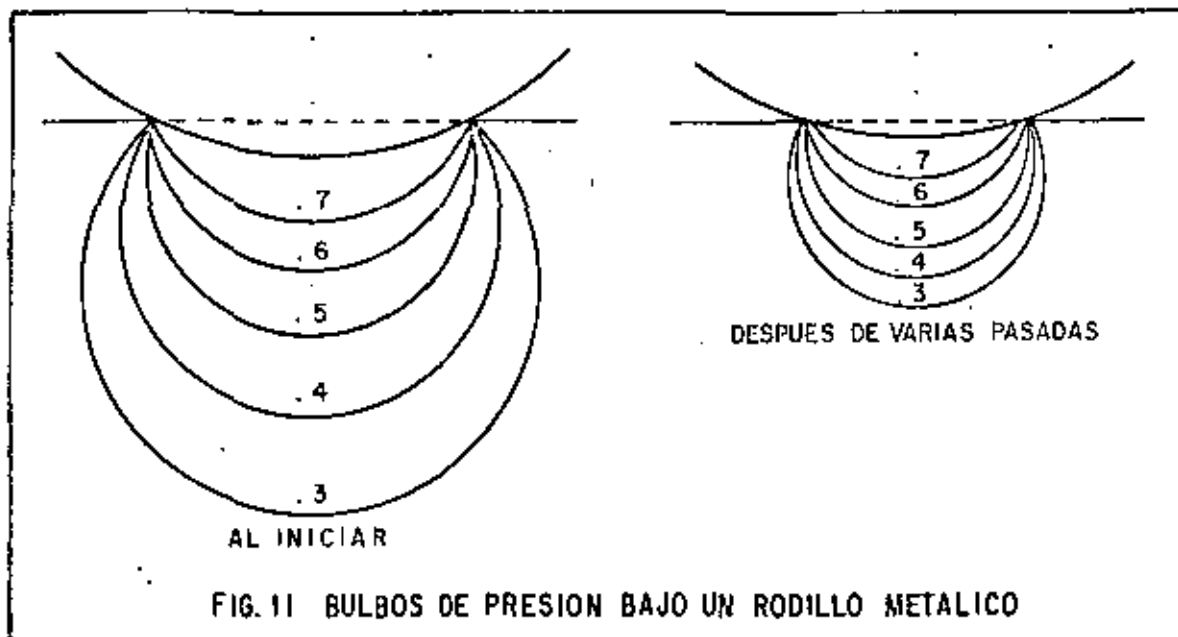
1. RODILLOS METALICOS.

Un rodillo metálico utiliza solamente presión estática con un mínimo de manipulación 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 lastrar 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 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 delantera; las ruedas pueden ser huecas para ser lastradas o formadas por placas de acero rodadas 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 suelos de naturaleza granular donde su efecto tritura -

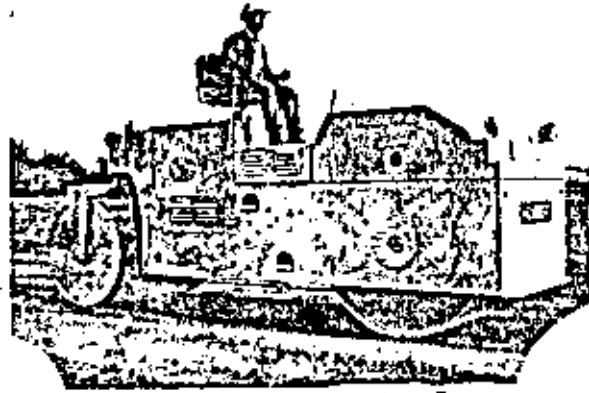


FIG. 5.2 PLANCHA EN TANDEM

dor puede ser necesario; su efectividad se ve mermada en materiales granulo - plásticos, donde se tiende a un encarpetamiento; en materiales plásticos o cohesivos no tienen gran aplicación.



FIG. 5.3 PLANCHA DE TRES RUEDAS

Resumiendo, puede decirse que estas máquinas por su lentitud y poca profundidad de acción, 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 desplazadas por otras máquinas compactadoras.

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.

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

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).

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.

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. Su costo horario es generalmente caro por el tipo de tractor que se utiliza para arrastrarlos.

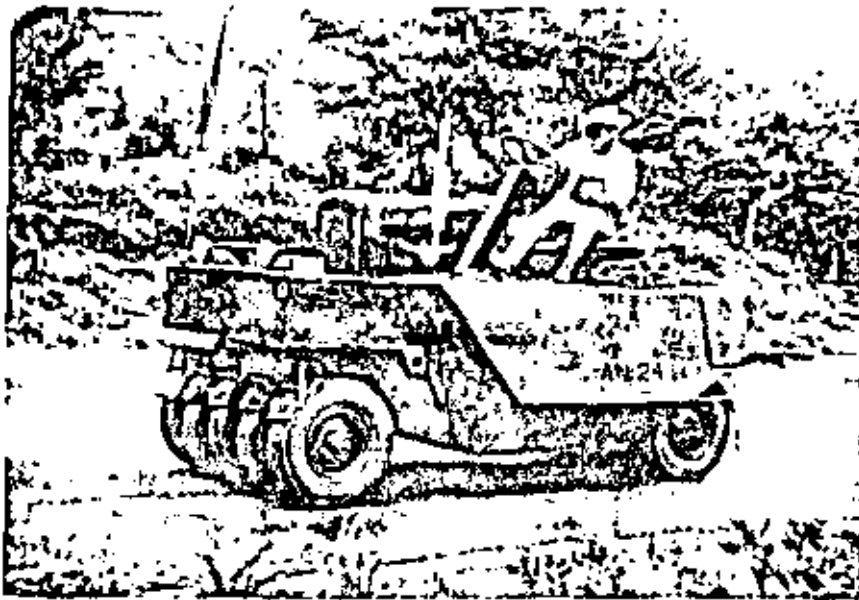
• Su mejor aplicación es usarlos como compactadores de prueba.

Los dos 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):

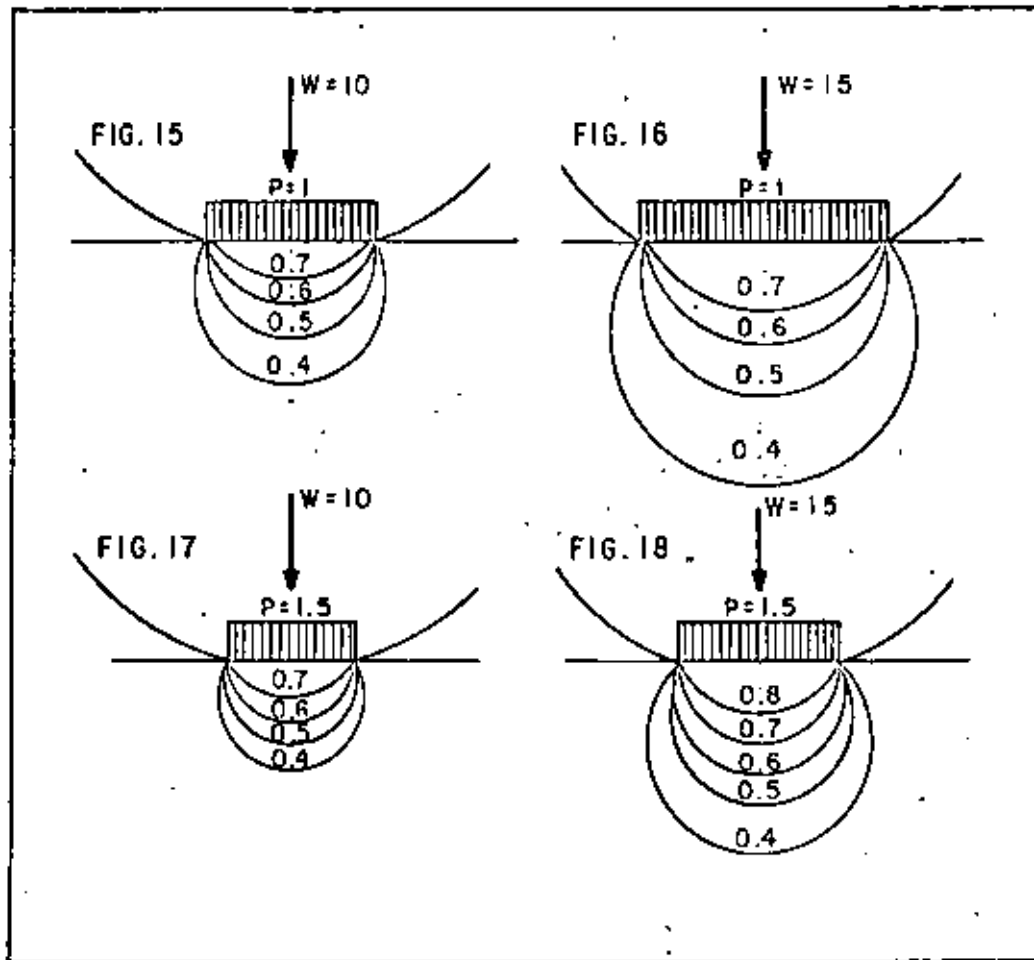


Podemos observar que si aumentamos el peso sin aumentar la presión (Fig. 16), aumentamos la profundidad del bulbo, pero no aumentamos la presión, esto nos permitiría trabajar capas relativamente mayores, pero el aumento de eficiencia es casi nulo; y las llantas durarán menos pues estamos aumentando el 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 subbases.

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 de las llantas y del equipo.

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).

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.

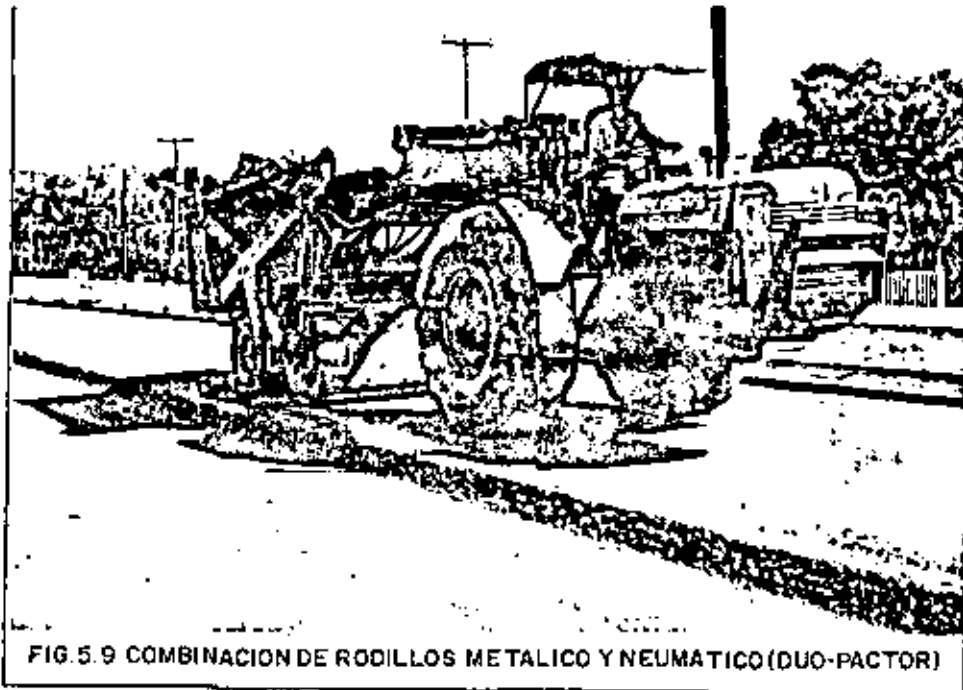


FIG. 5.9 COMBINACION DE RODILLOS METALICO Y NEUMATICO (DUO-FACTOR)

3. RODILLOS PATA DE CABRA.

Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcillas donde la estratificación 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).

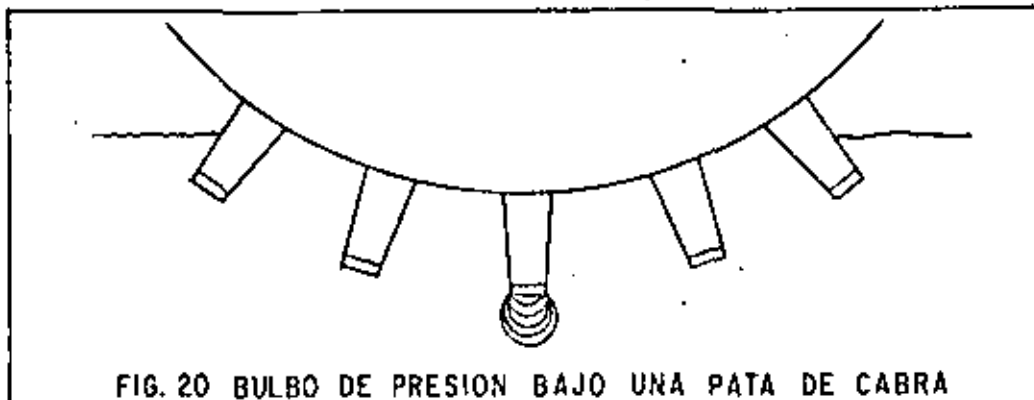


FIG. 20 BULBO DE PRESION BAJO UNA PATA DE CABRA

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).

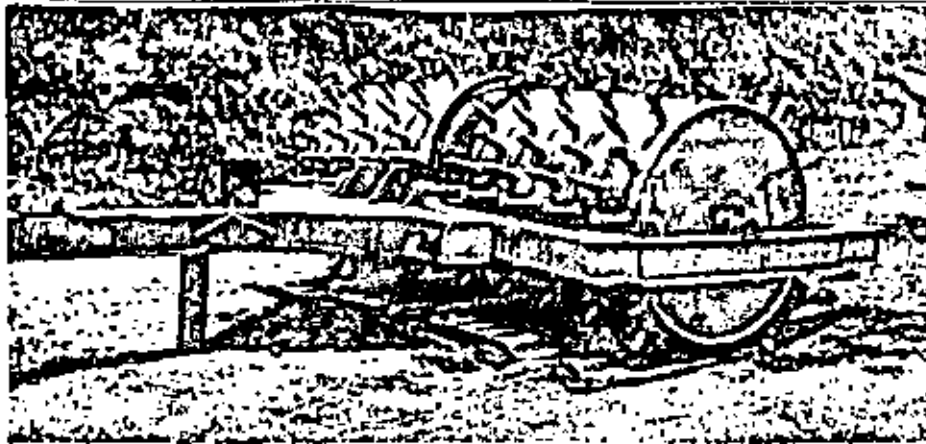


FIG. 5. II RODILLO PATA DE CABRA

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.

El rodillo transita sobre la roca suelta sobre 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 buccos de la reja y se reduce la eficiencia (Fig. 22).

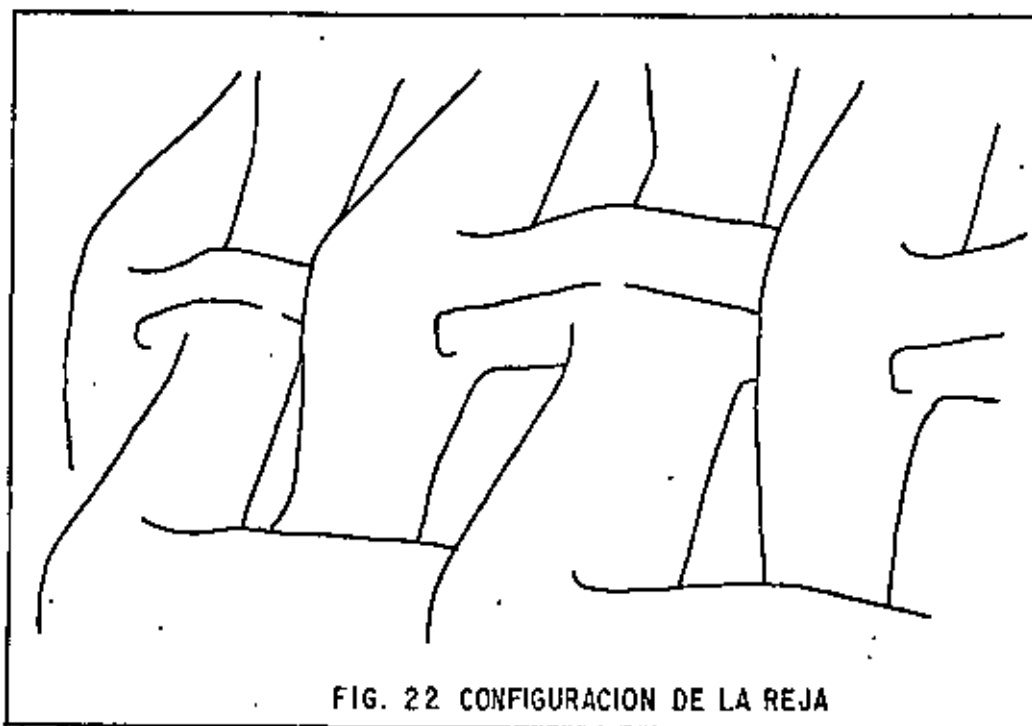


FIG. 22 CONFIGURACION DE LA REJA

Estos rodillos, debido a su misma configuración no pueden dejar una superficie tersa como puede ser una base de una carretera.

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 da las mismas ventajas, pudiéndose limpiar fácilmente por medio de dientes sujetos al 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 terraplenes, esto es importante en corazones impermeables de presas.

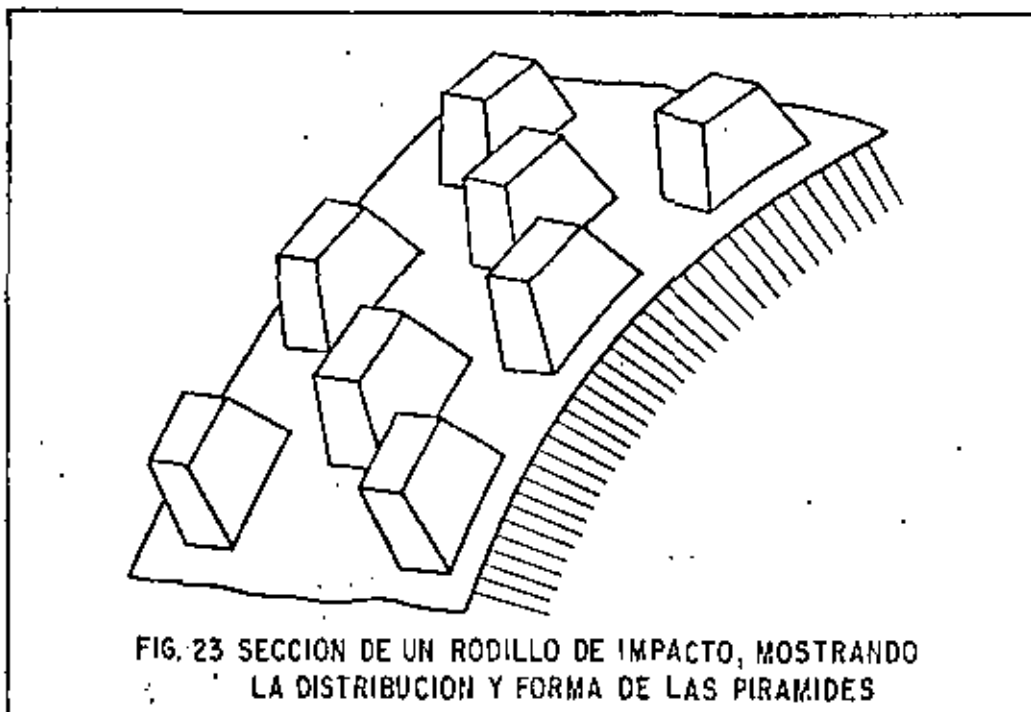


FIG. 23 SECCION DE UN RODILLO DE IMPACTO, MOSTRANDO LA DISTRIBUCION Y FORMA DE LAS PIRAMIDES

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.

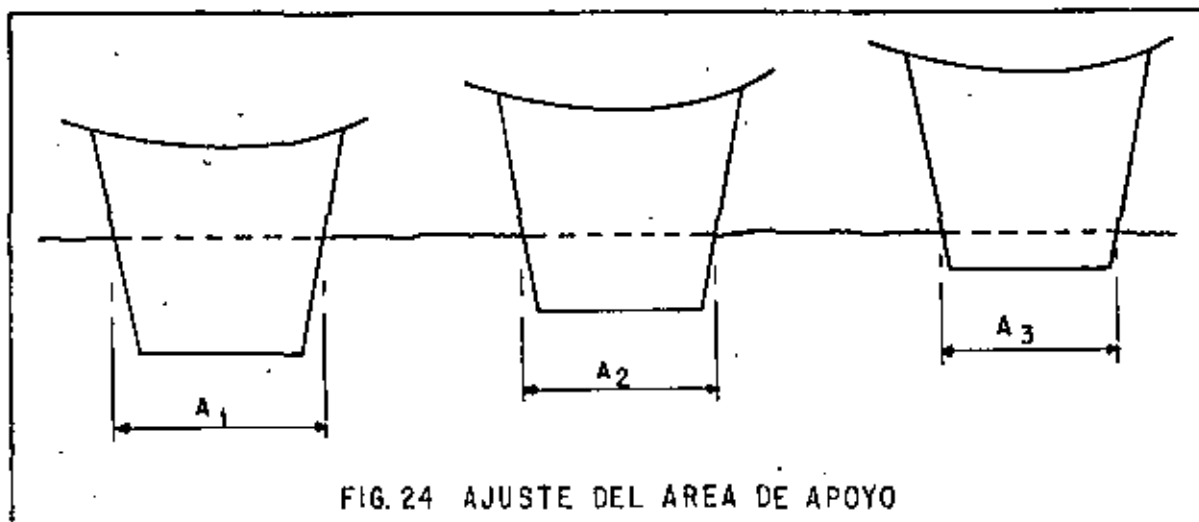


FIG. 24 AJUSTE DEL AREA DE APOYO

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).

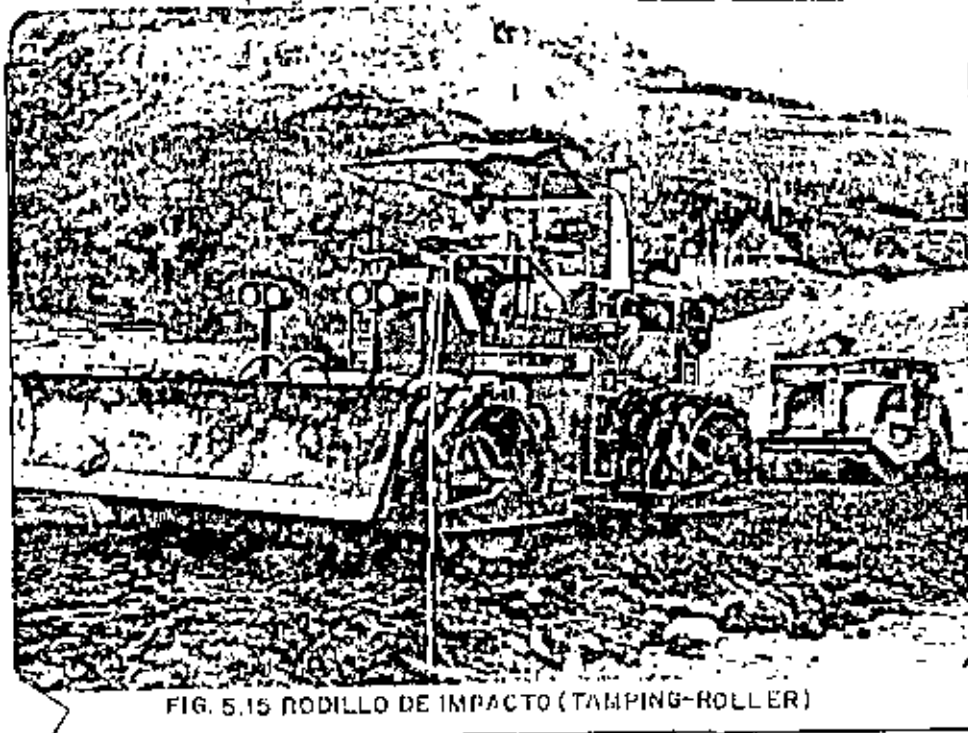


FIG. 5.15 RODILLO DE IMPACTO (TAMPING-ROLLER)

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.

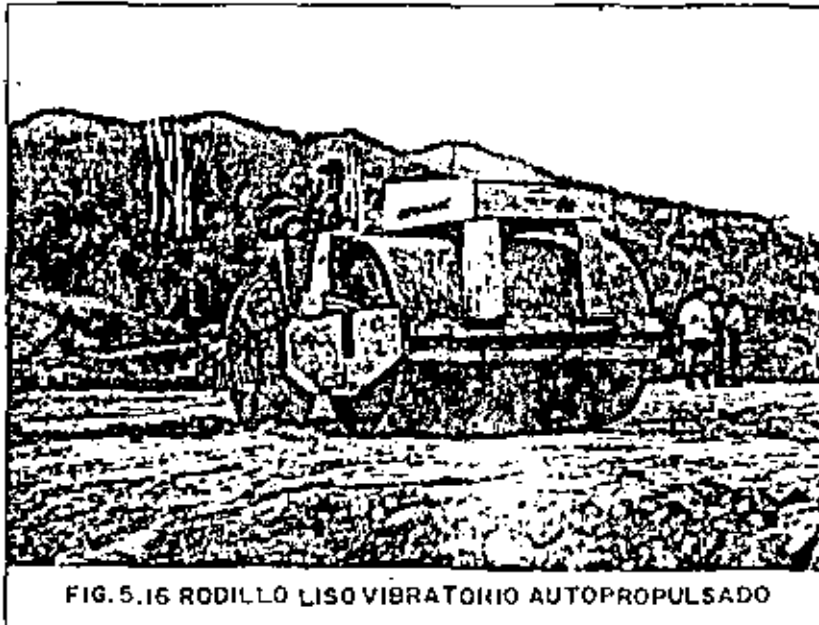
La vibración provoca un reacomodo de las partículas del suelo que resulta en un incremento del peso volumétrico, pudiendo alcanzar espesores grandes de la capa (0.80 m).

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.



VI. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPACTACION.

Los factores que primordialmente influyen en la obtención de una compactación económica son:

- 1) CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL
- 2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL
- 3) NUMERO DE PASADAS DEL EQUIPO
- 4) PESO DEL COMPACTADOR
- 5) PRESION DE CONTACTO
- 6) VELOCIDAD DEL EQUIPO COMPACTADOR
- 7) ESPESOR DE CAPA

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 exigirá 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.

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 material que contenga partículas de un solo tamaño será difícilmente compactado; sólo a través de un enérgico esfuerzo de compactación, el que provocará la fragmentación de las partículas, podrá ser densificado.

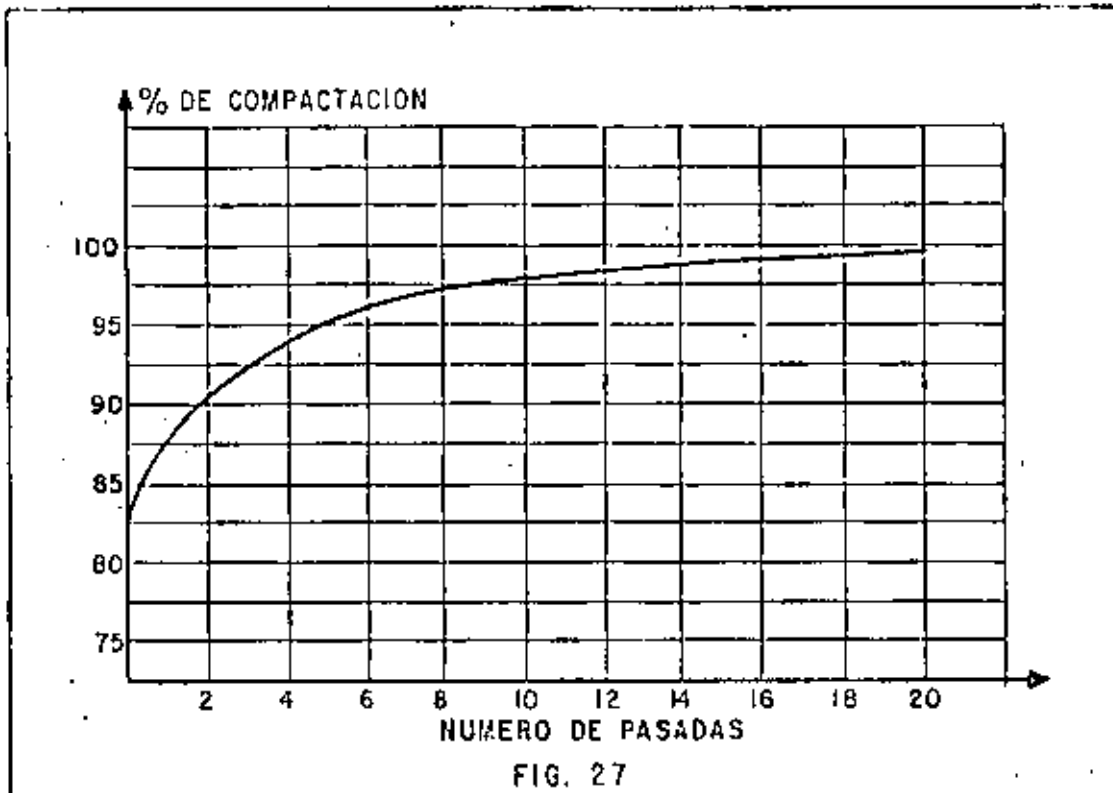
Es oportuno hacer notar aquí, que la forma de las partículas también tiene importancia en la compactación. Materiales con partículas de forma angulara son generalmente más fácilmente compactados por sus acunamientos, que materiales con partículas redondeadas.

3) **NUMERO DE PASADAS.** El número de pasadas que un equipo deba dar sobre un material dependerá de (Fig. 27):

- A) Tipo de compactador
- B) Tipo de material
- C) Contenido de humedad
- D) Forma en que se aplique la presión al material
- E) Maniobrabilidad del equipo

4) **PESO DEL COMPACTADOR.** La presión ejercida sobre el material dependerá, en parte, del peso del equipo de compactación.

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 Semicompacto)
- 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 del 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.

6) VELOCIDAD DEL EQUIPO.- De la velocidad de traslación del compactador y del número de pasadas, dependerá la habilidad de producción de un determinado equipo.

El equipo de compactación debe ser de una eficiencia tal, que no interfiera con el veloz equipo de depósito de material.

En virtud de que el equipo para movimiento de tierras se ha mejorado en tamaño, rapidez y eficiencia, así también los equipos de compactación se han modificado para poder mantenerse a un nivel de producción semejante.

La maniobrabilidad de un equipo compactador influye definitivamente en la velocidad del equipo.

7) ESPESOR DE CAPA. El espesor de capa por compactar dependerá esencialmente de:

- A) Tipo de material
- B) Humedad en el material
- C) Tipo de compactador
- D) Grado de compactación especificado

Para determinar cual es el espesor de capa, de un cierto material, que puede compactar un equipo determinado, se puede uno referir al método del bulbo de presión.

Suponiendo que se quiere compactar, con un determinado equipo, un material que con una presión de 2.7 kg/cm² se densifica correctamente, tratemos de encontrar el espesor de capa.

$$\text{presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$$

Se supone una área circular de contacto = $3.14 e^2$

La fuerza es el peso por llanta del compactador = F

La presión de contacto es:

$$p_0 = \frac{F}{3.14 e^2}$$

De donde:

$$e = \sqrt{\frac{F}{3.14 p_0}}$$

Suponiendo $F = 1800 \text{ kg}$ y $p_0 = 9 \text{ kg/cm}^2$.

$$e = \sqrt{\frac{1800 \text{ kg}}{3.14 \cdot 9}} \doteq 8 \text{ cm}$$

Recurriendo a los factores de influencia para diferentes profundidades - de la teoría de Boussinesq obtenemos:

Profundidad	Factor de Influencia	Presión
$e = 8 \text{ cm}$	$p_1 = 0.6 p_0$	$P_1 = 5.4 \text{ kg/cm}^2$
$2e = 16 \text{ cm}$	$p_2 = 0.3 p_0$	$P_2 = 2.7 \text{ kg/cm}^2$
$3e = 24 \text{ cm}$	$p_3 = 0.15 p_0$	$P_3 = 1.35 \text{ kg/cm}^2$
$4e = 32 \text{ cm}$	$p_4 = 0.09 p_0$	$P_4 = 0.81 \text{ kg/cm}^2$

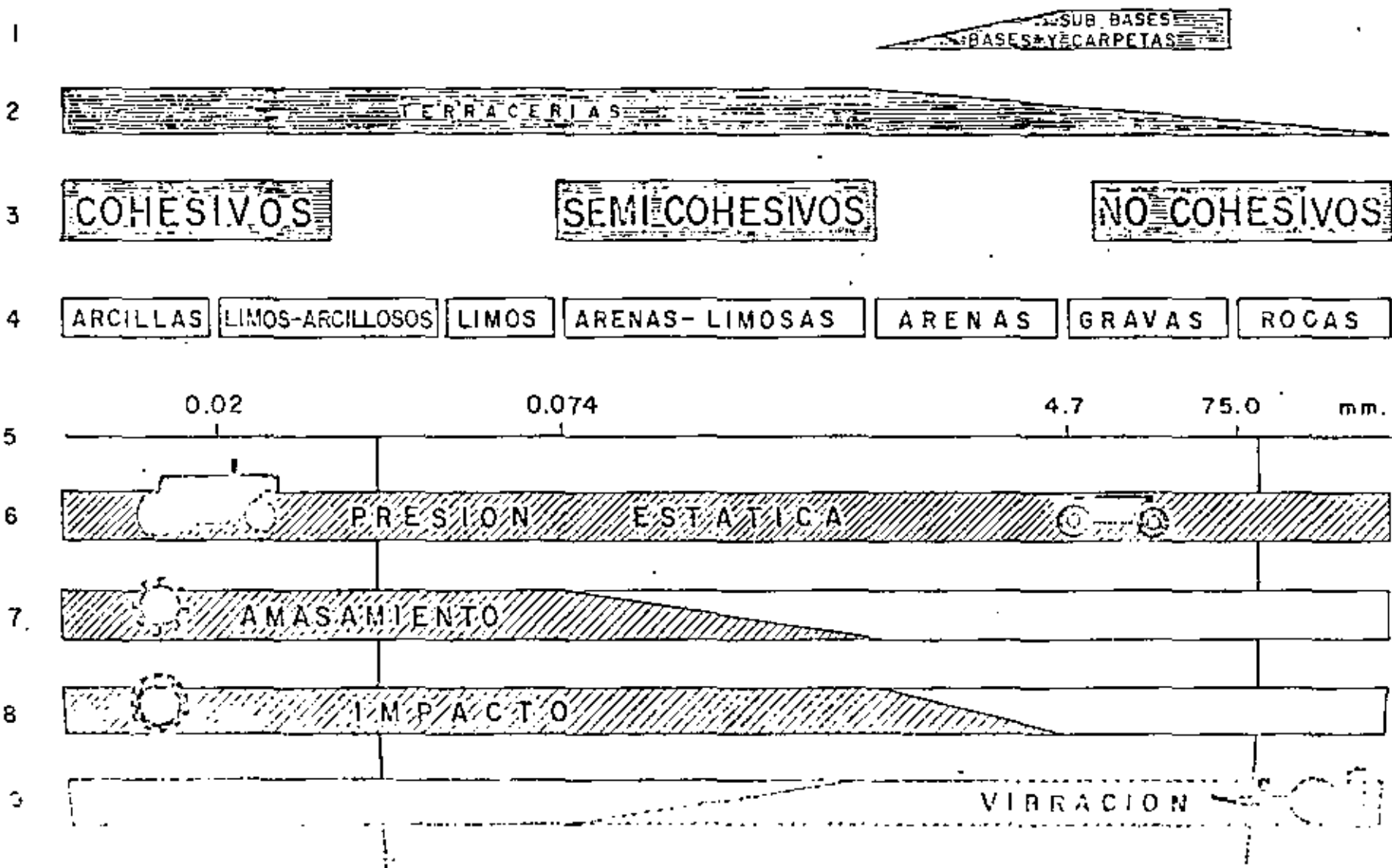
De lo anterior se concluye que para un material que requiere 2.7 kg/cm^2 de presión para ser compactado eficientemente con un compactador de 1800 kg de carga por rueda y una presión de contacto de 9 kg/cm^2 se puede usar un espesor de capa de 16 cm .

VII. SELECCION DE COMPACTADORES.

La selección del compactador 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:

SELECCION DE EQUIPO



- 1) Tipo de Material
- 2) Tamaño de la Obra.
- 3) Requerimientos especiales.

1) TIPO DE MATERIAL

En la gráfica 1 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 la 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 frecuentemente a limpiarlo, sin embargo es un excelente disgregador, por lo que el rodillo de reja es extraordinario en terracerías que necesitan 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:

- a) Para suelos cohesivos se debe preferir pata de cabra vibratoria o rodillo de impacto.
- b) Para suelos no cohesivos se debe preferir rodillo liso vibratorio.
- c) Para todos los suelos: rodillo neumático.

d) Las mejores combinaciones son:

Para suelos cohesivos: Neumático grande y pata de cabra o neumático y rodillo de impacto. (Línea A, gráfica 1).

Para suelos no cohesivos: Neumático grande y rodillo vibratorio - (línea B, gráfica 1).

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.

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), ésto nos haría seleccionar una pata de cabra vibratoria o un rodillo de impacto.

Debemos tener en mente 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.


VIII. REGLAS A SEGUIR EN CASO DE TENER PROBLEMAS CON LA COMPACTACION.

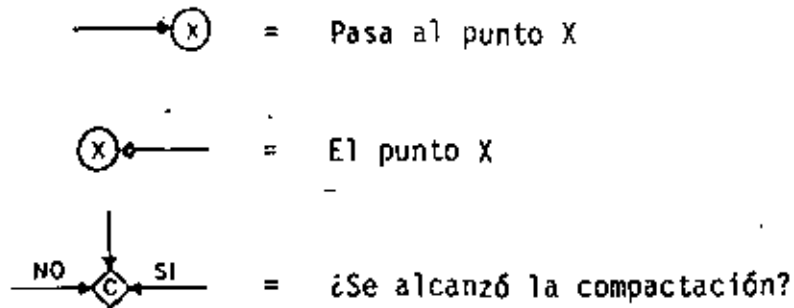
¿Qué hacer cuando el control nos indica una falla?

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:

 = Un hecho o una acción.

 = Una alternativa.



IX. RENDIMIENTO DEL EQUIPO DE COMPACTACION Y COSTO DE LA COMPACTACION.

1) RENDIMIENTO DE UN EQUIPO DE COMPACTACION.

Para determinar la producción horaria de un equipo de compactación se deben 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

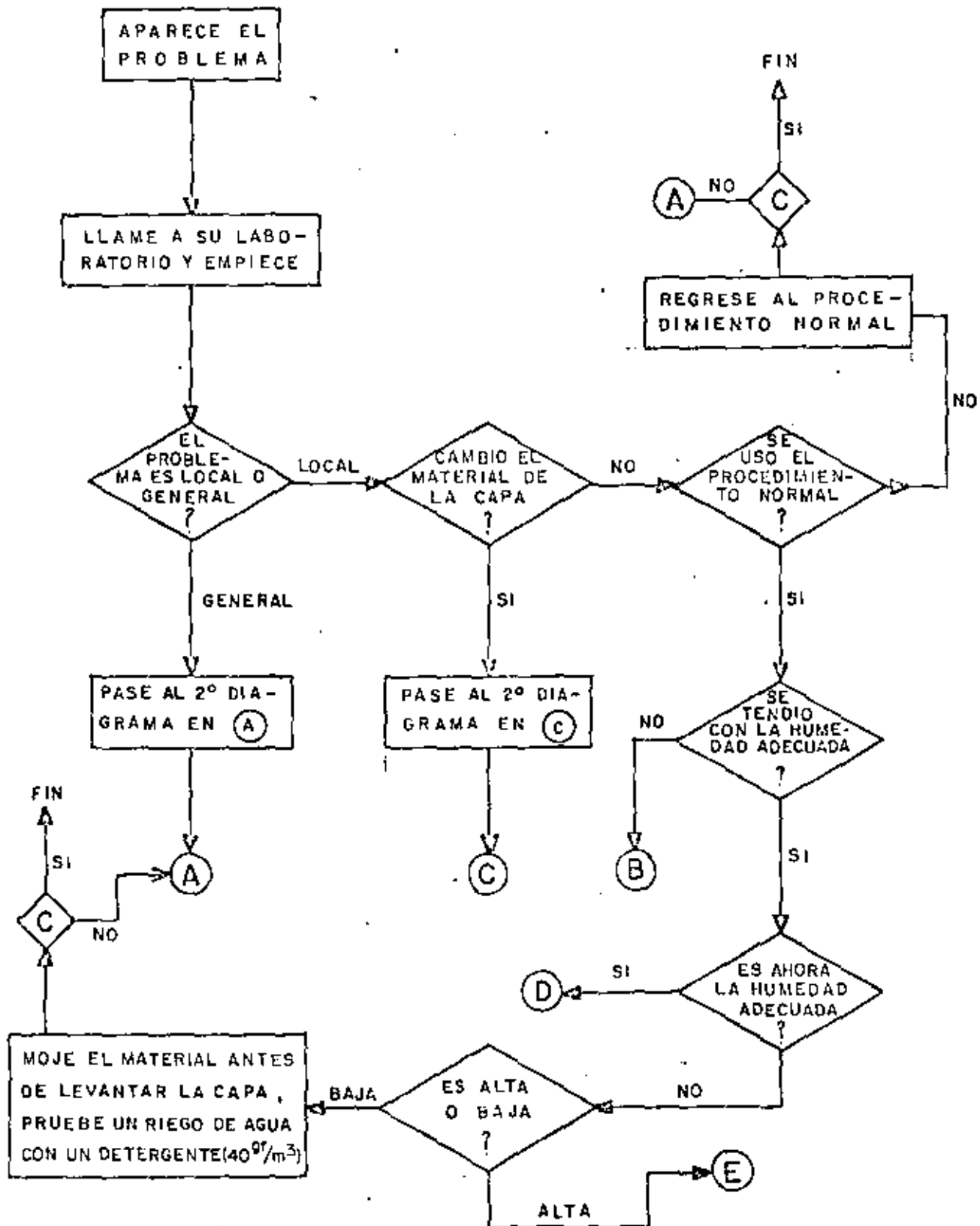
Para calcular la producción se determina primero el área cubierta en una hora con una pasada; dividiendo la cifra así obtenida entre el número de pasadas requeridas para obtener la compactación estipulada, resulta el área compactada de suelo por hora. Multiplicando esta última área por el espesor compactado de capa se obtiene el volumen compactado por hora.

La fórmula puede escribirse:

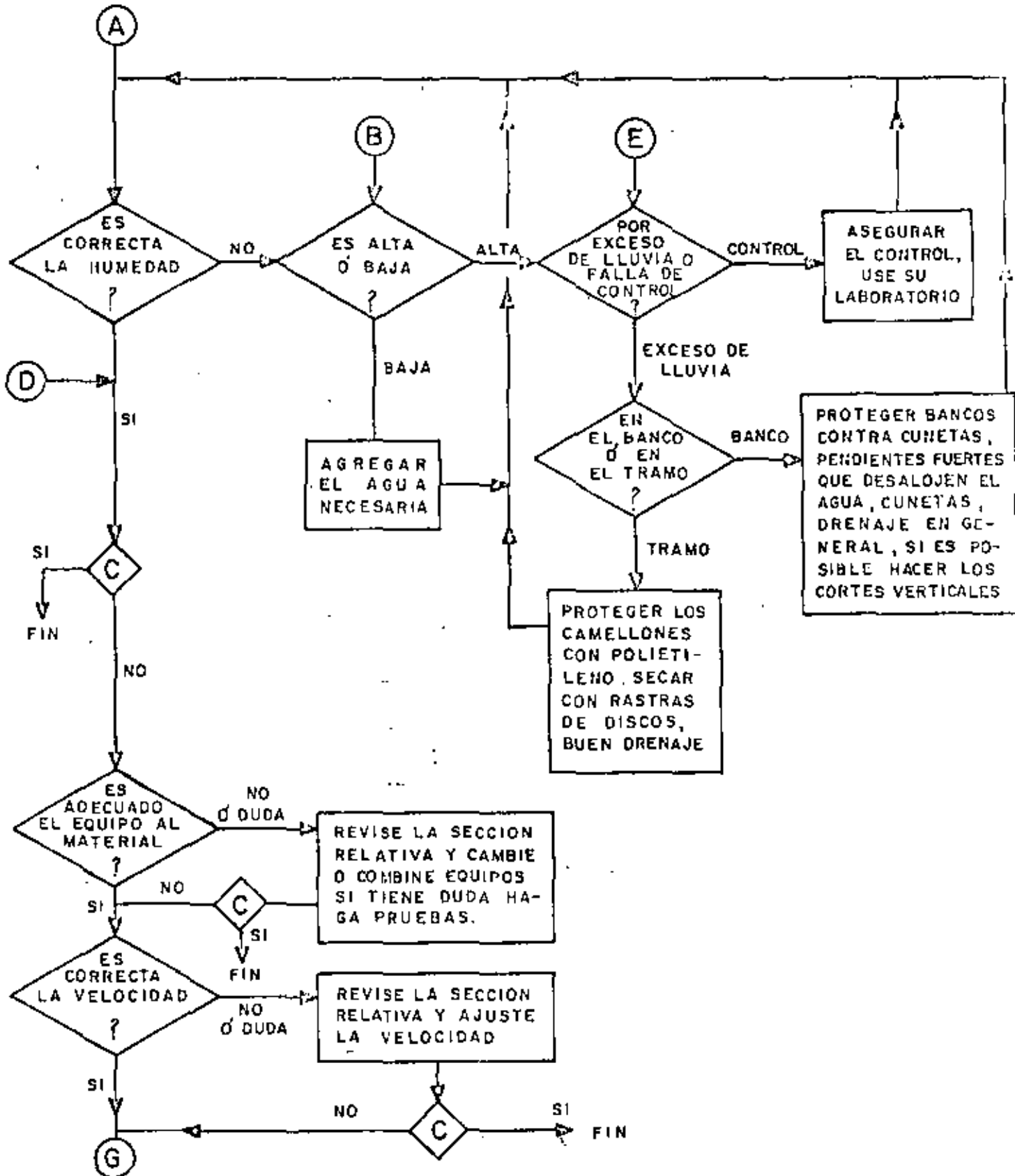
$$P = \frac{A \times V \times E \times 10 \times C}{N}$$

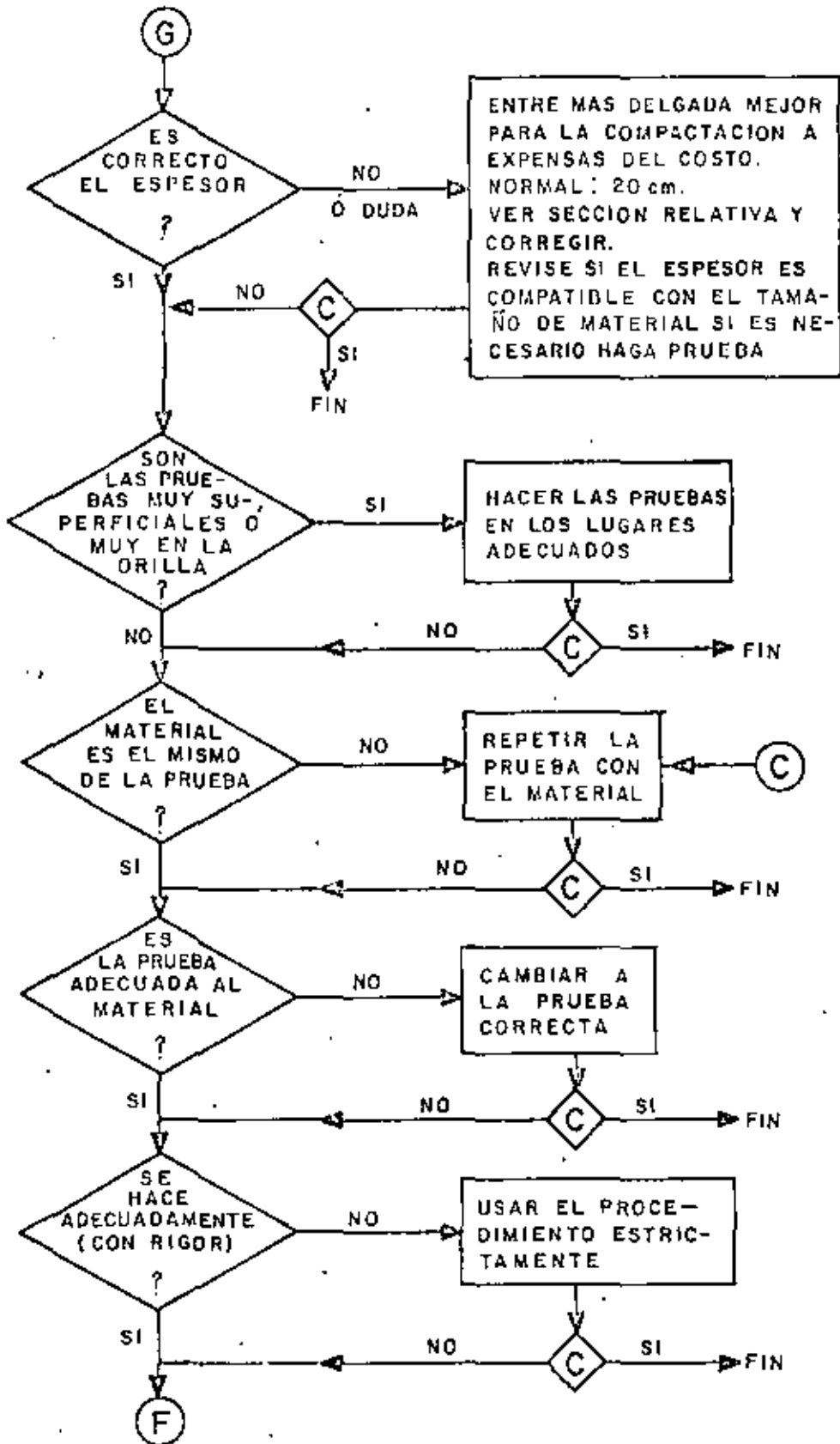
- P = Producción horaria (m³/h).
- A = Ancho compactado por la máquina (m)
- V = Velocidad (km/h)
- E = Espesor de capa (cm)
- N = Número de pasadas
- 10 = Factor de conversión
- C = Eficiencia (0.6 a 0.8).

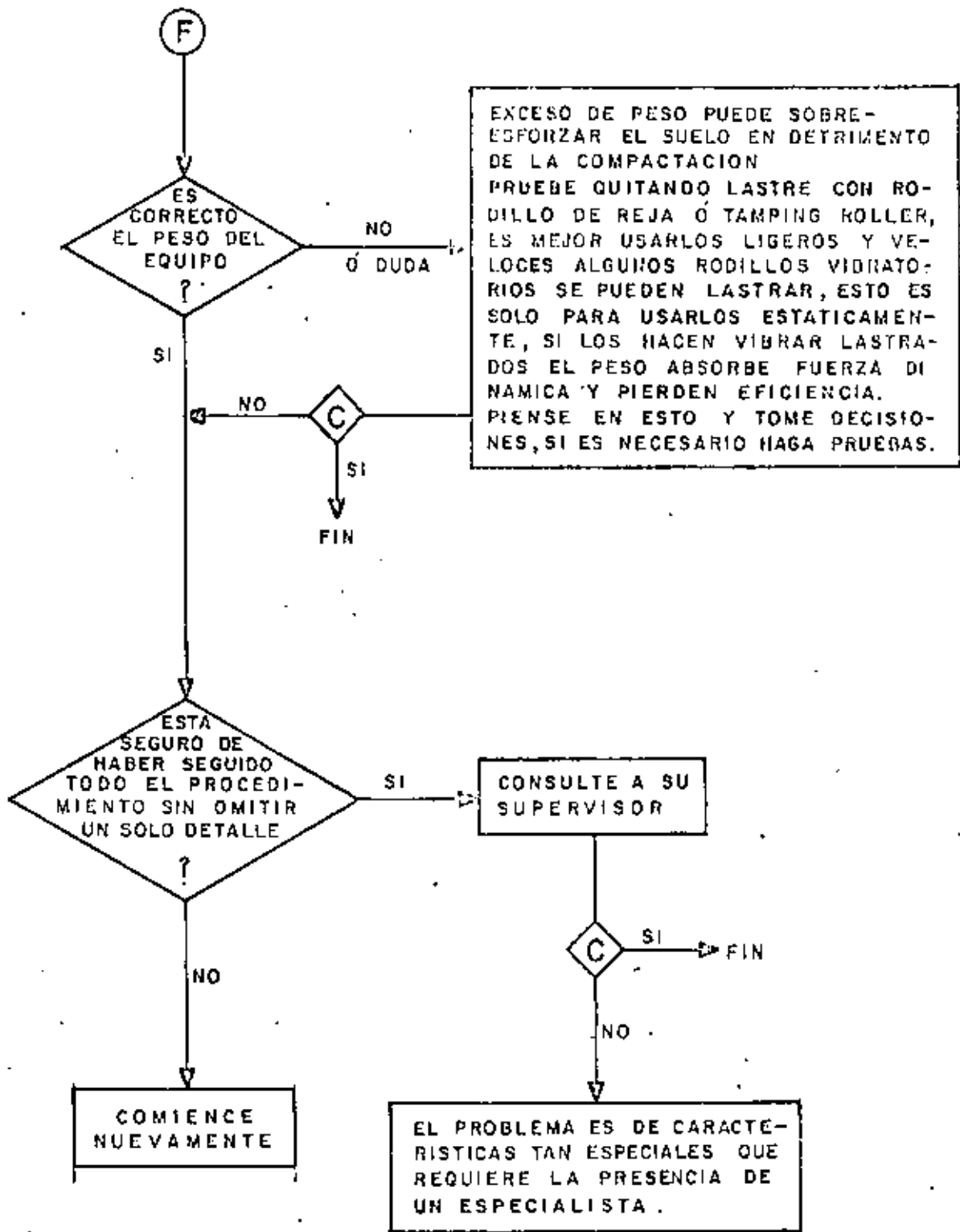
PRIMER DIAGRAMA



SEGUNDO DIAGRAMA







La eficiencia (C) afecta la capacidad teórica, reduciéndola por traslapos de pasadas paralelas, por tiempo perdido para dar vuelta y otros factores.

Conociendo los factores anteriores para cada equipo compactador, se pueden graficar, para espesor constante, las capacidades de producción como se indica en la gráfica (Fig. 28).

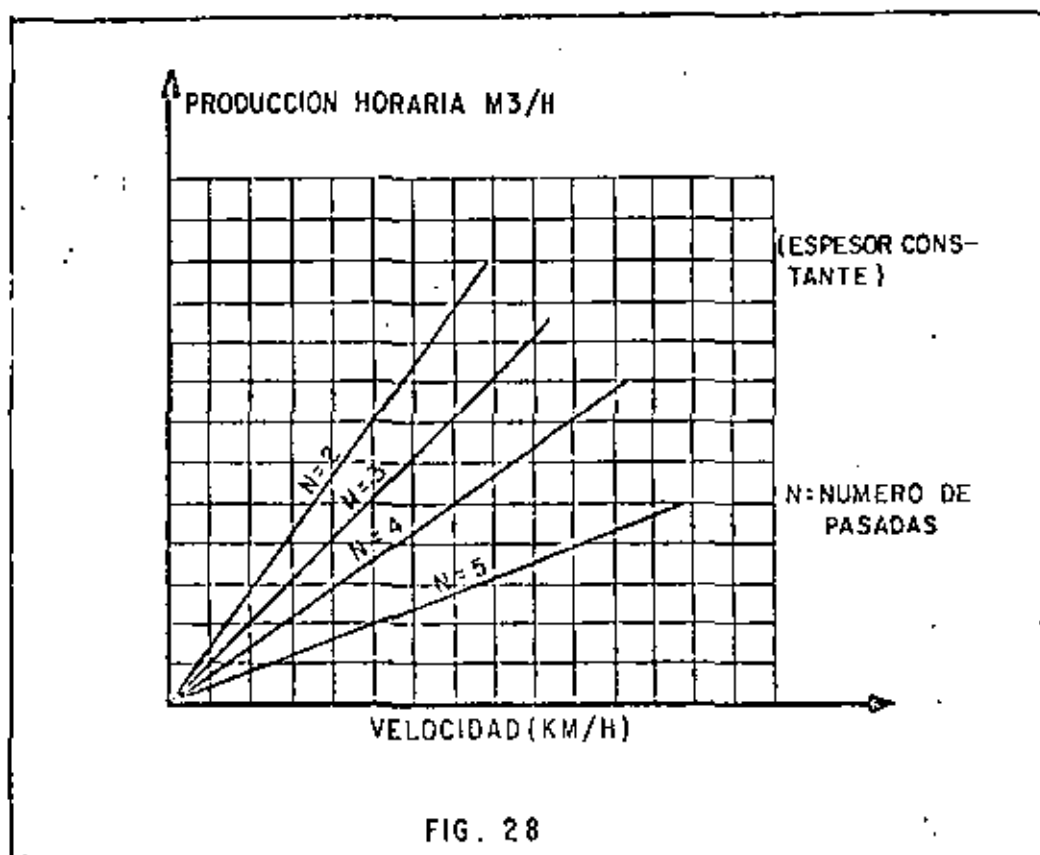


FIG. 28

2) COSTO DE LA COMPACTACION.

Conociendo la capacidad de producción de un compactador y para conocer el costo del (m³) compactado es necesario determinar el costo horario del equipo.

Para la determinación del costo horario del equipo de compactación se siguen los mismos pasos que se siguen para la determinación 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 (m³) compactado:

$$\text{Costo por m}^3 = \frac{\text{Costo Horario Equipo}}{\text{Producción Horaria Equipo}}$$

E J E M P L O (1)

Se tiene por compactar un material compuesto por 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 agrícola.
- 2.- Rodillo sencillo liso vibratorio autopropulsado.
- 3.- Rodillo doble (tandem) vibratorio autopropulsado.

1. DETERMINACION DE COSTOS HORARIO.

1. Rodillo liso arrastrado por tractor agrícola.

PRECIO DE ADQUISICION RODILLO	\$ 180,000.00
PRECIO DE ADQUISICION TRACTOR	\$ 140,000.00
	<hr/>
	\$ 320,000.00

Se considera una vida útil del conjunto de 8000 Horas y un valor de rescate de cero.

Cargos fijos	\$ 102.00
Consumos	6.00
Operación	12.00
Transporte	3.00
	<hr/>
	123.00/HORA

2. Rodillo sencillo vibratorio autopropulsado

PRECIO DE ADQUISICION	\$ 390,000.00
-----------------------	---------------

Se considera también una vida útil de 8000 Horas y un valor de rescate de cero.

Cargos fijos	\$ 112.00
Consumos	6.00
Operación	12.00
Transporte	3.00
	<hr/>
	\$ 133.00/HORA

3. Rodillo tandem vibratorio autopropulsado.

PRECIO DE ADQUISICION \$ 725,000.00

Haremos la misma consideración por lo que respecta a vida útil y valor de rescate que las alternativas anteriores.

Cargos fijos	\$ 205.00
Consumos	12.00
Operación	12.00
Transporte	3.00
	<hr/>
	\$ 232.00/HORA

II. DETERMINACION DE PRODUCCIONES HORARIAS.

1. Rodillo arrastrado por tractor agrícola.

Ancho	= 1.50 m
Velocidad	= 4 km/h.
Espesor	= 20 cm
Número de pasadas	= 4 para 95%
Coefficiente de reducción	= 0.7

$$p = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.7}{4}$$

$$p = 210 \text{ m}^3/\text{HORA}$$

2. Rodillo autopulsado

Ancho	=	2.14 m
Velocidad	=	4 km/h
Espesor	=	20 cm
Número de pasadas	=	4 para 95%
Coefficiente de reducción	=	0.8

(Es de mayor maniobrabilidad y de mayor energía dinámica).

$$p = \frac{2.14 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{4}$$

$$p = 342.4 \text{ m}^3/\text{HORA}$$

3. Rodillo tandem autopulsado.

Ancho	=	1.50 m
Velocidad	=	4 km/h
Espesor	=	20 cm
Número de pasadas	=	2 (por ser dos rodillos)
Coefficiente de reducción	=	0.8

$$p = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{2}$$

$$p = 480 \text{ m}^3/\text{HORA}$$

III. DETERMINACION DE COSTO DE COMPACTACION.

	COSTO HORARIO	PRODUCCION	COSTO x M ³
Caso 1	\$ 123.00/H	210 m ³ /h	\$ 0.59/m ³
Caso 2	\$ 133.00/H	342.4 m ³ /h	\$ 0.39/m ³
Caso 3	\$ 232.00/H	480 m ³ /h	\$ 0.48/m ³

Se hace notar que a pesar de que la diferencias de valor de adquisición entre los casos (1) y (3) es de 26% aproximadamente, se obtiene un ahorro en el caso (3), del costo de compactación, cercano al 20%.

Suponiendo que se contara con un compactador de impacto autopropulsado, con costo horario de \$ 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
Número de pasadas	=	8 pasadas (contando sus cuatro rodillos)
Coefficiente de reducción	=	0.8

$$\text{Producción} = \frac{1.94 \times 9 \times 20 \times 10 \times 0.8}{8}$$

$$\text{Producción} = 349.2 \text{ m}^3/\text{H}$$

$$\text{Costo por compactación} = \frac{\$ 240.00/\text{H}}{349.2 \text{ m}^3/\text{H}}$$

$$\text{Costo} = \$ 0.69/\text{m}^3$$

El costo obtenido demuestra una mala selección del equipo, ya que resultó mayor que los obtenidos para rodillos vibratorios.

El caso contrario puede encontrarse cuando con un rodillo vibratorio liso traten de compactarse materiales altamente cohesivos para los cuales el compactador de impacto resultará más ventajoso.

EJEMPLO (2)

MATERIAL POR COMPACTAR: Arena bien graduada

VOLUMEN POR COMPACTAR: 800 m^3 sueltos/hora

FACTOR DE REDUCCION AL 95% = 0.85

A) PLANCHA TANDEM

Ancho rodillos = 2.00 m
Velocidad máxima de desplazamiento 7 km/h
Número de pasadas para obtener el 95% de compactación = 10
Espesor compacto de capa = 12 cm
Costo horario = \$ 68.00/h

B) RODILLOS VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

Ancho rodillo = 1.50 m
Velocidad máxima de desplazamiento = 4 km/h.
Número de pasadas para obtener el 95% de compactación = 3
Espesor compacto de capa = 25 cm
Costo horario = \$ 180.00/hora

PREGUNTAS

1. ¿Cuántas planchas tandem son necesarias para compactar 800 m^3 sueltos por hora?
2. ¿Cuántos rodillos vibratorios son necesarios para compactar 800 m^3 sueltos por hora?
3. ¿Cuál equipo proporcionará una compactación más económica?

Se determinan primero las producciones horarias de los equipos.

A) PLANCHA TANDEM

$$p = \frac{2.00 \times 7 \times 12 \times 10 \times 0.8}{10}$$

$$p = 134.4 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (compactos)}$$

B) RODILLO VIBRATORIO

$$p = \frac{1.50 \times 4 \times 25 \times 10 \times 0.8}{3}$$

$$p = 400 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (compactos)}$$

Como las producciones se han determinado en forma compacta y el volumen por hora por compactar está dado en m³ sueltos, se debe convertir este último también a forma compacta.

$$\text{Volumen suelto} \times \text{factor de reducción} = \text{Vol compacto}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol compacto} &= 800 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.85 \\ &= 680 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

RESPUESTAS :

1. Se necesitan tantas planchas como:

$$\frac{680 \text{ m}^3/\text{h}}{134.4 \text{ m}^3/\text{h}} = \text{No. de planchas}$$

$$\text{No. de planchas} = 5.06$$

Se pueden utilizar 5 unidades, pero con utilización óptima que frecuentemente resulta difícil de obtener.

Se recomienda usar 6 unidades.

2. Los rodillos vibratorios necesarios son:

$$\frac{680 \text{ m}^3/\text{h}}{400 \text{ m}^3/\text{h}} = \text{No. de rodillos}$$

$$\text{No. de rodillos} = 1.7$$

$$\text{No. de rodillos} = 2$$

Usando dos rodillos tendremos como factor de seguridad 0.3 de rodillo.

3. Determinación del costo de compactación:

A) Planchas tandem.

$$\text{Costo} = \frac{\text{Costo horario}}{\text{Producción}}$$

$$\text{Costo} = \frac{\$ 68.00/\text{h}}{134.4 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Costo} = \$ 0.51/\text{m}^3$$

B) Rodillos vibratorios.

$$\text{Costo} = \frac{\$ 180.00/\text{h}}{400 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Costo} = \$ 0.45/\text{m}^3$$

EJEMPLO (3)

Una compañía dispone para un trabajo de terracerías, de un rodillo liso vibratorio autopropulsado con las siguientes características:

Ancho del rodillo = 1.50 m
Velocidad máxima de desplazamiento = 5 km/h
Número de pasadas para obtener el 100% de compactación = 9
Espesor compacto de capa = 18 cm
Costo horario = \$ 180.00/h

El material por compactar es una arcilla limosa y el volumen total es de 900,000 m³ compactos.

PREGUNTA .

¿Se justifica la adquisición de un compactador de impacto con las siguientes características?

Costo de adquisición = \$ 850,000.00
Costo horario = \$ 230.00/h
Producción horaria al 100% de compactación = 230 m³/h

¿Cuánto es el ahorro total por compactación?

Se debe determinar para cada equipo el costo de compactación.

A) Para rodillo vibratorio

$$\text{Producción} = \frac{1.50 \times 4 \times 18 \times 10 \times 0.8}{9}$$

$$\text{Producción} = 96 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Costo compactación} = \frac{\$ 180.00/\text{h}}{96 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Costo compactación} = \$ 1.88/\text{m}^3$$

B) Para compactador de impacto.

$$\text{Costo compactación} = \frac{\$ 230.00/\text{h}}{230 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Costo compactación} = \$1.00/\text{m}^3$$

Comparando un costo contra el otro, se observa que existe una diferencia de \$ 0.88/m³ a favor del compactador de impacto.

Como el volumen por compactar es de 900,000 m³, el ahorro total por compactación es de \$ 792,000.00 el cual justifica ampliamente la adquisición del compactador de impacto, que en este caso específico, resultaría el adecuado para el material por tratar.

X. CONCLUSIONES.

1. La forma de mejorar los elementos mecánicos en un suelo es la compactación.
2. Los efectos más importantes que produce una buena compactación en un suelo son: Resistencia mecánica, minimización de asentamientos y reducción de la permeabilidad.
3. El factor de mayor importancia para dar una compactación óptima en un suelo; es el contenido de humedad del material.
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.
5. El compactador que deba usarse dependerá básicamente del tipo de suelo que se quiera compactar (gráfica 1).
6. La selección de compactadores deberá hacerse con mucho cuidado y tratando de hacer intervenir las variables posibles ya que de esto dependerá el éxito económico y funcional de la compactación.
7. De un buen control depende que la compactación se lleve a cabo correctamente.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EXPLOTACION DE ROCAS

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

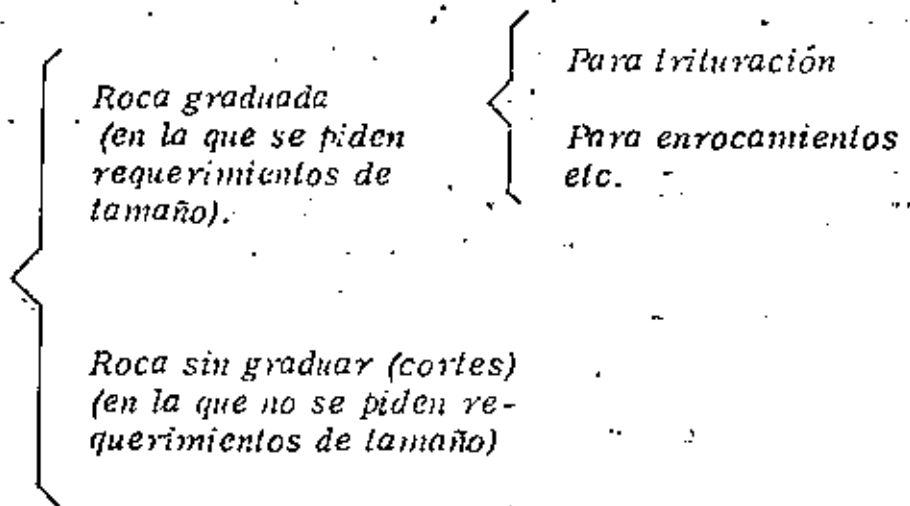
JUNIO, 1980



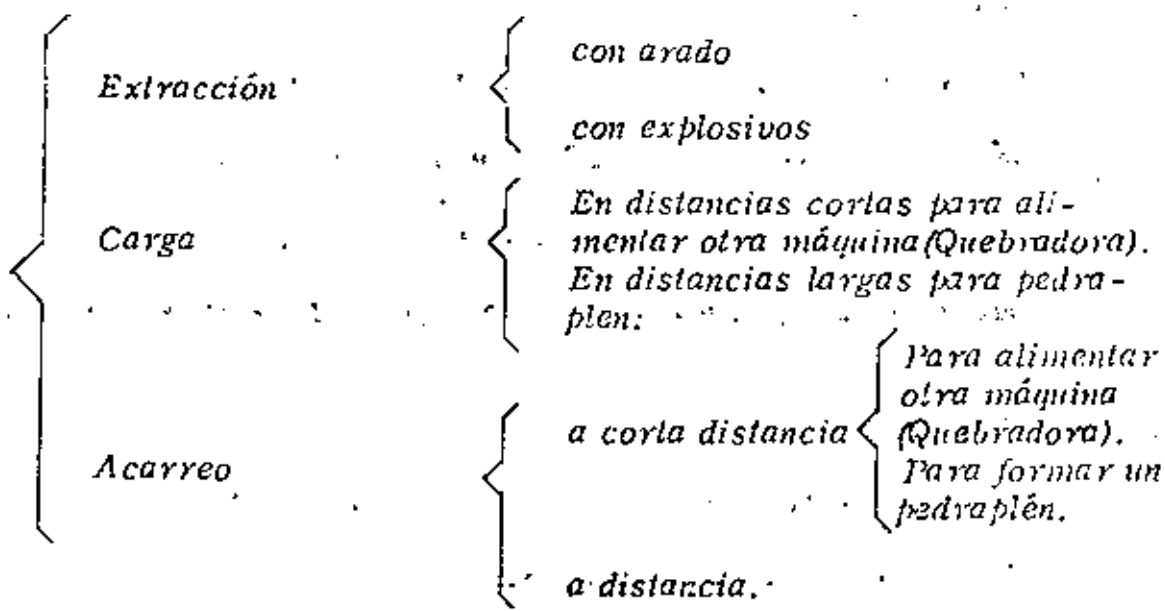
EXPLOTACION DE ROCA

Ing. Federico Alcaraz Lozano

En la explotación de roca podremos encontrar los siguientes casos importantes:

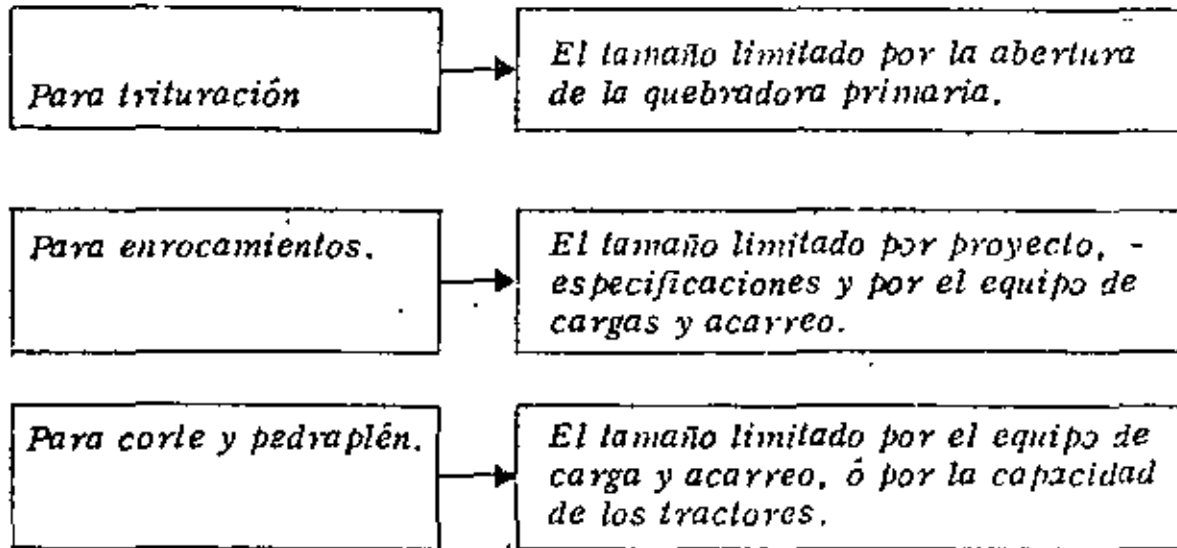


PROCESOS PRINCIPALES.



EXTRACCION.

La extracción consiste en separar un fragmento de roca de un banco ó corte, reducido al tamaño adecuado para el uso a que se destine.



El proceso de extracción con arado ya fué visto anteriormente en este curso, nos limitaremos a la extracción con explosivos.

EXPLOSIVOS.

DEFINICION.

Por explosivos se entienden aquellas sustancias de poca estabilidad química, que son capaces al incendiarse ó detonar de producir una gran cantidad de energía, la que producirá una explosión. Si esta -- está confinada se aprovecha para separar la roca del banco (tronada)

RESEÑA HISTORICA.

Desde la aparición del hombre en la tierra, hasta el siglo XIV, éste no conocía otra detonación que no fuera la del rayo y otros fenóme--

nos telúricos. Nunca pensaron nuestros antepasados que una substancia aparentemente inofensiva llegara a ocasionar explosiones tan destructoras como las que en la actualidad son capaces de destruir a la humanidad.

En Europa, entre los años 1200 y 1300, se conoció la pólvora negra, la más antigua de las sustancias explosivas, que consistía en una mezcla de salitre, carbón de leña y azufre. Probablemente su inventor fué el monje Bertholdo Schwarz a quien también se le debe su aplicación en las armas de fuego.

La pólvora negra sólo se utilizó para fines bélicos en un principio, y no fué sino hasta el siglo XVII cuando se probó en Alemania e Inglaterra para demoler piedras. Cuando los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios, se abandonaron los viejos métodos mineros, generalizándose el trabajo con barrenos en la construcción de túneles y caminos. La operación de dar fuego a los barrenos se consideró siempre peligrosa, ya que hasta el año de 1831 se conoció la mecha lenta.

Cinco siglos después de descubierta la pólvora negra, el químico francés Berthollet (1788) la modificó, sustituyendo el salitre por clorato potásico, transformándola, así, en un explosivo más potente. En ese mismo año Berthollet presentó la plata negra como una de las sustancias más peligrosas. El alquimista inglés Howard (1799) obtuvo el fulminato de mercurio, el cual hace explosión por medio de llama ó de percusión, constituyendo un verdadero detonante.

Aunque los descubrimientos de la nitroglicerina y el algodón pólvora por los químicos Sobrero y Schonbein influyeron notablemente en el campo de los explosivos, el que abrió nuevos horizontes en esta industria, fué el sabio sueco ALFREDO NOBEL (1833-1896) que logró hacer manejable la peligrosa nitroglicerina, transformándola en un explosivo de trabajo, al que llamó DINAMITA, la cual no es otra cosa que el 75% de nitroglicerina absorbida en 25% de tierra de infusorios (una tierra de diatomeas muy porosa). A Nobel se le debe, también, la gelatina explosiva, así como la introducción del ya olvidado fulminato de mercurio, que fabricó a manera de cebo para provocar con seguridad la explosión de la dinamita, del algodón pólvora y de otros explosivos.

Los suecos Ahlsson y Norrbin obtuvieron los explosivos de nitrato de amónico, precursores de los explosivos de seguridad. Turpin dió a conocer el ácido pícrico. Esto, así como la salida al mercado de la pólvora sin humo, la laminar, etc., inició la erección de fábricas de pólvoras y explosivos en todo el mundo, dando así principio a una nueva era en la que se ha tratado de sacar el mayor provecho a estas substancias. Empresas muy poderosas se han dedicado al estudio y los resultados obtenidos son los máximos adelantos en esta materia. Queda al constructor sacar el mayor partido de los explosivos industriales y así cooperar al constante adelanto de los procedimientos de construcción, ya que estos son una expresión objetiva de la evolución constante de la humanidad.

PROPIEDADES.

a) Fuerza.

Por fuerza se entiende la energía ó potencia del explosivo; energía que a su vez determina el empuje ó fuerza que desarrolla y, por consiguiente, el trabajo que es capaz de hacer. Las dinamitas nitroglicéricas se clasifican según la proporción de nitroglicerina por peso que contienen. La dinamita nitroglicérica de 40% de fuerza, por ejemplo, contiene realmente 40% de nitroglicerina. La fuerza de acción de este tipo de explosivo se toma como base para la clasificación de todas las demás dinamitas. Así pues, la fuerza de cualquier otra dinamita, expresada en tanto por ciento, indica que esta revienta con tanta potencia como otra alaca equivalente de dinamita nitroglicérica en igualdad de peso.

Pocas son las personas entre las que usan dinamitas que entienden bien la energía relativa de las dinamitas de diferentes porcentajes de fuerza. Suele creerse que la energía verdadera desarrollada por estas -- distintas fuerzas guarda proporción directa con los porcentajes marcados. Se cree, por ejemplo, que la dinamita de 40% es dos veces más fuerte que la de 20%.

La inexactitud de esta creencia ha sido demostrada por cuidadosas pruebas de laboratorio, cuyos resultados se indican en la tabla siguiente que muestra el número de cartuchos de determinada fuerza necesaria para igualar un cartucho de diferente fuerza y de la misma densidad.

TABLA I

Un cartucho	60%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%
60%	1.00	1.12	1.20	1.28	1.38	1.50	1.63	1.80	2.08
50%	0.89	1.00	1.07	1.14	1.23	1.34	1.45	1.60	1.85
45%	0.83	0.93	1.00	1.07	1.15	1.25	1.36	1.50	1.73
40%	0.78	0.87	0.94	1.00	1.08	1.17	1.27	1.40	1.53
35%	0.72	0.81	0.87	0.93	1.00	1.09	1.18	1.30	1.50
30%	0.67	0.75	0.80	0.85	0.92	1.00	1.09	1.20	1.38
25%	0.61	0.69	0.74	0.78	0.85	0.92	1.00	1.10	1.27
20%	0.55	0.62	0.67	0.71	0.77	0.83	0.90	1.00	1.15
15%	0.48	0.54	0.58	0.61	0.76	0.72	0.78	0.86	1.00

Tabla que muestra el número de cartuchos de determinada fuerza necesaria para igualar un cartucho de diferentes fuerzas.

b) Velocidad.

Es la rapidez expresada en metros por segundo con que se propaga la onda de detonación a lo largo de una columna de explosivos.

Algunos explosivos violentos detonan mucho más rápidamente que otros.

Cuando mayor es la rapidez de explosión mayor suele ser el efecto de quebramiento. Como este efecto depende también hasta cierto punto de la fuerza y de la densidad, deben tomarse en cuenta estas tres propiedades al escoger el explosivo adecuado para un fin determinado.

c) Resistencia al agua.

Los explosivos violentos difieren mucho entre sí por lo que toca a la resistencia al agua. En zonas secas esto no tiene mucho importancia, pero cuando existe mucha agua es preciso emplear un explosivo resistente al agua.

d) *Densidad.*

La densidad de una dinamita se expresa en forma del número de cartuchos de 1 $\frac{1}{4}$ " x 8" (3.175 x 20.32cm.) que contiene una caja de 25Kg. la diferencia de densidad tiene por objeto facilitar la tarea de concentrar ó distribuir las cargas de la manera deseada.

e) *Inflamabilidad.*

Se refiere a la facilidad con que arde un materia. En el caso de las dinamitas, varia desde alguna que se incendian con facilidad y se queman violentamente, a otras que no sufren combustión a no ser que se les aplique directa y continuamente alguna flama exterior.

f) *Emanaciones.*

Los gases que se originan con la explosión de dinamita son principalmente bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, los cuales no son tóxicos en el sentido general de la palabra. Además de éstos, se forman ó pueden formarse emanaciones venenosas como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. En la industria de explosivos estas emanaciones se conocen con el nombre de "gases". Tanto la naturaleza como la cantidad de gases venenosos varían en los diferentes tipos y clases de dinamitas.

g) *Selección.*

Para seleccionar el explosivo adecuado se anexa la siguiente table con propiedades y uso de los explosivos.

TABLA II

TIPO	ACENTE EXPLOSIVO	FUERZA	VELOCIDAD	RESISTENCIA AL AGUA	EMANACION	U S O
<i>Dinamita</i> <i>Nitrogliceri</i> <i>na.</i>	<i>Nitroglicerina</i>	-	<i>Alta</i>	<i>Buena</i>	<i>Exceso de ga-</i> <i>ses.</i>	<i>Trabajos a</i> <i>cielo abierto.</i>
<i>Extra</i>	<i>Nitroglicerina</i> <i>y amoniaco</i>	<i>20 a 60%</i>	<i>Alta</i>	<i>Regular</i>	<i>Exceso de ga-</i> <i>ses.</i>	<i>Trabajos a</i> <i>cielo abierto.</i>
<i>Granulada</i>	<i>Amoniaco</i>	<i>25 a 65%</i>	<i>Baja</i>	<i>Muy mala</i>	<i>Exceso de ga-</i> <i>ses.</i>	<i>Trabajos a</i> <i>cielo abierto</i> <i>(canteras)</i>
<i>Gelatina</i>	<i>Amoniaco</i>	<i>30 a 75%</i>	<i>Muy alta</i>	<i>Buena a exce-</i> <i>lente.</i>	<i>Muy pocos ga-</i> <i>ses a nulos</i>	<i>Sismología.</i> <i>Trabajos sub-</i> <i>marinos y sub-</i> <i>terráneos.</i>
<i>Fermitidos</i>	<i>?</i>	-	<i>Alta</i>	<i>Regular</i>	<i>Muy pocos ga-</i> <i>ses.</i>	<i>Trabajos mi-</i> <i>neros (carbón)</i>
<i>Baja densidad</i>	<i>Amoniaco</i>	<i>25%</i>	<i>Regular</i>	<i>Ninguna</i>	<i>Pocos gases</i>	<i>Trabajos mi-</i> <i>neros.</i>

*Selección y Propiedades de los Explosivos
más comunes en construcción.*

ACCESORIOS PARA VOLADURAS.

Los accesorios para voladuras son los productos ó dispositivos empleados para ceber cargas explosivas, suministrar ó transmitir una llama que inicie una explosión, ó llevar una onda detonadora de un punto a otro ó de una carga explosiva a otra.

INICIADORES.

a) Mecha para minas.

La mecha para minas consiste en un núcleo de pólvora negra especial, envuelto con varias cubiertas de hilazas ó cintas y sustancias impermeabilizantes. Su objeto de hacer estallar al fulminante, por lo tanto debe arder en una forma continua y uniforme. La velocidad de ignición oscila entre 125 y 131 segundos por metro.

b) Ignitacord.

Es un artefacto para encender mecha. Tiene la apariencia de un cable de diámetro muy pequeño y arde progresivamente con una flama exterior corta y muy caliente que permite encender una serie de mechas en "rotación", con la ventaja de que el tiempo necesario para que una persona inicie el encendido de la serie, es el mismo que se necesitará para encender una sola mecha.

Se surte en tres velocidades de combustión: De 26 a 33 segundos por metro; de 52 a 55 segundos por metro y de 13 a 16 segundos por metro.

DETONADORES.

a) Fulminantes.

Los fulminantes son tubos ó casquillos cerrados en un extremo y que contienen una carga de explosivos de gran sensibilidad. Están hechos para detonar con las chispas del tren de fuego de la mecha para minas.

b) Estopines eléctricos.

Los estopines eléctricos, son fulminantes elaborados de tal manera que pueden hacerse detonar con corriente eléctrica. Con ellos pueden iniciarse simultáneamente varias cargas de explosivos de gran potencia. Los estopines eléctricos tienen una carga básica de un explosivo de alta velocidad, una carga como cebo y una carga de ignición suelta ó de tipo píldora.

El dispositivo para la detonación con electricidad consiste en dos --- alambres con aislamiento de plástico, con un tapón de hule que mantiene los alambres en su lugar y un puente de alambre anticorrosivo de diámetro pequeño, que une las terminales de los alambres debajo del tapón. Cuando se aplica la corriente eléctrica el puente se pone incandescente y detona el estopín.

c) Estopines eléctricos tipo instantáneo.

Los estopines eléctricos instantáneos tienen casquillos de aluminio de 1 1/8" de largo; estos son los detonadores para usos comunes. Un alambre lleva aislamiento color rojo y el otro amarillo, estos dos colores distintos son de gran ayuda al hacer las conexiones.

d) Estopines eléctricos de tiempo.

Los estopines eléctricos de tiempo son semejantes a los estopines eléctricos instantáneos, con la diferencia que llevan un elemento de retardo colocado entre el puente de alambre y las cargas de detonación.

Existen dos tipos diferentes de estopines eléctricos de tiempo, los regulares Mark V y los estopines eléctricos de tiempo "MS". La diferencia estriba, particularmente en la duración del intervalo de retardo entre períodos consecutivos de la serie.

e) Estopines eléctricos de tiempo regulares Mark V.

La nueva serie de estopines eléctricos de tiempo regulares, ha sido fabricada para disparar con un intervalo definido entre el estopín -- más lento de cualquier período y el más rápido del siguiente período. Estas nuevas series aseguran un intervalo positivo de tiempo -- entre períodos y a través de toda la serie de tiempos. Comprenden 10 períodos de retardo; los tiempos de detonación de los estopines Mark V después de aplicar la corriente, para el primer período es de 25 MS y para el décimo período 9.6 segundos.

f) Estopines eléctricos de tiempo "MS".

Los estopines eléctricos de tiempo con retardo de milésimos de segundo difieren de los estopines de tiempo ordinario en que los intervalos de retardo son muy cortos. Su elemento de retardo es diferente al de los estopines de tiempo ordinarios. Se surten en 10 períodos

cuyos numeros indican el tiempo que tarda el disparo en producirse, en milésimos de segundo a saber: MS - 25, MS - 50, MS - 100, -- MS - 150, MS - 200, MS - 300, MS - 400, MS - 600, MS - 800, MS - 1000.

MECHAS DETONANTES.

a) Primacord.

Este producto es un cordón detonante que contiene un núcleo de tetranitrato de pentaéritritol (Niperita) dentro de una envoltura impermeable reforzada con cubiertas que la protegen. Tiene una velocidad de detonación muy alta de 6,400 metros por segundo. La fuerza con que estalla es suficiente para hacer detonar los explosivos violentos continuos dentro de un barreno, de modo que si se conecta al primer cartucho que se coloque en el barreno, actúa como un agente iniciador a todo lo largo de la carga explosiva.

El "primacord" se usa principalmente para disparos múltiples de barrenos grandes en la superficie ya sean verticales y horizontales. Es ilimitado el número de barrenos que pueden dispararse en esta forma.

PINZAS CORRUGADORAS DE FULMINANTES.

Hay dos tipos de pinzas: Las de mano y las máquinas corrugadoras. Las pinzas de mano dan un servicios satisfactorio en las operaciones donde el número de fulminantes que va a fijarse a los tramos de mecha es relativamente pequeño. En cambio la máquina se recomienda para operaciones donde diariamente se fija una gran cantidad de fulminantes y donde hay puestos centrales para hacer ese trabajo de fi-

jación.

MAQUINAS EXPLOSORAS.

Estas máquinas suministran la corriente necesaria para disparos -- eléctricos. Hay dos tipos de Máquinas Explosoras. El tipo "Descarga de Condensador" y el tipo "Generador".

DESCARGA DE CONDENSADOR.

Utiliza pilas secas para la carga de un banco de condensadores que ya así pueden proporcionar una corriente directa y de corta duración a los dispositivos de disparo eléctrico. Están provistas de cajas metálicas resistentes al agua. Se caracterizan por:

1. - Una capacidad extremadamente alta, en comparación con su peso y tamaño.
2. - La ausencia de partes dotadas de movimiento.
3. - La eliminación del factor humano que interviene en las máquinas de tipo mecánico.
4. - Una luz piloto, y
5. - Un sistema de alambres e interruptores que reúne importantes características de seguridad.

GENERADOR.

Su principio se basa en un generador modificado que proporciona una corriente directa pulsativa. Estas máquinas son de tipo llamado "de vuelta" ó también "Cremallera". Están diseñadas de tal manera que no fluye de ellas corriente alguna hasta que se dé todo el movimiento

necesario a la manivela de Vidta ó de Cremallera; es entonces cuando la corriente va a dar a las líneas de disparo en casi todo su amperaje y voltaje.

INSTRUMENTOS DE PRUEBA.

a) Galvanómetro para voladuras.

Este instrumento tiene una pila especial de cloruro de plata que proporciona la corriente necesaria para mover una manecilla en una escala graduada. La pila y las partes mecánicas están encerradas en una caja de pasta la cual está provista de dos bornes de contacto. Sirve para probar los estopines eléctricos individuales y también para determinar si un circuito de voladura está cerrado ó no y si está en condiciones para el disparo; además sirve para localizar los alambres rotos, las conexiones defectuosas y los cortos circuitos, así como para medir la resistencia aproximada de un circuito.

b) Voltiohmetro para voladuras.

Este instrumento es una combinación del voltímetro y del óhmetro, que sirve para descubrir la presencia de corrientes extrañas, para la lectura de voltaje de las líneas y para medir la resistencia de los circuitos de voladura.

c) Reostato.

Este instrumento se usa para probar la eficiencia de las máquinas explosoras de cremallera.

VOLADURAS.

Para una buena voladura no basta seleccionar correctamente el explosivo, ya que es necesario conocer también el método de aplicación más indicado para cada clase de trabajo, obteniéndose con ello una máxima eficiencia, la cual se traduce en menor costo de la obra. Usualmente los resultados óptimos en voladuras se adquieren a través de la experiencia.

Un corte puede atacarse tronando parte de él, como si se tratara de una cantera de frente angosto, disparando varias hileras de barrenos al mismo tiempo (Fig. 1). Para este caso, la profundidad P debe exceder, aproximadamente, 30 centímetros, la profundidad del corte.

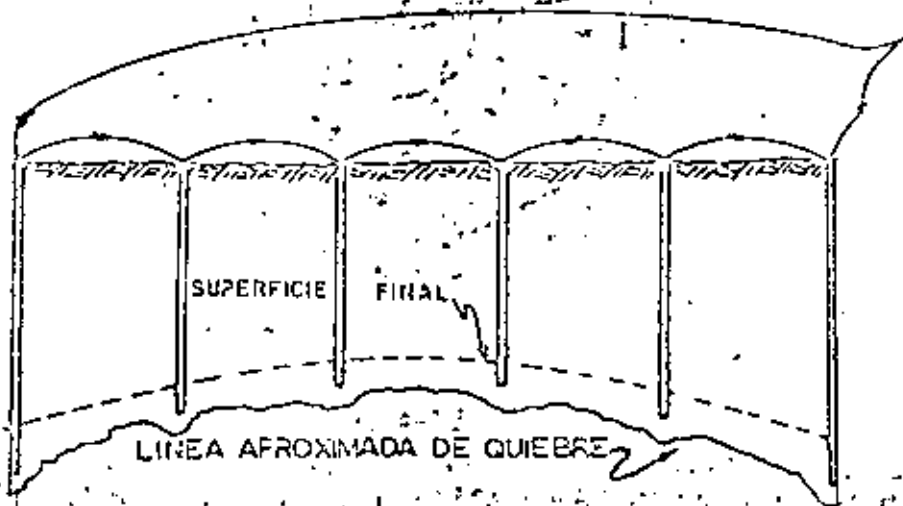
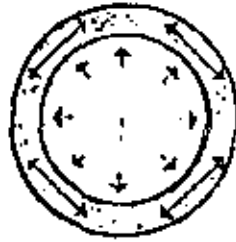
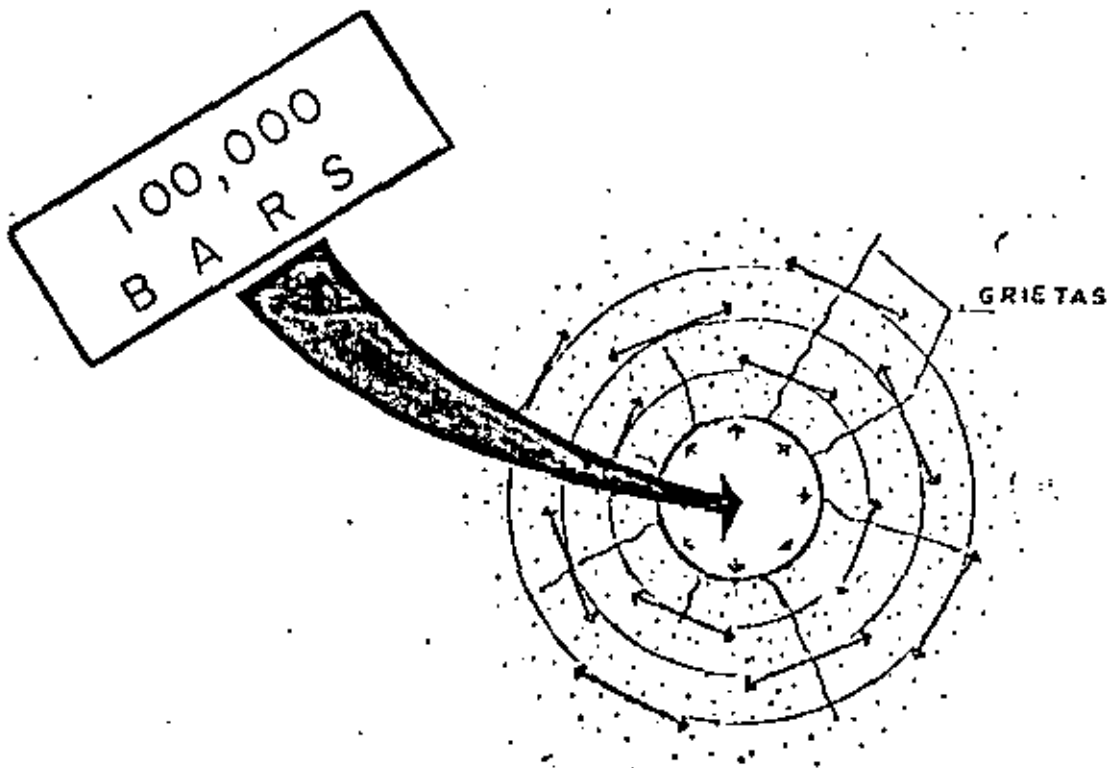


Figura 1



LAS PAREDES DE UN TUBO DE ACERO SOMETIDA A PRESION INTERNA, ESTAN SOMETIDAS A TENSION



LA ROCA ALREDEDOR DE UN BARRIENO CON GASES A PRESION (DEL EXPLOSIVO) ESTA SOMETIDA A TENSION . SI LA PRESION ES SUFICIENTEMENTE GRANDE TAMBIEN LO SERA LA TENSION Y HABRA GRIETAS,

Para barrenación corta es recomendable los barrenos de $1\frac{1}{2}$ " (3.81 cm) de diámetro en donde el pueble no debe pasar de la mitad del barrenos. El consumo de dinamita gelatina 40% en este tipo de barrenación es de 0.5 a 0.6 Kg/m³ de roca.

En la construcción de terracerías en laderas deberá utilizarse los escombros ó rezagas del corte para completar la cama deseada, como se indica en la Fig. 2. Tanto en este caso como en los otros es recomendable efectuar una sola tronada del corte utilizando el sistema Mark V ó de los milisegundos, pues con él se obtiene una mejor fragmentación, control de proyección, menor vibración y, con ello, mayor seguridad. Los resultados con el sistema Mark V son sorprendentes; con la práctica puede dominarse una voladura.

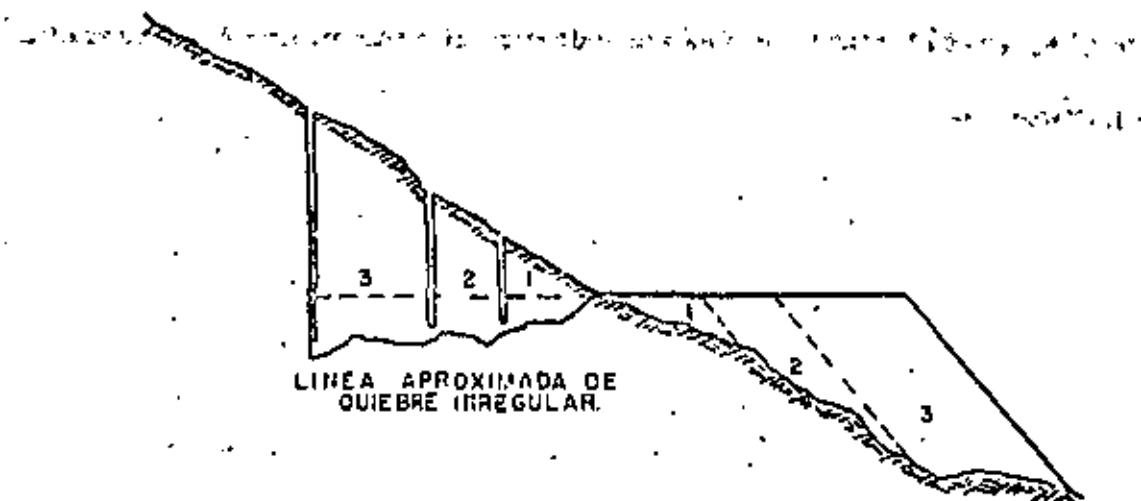
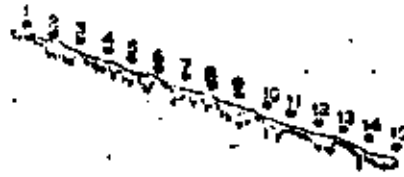


Figura 2.

Los siguientes ejemplos ilustran lo anterior.

Método para reducir la vibración:



Para bancos comprendidos entre 8 y 15 metros de altura es recomendable disparar de 2 a 5 hileras de pozos simultáneamente con el objeto de desprender suficiente material y aumentar la fragmentación.

La plantilla más sencilla para una voladura de varias hileras, lateralmente limitadas, es la que se muestra en la figura 3.

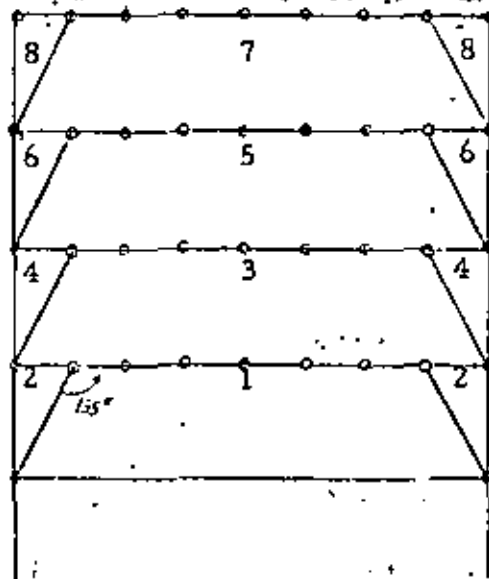


Figura No. 3

Todos los barrenos por hilera, excepto los de esquinas, se inician con un mismo número de retardo, con lo que, en el momento de la detonación, cada barreno tiene rotura libre. Esto no sería posible si los barrenos de esquina se iniciaran al mismo tiempo, ya que se tendría una probabilidad muy grande de que éstos se encendieran -- antes de los inmediatamente próximos, quedando en condiciones de rotura desfavorable. Este tipo de encendido exige el doble de intervalos que hileras, lo cual es una restricción cuando se trata de -- grandes voladuras con varias hileras, ya que los intervalos disponibles no son suficientes para la aplicación de una secuencia de encendido como la de la figura 3.

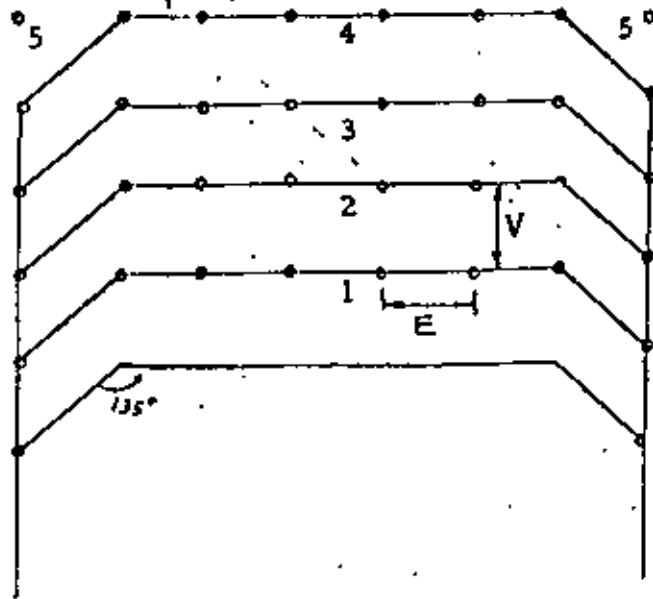


Figura No. 4

La plantilla anterior, se puede modificar como se muestra en la --
figura 4 en la cual todos los barrenos de la hilera, a excepción de
los de esquina, se encienden con el mismo intervalo que los barre-
nos de esquina de la hilera anterior. Con este arreglo, se usa un --
menor número de intervalos en los estopines.

Otro tipo de plantilla sería como la mostrada en la figura 5, la cual
es adecuada para una mayor fragmentación, un mejor acabado en las
paredes y una rezaga más concentrada, aunque presenta malas condi-
ciones para el desprendimiento de la parte central, pues después del
encendido del retardo Núm. 1 que tiene la rotura libre; salen los dos
barrenos de ambos lados de la misma hilera con el retardo núm. 2,
así como este mismo, lo que dá como resultado que el barreno de -
la segunda hilera se pueda adelantar a los de enfrente, quedándose ence-
rrado en el momento de encendido y efectuando una voladura defectuosa.

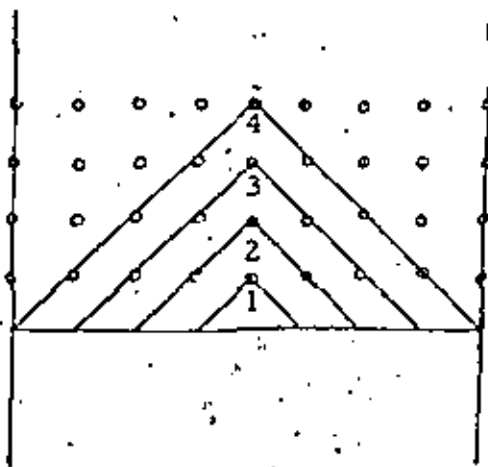


Figura No. 5

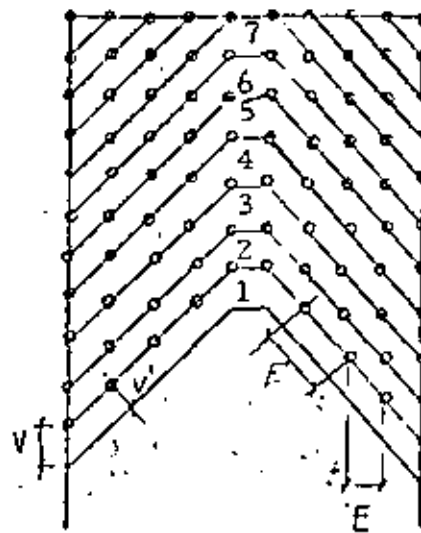


Figura No. 6

Para evitar lo anterior, se utiliza una plantilla como la mostrada en la figura 6.

Los dos barrenos que están ligeramente más comprimidos que los otros, se han dispuesto en la hilera de modo que, el desgarramiento en sus alrededores, no afecte al contorno final de la pared acabada.

Además, se debe tomar en cuenta la gran importancia que tiene la relación pata-espaciamiento para la fragmentación; en la figura 6 así como en la 5 se tiene que, en comparación con la figura 4

$$E' = E \times \sqrt{2}, \quad V' = V / \sqrt{2}$$

por lo que, igualando términos, $\frac{E'}{V'} = \frac{2E}{V}$ lo cual es favorable para la fragmentación; esto queda más claro si se toman en cuenta las ilustraciones de las figuras 7 y 7A, las cuales fueron determinadas experimentalmente.

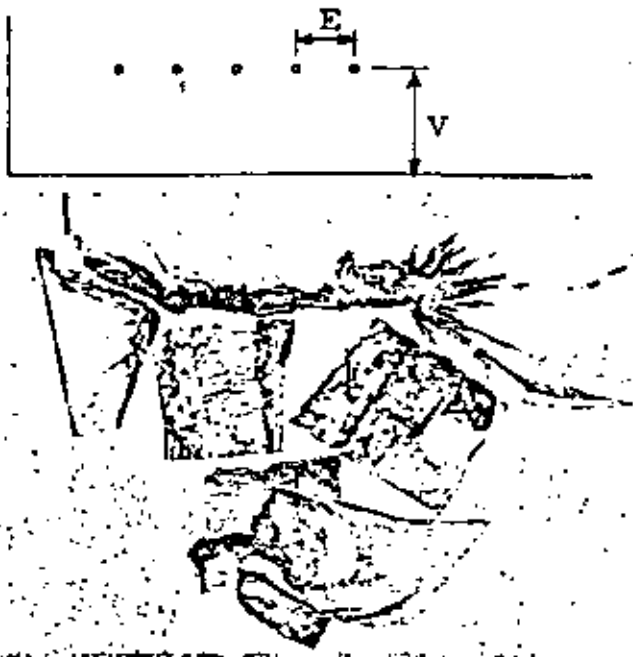


Fig. 7

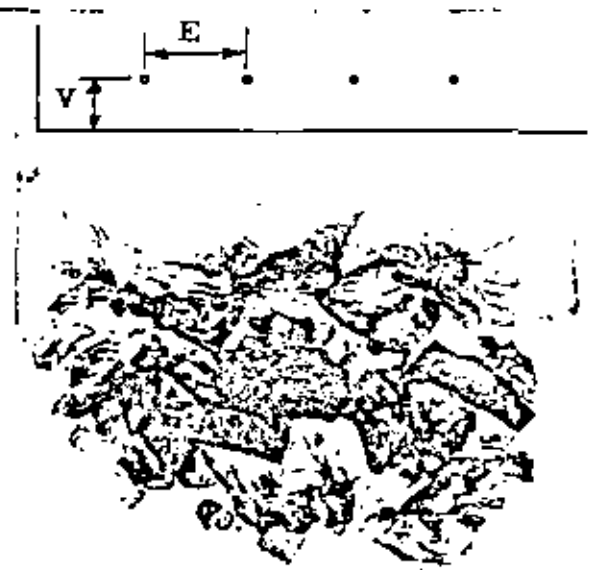


Fig. 7-A

Donde se ve claramente que al aumentar la relación E/V , aumenta la fragmentación

Por otro lado se tiene que, como se vió anteriormente hablando de los ángulos característicos, el encendido de hileras oblicuas al eje de la voladura implica que la proyección que tiene lugar en ángulos rectos con las hileras de encendido, no sea normal al frente, sino según el ángulo de 45° con la prolongación del eje. Esto reduce la proyección y consecuentemente, se tienen posibilidades para una carga de explosivos más potente, una mejor fragmentación y un producto más concentrado que facilitará la rezaga.

DISEÑO DE UNA VOLADURA

Es importante hacer notar que todas las cifras anotadas son aproximadas y se intentan solamente como una guía general, y como una base para comenzar a hacer pruebas en cada caso especial.

CONSUMO DE EXPLOSIVOS.

Este debe determinarse en cada caso por medio de pruebas.

Para facilitar las pruebas se parte de las siguientes reglas:

- 1) La carga por metro cúbico de roca fragmentada, será la misma, independientemente del tamaño de la prueba.*
- 2) La carga específica necesaria para una voladura es al rededor de 0.4 kg/m³. (puede variar de 0.2 a 0.6 kg/m³)*
- 3) La carga del fondo del barreno debe ser 2.7 veces mayor que la carga de la columna*

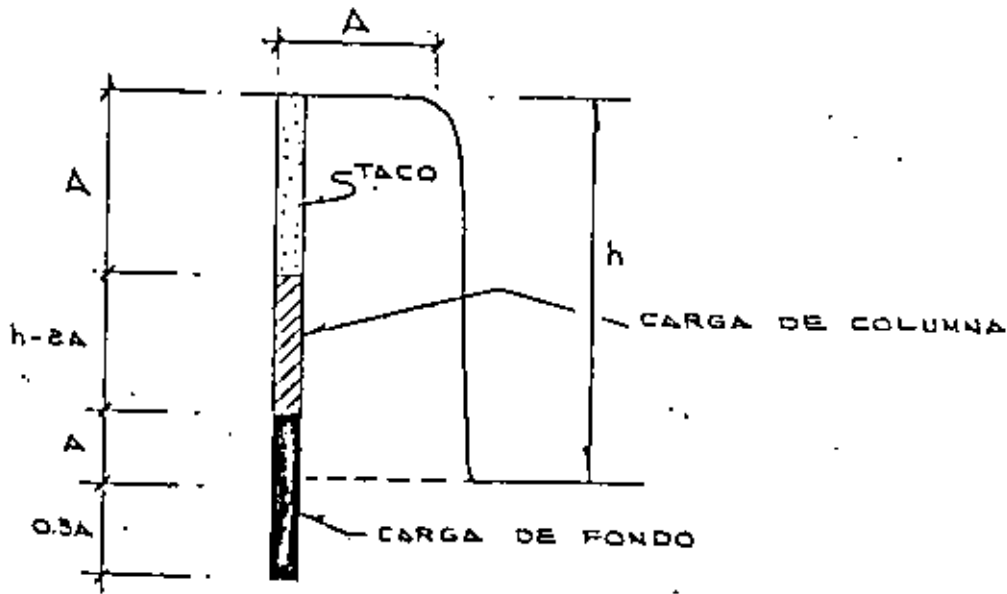
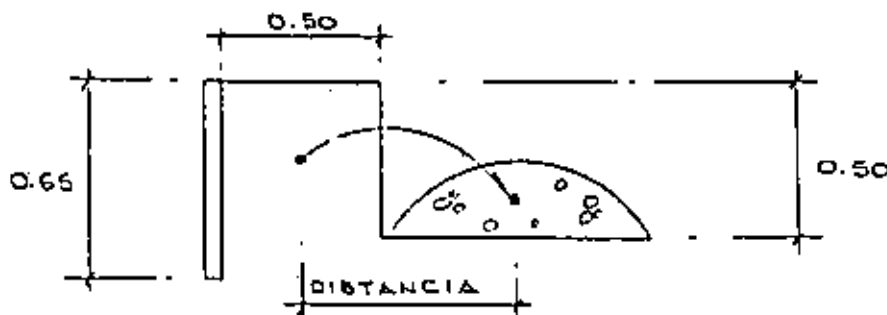


Figura 8.

y se distribuirá de acuerdo con la figura 8.

4) Un buen procedimiento para hacer pruebas consistente en volar -- barrenos de 0.50 m. de profundidad y 0.50 m. de pata. Se repite varias veces el procedimiento, aumentando la carga hasta que sea suficientemente grande para fracturar la pata.

Si el centro de gravedad de la roca es lanzado hacia el frente de 0 a 1m. se dice que la carga es la correcta. Lanzamientos mayores de la roca, a 2, 4, 6 y 8ms, indican excesos de carga de 10, 20, 30 y 40% respectivamente.



Con esta carga se hacen pruebas un poco más grandes (5m. de profundidad),

- 5) La separación entre barrenos es aproximadamente 1.3 A.
6) La pala depende de la carga por metro que se pueda concentrar en el fondo y de la altura de la carga.

La altura de la carga, a su vez, depende del diámetro del barrenno.

- 7) La relación entre el tamaño de la pala y el diámetro del barrenno (d), está dada por:

$$A = 40 d.$$

- 8) La relación del diámetro a la altura del banco es de 0.005 a 0.0125.
9) Para voladuras de filas múltiples, conviene reducir la distancia entre barrenos, después del frontal según:

$$A_1 = A - 0.05 h.$$

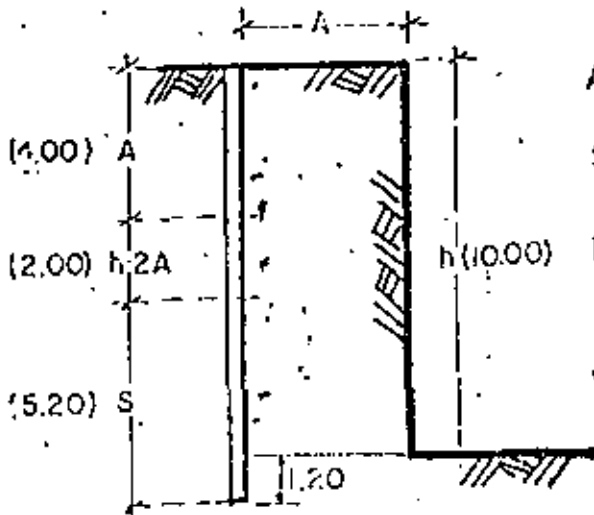
- 10) El consumo específico para barrenos múltiples es 20% menos que el de un solo barrenno.
11) El peso volumétrico de la dinamita extra 40% ó gelatina 60% es de 1.0 a 1.4 kg/dm³.

PROBLEMA:

$$\phi = 4'' = 0.10 \text{ m.}$$

CARGA ESPECIFICA: 0.35 Kg/ m³

DINAMITA EXTRA 40%



$$A = 40 \times 0.1 = 4.00 \text{ m.}$$

$$S = 1.3A = 1.3 \times 4.00 = 5.20 \text{ m.}$$

$$h = \frac{0.1}{0.01} = 10.00 \text{ m.}$$

$$V = 4.00 \times 5.20 \times 10.00 = 208 \text{ m}^3.$$

$$208 \times 0.35 = 72.8 \text{ Kg de explosivos}$$

$$c.c. = 72.8 \div 3.7 = 19.68$$

$$c.f. = 19.67 \times 2.7 = 53.12$$

$$\frac{53.12}{72.80}$$

$$L.c.f. = \frac{53.12}{10.458} = 5.08 < 5.20$$

$$L.c.c. = \frac{19.68}{10.458} = 1.88 < 2.00$$

D I N A M I T A S			A G E N T E S E X P L O S I V O S		
Gelatina Extra	40 %	1.57	"Mexamon"	SP	0.61
	60 %	1.44		SP-LD	0.70
	75 %	1.39			
Dinamita Extra	40 %	1.29	"Mexamon"	C	0.85
	60 %			C-LD	0.64
Dinamita Esp.	45 %	1.23			
Gelamex	No. 1	1.28	Super "Mexamon"	D	0.65
	No. 2	1.16			
Gelatina Alta Velocidad Geomex	60 %	1.47	NA-AC		0.80
Duramex	G	1.00			
Dinamex	A	1.23			
Total		1.60			

D E N S I D A D E S
D E E X P L O S I V O S

N O R M A R C O

HOJA DE

DIAMETRO		VOLUMEN CM3/M.L.	KILOS POR METRO LINEAL DE COLUMNA PARA UNA DENSIDAD DADA															
PULGADAS	CMS.		.50 Grs. por cm.3	.65 Grs. por cm.3	.70 Grs. por cm.3	.80 Grs. por cm.3	.85 Grs. por cm.3	1.00 Grs. por cm.3	1.16 Grs. por cm.3	1.23 Grs. por cm.3	1.28 Grs. por cm.3	1.29 Grs. por cm.3	1.39 Grs. por cm.3	1.44 Grs. por cm.3	1.47 Grs. por cm.3	1.57 Grs. por cm.3	1.60 Grs. por cm.3	
7/8	2.22	387.08	.194	.252	.271	.310	.329	.387	.449	.476	.495	.499	.538	.557	.569	.608	.619	
1	2.54	506.71	.253	.329	.355	.405	.431	.507	.588	.623	.649	.654	.704	.730	.745	.796	.811	
1 1/4	3.18	794.23	.397	.516	.556	.635	.675	.794	.921	.977	1.017	1.025	1.104	1.144	1.168	1.247	1.271	
1 1/2	3.81	1140.09	.570	.741	.798	.912	.969	1.140	1.323	1.402	1.459	1.471	1.565	1.642	1.676	1.750	1.824	
1 3/4	4.45	1555.29	.778	1.011	1.089	1.244	1.322	1.555	1.804	1.913	1.991	2.006	2.162	2.240	2.286	2.442	2.488	
2	5.08	2026.83	1.013	1.317	1.419	1.621	1.723	2.027	2.351	2.493	2.594	2.615	2.817	2.919	2.979	3.182	3.243	
2 1/2	6.35	3166.93	1.583	2.059	2.217	2.534	2.692	3.167	3.674	3.895	4.054	4.085	4.402	4.560	4.655	4.972	5.067	
3	7.62	4560.38	2.280	2.964	3.192	3.648	3.876	4.560	5.290	5.609	5.837	5.883	6.339	6.567	6.704	7.160	7.297	
3 1/2	8.89	6207.18	3.104	4.035	4.345	4.966	5.276	6.207	7.200	7.635	7.945	8.007	8.628	8.938	9.125	9.745	9.931	
4	10.16	8107.34	4.054	5.270	5.675	6.486	6.891	8.107	9.405	9.972	10.377	10.458	11.269	11.675	11.918	12.729	12.972	
4 1/2	11.43	10260.85	5.130	6.670	7.183	8.209	8.722	10.261	11.903	12.621	13.134	13.236	14.263	14.776	15.083	16.110	16.417	
5	12.70	12667.72	6.334	8.234	8.867	10.134	10.768	12.668	14.695	15.581	16.215	16.341	17.608	18.242	18.622	19.880	20.268	
5 1/2	13.97	15327.94	7.664	9.963	10.730	12.262	13.029	15.328	17.760	18.853	19.620	19.773	21.306	22.072	22.532	24.065	24.525	
6	15.24	18241.51	9.121	11.857	12.769	14.553	15.505	18.242	21.160	22.437	23.349	23.532	25.356	26.268	26.815	28.630	29.186	
6 1/2	16.51	21408.44	10.704	13.915	14.966	17.127	18.197	21.408	24.834	26.332	27.403	27.617	29.758	30.828	31.470	33.611	34.254	
7	17.78	24828.72	12.414	16.139	17.380	19.863	21.104	24.829	28.801	30.539	31.781	32.029	34.512	35.753	36.498	38.981	39.726	
7 1/2	19.05	28502.36	14.251	18.527	19.952	22.802	24.227	28.502	33.063	35.058	36.403	36.768	39.616	41.043	41.898	44.749	45.604	
8	20.32	32429.35	16.215	21.079	22.701	25.943	27.565	32.429	37.618	39.888	41.510	41.834	45.077	46.698	47.671	50.914	51.867	
8 1/2	21.59	36609.70	18.305	23.796	25.627	29.288	31.118	36.610	42.467	45.030	46.860	47.227	50.687	52.718	53.816	57.477	58.576	
9	22.86	41043.40	20.522	26.678	28.730	32.835	34.887	41.043	47.610	50.483	52.535	52.946	57.050	59.102	60.324	64.438	65.669	
10	25.40	50670.87	25.335	32.536	35.470	40.537	43.070	50.671	58.778	62.325	64.859	65.363	70.433	72.965	74.486	79.553	81.073	
11	27.94	61311.75	30.656	39.653	42.918	49.049	52.115	61.312	71.122	75.413	78.479	79.092	85.223	88.289	90.128	96.259	98.099	
12	30.48	72966.05	36.483	47.428	51.076	58.373	62.021	72.966	84.641	89.746	93.397	94.126	101.423	105.071	107.260	114.557	116.746	

DENSIDADES DE CARGA DE EXPLOSIVOS

CALCULO DE UNA VOLADURA POR EL METODO SUECO
(OVERBURDEN)

Formulas:

Carga de fondo:

$$q_f = 0.001 d^2 \text{ Kg/m} \quad (\text{d en mm})$$

Carga de Columna

$$q_c = 0.4 q_f$$

Pata o Berm:

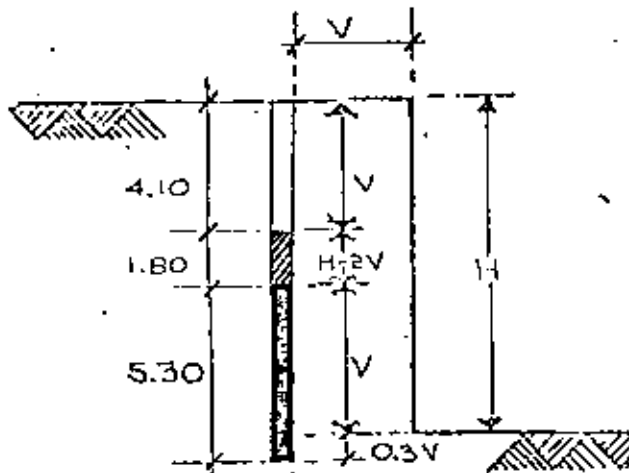
$$V_T = 45 d \quad (\text{Teórica})$$

$$V_R = V_T - 0.05 - 0.03 H \quad (\text{Real})$$

Ejemplo:

$$d = 4''$$

$$H = 10 \text{ m}$$



$$V_T = 45 \times 0.01 = 4.50$$

$$V_R = 4.50 - 0.1 - 0.3 \times 10 =$$

$$V_R = 4.10 \text{ m.}$$

$$q_f = 0.001 \times 100^2 = 10 \text{ Kg/m}$$

$$C_f = 10 \times 5.30 = 53 \text{ Kg.}$$

$$q_c = 0.4 \times 10 = 4 \text{ Kg/m.}$$

$$C_c = 4 \times 1.8 = 7.2 \text{ Kg.}$$

VOLADURAS CONTROLADAS.

Los consumidores de explosivos han buscado y ensayado muchas maneras para reducir el exceso de rompimiento ó sobreexcavación de las voladuras. Por razones de seguridad, el rompimiento excesivo es inconveniente tratándose de taludes, bancos, frentes ó pendientes inestables y es también económicamente inconveniente cuando la excavación excede la "línea de pago" (implica concreto extra y los taludes fracturados requieren un mantenimiento costoso)

En voladuras controladas se utilizan varios métodos para reducir el exceso de rompimiento; sin embargo, todas tienen un objetivo común: Disminuir y distribuir mejor las cargas explosivas para reducir al mínimo los esfuerzos y la fractura de la roca más allá de la línea misma de excavación.

Por muchos años la barrenación en Línea fué el único procedimiento utilizado para controlar el rompimiento excesivo. La Barrenación en Línea ó de límite simplemente consiste de una serie de barrenos en línea, vacíos, a corta distancia unos de otros y a lo largo de la línea misma de excavación, proporcionando así un plano de debilidad que la voladura puede romper con facilidad.

Estos procedimientos difieren del principio de la Barrenación en Línea, esencialmente, en que algunos ó todos los barrenos se disparan con cargas explosivas relativamente pequeñas y debidamente distribuidas. La detonación de estas pequeñas cargas tiende a fracturar la roca entre los barrenos y permite mayores espaciamientos que en el caso de la Barrenación en Línea. Por lo tanto, los costos

de barrenación se reducen y en muchos casos se logra un mejor control del exceso de rompimiento.

BARRENACION EN LINEA, DE LIMITE O DE COSTURA.

Principio.

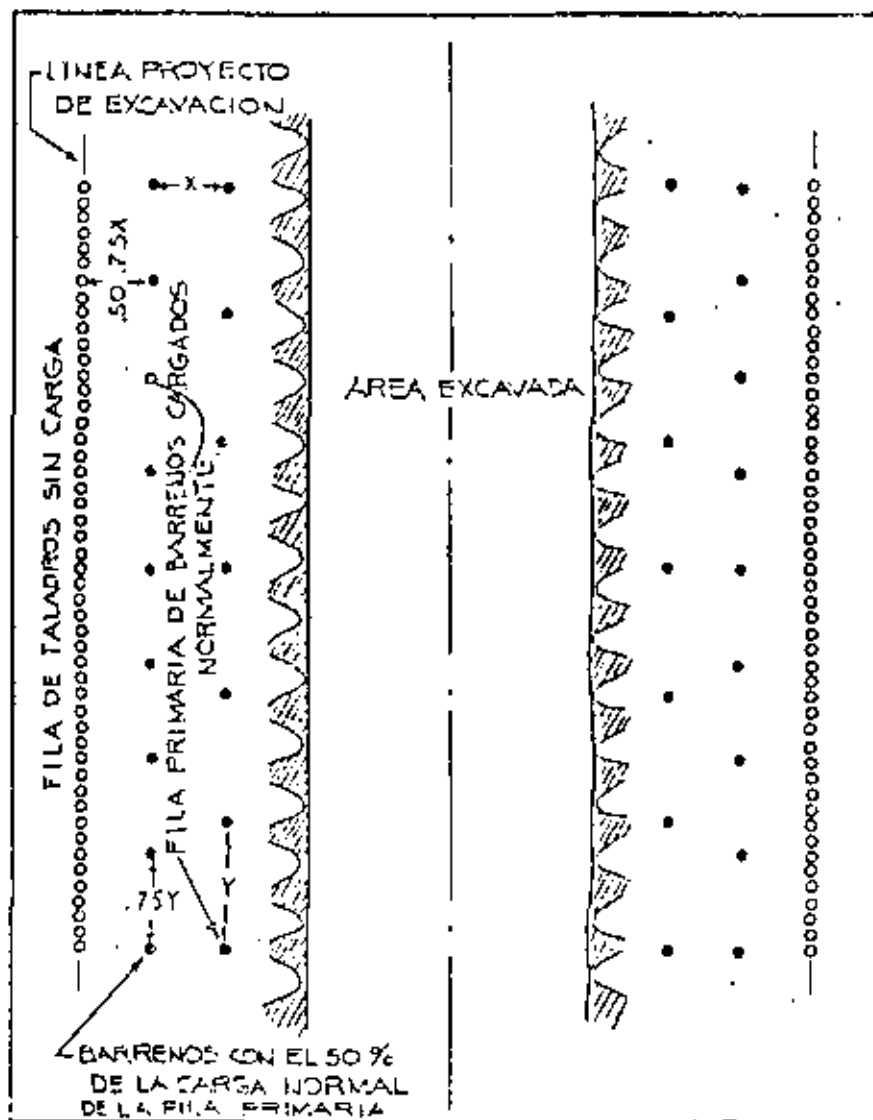
La Voladura con Barrenación en Línea involucra una sola hilera de barrenos de diámetro pequeño, poco espaciados, sin cargar y a lo largo de la línea misma de excavación. Esto proporciona un plano de menor resistencia, que la voladura primaria pueda romper con mayor facilidad. También origina que parte de las ondas de choque creadas por la voladura sean reflejadas, lo que reduce la trituration y las tensiones en la pared terminada.

Aplicación.

Las perforaciones de la Barrenación en Línea generalmente son de 2" a 3" de diámetro y se separan de 2 ó 4 veces de su diámetro a lo largo de la línea de excavación. Los barrenos mayores de 3" se usan poco con este sistema pues los altos costos de barrenación no pueden compensarse suficientemente con mayores espaciamientos.

La profundidad de los barrenos depende de su buena alineación. Para obtener buenos resultados, los barrenos deben quedar en el mismo plano. Cualquier desviación en ellos, al tratar de barrenar -- más profundamente, tendrá un efecto desfavorable en los resultados.

Para barrenos de 2" a 3" de diámetro las profundidades mayores a 9 metros son raramente satisfactorias.



Plantilla Típica del Procedimiento de Barrenación en línea.

Figura 8 A

Los barrenos de la voladura directamente adyacentes a los de la --
Barrenación en Línea, se cargan generalmente con menos explosi-
vos y también a menor espaciamiento que los otros barrenos. La --
distancia entre las perforaciones de la Barrenación en Línea y los
más próximos, cargados, es usualmente del 50 al 75% de la pata --
usual.

Los mejores resultados con la Barrenación en Línea se obtienen en
formaciones homogéneas en donde los planos de estratificación, jun

las y hendeduras son mínimas.

Trabajos subterráneos. - La aplicación de la teoría básica del sistema de Barrenado en Línea, esto es, utilizando solamente barrenos vacíos, es muy limitada en trabajos subterráneos. Generalmente se usan barrenaciones cerradas, pero siempre cargadas aunque ligeramente. A este procedimiento hemos preferido llamarle Voladura Perfilada y será descrita posteriormente.

VOLADURAS AMORTIGUADAS.

PRINCIPIO

La Voladura Amortiguada a veces denominada como voladura para recortar, lajear ó desbastar, se introdujo en el Canadá hace varios años. Al igual que la Barrenación en Línea, la Voladura Amortiguada implica una sola fila de barrenos a lo largo de la línea proyecto de excavación.

Las cargas para las voladuras amortiguadas deben ser pequeñas, bien distribuidas, perfectamente retacadas y se harán explotar después de que la excavación principal ha sido despejada. Al ser volada la pata, el taco amortigua la vibración dirigida hacia la pared terminada, reduciendo así al mínimo la fractura y las tensiones en esta pared. Disparando los barrenos de amortiguamiento a pequeños intervalos, la detonación tiende a cortar la roca entre ellos dejando una superficie uniforme y con un mínimo de sobreexcavación.

Obviamente, a mayor diámetro de barreno, se obtiene mayor amortiguamiento.

TABLA III

CARGAS Y PLANTILLAS PROPUESTAS PARA VOLADURAS
AMORTIGUADAS.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS	ESPACIAMIENTO EN (1) PIES	BERMA EN PIES (1)	CARGA EXPLOSIVA EN LIBRAS/PIE (1)
2 - 2 $\frac{1}{2}$	3	4	0.08 - 0.25
3 - 3 $\frac{1}{2}$	4	5	0.13 - 0.50
4 - 4 $\frac{1}{2}$	5	6	0.75 - 0.75
5 - 5 $\frac{1}{2}$	6	7	0.75 - 1.00
6 - 6 $\frac{1}{2}$	7	9	1.00 - 1.59

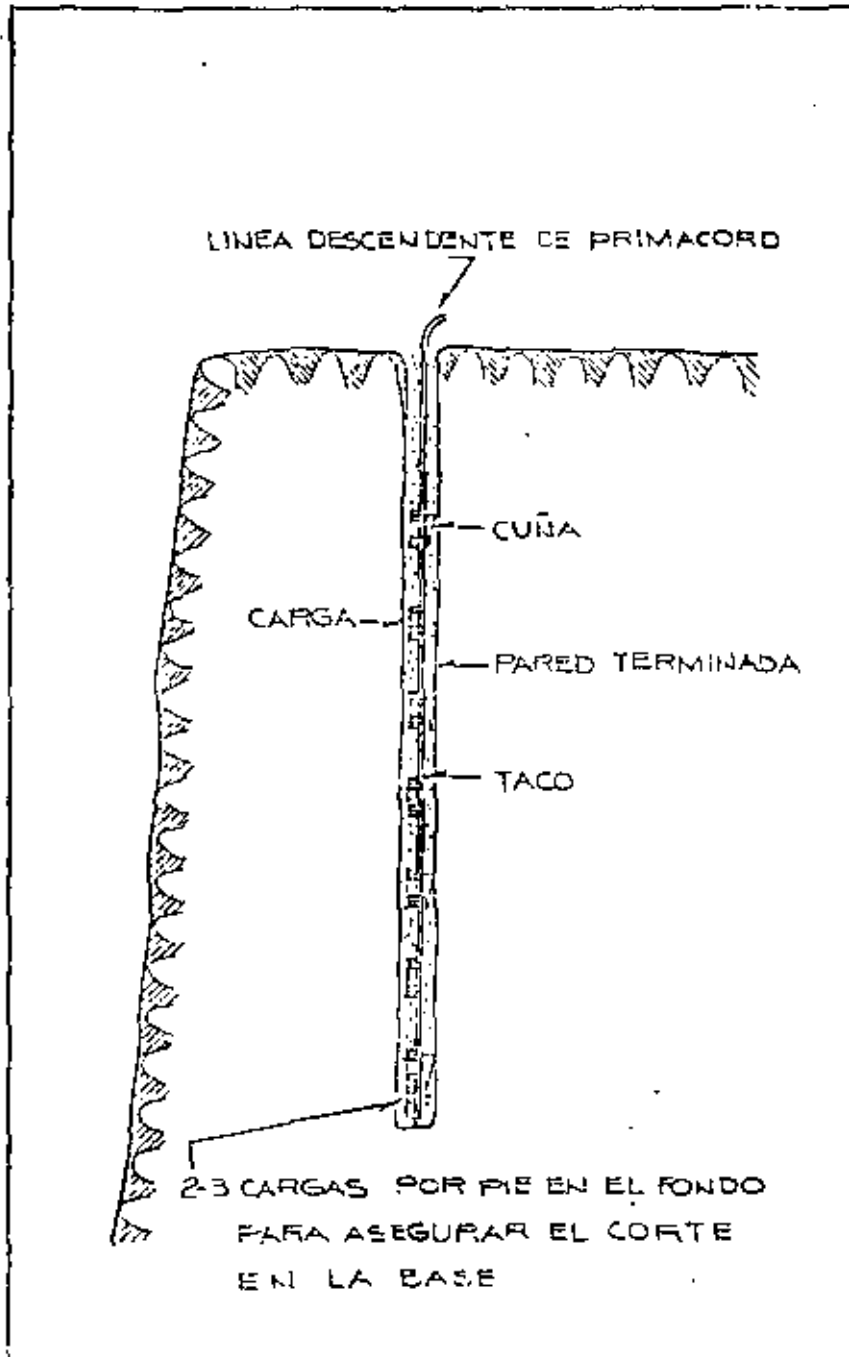
(1) . - *Dependen de la naturaleza de la roca.
Las cifras anotadas son promedios.*

(2) . - *El diámetro del cartucho deberá ser
igual ó menor que la mitad del diá-
metro del barreno.*

Trabajos a cielo abierto. - El banco ó perma y el espaciamiento --
variarán de acuerdo con el diámetro de los barrenos que se hagan. -
La Tabla III muestra una guía de patrones y cargas para diferentes
diámetros de barrenos. Nótese que los números mostrados cubren
un campo promedio debido a las variaciones que resultan del tipo -
de formación por volarse. Con este procedimiento los barrenos se
cargan con cartuchos enteros ó fraccionados atados a líneas de Pri-
macord a manera de rosario, usándose generalmente cartuchos de -
1 $\frac{1}{2}$ " de diámetro por 8" de largo y colocándose a 1 ó 2 pies de sepa-
ración.

Para efectos de un amortiguamiento máximo las cargas deben colo-
carse dentro del barreno tan próximas como sea posible a la pared
correspondiente al lado de la excavación. (Ver figura 9).

Figura 9



COLOCACION DE LAS CARGAS DE EXPLOSIVO PARA VOLADURAS AMORTIGUADAS.

El retardo mínimo entre la explosión de los barrenos amortiguadores proporciona la mejor acción de corte entre barreno y barreno; por lo tanto, normalmente se emplean líneas troncales de Primacord. En donde el ruido y la vibración resulten críticos, se pueden obtener buenos resultados con estopines de retardo MS.

La profundidad máxima que puede volarse con éxito por este método, depende de la precisión del alineamiento de los barrenos. Con barrenos de diámetros mayores puede mantenerse un mejor alineamiento a mayor profundidad. Las desviaciones de más de 6" del plano de los barrenos dan generalmente malos resultados. Se han hecho voladuras con éxito usando barrenos de amortiguamiento hasta de 90 pies de profundidad.

Cuando se realizan voladuras por amortiguamiento en áreas curvas ó en esquinas, se requiere menores espaciamientos que cuando vuela una sección recta. Pueden también utilizarse ventajosamente ladros-guía cuando se vuelan caras no lineales. En esquinas a 90°, una combinación de varios procedimientos para voladuras controladas, dará mejores resultados que la voladura amortiguada simple. (Veáse la Figura 10)

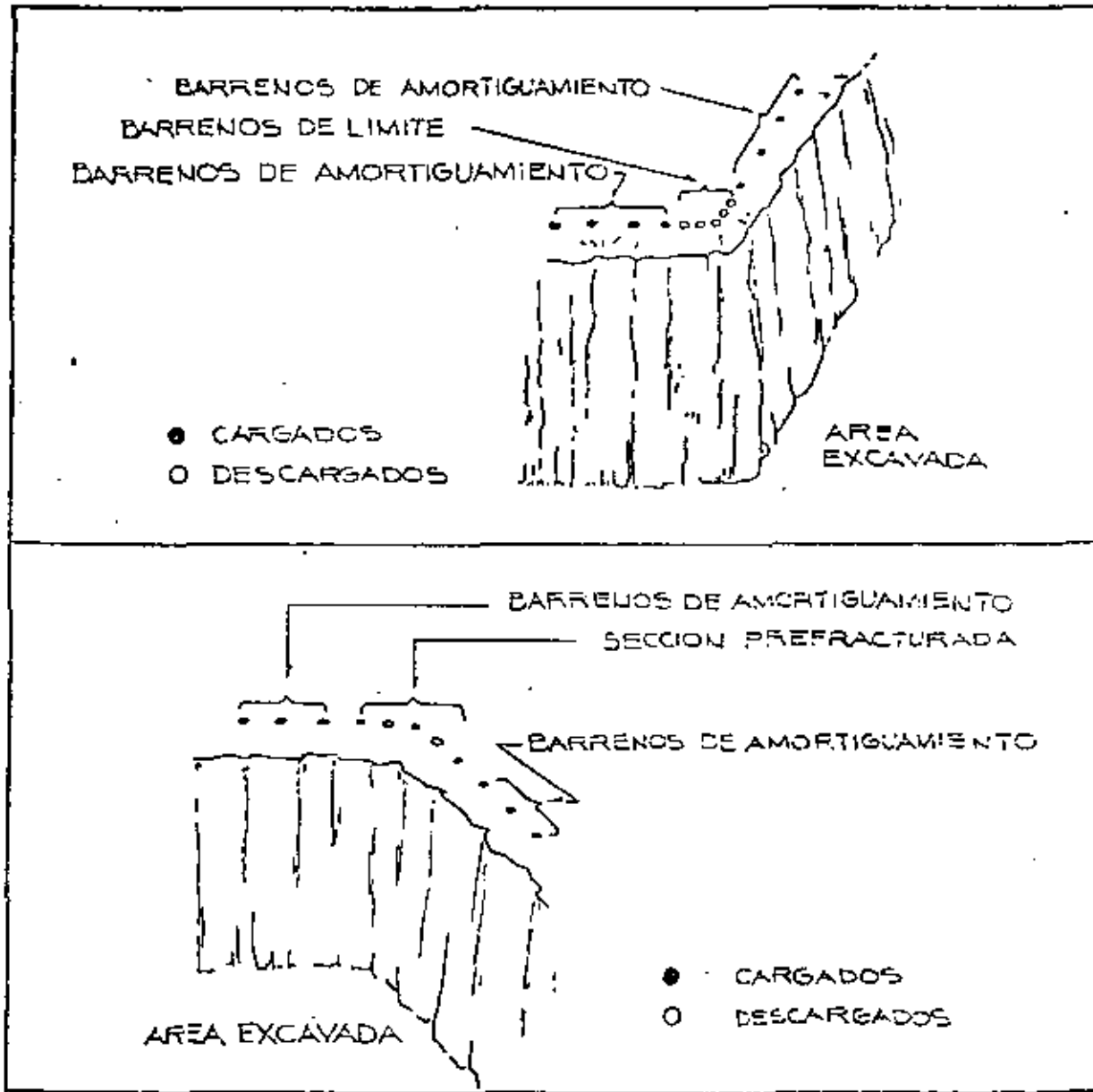
VENTAJAS.

La voladura Amortiguada ofrece ciertas ventajas, tales como:

Mayores espaciamientos entre barrenos para reducir los costos de perforación.

Mejores resultados en formaciones no consolidadas.

Figura 10. VOLADURAS AMORTIGUADAS EN FRENTES,
EN ESQUINA, O EN RINCON



El mejor alineamiento obtenido con barrenos de gran diámetro permite perforar barrenos más profundos.

VOLADURAS PERFILADAS O DE AFINE.

PRINCIPIO.

Puesto que el uso de este método en trabajos a descubierto es prácticamente idéntico a los de la Voladura Amortiguada, se tratará sobre su aplicación solamente en trabajos subterráneos.

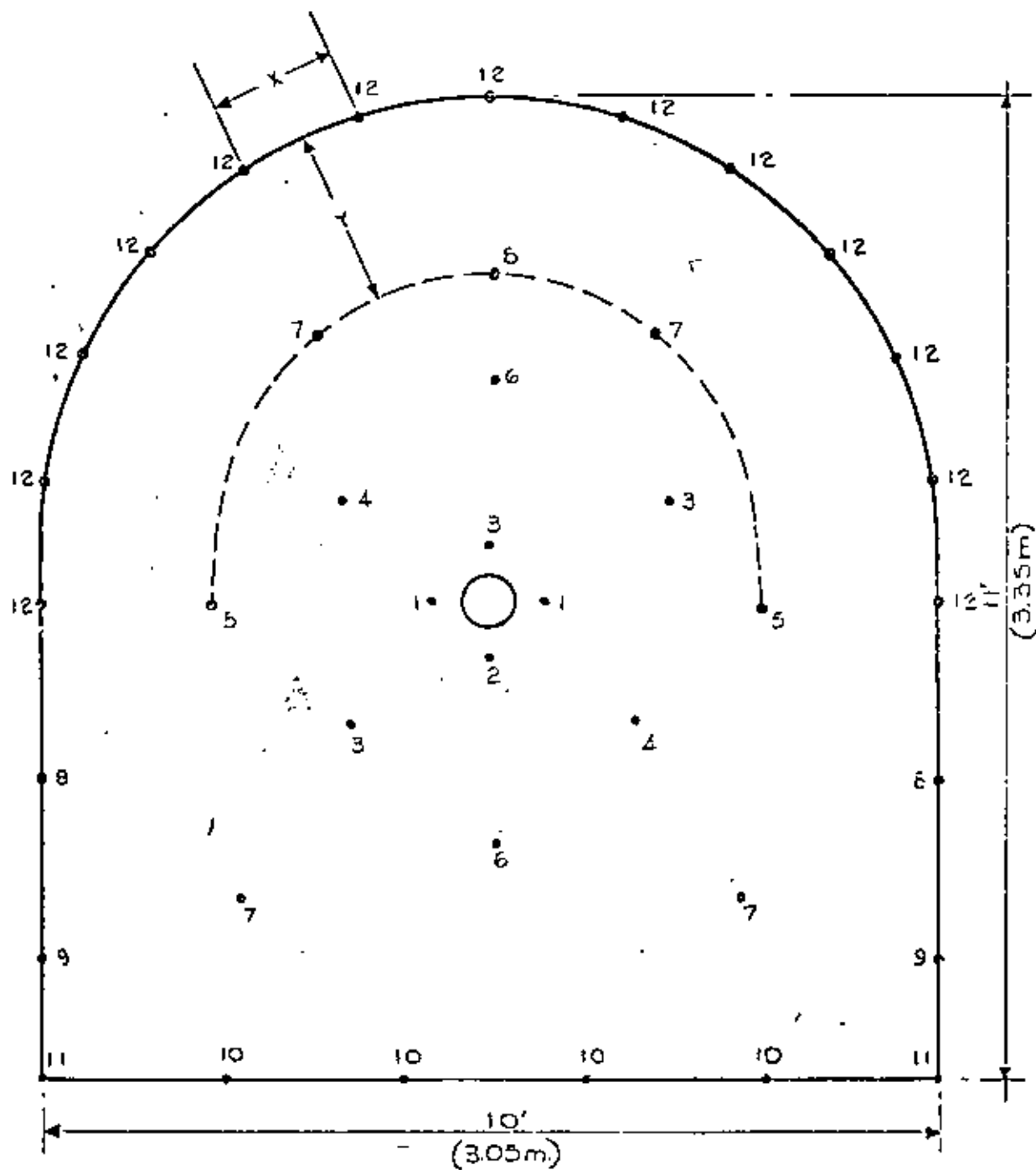
El principio básico de la Voladura de Afine es el mismo que el de la Voladura Amortiguada: Se hacen barrenos a lo largo de los límites de la excavación y se cargan con poco explosivo para eliminar el banco final. Disparando con un mínimo de retardo entre los barrenos, obtiene un efecto cortante que proporciona paredes lisas con un mínimo de sobreexcavación.

APLICACION.

Trabajos subterráneos. - *En frentes subterráneos, en donde la roca del techo y de los contrafuertes se derrumba y desmorona por la falta de consolidación del material, el exceso de rompimiento es común debido a la acción triturante de las voladuras.*

Empleando el método de la Voladura Perfilada ó de Afine con cargas ligeras y bien distribuidas en los barrenos perimetrales, se requieren menos soportes y resulta una menor sobreexcavación. Aún en formaciones homogéneas más duras, este método proporciona techos y paredes más lisos y más firmes.

Figura 11.



PLANTILLA TIPICA PARA EXPLOSIONES
RETARDADAS EN GALERIAS DE AVANCE

La voladura perfilada en trabajos subterráneos utiliza barrenos perimetrales en una relación de aproximadamente $1\frac{1}{2}$ a 1, entre el ancho de la berma y el espaciamiento usando cargas ligeras, bien distribuidas y disparadas en el último período de retardo de la voladura. (Ver Fig. 11). Estos barrenos se disparan después de los barrenos de pata ó pié para asegurar que la roca fragmentada se desplace lo suficiente para ofrecer el máximo desahogo a los barrenos de la Voladura Perfilada. Este franqueo permite la libre remoción del banco final y produce menos fractura más allá del límite de la excavación.

Las cargas pequeñas bien distribuidas en los barrenos perimetrales usando plantillas y retardos convencionales, han producido regularmente resultados satisfactorios. La Tabla IV proporciona las plantillas recomendadas y las cargas en libras por pie, para la Voladura Perfilada.

Puesto que no es conveniente ni práctico atar cargas a las líneas de Primacord en barrenos horizontales, la Voladura Perfilada se realiza cargando a carril cartuchos de dinamita de baja densidad de pequeños diámetros para obtener, tanto cargas pequeñas, como su buena distribución a lo largo del barreno.

VENTAJAS.

La voladura Perfilada ó de Afine ofrece dos ventajas principales:

Reduce el rompimiento excesivo que produce los métodos convencionales.

Requiere menos ademe.

TABLA IV.

VOLADURA PERFILADA.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS.	ESPACIAMIENTO EN (1) PIES	BERMA EN PIES (1)	CARGA EXPLOSIVA LIBRAS/PIE (1)
$1 \frac{1}{2} - 1 \frac{3}{4}$	2	3	0.12 - 0.25
2	$2 \frac{1}{2}$	$3 \frac{1}{2}$	0.12 - 0.25

(1) . - *Dependen de la naturaleza
de la roca.*

*Las cifras anotadas son -
promedios.*

CUÑA QUEMADA CUADRADA O RECTANGULAR

- 44 -

 CARGADO

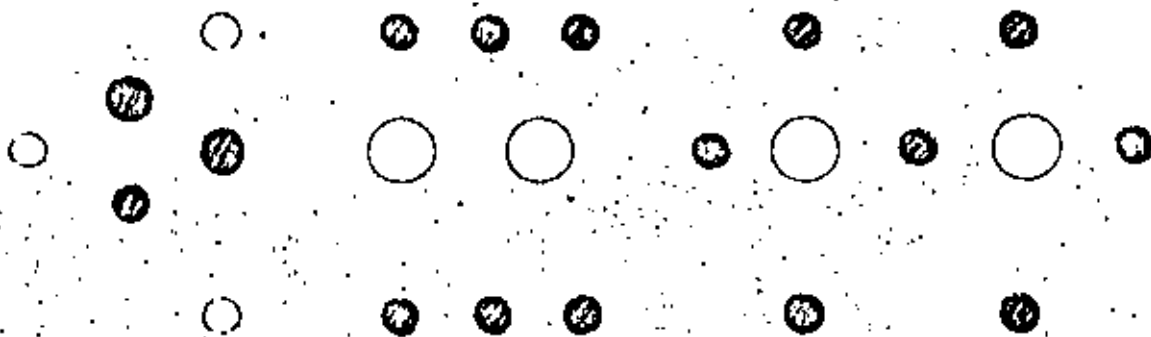
 VACIO



FRAGIL O PLASTICO
C D E I.

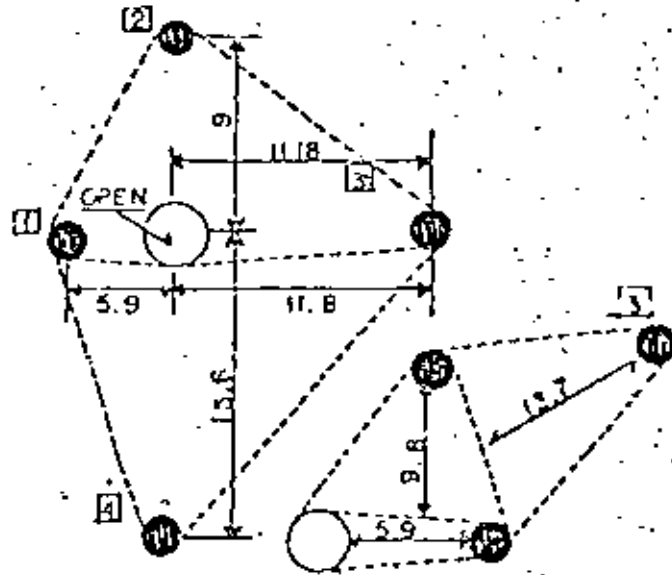
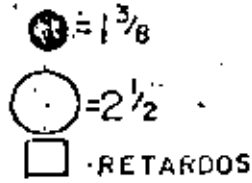


FRAGIL O PLASTICO.

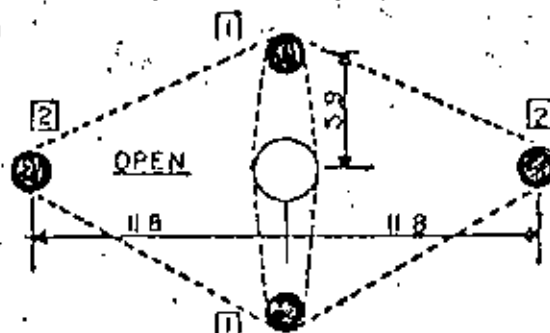


FRAGIL

FRAGIL O PLASTICO
D D D



CUÑA QUEMADA CONCENTRICA

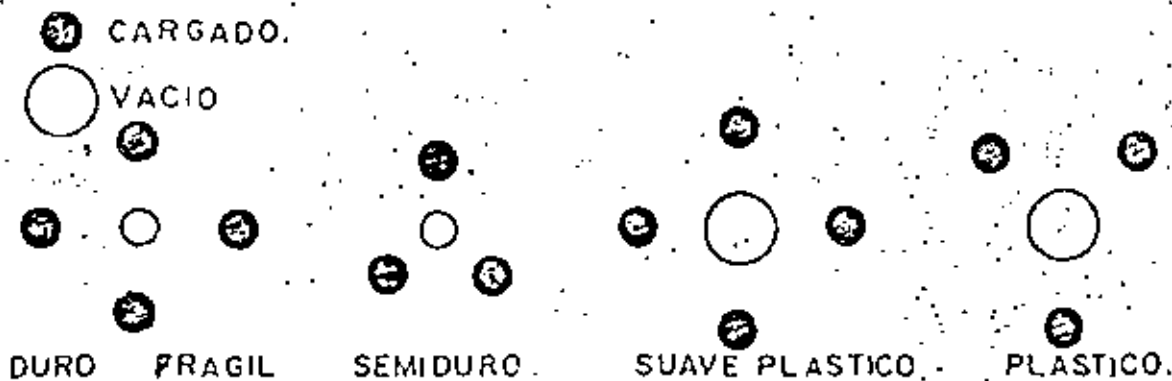


CUÑA QUEMADA SIMETRICA DE UN SOLO BARRENO

NOTA:

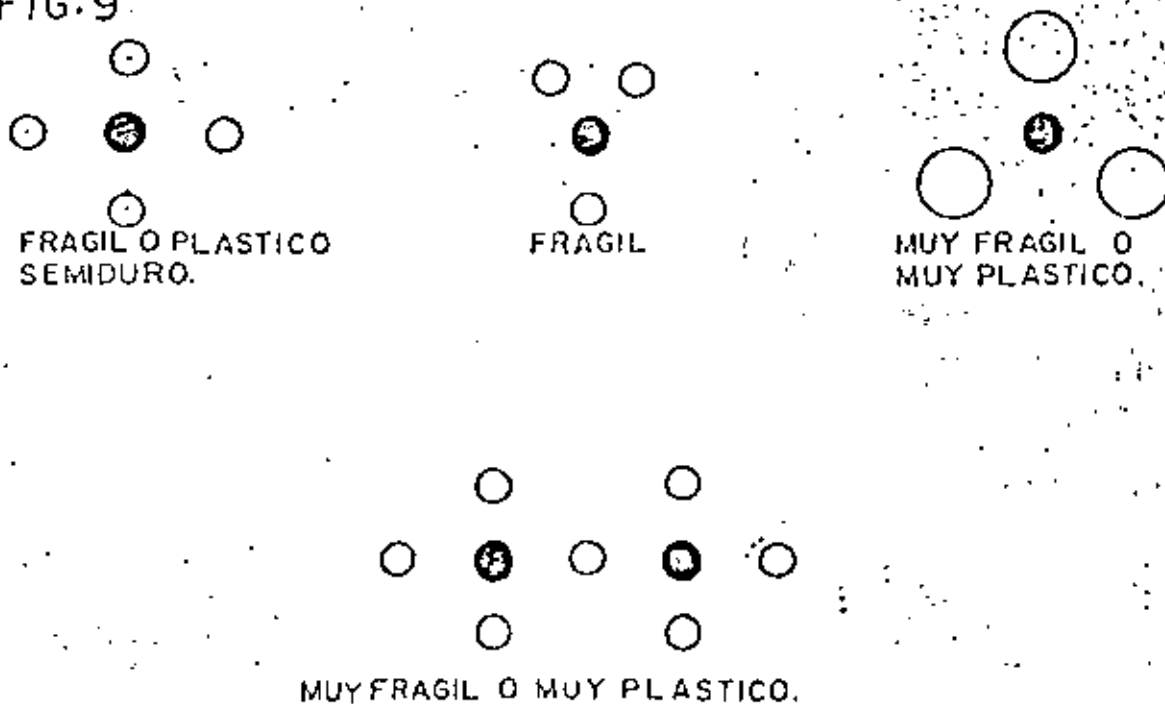
LA DISTANCIA DEPENDE DE LA CLASE DE ROCA Y DEL TIPO DE EXPLOSIVOS.

CUÑA QUEMADA TIPO REDONDO O TREBOL



CUÑA QUEMADA TIPO REDONDO O TREBOL INVERTIDAS

FIG: 9



PREFRACTURADO

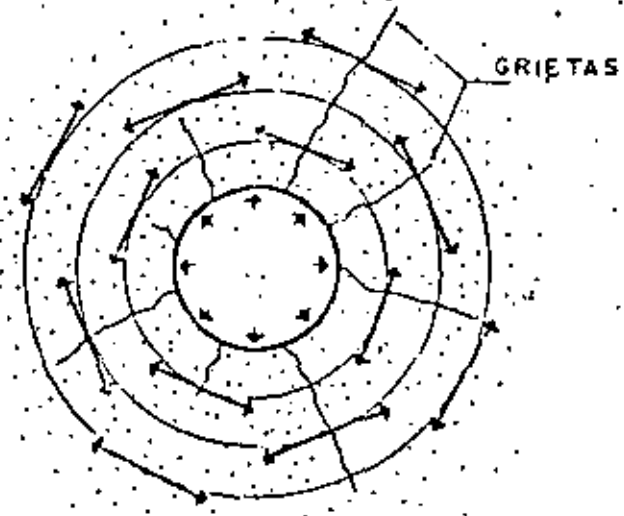
PRINCIPIO.

El Prefracturado, también llamado Precortado ó Pre-ranurado comprende una fila de barrenos a lo largo de la línea de excavación. Los barrenos son generalmente del mismo diámetro (2" - 4") y en la mayoría de los casos, todos cargados. El Prefracturado difiere de la Barrenación en Línea, de la Voladura Amortiguada y de la Voladura Perfilada, en que sus barrenos se disparan antes que cualquier barreno de los de alguna sección de la excavación principal inmediata.

La teoría del prefacturado consiste en que cuando dos cargas se disparan simultáneamente en barrenos adyacentes, la suma de esfuerzos de tensión procedentes de los barrenos rompe la pared de roca intermedia y origina grietas entre los barrenos (Ver Fig. 12). Con cargas y espaciamientos adecuados, la zona fracturada entre los barrenos se constituirá en una angosta franja que la voladura principal puede romper con facilidad. El resultado es una pared lisa que casi no produce sobreexcavación.

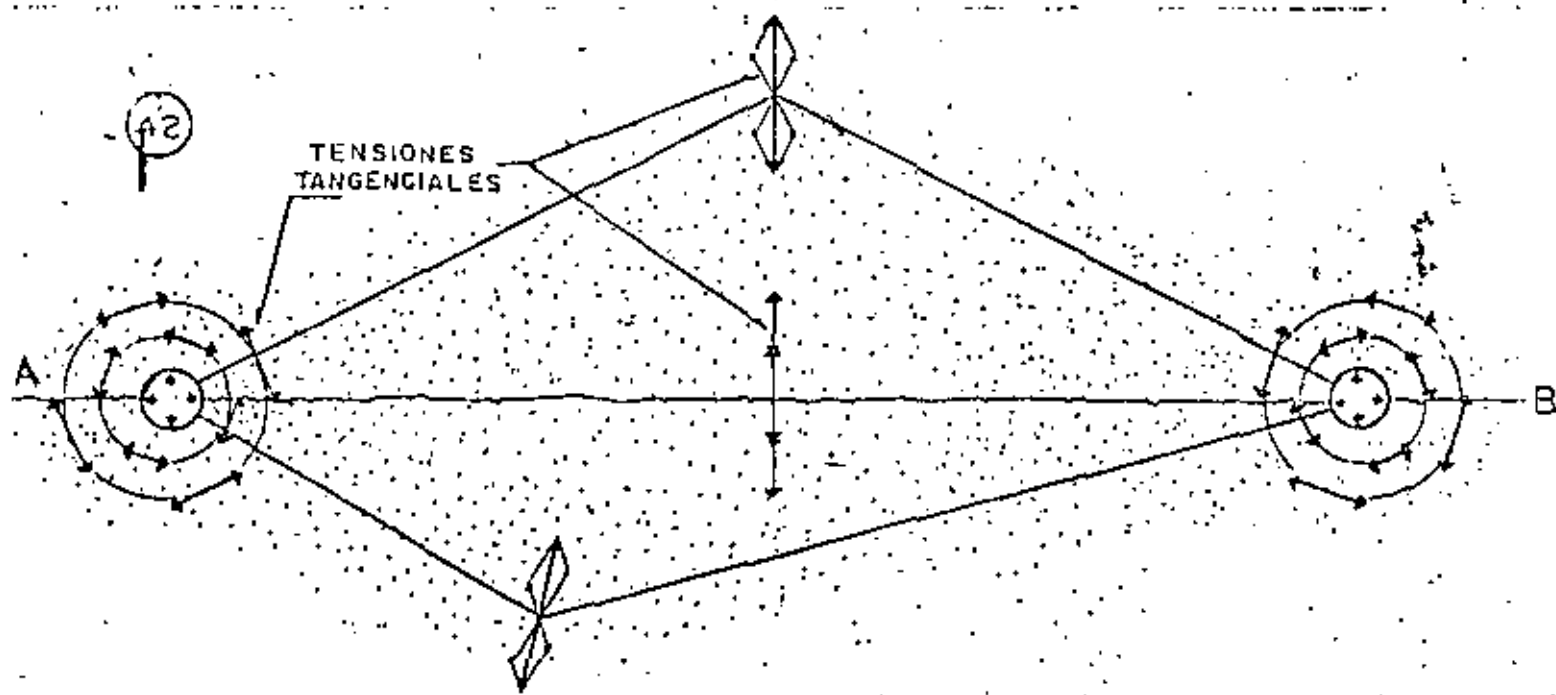
El plano prefacturado refleja parte de las ondas de choque procedentes de las voladuras principales inmediatamente posteriores, impidiendo que sean transmitidas a la pared terminada, reduciendo al mínimo la fracturación y la sobreexcavación. Esta reflexión de las ondas de choque de las voladuras principales también tiende a reducir la vibración.

CONDICION 1



LA ROCA, ALREDEDOR DE UN BARRENO CON GASES A PRESION (DEL EXPLOSIVO) ESTA SOMETIDA A TENSION

SI PENSAMOS EN UNA ROCA DE EXTENSION INFINITA:



DOS BARRENOS, COMO EL DE LA CONDICION 1, TRONADOS SIMULTANEAMENTE, SUMARAN LAS TENSIONES A LA ROCA, ESPECIALMENTE EN EL PLANO QUE LOS UNE (A-B) YA QUE, ADEMAS DE SER EL PLANO DE MENOR RESISTENCIA, ES EL LUGAR GEOMETRICO DE LA MAXIMA SUMA DE LAS TENSIONES.

APLICACION.

Trabajos a cielo abierto. - Los barrenos para prefracturar se cargan de manera similar a los barrenos para voladuras amortiguadas, esto es, se forman cargas "en rosario" de cartuchos enteros ó partes de cartucho, de 1" ó 1 ½" de diámetro, por 8" de largo, espaciados a 1 a 2 piés centro a centro.

Como en las Voladuras Amortiguadas, los barrenos se disparan generalmente en forma simultánea, usando una línea troncal de Primacord. Si se disparan líneas demasiado largas se pueden retardar algunos tramos con estopines MS a Conectores Primacord MS.

En roca sin consolidación alguna, los resultados se mejorarán utilizando barrenos-guía ó de alivio (sin carga), entre los barrenos cargados, provocando así el corte a lo largo del plano deseado. Aún en formaciones más consistentes, los barrenos-guía colocados entre los cargados, dan mejor resultado que aumentando la carga explosiva por barreno.

Los espaciamientos promedio y las cargas por pié de barreno se dan en la Tabla V. Estas cargas anotadas son para las condiciones de rocas normales y pueden obtenerse utilizando cartuchos de dinamita -- convencionales, fraccionados ó enteros, espaciados y ligados a líneas de Primacord, ("rosario").

La profundidad que puede prefracturarse de una sola vez, nuevamente depende de la habilidad para mantener un buen alineamiento de los barrenos. Las desviaciones mayores a 6" del plano de corte ----

deseado, darán resultados negativos. Generalmente la máxima -- profundidad que puede utilizarse para barrenos de 2" a 3½" de diámetro sin una desviación considerable en el alineamiento es de 50 piés.

Teóricamente, la longitud de una voladura para Prefracturar es -- ilimitada. En la práctica, sin embargo, el disparar muy adelante de la excavación primaria puede traer problemas pues las carac-- terísticas de la roca pueden cambiar y la carga ser causa de un -- exceso de fractura en las zonas más débiles. Llevando el Prefrac-- turado adelante únicamente a la mitad de la voladura principal si-- guiente (Ver Fig. 13) los conocimientos que se van obteniendo con las voladuras principales respecto a la roca, pueden aplicarse a los disparos de prefracturado subsecuentes. En otras palabras, las cargas pueden modificarse si es necesario y corre un menor -- riesgo que si se dispara el total de la línea de excavación antes de avanzar con las voladuras principales.

El Prefracturado puede realizarse simultáneamente a la voladura principal retrasando sus barrenos con retardadores MS, de manera que los barrenos de Prefracturado estallen primero que los de la -- voladura principal. (Ver Fig. 14).

VENTAJAS.

El Prefracturado ofrece las siguientes ventajas:

Aumento en el espaciamiento de los barrenos--reducción de costos de barrenación.

No es necesario regresar a volar taludes ó paredes después de la ex-

TABLA V

CARGAS Y ESPACIAMIENTOS PROPUESTOS PARA

EL PREFRACTURADO.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS. CARGA EXPLOSIVA EN LBS. / PIE (1) (2). ESPACIAMIENTO EN PIES (1) (2).

1 - 1 1/2	0.08 - 0.25	1 - 1/2
2 - 2 1/2	0.08 - 0.25	1 1/2 - 2
3 - 3 1/2	0.13 - 0.50	1 1/2 - 3
4 - 4	0.25 - 0.75	2 - 4

(1) . - *Dependen de la naturaleza de la roca.*

(2) . - *El diámetro del cartucho debe ser igual*

o menor que la mitad del diámetro del espacio

entre los barrenos.

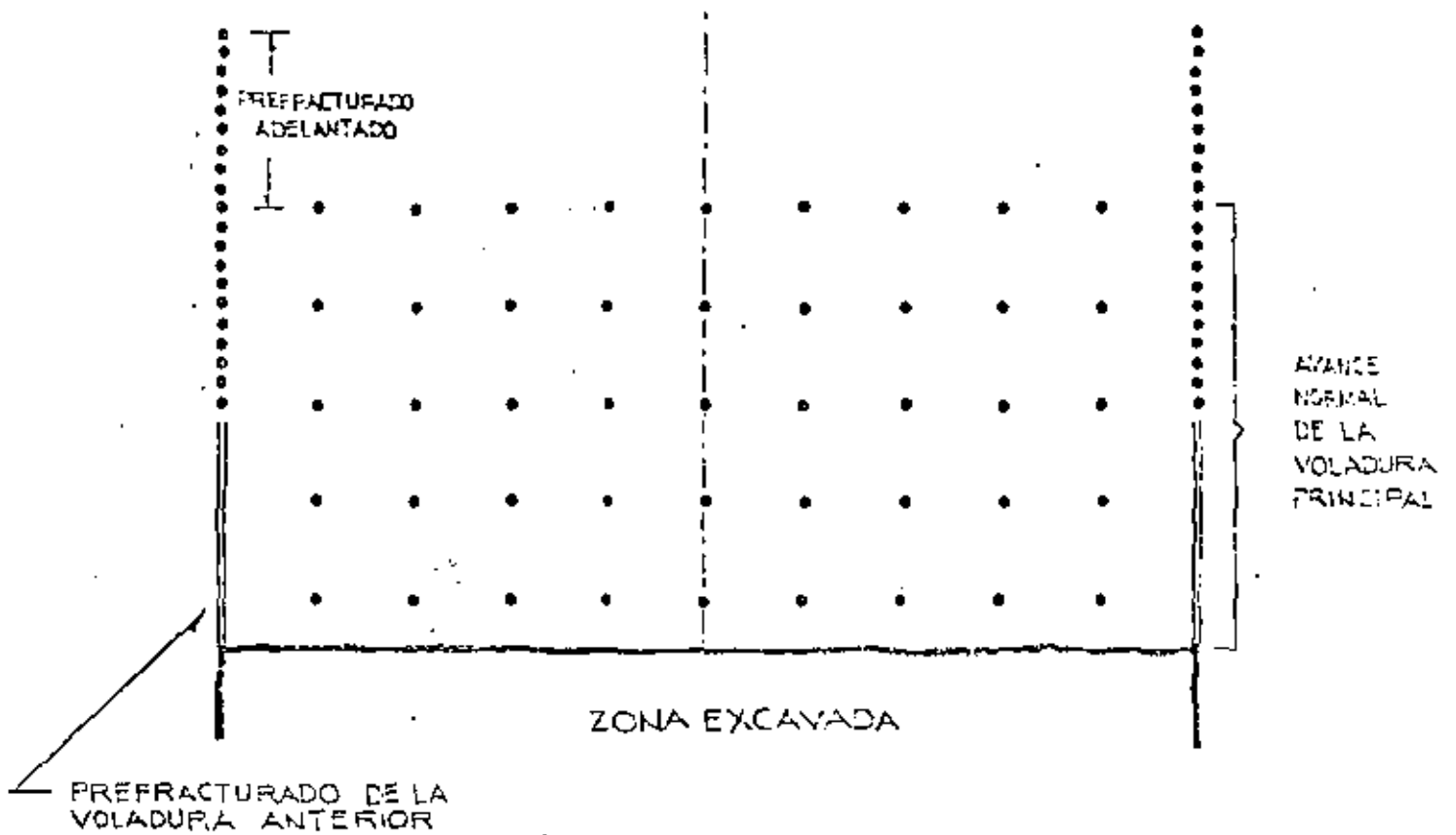
N O T A: PRINCIPIO DE PREFRACTURADO

Si los Barrenos están sobrecargados, la zona

de fractura se extenderá hacia los lados y

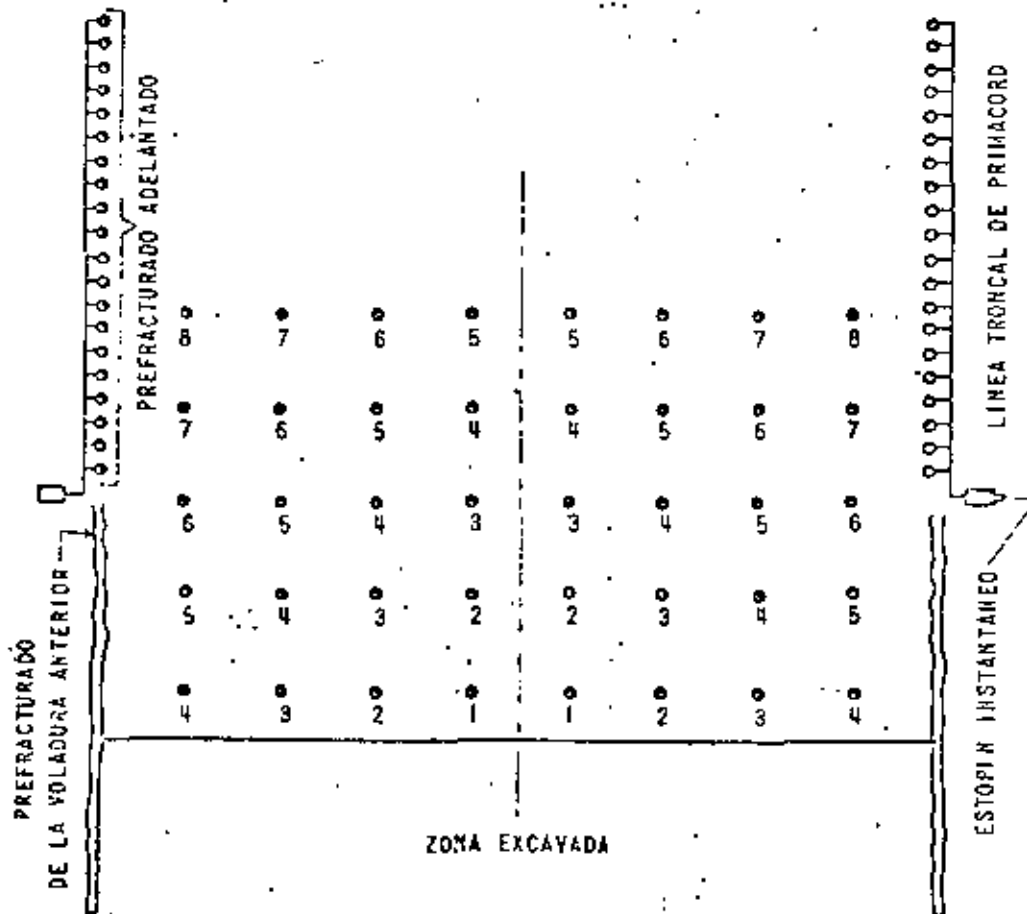
aún más allá de la zona de tensión.

Figura 13.



PROCEDIMIENTO RECOMENDADO
PARA
EL PREFRACTURADO

FIGURA 14



PROCEDIMIENTO

DE EXPLOSIONES RETRASADAS DURANTE LA VOLADURA PRINCIPAL EN EL PREFRACTURADO

cavación principal.

CARGA Y ACARREO.

A distancia corta para pedraplenes. Normalmente se usan tractores, pues sirven también para acomodar la roca. Esto ya se vió también en este curso.

A distancia corta para alimentar otra máquina (quebradora).

Se usó durante mucho tiempo pala y camiones. Con el perfeccionamiento de los cargadores frontales, especialmente los de neumáticos, estos han ido desplazando a las palas y camiones, haciendo ellos mismos las dos operaciones.

Los cargadores frontales también ya fueron vistos en este curso, sin embargo haremos un análisis de producción y veremos algunos puntos importantes relativos a un cargador frontal en una planta de trituración.

ESTUDIO DE PRODUCCION PARA CARGADOR FRONTAL Marca MICHIGAN, modelo 175-III, CON CUCHARON DE 5.5 Yds. 3 A UNA DISTANCIA DE 550' CARGANDO RO- CA CALIZA.

Cálculo del ciclo de carga y acarreo.

Carga y descarga (constante) . 500'

Acarreo.

Cargado a 550' - a 9.95 MPH
(velocidad 2a. y 3a.)

$\frac{550}{9.95 \times 88}$. 628'

Vacio a 550' - a 17.85 MPH
(velocidad 3a. y 4a.)

Total del ciclo $\frac{.350'}{1.394'}$

1.394' por ciclo entre 50' = 35.87 ciclos.

2.671 peso del material por Y3.

5.50 yardas el cucharón = 14690 lbs.

$$\frac{50'}{1.394} \times \frac{2.671 \times 5.50}{2000} = 263 \text{ tons.}$$

263 tons hora x 8 hrs. = 2104 tons.

2104 tons. x .9078 tons. met. = 1910 tons.métricos.

INDICACIONES UTILES PARA CARGA Y ACARREO CON CAR-
GADOR FRONTAL DE NEUMATICOS EN UNA PLANTA DE --
TRITURACION.

1) Localización de la planta:

Lo más cerca posible, generalmente a unos 45 m. del banco.

2) Los caminos deben estar bien conservados, tener pocas curvas.

Sus pendientes máximas deben ser 10% y en ramblas cortas 20%.

de más de 5% reduzca la producción en 2% / 1%

3) Llantas.

Estas representan el mayor renglón de costos, es necesario vigilarlas.

4) Cucharones y dientes.

El cucharón debe ser considerado como artículo de desgaste.

Salvo que el material sea poco común en peso, en contenido de finos, ó en características de carga el cucharón sugerido por el fabricante será la solución más adecuada.

Si no son necesarios los dientes en el cucharón para excavar, no los use puesto que el material tiende a escaparse entre los dientes estropeando el camino de acarreo.

CARGA Y ACARREO A DISTANCIAS LARGAS.

La carga de roca representa el mismo problema que en el caso anterior, y ya se vieron las ventajas del cargador frontal, el acarreo de roca solamente es económico en camiones especiales para ello, como son tipo Euclid.

- 58 -
**RESISTENCIA DE LAS CÁPSULAS DETONANTES ELÉCTRICAS
 NORMALES Y RETARDADAS.**

Longitudes de las patas de alambre, ft.	Resistencia, ohms por cápsula	
	Normal	Retardada
4	0.94	1.45
6	1.00	1.51
8	1.07	1.58
10	1.13	1.64
12	1.20	1.71
16	1.32	1.84
20	1.45	1.97
24	1.58	2.10
30	1.41	1.93
40	1.62	2.13
50	1.82	2.33
60	2.02	2.53

RESISTENCIA DE ALAMBRE DE COBRE

Calibre AWG Núm.	Resistencia, ohms por 1,000 ft.
8	0.628
10	0.999
12	1.588
14	2.525
16	4.015
18	6.385
20	10.150
22	16.140

**CANTIDADES DE AIRE COMPRIMIDO QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS
Y HERRAMIENTAS NEUMATICAS (Continuación)**

Equipos ó herramientas	Capacidad ó tamaño		Consumo de aire cfm
	Peso lb.	Profundidad del agujero, ft.	
Martillos perforadores	10	0-2	15-25
	15	0-2	20-35
	25	2-8	30-50
	35	8-12	55-75
	45	12-16	80-100
	55	16-24	90-100
	75	8-24	150-175
Martillos para romper pavimentos	35 lb		30-35
	60 lb		40-45
	80 lb		50-50
Martillo neumático de remachar	Remache de 5/8 pulg		25-30
	Remache de 3/4 pulg		30-35
	Remache de 7/8 pulg		35-40
	Remache de 1 1/8 pulg		40-45
	Remache de 1 1/4 pulg		40-45
Sierras: Circular De cadena Alternativa	Hoja de 12 pulg.		40-60
	Hoja de 18-30 pulg.		85-95
	Hoja de 36 pulg.		135-150
	Hoja de 48 pulg.		150-160
	20 full.		45-50
Pistolas atomizadoras	Ligeras		2-3
	Medianas		8-15
	Pesadas		14-30
Bomba para lodos	1 etapa, tir. de 10-40 ft		80-90
	1 etapa, tir. de 100-150 ft		150-170
	2 etapas, tir. de 100-150 ft		160-180
Apisonadores, tierra	35 lb.		30-35
	60 lb		40-45
	80 lb		50-60
Taladros de vagoneta	Piston de 3 pulg.		150-175
	Piston de 2 1/2 pulg.		180-210

CANTIDADES DE AIRE COMPRIMIDO QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NEUMATICAS.
(Presión neumática de 90 psi man.)

Equipos ó herramientas	Capacidad ó tamaño	Consumo de aire, cfm.
Martillos neumáticos	Ligeros Pesados	15-25 25-30
Excavadores de arcilla	Ligeros, 20 lb. Medianos, 25 lb. Pesados, 35 lb.	20-25 25-30 30-35
Vibradores de concreto	2½ pulg. de diámetro de tubo. 3 pulg. de diámetro de tubo. 4 pulg. de diámetro de tubo. 5 pulg. de diámetro de tubo.	20-30 40-50 45-55 75-85
Taladros ó perforadores	1 pulg. de diámetro 1 pulg. de diámetro 4 pulg. de diámetro	35-40 50-75 50-75
Malacales	Un tambor, 2000 lb. de ten. 2 tambores, 2,400 lb. de ten.	200-220 250-260
Aprietatuercas neumático de percusión.	Tuerca de 5/8 pulg. Tuerca de 3/4 pulg. Tuerca de 1¼ pulg. Tuerca de 1½ pulg. Tuerca de 1 3/4 pulg.	15-20 30-40 60-70 70-80 80-90

LONGITUD EQUIVALENTE EN PIES DE TUBO, PESO NORMAL,
CON PERDIDAS DE PRESION SEMEJANTES A LAS CONEXIONES
ATORNILLADAS.

Tamaño nominal del tubo pulg.	Válvula de compuerta	Válvula Eléctrica	Válvula Angular	Codo amplio a través de una T estándar	Codo Estándar ó a través de una T	Salida normal de una T
1/2	0.4	17.3	8.6	0.6	1.6	3.1
3/4	0.5	22.9	11.4	0.8	2.1	4.1
1	0.6	29.1	14.6	1.1	2.6	5.2
1 1/4	0.8	38.3	19.1	1.4	3.5	6.9
1 1/2	0.9	44.7	22.4	1.6	4.0	8.0
2	1.2	57.4	28.7	2.1	5.2	10.3
2 1/2	1.4	68.5	34.3	2.5	6.2	12.3
3	1.8	85.2	42.6	3.1	6.2	15.3
4	2.4	112.0	56.0	4.0	7.7	20.2
5	2.9	140.0	70.0	5.0	10.1	25.2
6	3.5	168.0	84.1	6.1	15.2	30.4
8	4.7	222.0	111.0	8.0	20.0	40.0
10	5.9	278.0	139.0	10.0	25.0	50.0
12	7.0	332.0	166.0	11.0	29.8	59.6

TAMAÑOS DE TUBO RECOMENDADOS PARA LA TRANSMISION DE
AIRE COMPRIMIDO A UNA PRESION DE 80 A 125 PSI MANOMETRICAS.

Volúmen de aire cfm	Tamaño nominal del tubo, pulg.				
	50-200	200-500	500-1,000	1,000-2,500	2,500-5,000
	Longitud de tubo, ft.				
30-60	1	1	1 1/4	1 1/2	1 1/2
60-100	1	1 1/4	1 1/2	2	2
100-200	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2
200-500	2	2 1/2	3	3 1/2	3 1/2
500-1,000	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2
1,000-2,000	2 1/2	4	4 1/2	5	6
2,000-4,000	3 1/2	5	6	8	8
4,000-8,000	6	8	8	10	10

TAMAÑOS DE MANGUERA RECOMENDADOS, EN PULGADAS, PARA LA TRANSMISION DE AIRE COMPRIMIDO A UNA PRESION DE ----- 80 A 125 PSI MANOMETRICAS.

Volúmen de aire cfm	Tipos de herramientas neumáticas	Longitud de manguera, ft.		
		0-25	25-50	50-200
0-15	Pistolas atomizadoras Taladros de $\frac{1}{4}$ de pulgada Martillos neumáticos Aprietatuercas neumático de perc. de $\frac{3}{8}$ de pulg.	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
15-30	Taladros de $\frac{5}{16}$ - $\frac{1}{2}$ pulg. Aprietatuercas neumático de perc. de Martillos neumáticos Taladros para roca de 15 lb	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
30-60	Taladros de $\frac{5}{8}$ -1 pulgada Aprietatuercas neumático de perc. de $\frac{3}{4}$ de pulg. Pistolas para remachar Excavadores de arcilla Apisonadores de terraplén Vibradores de concreto, pequeños Herramientas para demolición ligera y medianas. Taladros de roca de 25 lb.	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
60-100	Taladros de 1-2 pulg. Aprieta tuercas neumático de perc. de $1\frac{1}{4}$ - $1\frac{3}{4}$ pulg. Trituradores pesados. Vibradores de concreto, grandes Bombas para lodos Taladros para roca de 35 a 55 lb. Herramientas para demolición, pesadas.	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1
100-200	Malacates y grúas Arrastradores Taladros de vagoneta Taladros para roca de 75 lb.	1	1	$1\frac{1}{4}$

TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS.

1. - *Cualquier vehículo que esté transportando explosivos deberá estar marcado ó pintado ó tener un letrero en la parte delantera, a ambos lados y en la parte trasera con la palabra "Explosivos" en letras de no menos de 4 pulgadas de altura en colores que hagan contraste, con los del fondo; ó el vehículo deberá llevar en un lugar visible una bandera roja de no menos de 24 pulgadas de lado con la palabra "Explosivos" en letras rojas - de cuando menos 3 pulgadas de altura ó la palabra "Peligro" en letras de 6 pulgadas de altura.*
2. - *Los vehículos no deberán llevar cápsulas detonadoras fulminantes cuando estén transportando otros explosivos; ni metales, herramientas metálicas, aceite, cerillos, armas de fuego, ácidos, sustancias inflamables, ó materiales semejantes.*
3. - *Los vehículos que transportan explosivos no deberán estar sobrecargados y en ningún caso se apilarán las cajas ó latas de explosivos a una altura mayor que la de la carrocería. Cualquier vehículo de caja abierta deberá llevar una lona para cubrir las cajas ó latas de explosivos.*
4. - *Todos los vehículos, cuando estén transportando explosivos deberán inspeccionarse para determinar si: los frenos y el mecanismo de la dirección están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están bien aislados y -- firmemente asegurados; si la carrocería y el chasis están limpios y libres de acumulaciones de aceite y grasas; si el tanque de combustible y la línea de alimentación están seguros, y sin fugas; si se han proporcionado dos extinguidores de incendio, localizados cerca del asiento del chofer; y, en general, si el vehículo está en condiciones adecuadas para el transporte de explosivos.*
5. - *El piso de los vehículos deberá estar perfectamente empalmado y ajustado. Cualquier pieza metálica que esté expuesta en el interior del -- vehículo y que pueda entrar en contacto con algún paquete de explosivos deberá ser cubierta ó protegida con madera ó algún material no metálico.*
6. - *Los explosivos no deben de transportarse en remolques. Asimismo, a los vehículos que transporten explosivos no deberá enganchárseles ningún tipo de remolque.*
7. - *Los vehículos que transportan explosivos no deben llevar pasajeros ni personas no autorizadas para viajar en ellos. No debe permitirse fumar ni llevar cerillos.*
8. - *Los paquetes ó cajas de explosivos no deben aventarse ó dejarse caer al estarlos cargando, descargando ó acarreando, sino que deben depositarse cuidadosamente y almacenarse ó colocarse de tal manera que no*

se deslicen, caigan ó muevan.

9. - Los motores de los vehículos que transportan explosivos deberán estar parados antes de cargar ó descargar los explosivos.

Las recomendaciones para el manejo de explosivos son las siguientes:

MANEJO DE EXPLOSIVOS.

1. - Las cajas ó barriles que contengan explosivos deben levantarse y bajarse cuidadosamente sin deslizarlos uno sobre otro, ó dejarlos caer de un nivel al siguiente, ni manejarse bruscamente.
2. - Las cajas, latas, ó paquetes de explosivos no deben abrirse dentro de un almacén de explosivos ó arsenal, ni siquiera en un radio de 50 -- pies del almacén ó arsenal.
3. - Deben emplearse herramientas fabricadas con madera ó con algún otro material no metálico para abrir las cajas ó barriles ó cualesquier otra vasija en que se encuentre contenido un explosivo. Nunca deben emplearse herramientas metálicas.
4. - Los explosivos y detonantes que se les den a los obreros deberán colocarse en receptáculos aislados independientes, equipados con tapas -- construidas y sujetadas de tal manera que no se puedan abrir accidentalmente durante el transporte.
5. - No deberá permitirse a ninguna persona, excepto al operario, viajar con los explosivos ó detonantes cuando estén siendo transportados en un tiro, túnel, ó cualquier otra obra subterránea.

ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS.

Los explosivos y los detonantes deben depositarse separadamente en almacenes independientes, secos, ventilados, a prueba de balas, y resistentes al fuego, alejados de otros edificios, vías de ferrocarril, y carreteras. La Tabla Americana de Distancias, proporciona las distancias de seguridad entre otros edificios, vías de ferrocarril y carreteras, para cantidades variables de explosivos y detonantes.

Una bodega para el almacenamiento de dinamita debe estar construida de tal manera que se evite el congelamiento de la dinamita durante largos períodos de tiempo en climas fríos. Si la dinamita se congela, deberá descongelarse antes de utilizarla, ya que el peligro de que explote prematuramente es mucho mayor cuando está congelada.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

M E T O D O S D E S E L E C C I O N D E
E Q U I P O

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

JUNIO, 1980



SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

DESARROLLO DE UN PROBLEMA

EL PROBLEMA HA SIDO SIMPLIFICADO PARA FACILITAR SU
USO DIDACTICO.



EL GERENTE DE UNA EMPRESA PIDE AL SUPERINTENDENTE QUE ANALICE EL EQUIPO MAS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

SE TRATA DE MOVER 800,000 M³, DE UN BANCO DE PRISTANO A UN TIRADERO.

LA EMPRESA CUENTA CON 6 MOTOSCREPAS TEREX TS-14 Y 2 CARGADORES MICHIGAN DE 3 1/2 YD³, LOS DOS TIPOS DE MAQUINAS EN PERFECTAS 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.

2'

CALCULO DEL COSTO POR M³ DE ACARREO EN MOTOESCREPA TEREX TS - 14

DATOS :

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO EN BANCO	1600 KG/M ³
ALTITUD S.N.M.	2000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA	15 M ³
PESO DE LA MAQUINA VACIA	24.1 TON
PESO DE LA MAQUINA CARGADA	$24.1 + 1.6 \times 0.8 \times 15 = 43.3$ TON
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 1,330.65
(VER LA SIGUIENTE HOJA)	
MOTOESCREPAS DE TIRO Y EMPUJE	

CONSTRUCTORA X	Máquina: <u>Motoescropa</u>	Hoja No: <u>1/2</u>
	Modelo: <u>Terex TS-14</u>	Calculó: <u>FMS</u>
	Datos Adic: _____	Revisó: <u>F.P.L.</u>
OBRA: <u>Movimiento de Tierras</u>		Fecha: <u>Mayo 1979</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ <u>5'195,830.00</u>	Fecha cotización:	<u>Mayo/79</u>
Equipo adicional - Llantas	<u>355,000.00</u>	Vida económica (Ve):	<u>5</u> años
Valor inicial (Va):	<u>4'840,830.00</u>	Horas por año (Ha):	<u>2000</u> hr/año
Valor rescate (Vr): <u>10 %</u>	<u>=\$ 519,583.00</u>	Motores <u>Diesel</u> de	<u>160</u> HP.
Tasa Interés (i): <u>18 %</u>		Factor operación:	<u>0.70</u>
Prima seguros (s): <u>2 %</u>		Potencia operación:	<u>2 x 0.70 x 160</u> HP. op.
		Coefficiente almacenaje (K):	<u>0.10</u>
		Factor mantenimiento (Q):	<u>0.75</u>

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación: } D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{4840830 - 519583}{10000} = \$ 432.12$$

$$b) \text{ Inversión: } I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i = \frac{4840830 + 519583}{2 \times 2000} \times 0.18 = 241.22$$

$$c) \text{ Seguros: } S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s = \frac{4840830 + 519583}{2 \times 2000} \times 0.02 = 26.80$$

$$d) \text{ Almacenaje: } A = KD = \frac{0.10 \times 432.12}{1} = 43.21$$

$$e) \text{ Mantenimiento: } M = QD = \frac{0.75 \times 432.12}{1} = \underline{\underline{324.09}}$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 1,067.44

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 224 HP. op. x \$ 1.00 /lt. = \$ 44.80

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x \$ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pc

Capacidad carter: C = $\frac{2 \times 16}{100}$ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

a = C/t + $\begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$ x 224 HP. op. = 1.1 lt/hr.

L = 1.1 lt/hr x \$ 11.50 /lt. = 12.65

d) Llantas: LI = $\frac{VII}{Hv}$ (valor llantas)
Hv (vida económica)

Vida económica: Hv = 2 500 horas

LI = $\frac{355\ 000}{2\ 500}$ horas = 142.00

Suma Consumos por Hora \$ 199.45

III. OPERACION .

Salario base : \$ 240.00

Salario real -
operador : 382.55

Sal/turno-prom:\$ 382.55

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

Operación = O = $\frac{S}{H}$ = $\frac{\$ 382.55}{6.00 \text{ horas}}$ = \$ 63.76

Suma Operación por Hora \$ 63.76

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) \$ 1,330.65

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 20 kg/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 MAQUINA

a) Máquina cargada = 10 x 43.3 = 0.4 ton

b) Máquina vacía = 90 x 24.1 = 2.2 ton

F. CORRECCION 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 = $0.4 \times 1.05 = 0.4 \text{ ton}$
- b) Máquina vacía = $2.2 \times 1.05 = 2.3 \text{ ton.}$

Con estos datos, se entra a la gráfica proporcionada por el fabricante, la cual se anexa al final del problema. Anexo A

G. VELOCIDADES:

- a) Máquina cargada = 37 km/h (6a. velocidad)
- b) Máquina vacía = 26 km/h (5a. velocidad)

H. VELOCIDADES MEDIAS: $0.65 \times \text{VELOCIDAD}$

- a) Máquina cargada = 25 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
- Total = 3.5 min

J. COSTO DEL METRO CUBICO DE MATERIAL MOVIDO, EN BANCO :

Tiempo total = 3.5 min

Número de viajes por hora = $\frac{60}{3.5} = 17.1$

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 $\text{m}^3 = \frac{\text{Costo horario}}{\text{Producción real}} = \frac{1330.65}{205.2 \times 0.75} = 8.65$

CALCULO DEL COSTO POR M³ DE ACARREO USANDO CARGADOR FRONTAL MICHIGAN
MODELO 8-111-A Y CAMIONES

DATOS :

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO	1600 KG/M ³
ALTITUD S.N.M.	2000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M
CAMION ALQUILADO A	\$ 4.50 + 3.00/M ³ ABUND.
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DEL CUCHARON	3.5 YD ³
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA	\$ 851.66

(DESARROLLADO EN LA HOJA SIGUIENTE)

CONSTRUCTORA <u>X</u>	Máquina: <u>Cargador Frontal</u> Modelo: <u>Michigan</u> Datos Adic: <u>3.5 yd³</u>	Hoja No: <u>1/2</u> Calculó: <u>EMS</u> Revisó: <u>F.F.L.</u> Fecha: <u>Mayo 1979</u>
OBRA: <u>Movimiento de Tierras</u>		

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ <u>2'757,976.00</u>	Fecha cotización:	<u>Mayo/79</u>
Equipo adicional - Plantas	<u>163,143.00</u>	Vida económica (Ve):	<u>5</u> años
Valor inicial (Va):	<u>2'594,833.00</u>	Horas por año (Ha):	<u>2000</u> hr/año
Valor rescate (Vr):	<u>10% = \$ 275,797.60</u>	Motores <u>Diesel</u> de	<u>290</u> HP.
Tasa Interés (i):	<u>18%</u>	Factor operación:	<u>0.70</u>
Prima seguros (s):	<u>2%</u>	Potencia operación:	<u>203</u> HP. op.
		Coefficiente almacenaje (K):	<u>0.10</u>
		Factor mantenimiento (Q):	<u>1.00</u>

I. ARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$= \frac{2594833 - 275798}{10\ 000}$	$= \$ 231.90$
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i$	$= \frac{2594833 + 275798}{2 \times 2000} \times 0.18$	$= 129.18$
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s$	$= \frac{2594833 + 275798}{2 \times 2000} \times 0.02$	$= 14.35$
d) Almacenaje:	$A = KD$	$= 0.10 \times 231.90$	$= 23.19$
e) Mantenimiento:	$M = QD$	$= 1.00 \times 231.90$	$= 231.90$
Suma Cargos Fijos por Hora			\$ <u>630.52</u>

II. CONSUMOS.

a) Combustible : $E = e P_c$
 Diesel : $E = 0.20 \times 203 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00/\text{lt.} = \$ 40.60$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \$ \text{ /lt.} =$

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$
 Capacidad carter: $C = \frac{30}{100}$ litros
 Cambios aceite : $t =$ horas
 $a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times 203 \text{ HP. op.} = 1.0 \text{ lt/hr.}$
 $L = 1.0 \text{ lt/hr} \times \$ 11.50 \text{ /lt.} = 11.50$

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas)
 Hv (vida económica)
 Vida económica: $Hv = 1500$ horas
 $Ll = \frac{163.143}{1500 \text{ horas}} = 108.76$

Suma Consumos por Hora \$ 160.86

III. OPERACION.

Salario base : \$ 225.00

Salario real -
 operador : 361.65

Sal/turno-prom: \$ 361.65

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = 6.00 \text{ horas}$

Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 361.65}{6.00 \text{ horas}} = \$ 60.28$

Suma Operación por Hora \$ 60.28

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) \$ 851.66

S O L U C I O N

CAPACIDAD DEL CUCHARON = $3.5 \times 0.76 = 2.7 \text{ M}^3$

FACTOR DE CARGA = 1.0

VOLUMEN POR CICLO = $2.7 \text{ M}^3 \times 0.8 = 2.1 \text{ M}^3/\text{CICLO}$

TIEMPO DEL CICLO (CICLO BASICO) 35.0 SEG = 0.58 MIN

$$\frac{35 \text{ SEG}}{60 \text{ SEG}} = 0.58 \text{ MIN}$$

$$\text{CICLOS/HORA} = \frac{60 \text{ MIN/HORA}}{0.58 \text{ MIN/CICLO}} = 103 \text{ CICLOS/HORA}$$

PRODUCCION = $2.1 \text{ M}^3/\text{CICLO} \times 103 \text{ CICLOS/HORA}$

$$= 216 \text{ M}^3/\text{H}$$

$$\frac{851.66}{216 \times 0.75} = 5.26$$

COSTO ACARREO

$$\frac{4.50}{0.8} = 5.63$$

COSTO TOTAL

CARGA — 5.26

ACARREO — 5.63

10.89



QUINCE DIAS DESPUES, EL SUPERINTENDENTE LLEGA CON EL GERENTE A PLANTEARLE LA SOLUCION Y SE ENCUENTRA CON QUE EL GERENTE LE ENVIA LOS CARGADORES, A PESAR DE LA DEMOSTRACION DE LA BONDAD DEL USO DE LAS MOTOESCREPAS Y EL FUERTE AMORRO EN DINERO. A INSISTENCIA DEL SUPERINTENDENTE CONFIESA QUE SE COMPROMETIO A RENTAR LAS MOTOESCREPAS PUESTO QUE LE SIGNIFICAN UNA GANANCIA INTERESANTE.

EL SUPERINTENDENTE QUE CREE EN LA TOMA DE DECISIONES CUANTITATIVA OBTIENE DEL GERENTE LOS SIGUIENTES DATOS :

GANANCIA NETA DE MOTOESCREPA/MES = 20,000

TIEMPO DE EJECUCION : $2 \times 6 \times 2 \times 25 \times 1.62 = 97,200 \text{ M}^3/\text{MES}$

$$\frac{800,000}{97,200} = 8.2 \text{ MESES}$$

GANANCIA TOTAL = $8.2 \times 6 \times 20,000 = 984,000$

$$\text{GANANCIA} / \text{M}^3 = \frac{984,000}{800,000} = 1.23$$

RESTANDO AL COSTO DE CARGADOR + CAMIONES 1.23 TENDREMOS COMO COSTO NETO, TOMANDO EN CONSIDERACION LA UTILIDAD DE LA RENTA :

$$10.89 - 1.23 = 9.66$$

LAS TRES ALTERNATIVAS SERIAN ASI :

MOTOESCREPAS	8.65
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	10.89
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	
RENTANDO MOTOESCREPAS	9.66

EL INGENIERO VA CON EL GERENTE A DEMOSTRARLE QUE SU DECISION ES MALA.
 SIN EMBARGO EL GERENTE LE DICE QUE DESCONFIA DE SU CALCULO DE DURACION DE LA OBRA, PUES NO HA CONSIDERADO TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA.
 EL SUPERINTENDENTE ANALIZA CON DIFERENTES FACTORES SU TIEMPO DE EJECUCION.

8'

No. DE HORAS TRABAJADAS	FACTOR EFICIENCIA	COSTO REAL	TIEMPO DE EJECUCION (MESES)
300	0.75	9.66	8.2
280	0.75	9.57	8.8
260	0.75	9.47	9.5
240	0.75	9.34	10.3
220	0.75	9.21	11.2
200	0.75	9.04	12.3
180	0.75	8.83	13.7
160	0.75	8.58	15.4

* Ejemplo de cálculo :

$$2 \times 280 \times 162 = 90,720$$

$$\frac{800\ 000}{90\ 720} = 8.8 \text{ MESES}$$

$$8.8 \times 6 \times 20\ 000 = 1\ 056,000$$

$$\frac{1\ 056\ 000}{800\ 000} = 1.32$$

$$10.89 - 1.32 = 9.57$$

ESTO ES UN EJEMPLO DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

PARA QUE CONVenga EL ALQUILER NECESITA TARDARSE 15.4

MESES O SEA 7 MESES MAS (88% MAS DEL TIEMPO PLANEADO).

EL GERENTE DUDA PERO CASI CON SEGURIDAD SE INCLINARA

POR SU DECISION ORIGINAL.

AL SUPERINTENDENTE SE LE OCURRE QUE YA QUE ESTA OBLI

GADO A OCUPAR CAMIONES ¿QUE SUCEDE SI COMPRA LA EMPRE-

SA LOS CAMIONES?

HACE EL SIGUIENTE ANALISIS.

CALCULO CON CAMIONES DE LA EMPRESA

DATOS :

MATERIAL	LIMO ARENOSO
PESO VOLUMETRICO	1600 KG/M ³
ALTITUD S.N.M.	2000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DEL CAMION	6 M ³
COSTO DIRECTO HORA-CAMION	187.84
VELOCIDAD PROMEDIO DE IDA	15 KM/H
VELOCIDAD PROMEDIO DE REGRESO	30 KM/H

TIEMPO DEL CICLO

DE IDA : $t = \frac{370 \times 60}{15000} = 1.5 \text{ MIN}$

DE REGRESO : $t = \frac{370 \times 60}{30000} = \underline{\underline{0.7 \text{ MIN}}}$

TOTAL = 2.24MIN

CONSTRUCTORA X	Máquina: <u>Camión Volteo</u> Modelo: _____	Hoja No: <u>1/2</u> Calculó: <u>BMS</u>
OBRA: <u>Movimiento de Tierras</u>	Datos Adic: <u>Cap. = 6.00 m³</u>	Revisó: <u>F.F.L.</u> Fecha: <u>Mayo 1979</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ <u>375,000.00</u>	Fecha cotización: <u>Mayo/79</u>
Equipo adicional - Llantas (6) <u>23,364.00</u>	Vida económica (Ve): <u>5</u> años
Valor inicial (Va): <u>351,636.00</u>	Horas por año (Ha): <u>2000</u> hr/año
Valor rescate (Vr): _____ % = \$ _____	Motores Diesel de <u>210</u> HP.
Tasa interés (i): <u>18</u> %	Factor operación: <u>0.70</u>
Prima seguros (s): <u>2</u> %	Potencia operación: <u>147</u> HP. op.
	Coefficiente almacenaje (K): <u>0.10</u>
	Factor mantenimiento (Q): <u>0.90</u>

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación: } D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{351\,636 - 0}{10\,000} = \$ 35.16$$

$$b) \text{ Inversión: } I = \frac{Va + Vr \cdot i}{2 \cdot Ha} = \frac{351\,636 + 0}{2 \times 2000} \times 0.18 = 15.82$$

$$c) \text{ Seguros: } S = \frac{Va + Vr \cdot s}{2 \cdot Ha} = \frac{351\,636 + 0}{2 \times 2000} \times 0.02 = 1.76$$

$$d) \text{ Almacenaje: } A = KD = \frac{0.10 \times 35.16}{1} = 3.52$$

$$e) \text{ Mantenimiento: } M = QD = \frac{0.90 \times 35.16}{1} = 31.64$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 87.90

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 147 HP. op. x \$ 1.00 /lt. = \$ 29.40

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x \$ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 6 litros

Cambios aceite : t = 70 horas

a = C/t + { 0.0035 x 147 HP. op. = 0.60 lt/hr.

{ 0.0030

L = 0.60 lt/hr x \$ 11.50 /lt. = 6.90

d) Llantas: LI = $\frac{VII}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1500 horas

LI = $\frac{23,364}{1500 \text{ horas}}$ = 15.58

- Suma Consumos por Hora \$ 51.88

II. OPERACION .

Salario base : \$ 180.00

Salario real - operador : 288.36

Sal/turno-prom: \$ 288.36

Horas/turno-prom.: (1-1)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

Operación = O = $\frac{S}{H} = \frac{\$ 288.36}{6.00 \text{ horas}}$ = \$ 48.06

Suma Operación por Hora \$ 48.06

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) \$ 187.84

TIEMPO DEL CICLO DEL CARGADOR $\frac{35 \text{ SEG}}{60 \text{ SEG}} = 0.58 \text{ MIN}$

PARA CARGAR UN CAMION DE 6 M³ SON NECESARIOS 3 CICLOS DE OPERACION 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 CAMION = 2.24 + 1.74 + 0.5 = 4.48 MIN

NUMERO DE VIAJES POR HORA

$$\frac{60 \times 0.75}{4.48} = \frac{45}{4.48} = 10.04$$

VOLUMEN POR HORA 10.04 x 6.0 = 60.24 M³

$$\text{COSTO POR M}^3 \frac{187.84}{60.24 \times 0.8} = \underline{\underline{3.90}}$$

NUMERO DE CAMIONES

PRODUCCION DEL CARGADOR 216 x 0.75 = 162 M³

$$\frac{162}{48.19} = 3.36 = 4 \text{ CAMIONES}$$

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES:

$$\frac{4}{3.36} = 1.19$$

$$3.90 \times 1.19 = \underline{\underline{\$4.64}}$$

COSTO DEL ACARREO MAS CARGA

ACARREO = 4.64

CARGA = 5.26

TOTAL = \\$9.90
 =====

LE RESULTAN PUES LAS SIGUIENTES ALTERNATIVAS

A) MOTOESCREPAS	8.65
B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	10.89
C) IGUAL A B) RENTANDO MOTOESCREPAS	9.66
D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS	9.90
E) IGUAL A D) RENTANDO MOTOESCREPAS	8.67

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 ESTADISTICA 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
13	1	0.16
27	2	.34
15	3	.20
12	4	.15
12	5	.15
79		1.00

ENCUENTRA TAMBIEN QUE SE HAN VENDIDO EN LA FORMA SIGUIENTE

	§ VALOR DE ADQUISICION
1	50
2	35
3	25
4	20

CON ESTO ENCUENTRA LOS VALORES DE DEPRECIACION REAL POR HORA DEL CAMION

SI SE VENDE AL FINAL DEL AÑO	VALOR DEPRECIADO	No. HORAS	DEPRECIACION POR HORA
1	175,818	2000	87.91
* 2	228,563	4000	57.14
3	263,727	6000	43.95
4	281,309	8000	35.16
5	351,636	10 000	35.16

$$* 351,636 \times 0.65 = 228,563$$

COSTO DE HORA MAQUINA

AÑO	COSTO/HORA	COSTO ACARREO	PROBABILIDAD	
1	240.59	5.94	.16	0.95
2	209.82	5.18	.34	1.76
* 3	196.63	4.86	.20	0.97
4	187.84	4.64	.15	0.70
5	187.84	4.64	.15	0.70
VALOR ESPERADO				5.08

(NO SE HA TOMADO EN CUENTA EL AUMENTO EN INTERESES DE LA INVERSION)

$$* 187.84 - 35.16 + 43.95 = 196.63$$

ACARREO ESPERADO - 5.08

CARGA 5.26

10.34

- UT. MOTOESCREPAS 1.23

9.11

LAS ALTERNATIVAS SON

A) MOTOESCREPAS	8.65
B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	10.89
C) IGUAL A B) RENTANDO MOTOESCREPAS	9.66
D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS USO)	9.90*
E) IGUAL A: D) RENTANDO MOTOESCREPAS	8.67*
F) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADISTICO)	10.34
G) IGUAL A F) RENTANDO MOTOESCREPAS	9.11

* CONDICIONADOS.

EL GERENTE POR FIN ACEPTA LA PROPOSICION DEL SUPERINTEN
DENTE. EL SUPERINTENDENTE SIGUE CON LA PLANEACION DE SU
TRABAJO Y PIENSA SI NO PODRIA PAVIMENTAR EL CAMINO Y ASI
PODER INCREMENTAR LA VELOCIDAD Y DISMINUIR LA INVERSION
EN LA COMPRA DE 8 CAMIONES.
CONSIDERA QUE LOS CAMIONES SE AMORTIZARAN TOTALMENTE EN
LA EMPRESA.

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO
PAVIMENTADO

VELOCIDAD DE IDA 20 KM/H

VELOCIDAD DE REGRESO 35 KM/H

$$\text{DE IDA : } t = \frac{370 \times 60}{20 \ 000} = 1.11 \text{ MIN}$$

$$\text{DE REGRESO: } t = \frac{370 \times 60}{35 \ 000} = 0.63$$

$$\text{TOTAL} = 1.74 \text{ MIN}$$

$$\text{TIEMPO TOTAL DEL CICLO} = 1.74 + 1.74 + 0.5 = 3.98 \text{ MIN}$$

$$\text{NUMERO DE VIAJES POR HORA} = \frac{45}{3.98} = 11.31$$

$$\text{VOLUMEN POR HORA} = 11.31 \times 6 = 67.86 \text{ M}^3$$

$$\text{COSTO POR M}^3 = \frac{187.84}{67.86 \times 0.8} = \$ 3.46$$

$$\text{NUMERO DE CAMIONES} = \frac{\text{PRODUCCION DEL CARGADOR}}{\text{VOL. POR HORA X COEF. DE ABUNDAMIENTO}}$$

$$\frac{162 \text{ M}^3}{54.29} = 2.98 = 3 \text{ CAMIONES}$$

14)

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES :

$$\frac{3}{2.98} = 1.01$$

$$3.46 \times 1.01 = 3.49$$

COSTO DEL ACARREO MAS CARGA

$$\text{ACARREO} = 3.49$$

$$\text{CARGA} = \underline{5.26}$$

$$\text{\$ } 8.75$$

$$\text{- UT. MOTOESCREPAS} \quad \underline{\text{\$ } 1.23}$$

$$\text{\$ } 7.52$$

AL COTIZAR EL PAVIMENTO ENCUENTRA QUE UNA EMPRESA QUE SE DEDICA A

ESE TIPO DE TRABAJO LE PLANTEA UN PRESUPUESTO DE \$ 600,000.00.

EL COSTO POR M³ ES DE

$$\frac{600,000}{800,000} = 0.75$$

$$\text{EL COSTO TOTAL ES PUES} \quad + \quad 7.52$$

$$\underline{0.75}$$

$$\text{\$ } 8.27$$

LA ALTERNATIVAS SON

A) MOTOESCREPAS	8.65
B) CARGADOR Y CAMION ALQUILADO	10.89
C) IGUAL A B) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS	9.66
D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS USO)	9.90
E) IGUAL A D) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS	8.67
F) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADISTICO)	10.34
G) IGUAL A F) RENTANDO MOTOESCREPAS	9.11
H) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS PAVIMENTADO EL CAMINO Y RENTANDO MOTOESCREPAS	8.27

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, \$ 600,000 QUE NO RECUPERARA SINO HASTA LA TERMINACION DEL TRABAJO, PUES ASI REZA EN EL CONTRATO.

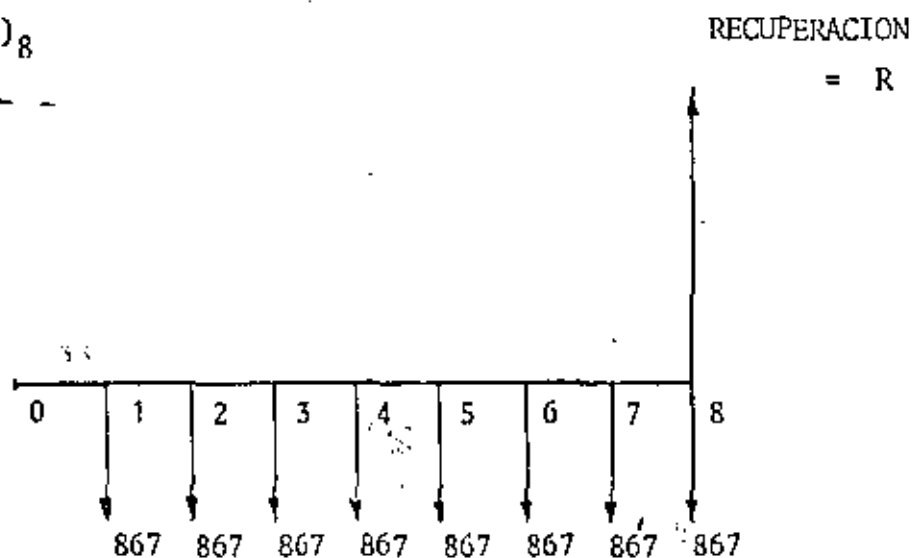
EL SUPERINTENDENTE CONSIDERA QUE SI HAY DIFERENCIA EN LOS DOS SISTEMAS DE EGRESO, POR LO QUE DECIDE REALIZAR UN ESTUDIO DE VALOR ACTUALIZADO.

HACE UNA COMPARACION ENTRE LAS ALTERNATIVAS E Y H HACIENDO USO DEL METODO DE VALOR ACTUALIZADO.

COMO LA RECUPERACION ES AL FINAL Y ES LA MISMA EN EL TIEMPO Y EN SU VALOR, NO LA CONSIDERA PARA FINES DE COMPARACION.

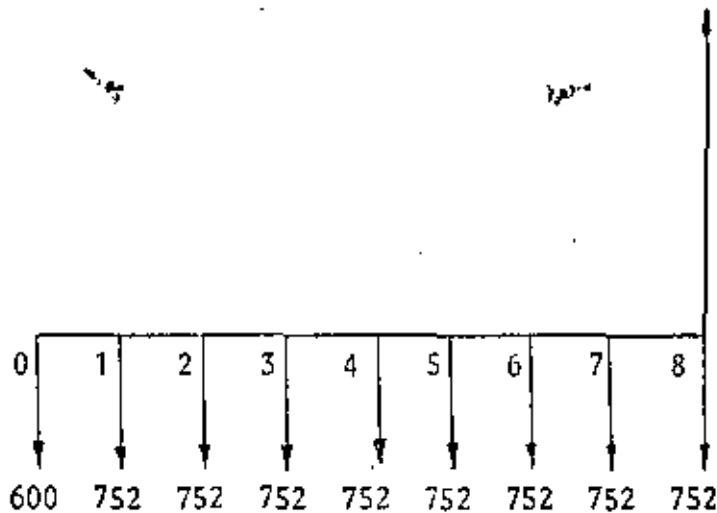
SUPONE QUE LA OBRA DURARA 8 MESES Y QUE LOS EGRESOS POR COSTO DIRECTO SERAN LINEALES; LE RESULTAN ASI LAS SIGUIENTES GRAFICAS DE INGRESOS-EGRESOS.

CASO (E)₈



EN MILES DE PESOS

$$\text{COSTO/MES} = \frac{8.67 \times 800,000}{8} = 867,000$$

CASO (H)₈RECUPERACION
= R

$$\text{COSTO/MES} = \frac{7.52 \times 800,000}{8} = 752,000$$

EL SUPERINTENDENTE SUPONE UNA TASA DE INTERES MINIMA ACEPTABLE DE 1% MENSUAL. USANDO LA TABLA DE LOS APUNTES OBTIENE LOS SIGUIENTES VALORES ACTUALIZADOS.

CASO (E)₈ INTERES 1%

$$867,000 \times 7.652 = 6'634,284.00$$

CASO (H)₈ INTERES 1%

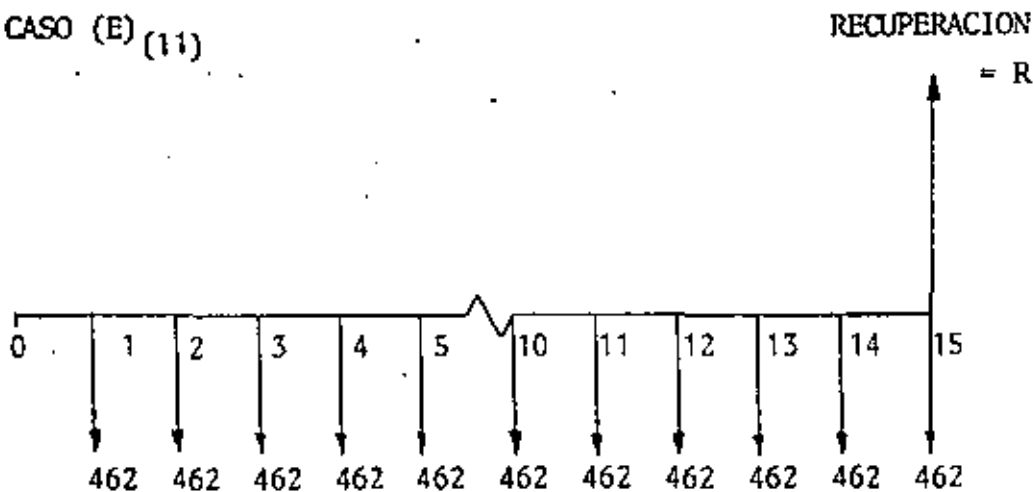
$$600,000 + 752,000 \times 7.652 = 6'354,304.00$$

LE CONVIENE SELECCIONAR LA ALTERNATIVA DE COSTO ACTUALIZADO MINIMO, QUE SIGUE SIENDO LA (H).

EL GERENTE LE RECUERDA QUE EL PIENSA QUE SE VA A TARDAR 15 MESES -- EN EL TRABAJO.

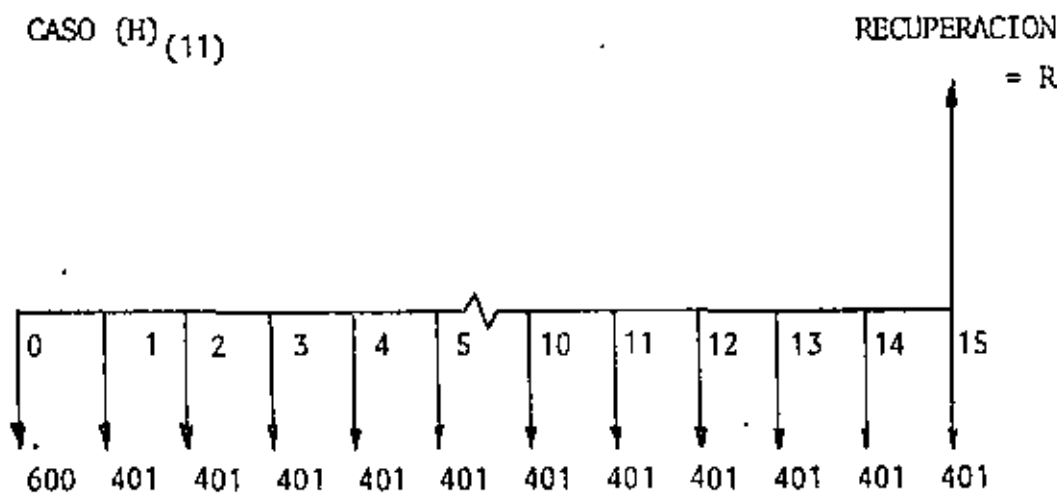
EL SUPERINTENDENTE SUPONE LOS 15 MESES Y OBTIENE LO SIGUIENTE -----

CASO (E) (11)



$$\text{COSTO/MES} = \frac{8.67 \times 800,000}{15} = 462,400.00$$

CASO (H) (11)



$$\text{COSTO/MES} = \frac{7.52 \times 800,000}{15} = 401,066.66$$

SUPONIENDO EL MISMO INTERES Y COMO EN EL CASO ANTERIOR QUE GASTOS Y RECUPERACIONES SE VERIFICAN AL FIN DE MES, Y USANDO LA TABLA DE VALORES ACTUALIZADOS OBTENDREMOS :

CASO (E)₁₁ 11 MENSUAL

$$462,400 \times 13.865 = 6,411,176.00$$

CASO (H)₁₁ 1% MENSUAL

$$600,000 + 401,066.66 \times 13.865 = 6'160,789.00$$

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 18% DE INTERES ANUAL: 1 1/2% MENSUAL.

EN EL CURSO DE DURACION 8 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES ACTUALIZADOS.

CASO E₈ INTERES 1 1/2% MENSUAL.

$$867,000 \times 7.846 = 6'490,362.00$$

CASO H₈ INTERES 1 1/2% MENSUAL

$$600,000 + 752,000 \times 7.486 = 6'229,472.00$$

EN EL CASO DE DURACION 15 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES

CASO E₁₁ INTERES 1 1/2% MENSUAL

$$462,400 \times 13.344 = 6'170,266.00$$

CASO H₁₁ INTERES 1 1/2% MENSUAL

$$600,000 + 401,066.66 \times 13.344 = 5'951,833.00$$

CON TODOS ESTOS DATOS EL SUPERINTENDENTE HACE LA SIGUIENTE TABLA.

COSTO ACTUALIZADO			
	CASO E	CASO H	E - H
DURACION 8 MESES INTERES 1%	6'634,284.00	6'354,304.00	279.980
DURACION 8 MESES INTERES 1 1/2%	6'490,362.00	6'229,472.00	260.890
DURACION 15 MESES INTERES 1%	6'411,176.00	6'160,789.00	250.387
DURACION 15 MESES INTERES 1 1/2%	6'170,266.00	5'951,833.00	218.433

LA DIFERENCIA E-H ES SIEMPRE POSITIVA POR LO QUE EN TODOS LOS CASOS

CONVIENE LA SOLUCION H, PUESTO QUE EL COSTO ACTUALIZADO ES MENOR.

PODEMOS DECIR QUE LA SALIDA ES POCO SENSIBLE A LOS CAMBIOS EN -----

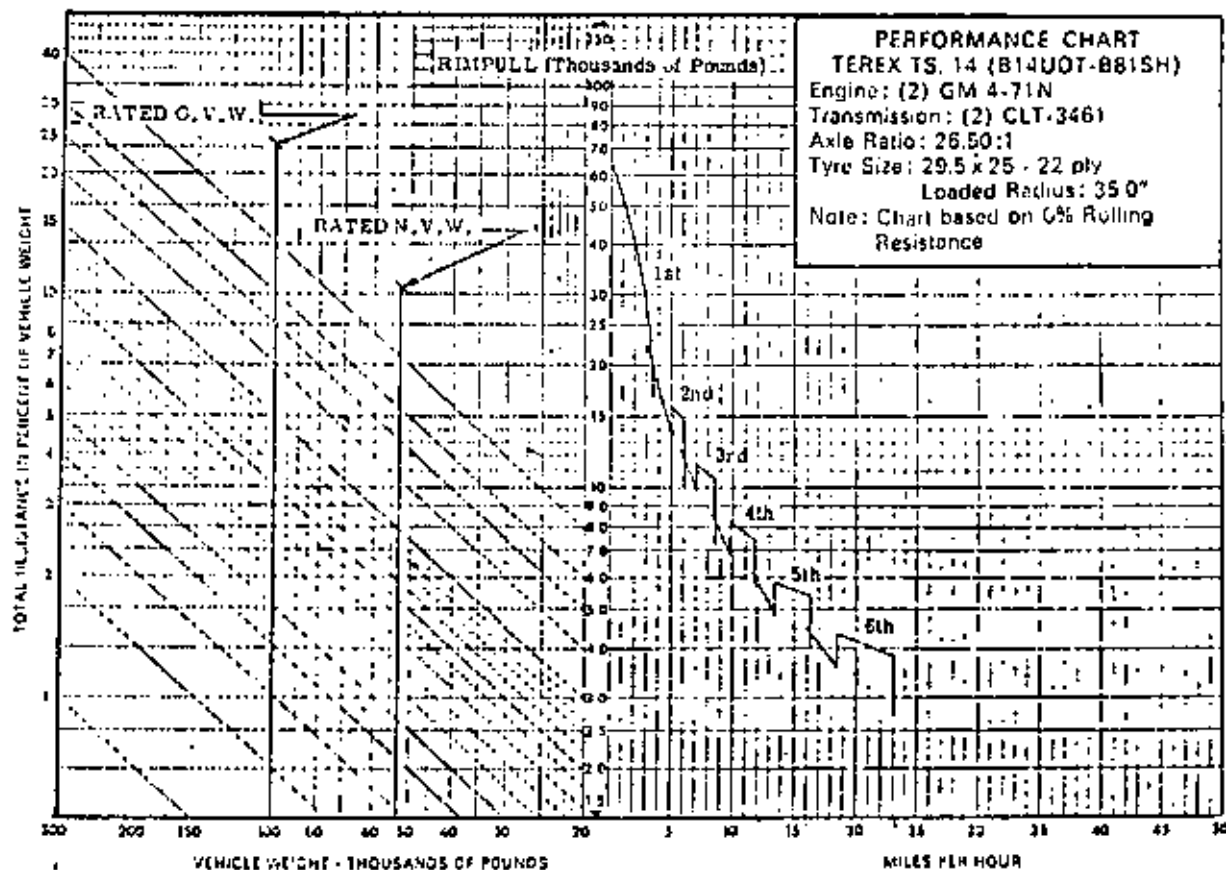
TIEMPO E INTERES, DENTRO DE LOS RANGOS ESTUDIADOS. PODREMOS PUES -

CON UNA CONFIANZA RAZONABLE PROCEDER A PAVIMENTAR EL CAMINO.

ATENCION. AL SIMPLIFICAR LA SOLUCION DEL PROBLEMA SOLO SE HAN - -

CONSIDERADO DECISIONES A NIVEL DE COSTO DIRECTO.

Anexo A



INSTRUCTIONS:

1. FIND VEHICLE WEIGHT ON LOWER LEFT HORIZONTAL SCALE
2. READ UP TO SLANTED TOTAL RESISTANCE

3. FROM INTERSECTION READ HORIZONTALLY TO THE RIGHT TO INTERSECTION WITH PERFORMANCE OR RETARDER CURVE
4. READ DOWN FOR VEHICLE SPEED

$$1 \text{ Ton} = 2200 \text{ lb}$$

$$1 \frac{\text{Milla}}{\text{h}} = 1.609 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$



TEREX Division, Hudson, Ohio, U.S.A. 44236
 General Motors Scotland Limited, Lanarkshire, Scotland
 Diesel Division, General Motors of Canada Limited, London, Ontario

(Anexo B)

El rendimiento aproximado de un cargador por medio de reglas y fórmulas puede estimarse del modo siguiente:

Se calcula la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo y esta se multiplica por el número de ciclos por hora. De esta forma se obtiene el rendimiento horario.

$$m^3/\text{Hora} = m^3/\text{Ciclo} \times \text{Ciclos/hora}$$

La cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo es la capacidad nominal del cucharón afectada por un factor que se denomina "Factor de Carga", expresado en forma de porcentaje, que depende del tipo de material que se cargue. Este factor de llenado o de carga debe tomarse muy en cuenta pues el cucharón no se puede llenar al ras más que en los terrenos ligeros en condiciones óptimas. En terrenos pesados especialmente arcilla, el cucharón sólo se llena parcialmente, mientras que en materiales rocosos el llenado es aún más imperfecto

$$m^3/\text{Ciclo} = \text{Capacidad nominal del Cucharón} \times \text{Factor de Carga}$$

El factor de carga se puede determinar empíricamente para cada caso en particular o sea por medio de mediciones físicas, o tomarse de los manuales de fabricantes, por ejemplo, tenemos los siguientes valores, tomados de un fabricante:

<u>MATERIAL SUELTO</u>	<u>FACTOR DE CARGA</u>
Agregados Húmedos mezclados	95 - 100 %
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100 %
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90 %
Agregados de 1/2" a 3/4"	90 - 95 %
Agregados de 1" - o más	85 - 90 %
 <u>MATERIAL DINAMITADO</u>	
Bien fragmentado	80 - 85 %
De fragmentación mediana	75 - 80 %
Mal fragmentado	60 - 65 %

A N E X O I

VALUACION DE ALTERNATIVAS

VALUACION DE INSUMOS

Al considerar los insumos y su costo, así como sus beneficios, - estamos realmente tomando en cuenta los flujos de ingresos y recuperaciones, sin embargo tanto los ingresos como las recuperaciones, se verifican a través del tiempo y vamos a ver que el factor tiempo tiene -- gran importancia.

Ya que nuestro objetivo es el económico, al valuar insumos y -- productos utilizamos como medio de valuación una unidad monetaria, - sin embargo el valor de la unidad monetaria es función del tiempo, y - dado que la corriente de beneficios y costos ocurre a lo largo del tiempo, no es posible compararlos y plantear la necesidad de uniformizar -- sus valores antes de proceder a la suma.

Los procedimientos usados para uniformizar este valor se basan en las fórmulas de interés compuesto, para utilizar estas fórmulas se consideran una tasa de pérdida de valor que se denomina tasa de actualización y también tasa de interés mínima aceptable.

INTERES COMPUESTO

Llamando "F" al valor futuro de un Capital, "C" al interés compuesto, colocado a una tasa "i" durante "n" número de años, tendremos que el capital acumulado al final del enésimo intervalo es --- $C(1+i)^n$. Tomando la notación arriba indicada.

$$F = C (1+i)^n$$

Donde repitiendo "i" es la tasa de interés usada, y "n" es el número de intervalos de tiempo que componen el período comprendido entre hoy (Capital "C") y el futuro (Capital "F"). Al factor -- $(1+i)^n$ le llamaremos "Factor de valor futuro".

Despejando "C" tendremos

$$C = \frac{F}{(1+i)^n}$$

Que nos dá el valor actualizado de un capital "F" futuro a "n" intervalos de tiempo a partir de hoy. Al factor $\frac{1}{(1+i)^n}$ se le llama -- "Factor de valor actualizado".

Estos factores se encuentran tabulados en los libros de interés compuesto o de Ingeniería Económica para diferentes valores de "i" y de "n". Al final del capítulo se presenta una tabla de los factores de valor actualizado como ejemplo.

Utilizando estas fórmulas de interés compuesto es posible uniformizar valores de Capitales que se usan o reciben a través del tiempo, de modo que sean comparables y puedan utilizarse para poder tomar una decisión.

EL METODO DEL VALOR ACTUALIZADO

Consiste en obtener los valores presentes equivalentes a los capitales futuros, tanto de ingresos como de recuperaciones. Se utiliza por supuesto la fórmula del interés compuesto, multiplicando a cada valor futuro por el factor de valor actualizado correspondiente. Cuando se usan simultáneamente egresos y recuperaciones en una alternativa, en general se asocian a ellos signos contrarios; signo positivo para las recuperaciones y signo negativo para los egresos.

El valor actualizado equivalente será egreso o recuperación actualizado si la suma algebraica resulta negativa o positiva respectivamente. Generalmente se actualizan por separado los beneficios y los costos, pues para comparar las diversas alternativas, se usan como criterio de comparación, no solo el resultante final de la suma algebraica, sino el cociente de los beneficios sobre costos actualizados, otro procedimiento conveniente dependiendo de la naturaleza del problema.

Estos métodos son tanto más importantes en la forma de decisiones en la construcción cuanto mayor sea el tiempo de ejecución de la obra, puesto que las diferencias entre los capitales no actualizados y actualizados será mayor.

Al tomar decisiones dentro del ámbito de la empresa, sí es muy importante considerar la variación con el tiempo del valor del dinero, ya que la empresa efectúa sus operaciones a lo largo de tiempos considerablemente largos.

3

TABLAS DE INTERES COMPUESTO
FACTORES DE ACTUALIZACION

No.	1%		12%	
	Pago Simple	Serie Uniforme de pagos	Pago Simple	Serie Uniforme de pagos
1	0.9901	0.990	0.8929	0.893
2	0.9803	1.970	0.7972	1.690
3	0.9706	2.941	0.7118	2.402
4	0.9610	3.902	0.6357	3.037
5	0.9515	4.853	0.5674	3.605
6	0.9420	5.795	0.5066	4.111
7	0.9327	6.728	0.4523	4.554
8	0.9235	7.652	0.4039	4.968
9	0.9143	8.566	0.3606	5.328
10	0.9053	9.471	0.3220	5.650
11	0.8963	10.368	0.2875	5.938
12	0.8874	11.255	0.2567	6.194
13	0.8787	12.134	0.2292	6.424
14	0.8700	13.004	0.2046	6.628
15	0.8613	13.865	0.1827	6.811
16	0.8528	14.718	0.1631	6.974
17	0.8444	15.562	0.1456	7.120
18	0.8360	16.398	0.1300	7.250
19	0.8277	17.226	0.1161	7.366
20	0.8195	18.046	0.1037	7.460
21	0.8114	18.857	0.0926	7.562
22	0.8034	19.660	0.0826	7.645
23	0.7954	20.456	0.0738	7.718
24	0.7876	21.243	0.0659	7.784
25	0.7798	22.023	0.0588	7.843
26	0.7720	22.795	0.0525	7.895
27	0.7644	23.560	0.0469	7.943
28	0.7568	24.316	0.0419	7.984
29	0.7493	25.066	0.0374	8.022
30	0.7419	25.808	0.0334	8.055
31	0.7346	26.542	0.0298	8.085
32	0.7273	27.270	0.0266	8.112
33	0.7201	27.990	0.0238	8.135
34	0.7201	27.703	0.0212	8.157
35	0.7050	29.409	0.0189	8.176
40	0.6717	32.835	0.0107	8.244
45	0.6391	36.095	0.0061	8.283
50	0.6080	39.198	0.0035	8.305
75	0.4741	52.587		
100	0.3697	63.020		

TOMA DE DECISION

PRUEBA DEL MODELO

Es muy conveniente que al desarrollar un modelo, para que represente convenientemente el sistema se pruebe continuamente mientras se está construyendo.

Al terminar el modelo se realizan pruebas para garantizar su propiedad. Si el modelo tiene deficiencias, es decir las salidas, no corresponden a la realidad del sistema, pueden deberse a que no se seleccionaron adecuadamente las variables dignificativas, o bien las relaciones entre variables no corresponden a la realidad.

Pueden también probarse el modelo a través de pruebas parciales o restringidas de las soluciones propuestas siempre que esto sea posible.

SENSIBILIDAD

Sensibilidad de un sistema en general se refiere al cambio o cambios en los parámetros del sistema (coeficiente o en su caso entradas).

La sensibilidad tiene especial importancia, pues le indica al ingeniero como se comporta una decisión cuando las condiciones cambian por alguna razón.

El estudio de la sensibilidad es muy importante para formar la decisión, puede ser que una decisión tenga alta sensibilidad, esto sea vulnerable a pequeños cambios de las variables controlables. Cuando esto sucede es muy conveniente realizar una investigación que nos asegure la validez de los datos que están siendo evaluados.

SELECCIÓN DE LA VIA DE ACCION

Cualquiera que sea el sistema de comparación de alternativas, desde simple intuición hasta el uso de complicados modelos matemáticos, hay que tomar en cuenta ciertas condiciones que influyen importantemente en la decisión.

En primer lugar la persona o personas que van a tomarla. En general la valuación en términos del objetivo no forma algunas varia--

bles en consideración, o puede ser que se consideren variables no significativas algunas variables de carácter probabilístico. Una persona con propensión a no tomar riesgos en un caso de los anteriores, tomará una decisión diferente a una persona que toma riesgos. Esto es una característica psicológica del sujeto que va a tomar la decisión y conviene tomarlo en cuenta.

De todos modos hay que repasar las variables que se consideraron no significativas, pues hay variables que para ciertos valores no son significativas, pero que en otros rangos sí lo son. Un repaso en función de la valuación de las alternativas es pues conveniente.

También es frecuente que la valuación se realice bajo certeza, cuando en prácticamente todos los problemas de Ingeniería se presentan bajo riesgo o incertidumbre. En el momento de tomar una decisión, conviene también repasar cuáles son las condiciones en que realmente se presenta el problema.

El análisis de sensibilidad es también muy conveniente, pues nos indicará como se comporta una solución ante variaciones en las condiciones planteadas.

En general todos estos puntos son analizados y pesados al tomar la decisión, cualquiera que sea el procedimiento de valuación de alternativas que se haya seguido.

DECISIONES CON VARIABLES ALEATORIAS

GENERALIDADES

En todos los problemas a que se enfrenta el Ingeniero Civil existe un grado de incertidumbre principiando por la información que recibe, las condiciones del medio ambiente, etc.

El concepto probabilidad es conocido por todo el mundo y su definición ha variado en el transcurso del tiempo. La definición matemática de la probabilidad no pertenece a este curso y en su lugar se puede hablar de probabilidad como la frecuencia relativa de éxito en un experimento, de forma que es el cociente del número de eventos favorables dividido entre el número total de eventos del experimento. De esta definición se puede de inmediato concluir que la probabilidad variará entre cero y uno incluyendo ambos valores, pero que no puede tomar ningún otro valor menor de cero o mayor de uno.

Certeza probabilista es la que se tiene con respecto a un fenómeno o evento cualquiera con probabilidad de ocurrencia = 1. (Evento seguro).

Sin embargo, dentro de los sistemas - obra es muy difícil encontrar eventos cuya probabilidad de ocurrencia sea uno. Esto nos dirige hacia la utilización de técnicas que tomen en cuenta el aspecto probabilista de los fenómenos que maneja. Esto no quiere decir que el ingeniero trate todos los problemas en forma probabilista, sino que cuando menos tenga en cuenta el aspecto probabilista y lo utilice cuando el problema por su importancia se lo exija.

Antes de hacer referencia a las técnicas que ayudan al ingeniero a hacer frente a los problemas probabilistas, comentaremos brevemente los aspectos de riesgo e incertidumbre.

Muy relacionados con los aspectos de probabilidad están los conceptos de riesgo e incertidumbre. En realidad ambos reflejan el punto de vista probabilista de los problemas y no hay distinción clara entre ambos conceptos. Mientras algunos autores los consideran equivalentes, otros establecen una distinción, la que adoptaremos aquí: El análisis del riesgo lo utilizaremos en aquellos casos en que existan eventos probabilistas, pero sus características (la más importante es la distribución de probabilidad) se conocen; mientras que la incertidumbre existe en aquellos casos en que no se conocen las características probabilistas de un fenómeno.

ANEXO II

SINTESIS SOBRE PROBABILIDAD

por

S. ZUÑIGA B.

En el presente trabajo se hace una síntesis sobre algunos conceptos de probabilidad, enunciándolos someramente y sin demostración. Para hacerlos más claros frecuentemente se recurre a dar ejemplos.

Experimento:

Es una acción mediante la cual se obtiene un resultado y se realiza la observación de éste.

Experimento Aleatorio:

Experimento cuyo resultado no se pueda predecir antes de que se realice el experimento.

Ejemplo 1. - Tirar un volado, antes de tirarlo no se conoce si el resultado es águila o sol.

Experimento Determinista:

Experimento cuyo resultado se puede predecir antes de que se realice el experimento.

Ejemplo 2. - Sumar 2 números pares, se conoce de antemano que el resultado va a ser un número par.

Eventos Elementales:

Son los resultados más simples de un experimento.

Ejemplo 3. - Al tirar un dado y observar el "número resultante" los eventos elementales son seis: 1, 2, 3, 4, 5, 6. El evento "cae par" no es un evento elemental ya que se puede expresar mediante los eventos 2, 4, 6.

Espacio de Eventos:

Es la totalidad de eventos elementales de un experimento.

Ejemplo 4.- Al tirar un dado, el espacio de eventos es el conjunto de los seis eventos elementales $s = 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

Eventos Elementales igualmente posibles:

Cuando al realizar un experimento aleatorio no existen factores que favorezcan la aparición de un evento elemental, se dice que estos son igualmente posibles.

Probabilidad Clásica:

Supongamos que es finito el número de eventos elementales "n" de que está compuesto el espacio de eventos asociado a un experimento aleatorio y además que todos son igualmente posibles. Si un evento A del espacio de eventos está compuesto por "m" eventos elementales, entonces la probabilidad de que el evento A se verifique está definida por la relación:

$$P(A) = \frac{m}{n}$$

en donde:

m = número de eventos elementales en A

n = número de eventos elementales en el espacio de evento.

Los valores entre los cuales varía la probabilidad de que se verifique un evento son:

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

Si la probabilidad de un evento es muy cercana a cero se dice que el evento es prácticamente imposible.

Por el contrario, si la probabilidad de un evento es muy próxima a uno se dice que el evento es prácticamente seguro.

La probabilidad de que no se verifique el evento A es: $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$.

Ejemplo 5.- Si se extrae al azar una bola de una urna que contiene 6 bolas rojas, 4 blancas y 5 azules, encontrar la probabilidad de que la bola extraída:

a) Sea roja a) $P(R) = \frac{6}{15}$

b) Sea blanca b) $P(B) = \frac{4}{15}$

c) No sea roja c) $P(\bar{R}) = 1 - \frac{6}{15} = \frac{9}{15}$

Probabilidad Condicional :

Se representa por $P(B/A)$ y se interpreta como la probabilidad de que el evento B se verifique, con la condición de que previamente el evento A se haya verificado.

Ley de Adición de Probabilidades:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

en donde:

$P(A \cup B)$ es la probabilidad de que se verifique a y/o B.

$P(A \cap B)$ es la probabilidad de que se verifique A y B.

Si los eventos A y B se excluyen mutuamente: $P(A \cup B) = 0$

entonces:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

Ejemplo 6.- A partir del ejemplo 5, cual es la probabilidad de que la bola extraída sea roja o blanca.

$$P(R \cup B) = P(R) + P(B) = \frac{2}{5} + \frac{4}{15} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$$

Ley Condicional de Probabilidades :

$$P(A \cap B) = P(A) P(B/A)$$

Ejemplo 7.- Si de la urna del ejemplo 5 se extraen sucesivamente 2 bolas, ¿cuál es la probabilidad de que una sea roja y la otra blanca?

$$\begin{aligned} P(R \cap B) &= P(R) P(B/R) \\ &= \left(\frac{6}{15}\right) \left(\frac{4}{14}\right) \end{aligned}$$

Variable Aleatoria (v.a.):

Si x es una variable mediante la cual se pueden representar los resultados de un experimento aleatorio, entonces se dice que "x" es una variable aleatoria.

Ejemplo 8.- Sea el experimento aleatorio tirar dos dados y el resultado que interesa es la suma de los números asociados a las caras que caen hacia arriba, los valores de esos resultados se pueden representar mediante una variable que toma los siguientes valores:

$$x = [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]$$

Tipos de Variable Aleatoria:

a) Discreta.- La v.a. está definida en el intervalo (a,b) y solo toma ciertos valores de ese intervalo.

Ejemplo 9.- Tirar un dado, la v.a. está definida en el intervalo (1,6) y solo toma los valores 1, 2, 3, 4, 5, 6.

b) Continua.- La v.a. está definida en el intervalo (a,b) y toma cualquier calor comprendido en dicho intervalo.

Ejemplo 10.- Medir la altura de k estudiantes, la v.a. puede tomar cualquier valor entre la altura de la persona más pequeña y la de la más alta.

VARIABLE ALEATORIA DISCRETA (v.a.d.)

Distribución de Probabilidad:

Si x es una v.a.d. con valores $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ y se conoce la probabilidad de que se verifiquen cada uno de ellos $P(x_i)$, con la condición de que $\sum P(x) = 1$, el conjunto de valores $P(x_i)$ recibe el nombre de distribución de probabilidad.

Ejemplo 11.- La distribución de probabilidad de la v.a.d. definida en el problema 8 es:

x	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$P(x)$	1/36	2/36	3/36	4/36	5/36	6/36	5/36	4/36	3/36	2/36	2/36

Esperanza Matemática:

Cualquier función $h(x)$ de la v.a.d. x es una v.a.d. que puede tomar los valores $h(x_1), h(x_2), \dots, h(x_n)$. La esperanza matemática de $h(x)$ se define como:

$$E [h(x)] = \sum_{i=a}^b h(x_i) P(x_i)$$

Momento respecto al origen:

Se establece cuando $h(x) = x^n$, entonces:

$$E [x^n] = \sum_{i=a}^b x_i^n P(x_i)$$

Si $n = 1$, se obtiene la media de la v.a.d. y se representa por:

$$\mu_x = E x = \sum_{i=a}^b x_i P(x_i)$$

Ejemplo 12.- Para el caso de los dados (problema 8) se tiene:

$$\mu_x = 2(1/36) + 3(2/36) + 4(4/36) + 6(5/36) + 7(6/36) + 8(5/36) + 9(4/36) + 11(2/36) + 12(1/36) = 252/36 = 7$$

Momento con respecto a la media: se define cuando $h(x) = (x - \mu_x)^n$, entonces:

$$E[(x - \mu_x)^2] = \sum_{i=a}^b (x_i - \mu_x)^n P(x_i)$$

Si $n = 2$, se obtiene la variancia de la v.a.d. x y se representa por:

$$\sigma_x^2 = E[(x - \mu_x)^2] = \sum_{i=a}^b (x_i - \mu_x)^2 P(x_i)$$

Ejemplo 13.- La variancia de la v.a.d. en el caso del problema 8 es:

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 &= (2-7)^2 (1/36) + (3-7)^2 (2/36) + (4-7)^2 (3/36) + \\ &+ (5-7)^2 (4/36) + (6-7)^2 (5/36) + (7-7)^2 (6/36) + \\ &+ (8-7)^2 (5/36) + (9-7)^2 (4/36) + (10-7)^2 (3/36) + \\ &+ (11-7)^2 (2/36) + (12-7)^2 (1/36) = 35/6 \end{aligned}$$

Desviación Estándar: Se define como la raíz cuadrada de la variancia y se representa por:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Ejemplo 14.- La desviación estándar en el caso del problema 8 es:

$$\sigma = \sqrt{35/6} = 2.42$$

Variable Aleatoria Continua (v.a.c.):

Densidad de Probabilidad. - Para este caso se define la distribución de probabilidad por medio de una función $f(x)$, llamada densidad de probabilidad, la que debe cumplir con las siguientes restricciones.

$$a) f(x) \geq 0 \forall x$$

b) El área bajo la curva definida por la función $f(x)$ y el eje de las abscisas debe valer uno.

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$$

c) La probabilidad de que la v.a.c. tome un valor en el intervalo (c, d) está dada por:

$$P(c \leq x \leq d) = \int_c^d f(x) dx$$

Distribución de Probabilidad Acumulada:

La d.p.a. $F(x)$ de la v.a.c. x está definida por:

$$F(x) = P(x \leq a) = \int_{-\infty}^a f(x) dx$$

Esperanza Matemática de una v.a.c.:

$$E[h(x)] = \int_{-\infty}^{\infty} h(x) f(x) dx$$

Momento de orden n :

$$E[x^n] = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f(x) dx$$

Si $n = 1$, se define la media de la v.a.c. x

$$\bar{x} = E[x] = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

Momento de orden n con respecto a la media:

$$E[(x - \bar{x})^n] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^n f(x) dx$$

Si $n = 2$, se define la variancia de la v.a.c. x

$$E[(x - \bar{x})^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^2 f(x) dx$$

DISTRIBUCIONES TEORICAS DE UNA VARIABLE

a) Variables discretas:

1. Distribución Binomial o de Bernoulli.

Supóngamos efectuar " n " experimentos independientes tales -- que el resultado de cada uno de ellos es un éxito o un fracaso; la probabilidad de un éxito es p y la de fracaso es q , siendo $p + q = 1$. En tal --

caso se dice que se tienen n pruebas de Bernoulli con probabilidad "p" de éxito.

Al realizar un experimento de Bernoulli, la probabilidad de que se presenten x éxitos consecutivos seguidos por $(n - x)$ fracasos es:

$$\underbrace{pppp\dots pqqq\dots q}_x = p^x q^{n-x} \quad (1)$$

La probabilidad de obtener precisamente x éxitos y $(n-x)$ fracasos con otro orden de ocurrencia, está dada también por la expresión (1).

La probabilidad de que se presenten x éxitos y $(n-x)$ fracasos en cualquier orden será la suma de las probabilidades de todas las combinaciones posibles de n elementos de los cuales x son éxitos y $(n-x)$ fracasos.

Lo anterior puede expresarse por :

$$P(x) = n^C_x p^x q^{n-x}$$

que recibe el nombre de distribución de Probabilidad Binomial.

La media en esta distribución de probabilidad es:

$$\mu_x = E [x] = \sum x P(x) = \sum x n^C_x p^x q^{n-x} = np$$

$\mu_x = np$

La variancia queda definida por :

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 &= E [(x - \mu_x)^2] = \sum (x - \mu_x)^2 P(x) \\ &= \sum (x - \mu_x)^2 n^C_x p^x q^{n-x} = npq \\ \sigma_x^2 &= npq \end{aligned}$$

2. Distribución de Poisson.

Si la v.a.x. designa el número de éxitos de una sucesión de pruebas de Bernoulli y se considera n suficientemente grande y p suficientemente pequeña.

$$np = \lambda \quad n \geq 50 \quad p \leq 0.10$$

$$f(x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}$$

expresión que define la d.p. de Poisson.

La media y la variancia son :

$$\mu_x = E [x] = \sum (e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}) x = \lambda$$

$$\sigma_x^2 = E (x - \mu_x)^2 = \sum_{i=0} (x - \lambda)^2 e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!} = \lambda$$

b) Variables Continuas.

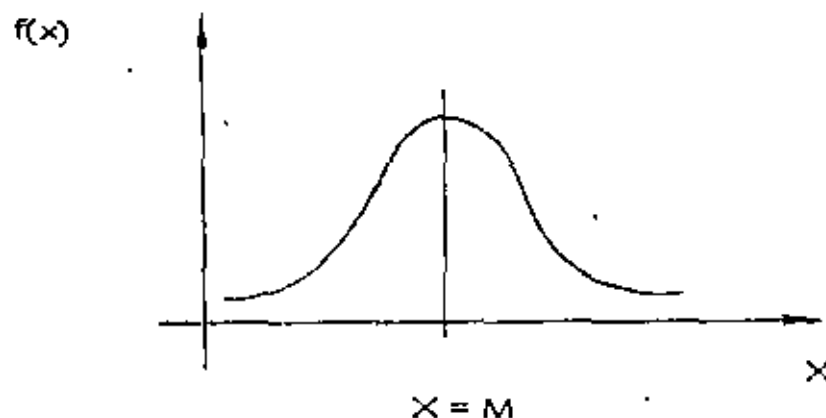
1. Distribución Normal.

Una variable casual que se encuentra frecuentemente en la práctica es una v.a. continua cuya d.p. es la distribución normal.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} S} e^{-\frac{(x-m)^2}{2S^2}}$$

rango en el cual se encuentra definida la v.a.

La función anterior tiene la siguiente representación geométrica:



La media de la distribución es $\mu_x = m$

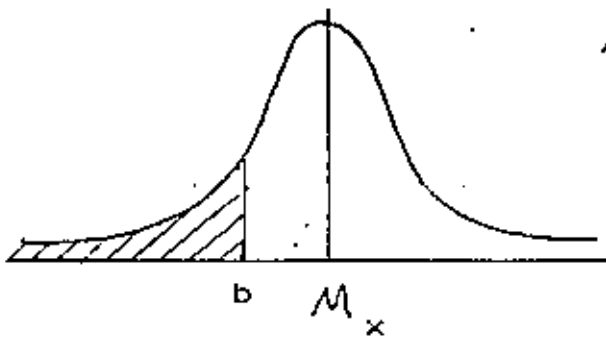
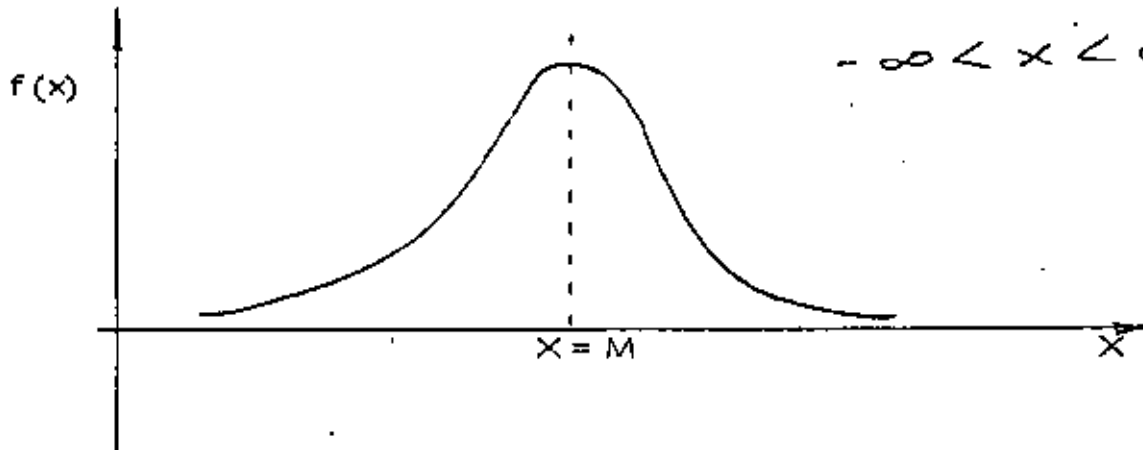
La variancia de la distribución es $\sigma_x^2 = S^2$

Dadas m y S^2 es posible calcular que x tome valores menores o mayores que un cierto número o bien que quede comprendida entre dos valores, por ejemplo :

DISTRIBUCION NORMAL

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot s} e^{-\frac{(x-m)^2}{2s^2}}$$

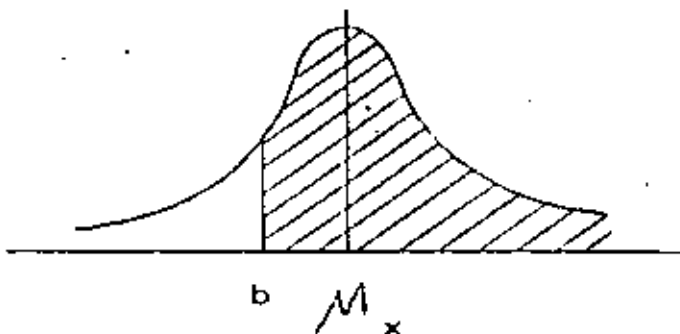
$$-\infty < x < \infty$$



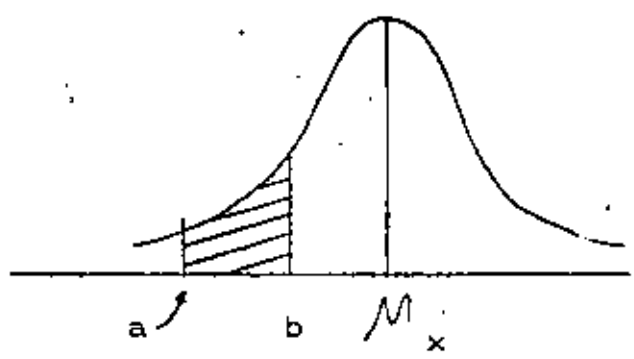
$$M_x = m$$

$$T^2 = s^2$$

$$P(x < b) = \int_{-\infty}^b f(x) dx$$



$$P(x > b) = \int_b^{\infty} f(x) dx$$



$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

2.- Distribución Gamma y Exponencial.

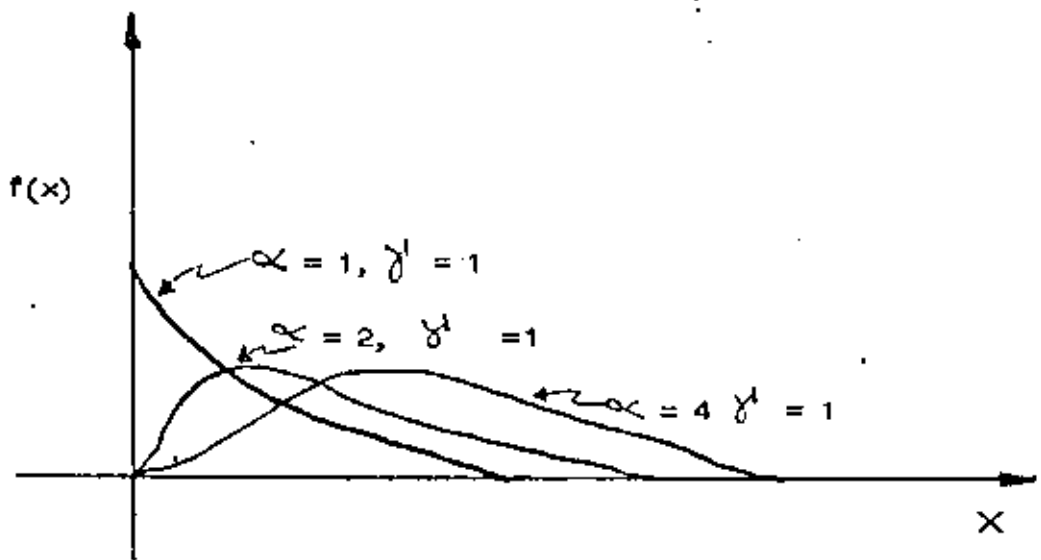
Se dice que la v.a.x. tiene distribución gamma si su d.p. es de la forma :

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha) \gamma^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\gamma}}$$

$x > 0, \alpha < 0, \gamma > 0$

$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ recibe el nombre de función gamma.

$$\mu_x = \alpha \gamma \quad \sigma_x^2 = \alpha \gamma^2$$



Si $\gamma = 1$ a la función gamma se la llama distribución exponencial.

$$f(x) = \frac{1}{\gamma} e^{-\frac{x}{\gamma}}$$

$$\mu_x = \gamma \quad \sigma_x^2 = \gamma^2$$

NOTA: Sacado del libro Ingeniería de Sistemas de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

ANEXO III

ANALISIS DE DECISIONES

BAJO RIESGO

por

F. J. JAUFFRED

Howard señala que :

1. EL PROCESO DE TOMAR DECISIONES SE ENCUENTRA EN LA -- MAYORIA DE LOS PROBLEMAS TECNICOS, GUBERNAMENTA-- LES Y DE NEGOCIOS.
2. USUALMENTE EL TOMAR DECISIONES REQUIERE EL ESTUDIO DEL RIESGO Y DE LA INCERTIDUMBRE.
3. EL RIESGO Y LA INCERTIDUMBRE SE ESTUDIAN FORMALMEN-- TE MEDIANTE LA TEORIA DE LA PROBABILIDAD.
4. LA PROBABILIDAD ES UN ESTADO DE LA MENTE, NO DE LAS -- COSAS.
5. AL ASIGNAR PROBABILIDADES DEBE TOMARSE EN CUENTA -- TODA LA EXPERIENCIA ANTERIOR DISPONIBLE.
6. EL TOMAR DECISIONES REQUIERE TANTO LA ASIGNACION DE-- PROBABILIDADES COMO DE VALORES.
7. SOLO PUEDEN TOMARSE DECISIONES CUANDO SE DISPONE -- DE UN CRITERIO PARA SELECCIONAR ENTRE ALTERNATIVAS.
8. SIEMPRE DEBEN CONSIDERARSE LAS CONSECUENCIAS AL FU -- TURO DE LA DECISION TOMADA HOY.
9. AL TOMAR DECISIONES SE DEBE DISTINGUIR ENTRE UNA BUE -- NA DECISION Y UN BUEN RESULTADO.

Una buena decisión es aquella basada en la lógica, en el conocimiento de la incertidumbre de la utilidad y preferencias de los ejecutivos.

Un buen resultado es aquel que reporta beneficios esto es, uno altamente valorado.

Tomando una buena decisión se asegurará un alto porcentaje de buenos resultados.

El Análisis de Decisiones es el procedimiento lógico para la evaluación de los factores que influyen una decisión.

Proceso del Análisis de Decisiones :

I. Fase Determinista

Es indispensable contestar a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la decisión a tomar?
2. ¿Qué cursos de acción se encuentran a nuestro alcance?
3. ¿Cómo vamos a determinar cuáles cursos de acción son buenos y cuáles malos?
4. Suponiendo que tuviera una bola de cristal a su alcance ¿Qué preguntas numéricas haría con objeto de medir los beneficios de un posible resultado?
5. Construya una matriz de pagos.
6. ¿Cómo se compara el beneficio que recibiré en el futuro con el recibido hoy? (valor presente etc....).

Ya que se ha completado la fase determinista, conviene jugar con las variables de estado, llevándolas separada y conjuntamente a los valores extremos en su rango de variabilidad. Se observa cual de las alternativas es siempre mejor que cualquier otra. De ocurrir esto se dirá que la primera domina a la segunda; esta primera se elimina.

Con este análisis de sensibilidad se identifican las variables de estado para las que el resultado es sensible y se les llama críticas.

II. Fase Probabilista

1. Esta fase principia asignando probabilidades a las variables de estado críticas.
2. Encontrar la incertidumbre en beneficios para cada alternativa implicada por la relación funcional a las variables de estado críticas y la distribución de probabilidad en esas variables de estado críti

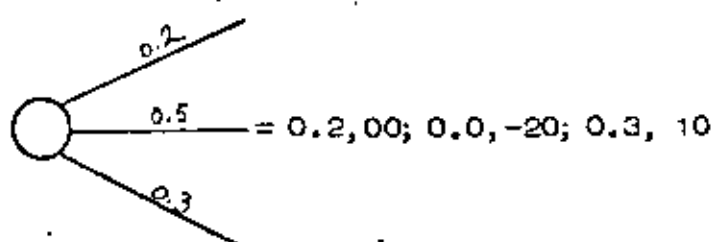
cas para la alternativa. A esta distribución de probabilidad del beneficio, se le llama la lotería del beneficio para la alternativa.

- Ahora se considerará la manera de elegir entre las alternativas con diferente lotería de beneficio. Para ello conviene emplear las distribuciones acumuladas de probabilidad buscando dominancia estocástica.

III. Fase Posóptica

Aquí se principia encontrando el equivalente en pesos de eliminar la incertidumbre en cada una de las variables de estado, consideradas separadas o conjuntamente. Esto conduce a la siguiente etapa que consiste en diseñar el programa más simple para conseguir información cuando ya se ha encontrado que es conveniente conseguir más información.

Una lotería está definida por varias decisiones aleatorias cada una con su probabilidad y su pago.



El equivalente de la certeza para esta lotería es:

$$60 (0.2) + (-20) (0.5) + 10 (0.3) = 12 - 10 + 3 = 5$$

y representa el monto mínimo que se pide por permitir que sea otro el que juegue la lotería.

Fundamentos de la lotería de la Utilidad

Considérense los premios A, B, C, en una lotería

a) Notación

A preferido a B se representa mediante $A \succ B$

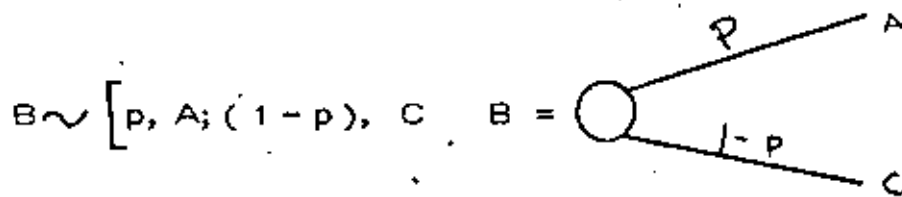
A indiferente a B se presenta mediante $A \sim B$

A no preferido a B se representa mediante $B \succ A$

B preferido a A se representa mediante $A \succ \infty B$

b) La ley de la transitividad expresa que si $A \succ B$, $B \succ C$ entonces $A \succ C$.

c) La ley de la continuidad expresa que si para una lotería se tiene que $A \succ B \succ C$, entonces



En particular para algún p si $B \sim B$ (B es el equivalente de la certeza para dicha lotería).

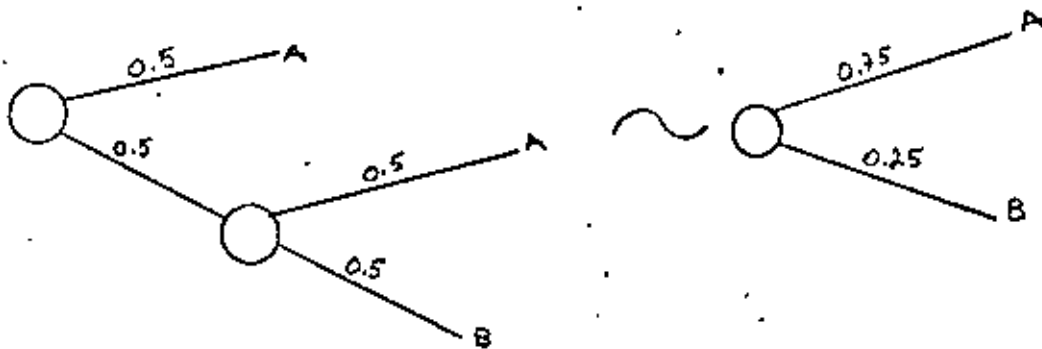
d) La ley de la sustituibilidad expresa que en cualquier lotería B puede ser sustituido por B .

e) La ley de la monotonocidad expresa que si $A > B$ entonces

$$[p, A; (1-p), B] > [p', A; (1-p'), B]$$

Si y sólo si $p > p'$

f) La ley de descomposición expresa que una lotería compuesta es indiferente a su descomposición en loterías simples:



Se entiende por función utilidad $u(x)$ una con las siguientes características:

1. Dadas tres loterías L_1, L_2, L_3

a) Si $L_1 > L_2$

entonces

$$u(L_1) > u(L_2)$$

b) si $L_3 \sim (1-p), L_1; p, L_2$

entonces

$$u(L_3) = (1-p)u(L_1) + pu(L_2)$$

2. Cualquier transformación lineal de la función $u(x)$ produce igual utilidad de las loterías.

$$\text{Sea } u^1(x) = \alpha + \beta u(x)$$

a) Puesto que

$$u(L_1) > u(L_2) \text{ cuando } L_1 > L_2$$

entonces

$$u^1(L_1) > u^1(L_2) \text{ cuando } L_1 > L_2$$

b) Puesto que

$$u(L_3) = (1-p) u(L_1) + p u(L_2)$$

$$\text{cuando } L_3 \sim [(1-p), L_1; p, L_2]$$

Entonces una posible función utilidad es $u(x) = a + b x$

En efecto, si

$$A) X_1 > X_2$$

$$u(X_1) > u(X_2)$$

$$b) \text{ si } X_3 \sim [p, X_1; (1-p), X_2]$$

entonces

$$u(X_3) = p u(X_1) + (1-p) u(X_2)$$

entonces:

$$a + b X_3 = p(a + b X_1) + (1-p)(a + b X_2)$$

$$X_3 = p X_1 + (1-p) X_2$$

Cumple con las condiciones especificadas y la recta es una función utilidad.

NOTA: Sacado del libro Ingeniería de Sistemas de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

METODOS DE SELECCION DE EQUIPO
(USO DE MODELOS)

ING. JOSE PIÑA GARZA

JUNIO, 1980



MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPO

USO DE MODELOS

Ing. José Piña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

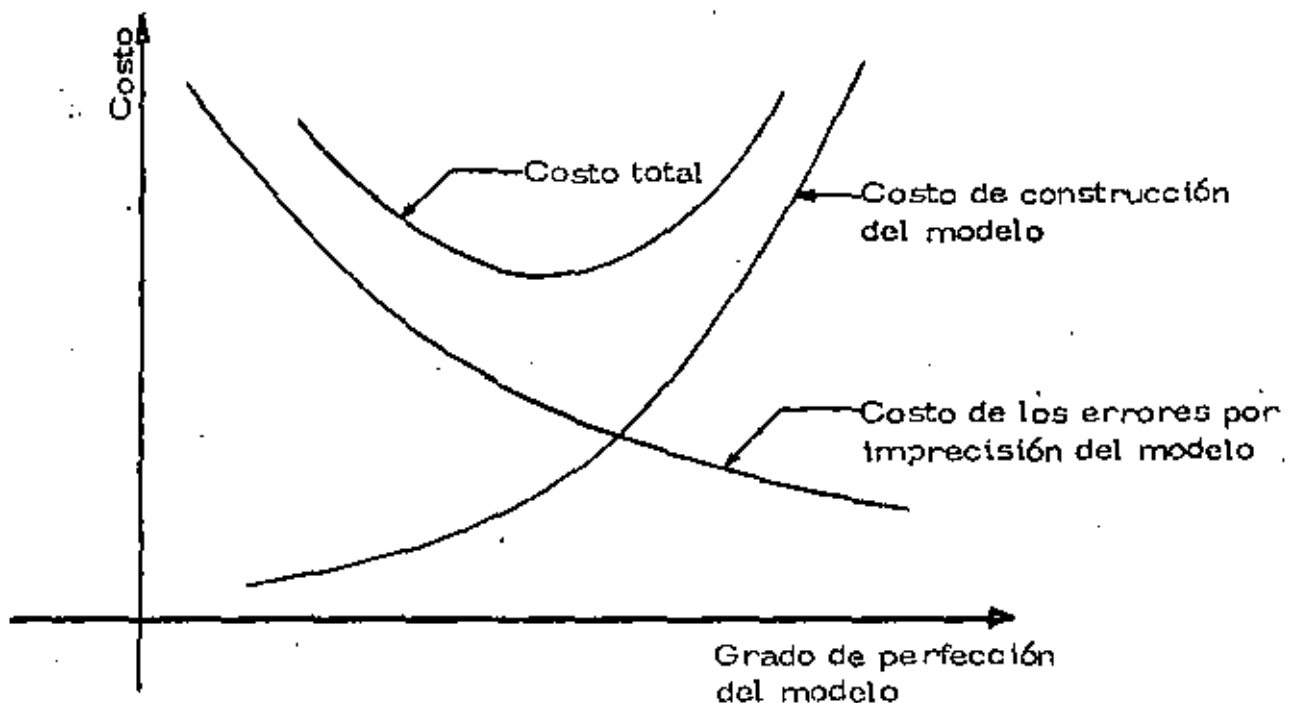
Por la forma de representación

Descripción escrita (hablada)
 Económicos
 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	75

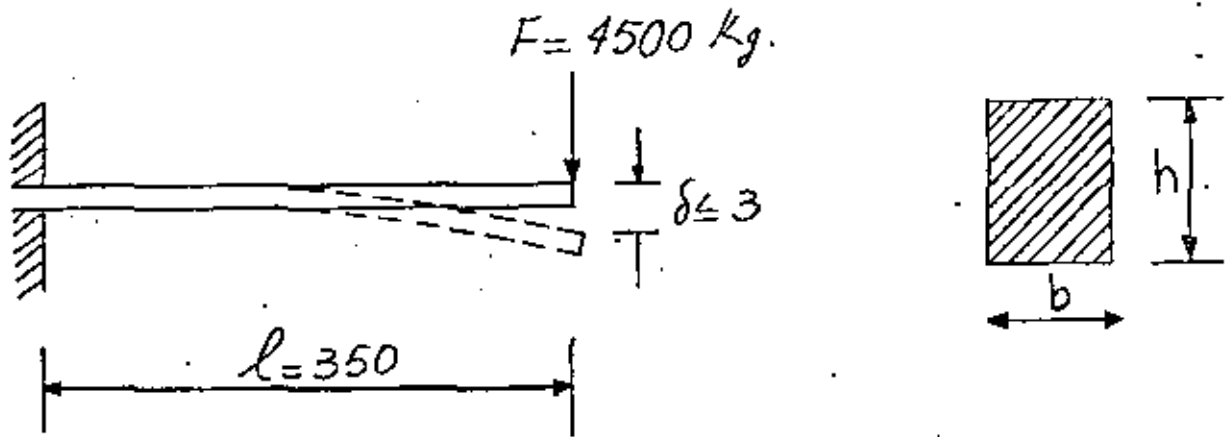
- Objetivos de la formación matemática del ingeniero
- Evolución de las herramientas para el manejo matemático de problemas
- Concepto de sistemas
- Limitaciones para el empleo del instrumental matemático
- Dimensionamiento económico de los problemas de movimiento de tierras
- Costo y valor de la información

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/altura sea de 1:1.5



$$\delta_{\max} \geq \frac{Fl^3}{3EI}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\delta_{\max} \geq \frac{4Fl^3}{Ebh^3}$$

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{1.50}; \quad b = 0.67h$$

$$\delta_{\max} \geq \frac{6Fl^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \frac{4\sqrt{6Fl^3}}{\sqrt{E\delta_{\max}}}$$

$$f_{\max} \geq \frac{6M}{bh^2}$$

para $h \leq 40 \text{ cm}$.

$$f_{\max} \geq \frac{9Fl}{h^3}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9Fl}{f_{\max}}}$$

$$f_{\max} = \frac{6M}{Kbh^2}$$

$$K = 0.81 \left(\frac{h^2 + 363}{h^2 + 223} \right)$$

Minimizar costo

$$C = S \cdot lhb$$

"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:

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_n$$

c) 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)

Sujeta a las restricciones: $\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Costo total de transporte.}}$

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n a_i}_{\text{Total de disponibilidades}} = \underbrace{\sum_{j=1}^m b_j}_{\text{Total de requerimientos.}} \quad (2)$$

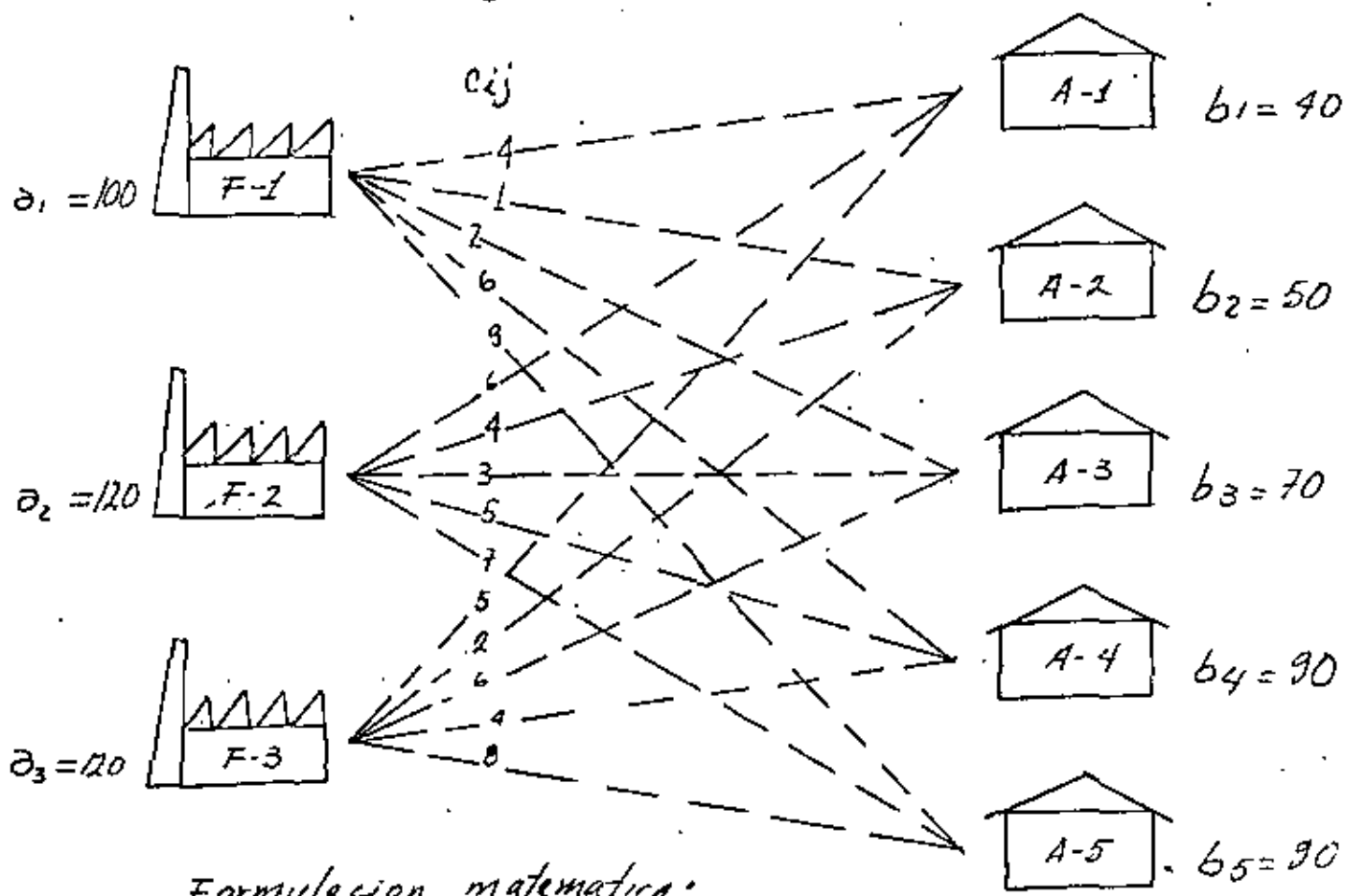
$$\underbrace{\sum_{j=1}^m X_{ij}}_{\text{Cant. enviada del origen } i \text{ a todas los destinos}} = \underbrace{a_i}_{\text{Cant disp. en el origen } i} \quad \text{para } i=1,2,\dots,n \quad (3) \text{ a } (n+2)$$

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n X_{ij}}_{\text{Cant. recibida en el destino } j \text{ de todas los origenes}} = \underbrace{b_j}_{\text{Cant. requerida en el destino } j} \quad \text{para } j=1,2,\dots,m \quad (n+3) \text{ a } (n+m+2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \text{para } i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \quad (n+m+3) \text{ a } (n+m+3)m$$

(No tiene sentido físico que las variables adquieran valores negativos).

Ejemplo:



Formulacion matematica:

(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) $x_{13} + x_{23} + x_{33} = \dots$

(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)	
Origenes	1 (100)	40	50	10	—	—	230
		4	1	2	6	9	
	(120)	160	50	20	—	—	
2	(120)	—	—	60	60	—	480
		6	4	3	5	7	
	(120)	—	—	180	300	—	
3	(120)	—	—	—	30	90	840
		5	2	6	4	8	
	(120)	—	—	—	120	720	

X_{ij}
 C_{ij}
 $C_{ij} X_{ij} \rightarrow \Sigma$

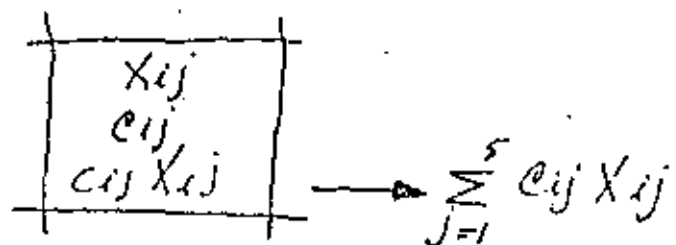
Total de costo 1550

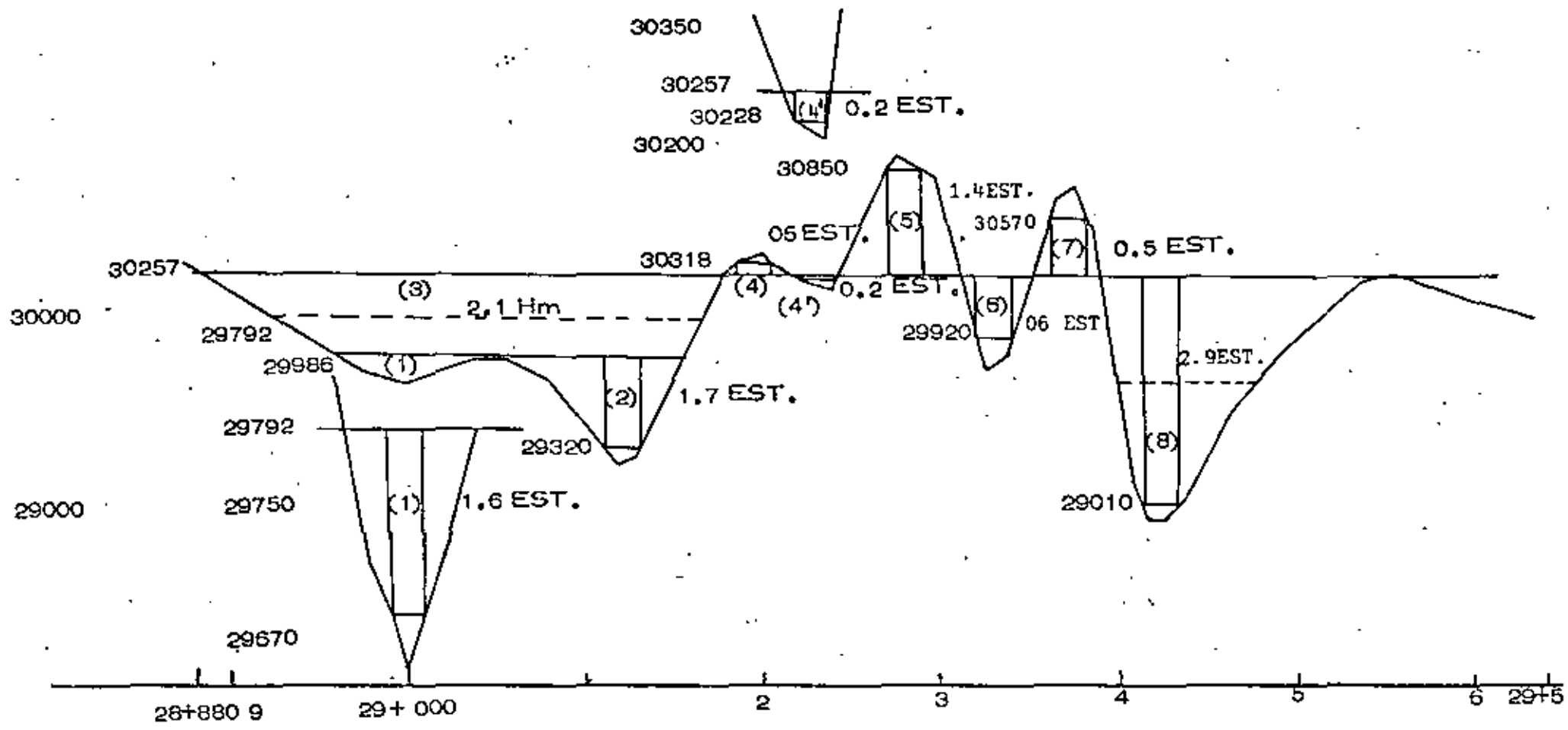
Solución óptima

		Destinos					
		1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
Origenes	1 (100)	40	20	40	—	—	260
		4	1	2	6	9	
	(160)	160	20	80	—	—	
2	(120)	—	—	30	—	90	720
		6	4	3	5	7	
	(120)	—	—	90	—	630	
3	(120)	—	30	—	30	—	420
		5	2	6	4	8	
	(120)	—	60	—	360	—	

Total de costo 1400

Disposicion de datos

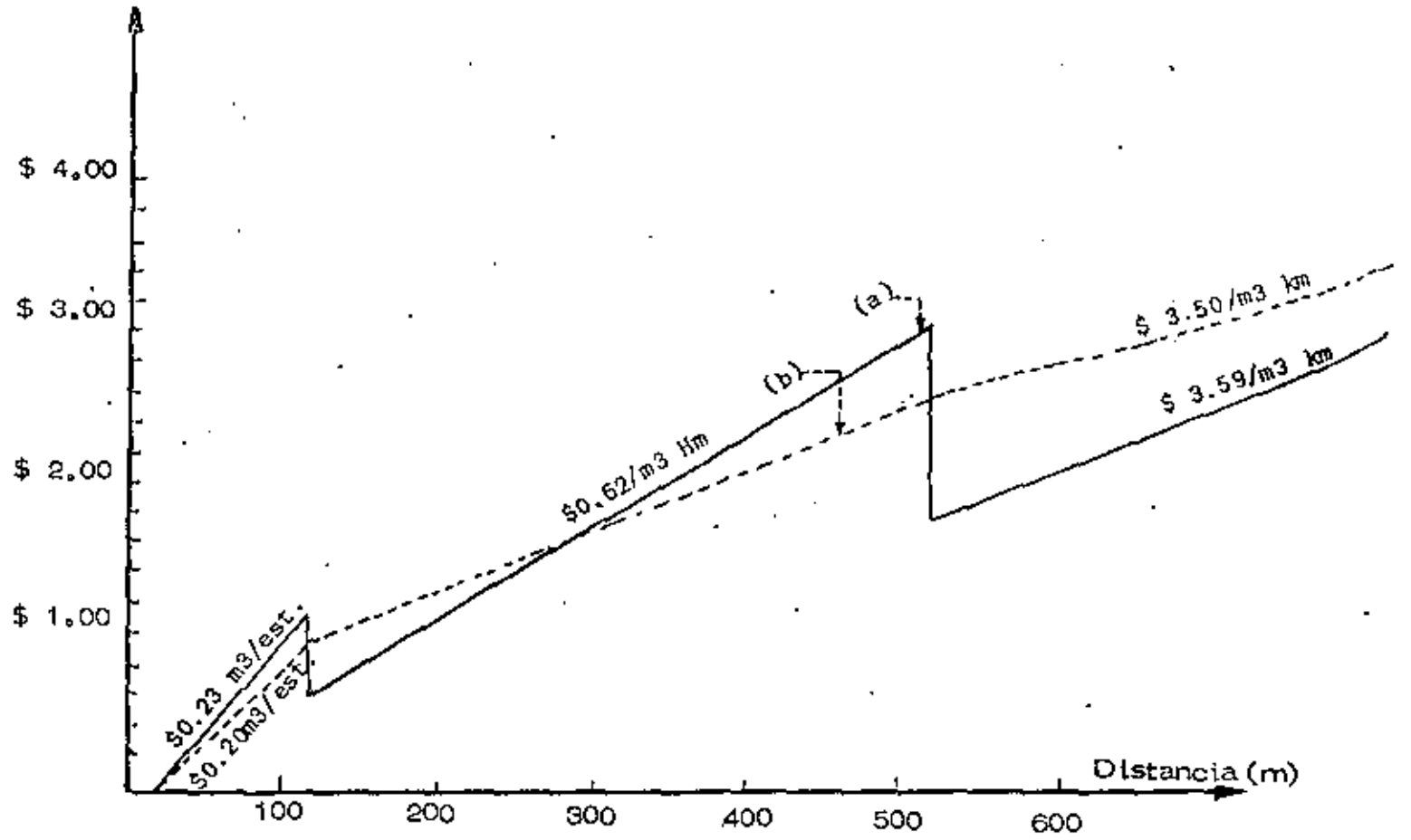




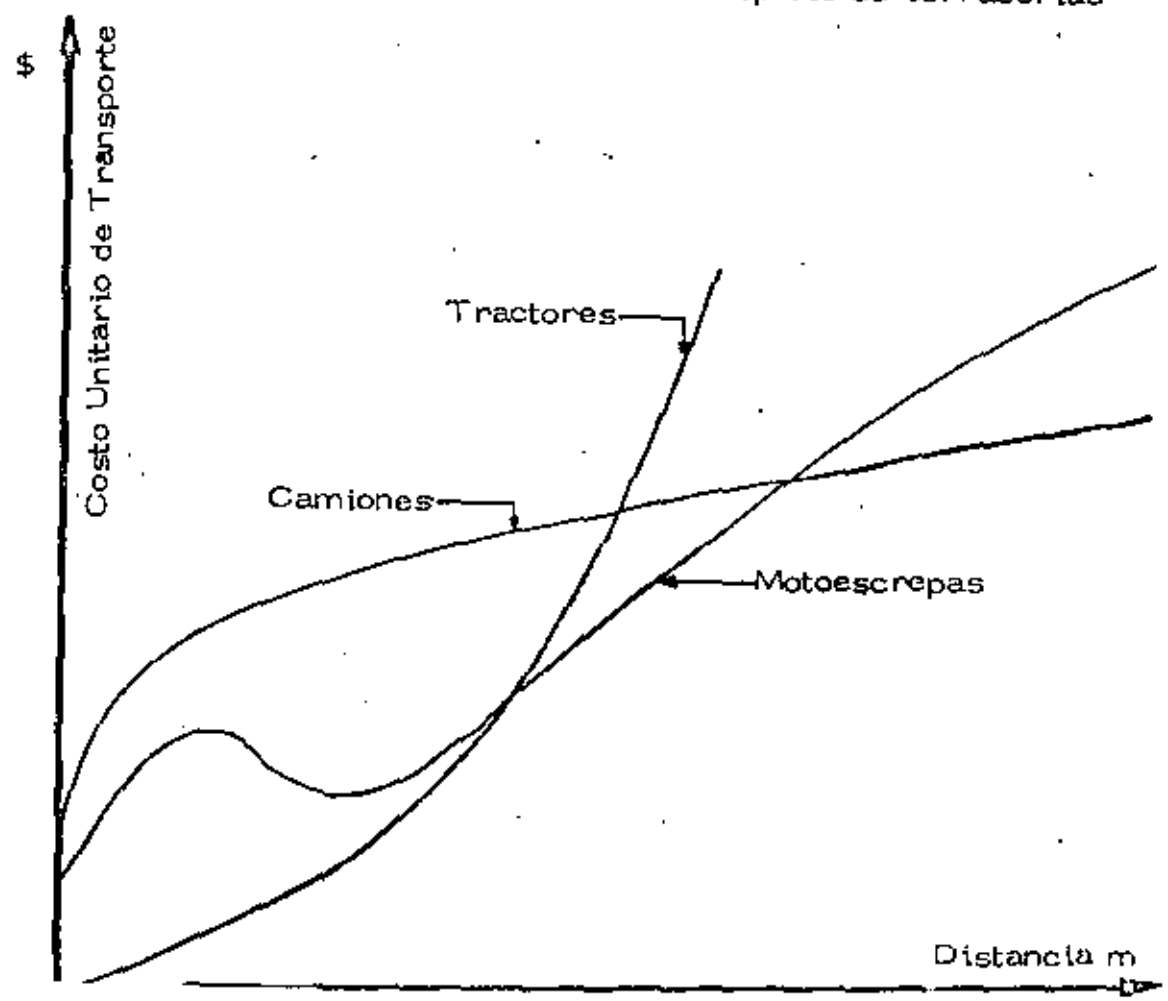
CURVA MASA Y MOVIMIENTO DE TERRACERIAS (CONVENCIONAL)

VOLUMEN DE TERRAPLEN, CORTE Y BANCOS

UBICACION	CORTE		TERRAPLEN	
	Origen No.	Volumen	Destino No.	Volumen
28+880 a 28+900			1	124
28+900 a 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 terracerfas

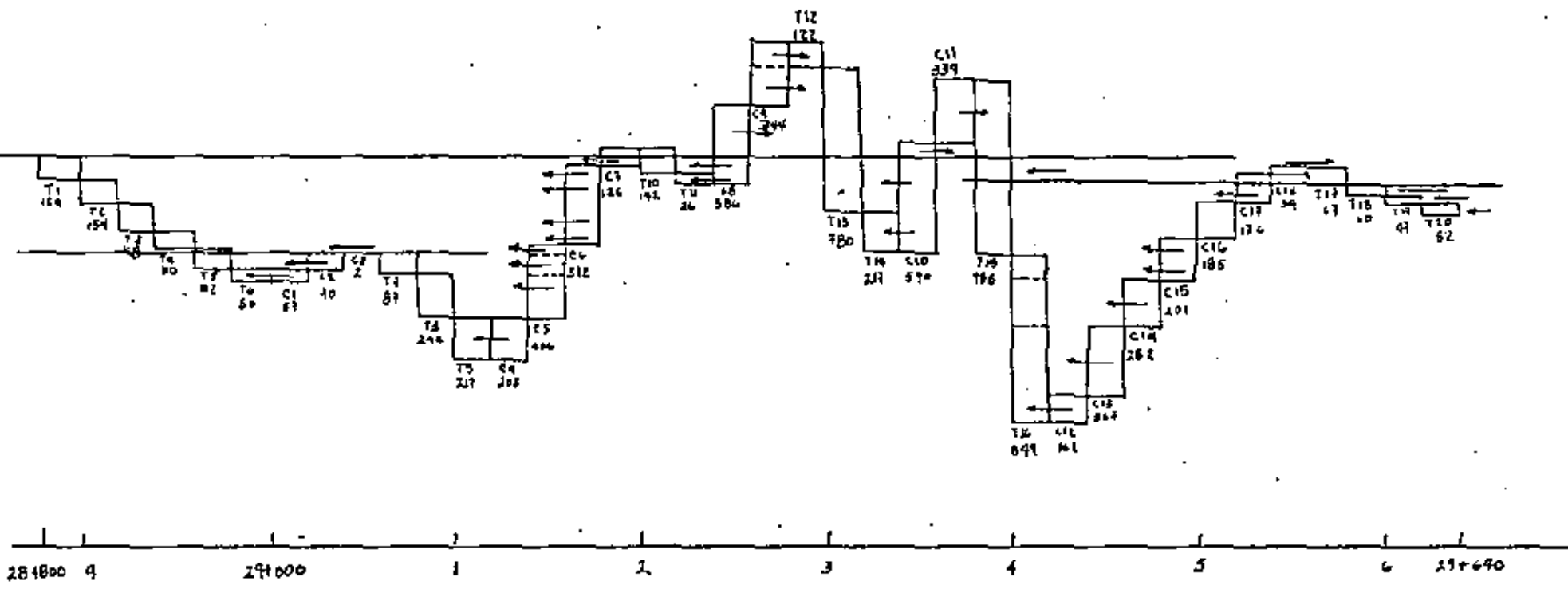


FUNCION OBJETIVO 433626

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	288	295	302	309	1081
2	154	80	100	108	140	148	156	164	188	196	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	80	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	960
11	26	140	132	124	80	60	40	20	0	20	100	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	344	580	359	161	367	252	201	189	136	34	5000

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	118	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	0	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

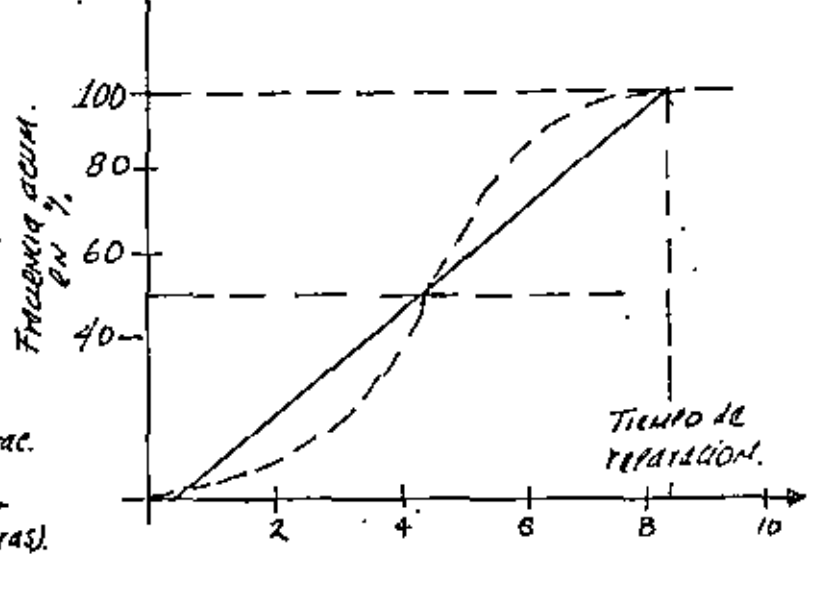
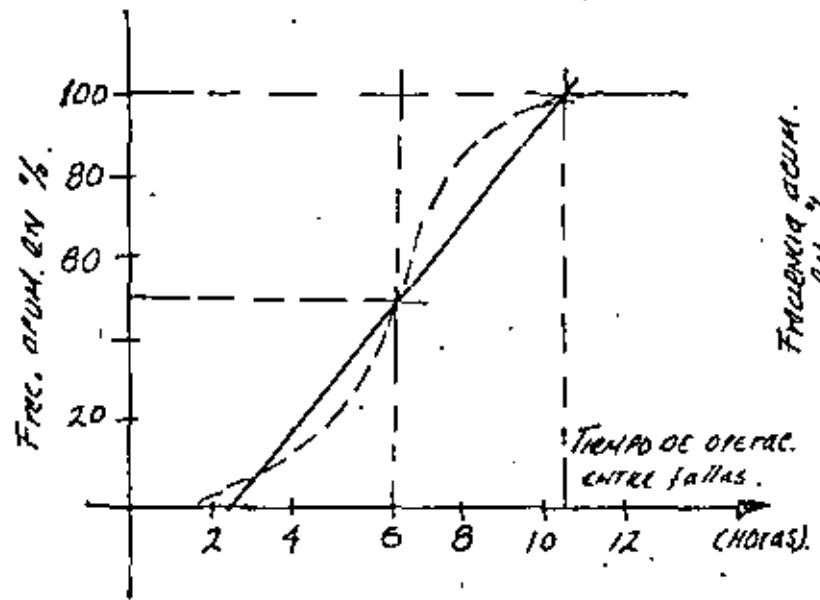
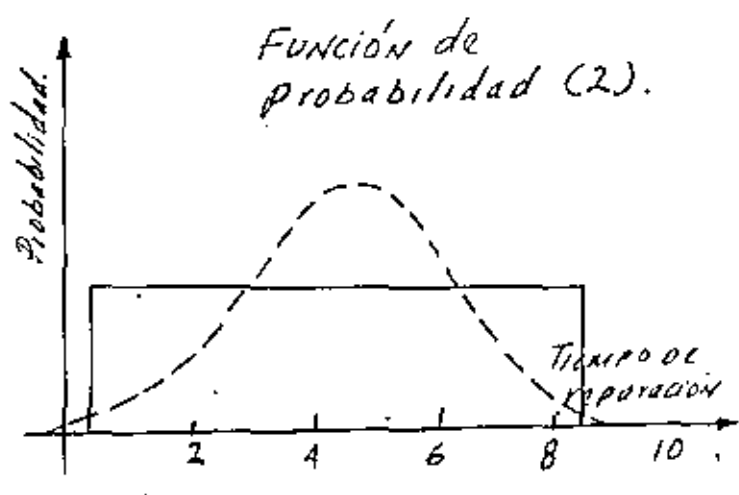
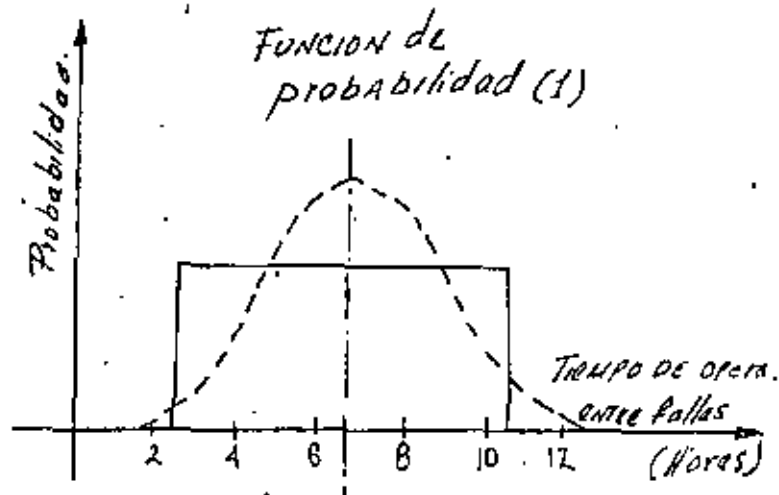
Problema de selección de equipo

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.



1º	2º	3º	OPERACION	REPARACION.
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

SIMULACION

CARRADOR	EN OPERACION			EN REPARACION			ESPERE	ESPERA CAMIONES			
	INICIO	TIEMPO OPERAC.	SUSP.	INICIO	TIEMPO REPAR.	TERM.		INICIO	TERM.	TIEMPO ESPER.	COSTO
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											

Bibliografía

1. Invitación a la Investigación de Operaciones - A. Koufmann Arnold.
2. Principles of Operations Research - Harrey M. 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. Ackuff, E.L. Arnoff - John Wiley
5. El Desafío Americano - J.J. Servan Schreiber - Plaza 8c Jams S.A.
6. Las Técnicas Modernas de Fotogrametría y Cómputo Electrónico Aplicadas al Diseño de Carreteras en México - Gerardo Cruickshank García - Revista Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia No. 2, Nov-Dic 1970
7. Movimiento de Terracerías y Costo Mínimo - José Piña G. - Revista Ingeniería Civil



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO

ING. JOSE PIÑA GARZA

JUNIO, 1980

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO

El proceso inflacionario que atraviesa nuestro país desde hace algunos años ha venido afectando a la Industria de la Construcción en diferentes aspectos, entre otros en la adquisición de maquinaria, y por tanto, en los precios unitarios y en los criterios de operación y de selección de equipo.

Se ha estimado apropiado revisar en este curso de actualización, algunos conceptos que conviene tomar en cuenta para la determinación de costos en el uso del equipo de construcción ante el citado proceso inflacionario.

De hecho todos conocen los efectos de la inflación, y más que conocerlos, los han sentido de una forma u otra.

Un ejemplo concreto en equipos de construcción lo tenemos en el tractor D-8 cuyas características no han variado en los últimos años; podemos afirmar, por tanto, que se trata de un mismo producto. Los precios de adquisición con el transcurso del tiempo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. VALORES DE ADQUISICION DEL TRACTOR D-8

<u>AÑO</u>	<u>PRECIO U.S. DLLS.</u>	<u>PRECIO \$ MEX.</u>	<u>INDICE DE PRECIOS</u>
1972	98,000	1'225,000	35.51
1973	101,000	1'263,000	36.61
1974	109,000	1'363,000	39.51
1975	117,000	1'462,000	42.38
1976	125,000	1'562,000 (1)	45.28
		2'450,000 (2)	71.01
1977	137,000	3'080,000 (3)	89.28
1978	150,000	3'450,000 (4)	100.00

(1)	Tipo de cambio	1 U.S. Dlls.	= 12.50 \$ Mex.
(2)	Tipo de cambio	1 U.S. Dlls.	= 19.60 \$ Mex.
(3)	Tipo de cambio	1 U.S. Dlls.	= 22.50 \$ Mex.
(4)	Tipo de cambio	1 U.S. Dlls.	= 23.00 \$ Mex.

Es evidente la pérdida del valor adquisitivo con el transcurso del tiempo; además observamos que dicha pérdida es diferente si se mide en pesos o en dólares.

Por lo que se refiere a nuestro país, el Banco de México elabora periódicamente los índices de precios al consumidor (Ver tabla 2) que pretenden medir la pérdida en el valor adquisitivo de la moneda, revaluando el precio de adquisición de una canasta representativa de bienes y servicios, a los precios constantes de un determinado año llamado año base. Observamos que dicha pérdida es también diferente de la que se aprecia para el caso concreto del tractor D-8.

A fin de lograr una mejor comprensión del fenómeno, es pertinente plantear la explicación, más o menos formal, que dan los economistas al respecto.

Para ello recurrimos al diagrama de circulación económica (fig.1) que esquematiza los principales componentes del sistema de economía mixta, vigente en

BANCO DE MEXICO S.A.
 SUBDIRECCION DE INVESTIGACION ECONOMICA Y BANCARIA
 SISTEMA CENTRAL DE INFORMACION...SIE-BANXICO

Tabla 2

INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR A NIVEL NACIONAL
 CLASIFICACION SEGUN EL OBJETO DEL GASTO
 BASE 1978 = 100

FUENTE DE INFORMACION..

SISTEMA CENTRAL DE INFORMACION...S I E - B A N K I C O
 SUBDIRECCION DE INVESTIGACION ECONOMICA Y BANCARIA

SERIE DE TIEMPO CON PERIODICIDAD MENSUAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1970	31.767	31.777	31.472	31.914	31.974	32.173	32.330	32.471	32.561	32.568	32.740	32.921
1971	33.349	33.507	33.614	33.784	33.856	34.011	33.984	34.290	34.417	34.441	34.698	34.870
1972	34.714	34.727	35.113	35.335	35.483	35.646	35.800	36.037	36.200	36.276	36.462	36.596
1973	37.117	37.425	37.754	38.352	38.761	39.076	40.178	40.722	41.491	42.274	42.749	44.205
1974	45.295	47.933	47.396	48.941	49.417	48.896	49.603	50.178	50.696	51.772	53.137	53.550
1975	54.237	54.537	54.880	55.344	56.744	57.076	57.494	57.992	58.413	58.713	59.124	59.404
1976	60.759	61.875	62.502	62.939	63.580	63.633	64.170	64.787	66.096	70.768	73.264	75.829
1977	78.225	79.242	81.359	82.589	83.315	84.334	85.278	87.039	88.530	89.740	90.237	91.604
1978	93.514	94.860	95.849	96.916	97.866	99.209	100.492	101.454	103.163	104.309	105.785	106.000
1979	119.859	111.633										
HED. ART.	57.985	54.753	48.334	53.917	54.340	54.093	55.515	56.148	56.957	57.891	58.700	59.601

nuestro país; muestra 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 los 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 como un tercer factor de la producción cuando son susceptibles de apropiación; para efecto del tema se los considera incorporados al capital por la intercambiabilidad existente entre los elementos que lo forman).

Con el ingreso logrado a cambio de los factores de producción, las familias ocurren al mercado de bienes y servicios para adquirir 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.

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 nuevos capitales. Con ello se cierra el circuito básico de circulación

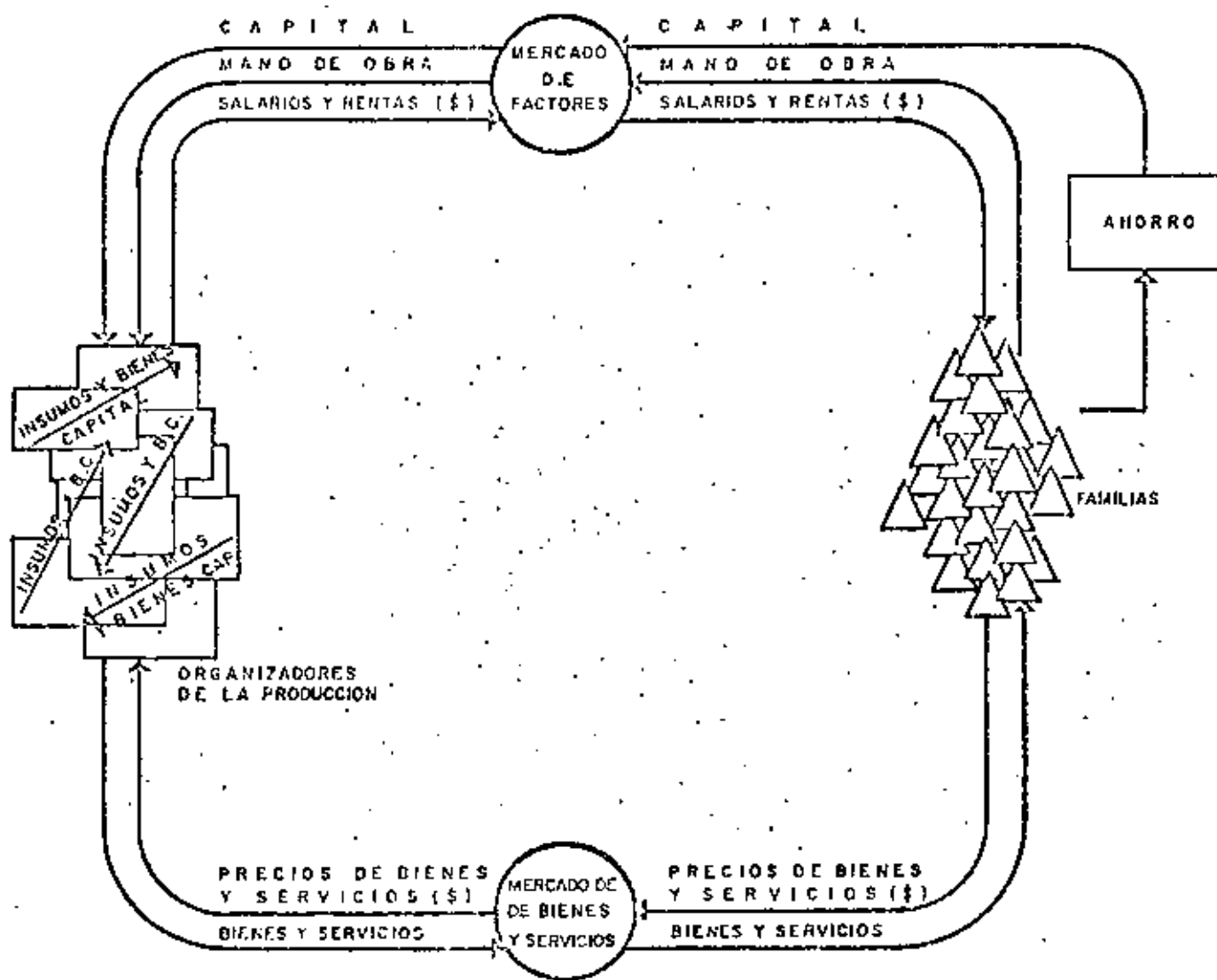


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA
 Fig 1 CIRCUITO BASICO

económica, el cual debe permanecer en equilibrio; esto es, el total del ingreso logrado por las familias en un cierto período (una vez descontado el ahorro) tiende a ser igual al importe total de los bienes y servicios producidos en el mismo período.

Las leyes de oferta y la demanda mantienen el equilibrio del sistema, toda vez que si se presenta un excedente en el ingreso, las familias demandan más bienes y servicios de los que los productores proporcionaron en un determinado período, logrando con ello la escasez de productos y el correspondiente incremento en los precios, de manera que el total del ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibra con el valor de los productos disponibles en el mercado. 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 abastecimiento 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.

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, por su naturaleza o por su redituabilidad, no deben o no pueden ser proporcionados por las empresas privadas.

Se deben considerar adicionalmente 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 exportación de otros bienes

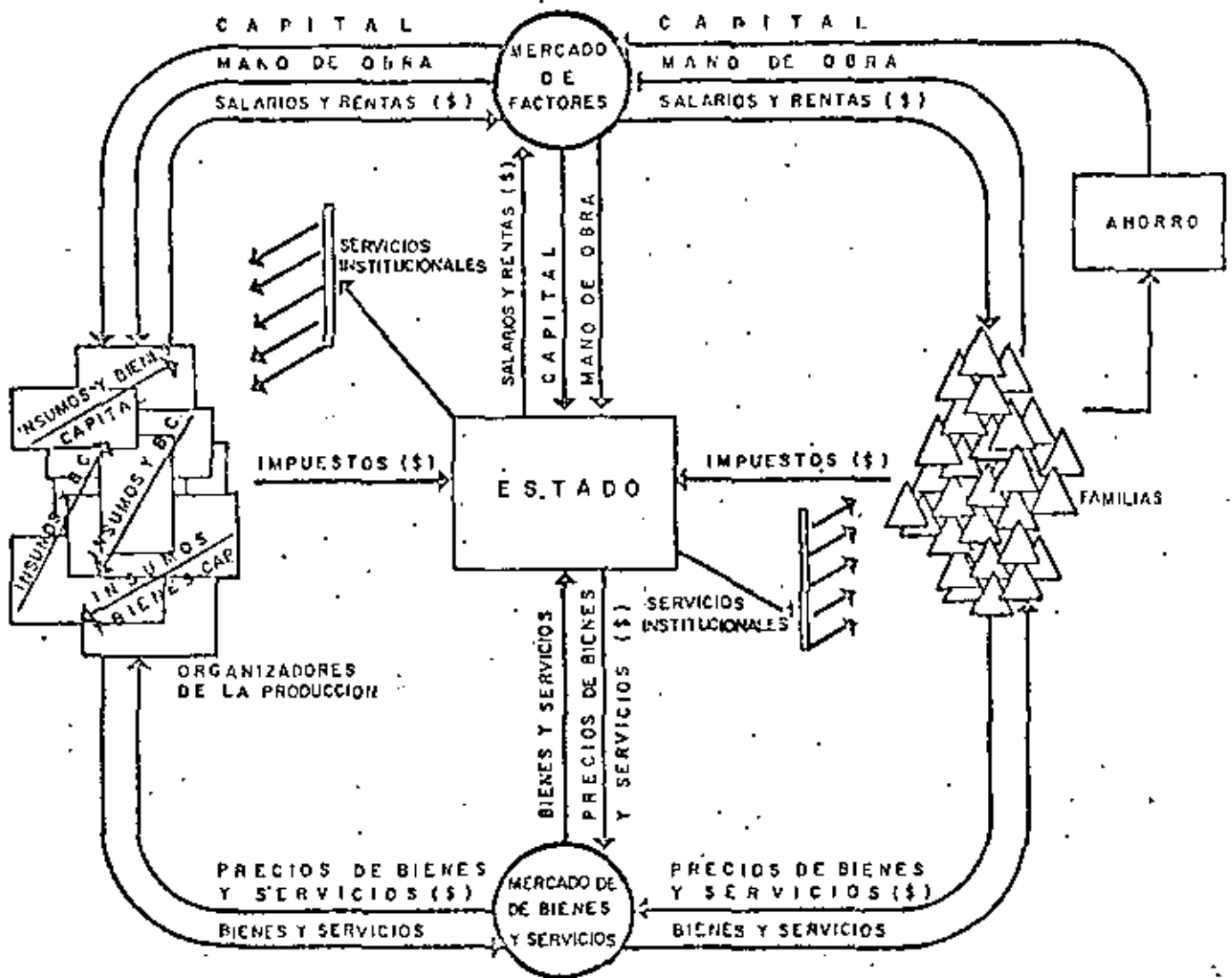


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 2 INTERVENCION DEL ESTADO

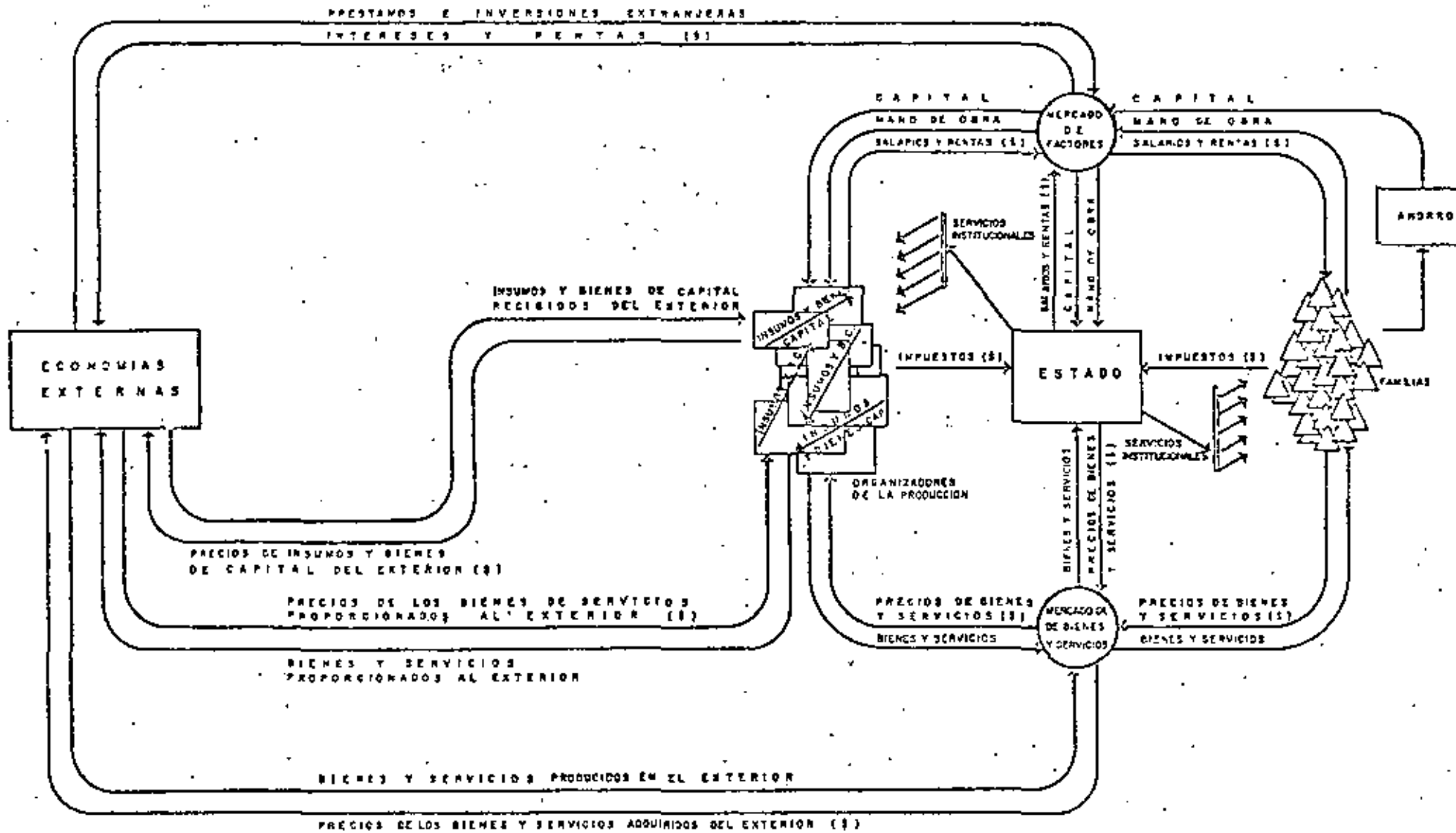


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 3

y servicios para que el sistema permanezca en equilibrio, con la posibilidad de que, como ocurre para nuestro país, el déficit en la balanza de pagos se cubra con empréstitos del exterior, aunados a la aceptación de inversiones extranjeras para mantener dicho equilibrio.

El sistema económico descrito no fue concebido, planeado o diseñado por nadie, simplemente existió como un producto de la evolución sociológica; sin embargo, el sector público se ha visto precisado a controlarlo con la intención de modificar su comportamiento de manera que puedan cumplirse algunos objetivos socioeconómicos de toda administración pública, como puede ser, por ejemplo: redistribuir el ingreso, regular las deficiencias de producción al controlar precios, fomentar las organizaciones de producción creando incentivos, proporcionando infraestructura, subsidio, asistencia técnica, etc.

El diagrama entre otras cosas permite describir las causas y efectos del proceso inflacionario al admitir que el sistema tiende a mantener el equilibrio entre el ingreso y el gasto. 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), o bien cuando con el mismo esfuerzo se obtiene menor producción (como ocurrió en 1973 en el sector agropecuario a nivel mundial aunado a la crisis petrolera) se origina un claro fenómeno de escasez, el cual motiva la elevación de precios, debido a que la cantidad total de producción en un determinado periodo es transferido a los demandantes por el total de efectivo circulante, según se explicó previamente.

Ante la elevación de precios, los propietarios de los factores demandan y generalmente obtienen 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 a transferir al precio de venta el importe adicional que pagaron por los factores utilizados, con lo que se cierra el circuito y nuevamente se produce una elevación de precios originando que los propietarios de los factores exijan un nuevo incremento de salarios y rentas, estableciéndose el círculo elevación de salarios-elevación de precios.

El proceso inflacionario limita la inversión privada en organizaciones de producción y en consecuencia 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, por lo que el Sector Público interviene para estabilizar el proceso con diversas medidas, entre las que se pueden mencionar: reducir el gasto público y orientarlo a fomentar actividades de producción, modificar la política impositiva para evitar la especulación con bienes raíces, establecer impuestos sobre ingresos extraordinarios, implementar restricciones y controles sobre precios, 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 un alto grado de 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 falta de demanda-abatimiento de producción-desempleo.

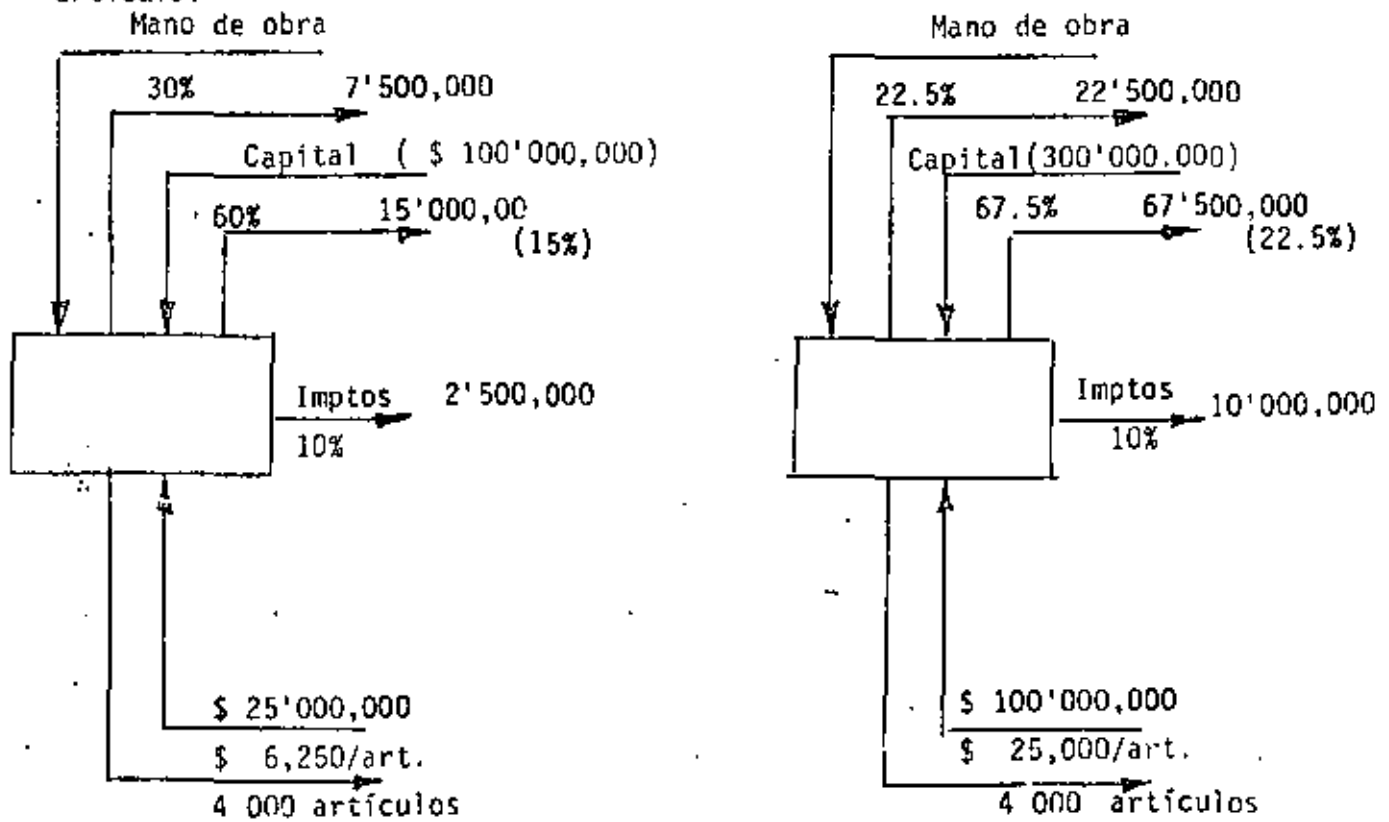
Ahora bien, cuando el proceso inflacionario de un país presenta índices

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, pues de no hacerlo, los productos elaborados dentro del sistema productivo del país serán cada vez más costosos que en otros sistemas, ocasionado con ello la cada vez menor venta de productos al exterior y simultáneamente la cada vez mayor adquisición (legal e ilegal) de productos del exterior por parte de personas y empresas del propio sistema, creando así un desequilibrio en la balanza de pagos que, para demorar temporalmente la devaluación, sólo puede ser compensado con inversión extranjera y empréstitos, suponiendo que a corto plazo pudiera detenerse la inflación. Como esto no ocurre y si por otro lado por razones políticas (a veces inexplicables) se sostiene artificialmente la paridad cambiaria (mediante préstamos e inversión extranjera), 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).

El diagrama también nos permite reconocer que no es fácil detener la inflación, puesto que existen elementos detonantes que aceleran el proceso, y solamente con enérgicas medidas puede lograrse una disminución en el ritmo de crecimiento de los precios con efectos a largo plazo.

Concretamente, por lo que toca a rendimientos de capital, anteriormente (en 1970 por ejemplo) se consideraba "razonable" un rendimiento de 15% anual, ahora (en 1978) se considera que un rendimiento "mínimo aceptable", es del orden de 23% anual.

Sobre esta base a título de ejemplo, el precio de un artículo cualquiera, que en 1970 se vendía a \$ 6,250, y que requería de un capital de \$ 100'000,000 para producir 4,000 unidades con una participación de 60% en capital y 30% en mano de obra, debe cambiar a \$ 25,000, suponiendo que el valor del capital requerido sea de \$300'000,000 en 1978 y se mantenga un incremento en salario de 3 veces la remuneración de 1970; o sea que un aumento de 3 veces en capital y mano de obra, implica un aumento de 4 veces en el precio, lo que significa un aumento real de 33%. En consecuencia para mantener un mismo nivel relativo de precios y salarios, se necesita incrementar, en nuestro caso, la productividad en un 33%; esto es producir 1.33 veces más artículos con el mismo esfuerzo y capital con que anteriormente se producía un artículo.



1970

1978

Es lógico que se atribuya este incremento de precios (superior al incremento en salarios) al interés del empresario por aprovecharse de una situación confusa, e igualmente es lógico que se considere injusta su función en el sistema económico. Pero el hecho real es que también el propietario de capital recibe menos ingresos, puesto que si anteriormente recibía un rendimiento bruto del 11% (15% de la tasa nominal menos 4% de inflación), ahora recibe solo un 5% (22.5% de tasa nominal menos 17% de inflación = $1.225/1.17$)

Es claro que la inflación no beneficia al sistema de producción ni a los individuos que dependen del mismo, con algunas excepciones de personas que se dedican a actividades especulativas.

Por otra parte, del ejemplo previo se hace patente la inquietud que 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 constituye la base de su seguridad familiar. Este es un concepto fundamental que conviene precisar a través de algunos ejemplos.

Supongamos a una persona que ha logrado mediante el ahorro, un capital de \$ 5'000,000 y se encuentra ante la decisión de dónde invertir su patrimonio, para lo cual considera cuatro alternativas.

- 1) Invertir en valores de renta fija a largo plazo en un banco del país con rendimiento de 18.52% anual.
- 2) Invertir en valores de renta fija en dólares y en un banco extranjero con rendimiento de 7.5% anual.
- 3) Invertir en la construcción de un edificio de departamentos con rendimiento de 12% anual, menos gastos de administración y mantenimiento.

4) Invertir en la Industria de Construcción.

Esta persona está consciente del proceso inflacionario y ha estimado la tasa de inflación para nuestro país en 17%, e igualmente ha estimado la tasa de inflación en dólares en 4%, con lo cual ha formado las siguientes tablas que muestra los rendimientos reales de su capital para las primeras tres alternativas.

Véanse tablas (3), (4) y (5).

De estas alternativas elegiría obviamente la última que representa el (mejor) valor de oportunidad para su inversión, y desea por tanto, investigar cuales serán los criterios que deben prevalecer en la operación de una empresa constructora a fin de que se obtuviese cuando menos una utilidad equivalente al valor de oportunidad de su capital.

Para ello se supone una división explícita de la operación de la empresa (y por lo tanto sus procedimientos administrativos y contables) agrupando por una parte todo lo relativo a equipo de construcción y por otro a las actividades propiamente de construcción.

Esta división es conveniente en cuanto a que permite distinguir hasta que grado las utilidades de la empresa se origina en la actividad constructora per se, de las que se derivan del rendimiento al capital invertido en el equipo, además de que presenta ventajas en cuanto a manejo de información, responsabilidad y autoridad para tomar decisiones, tanto por lo que respecta a la maquinaria, como por lo que se refiere a la actividad constructora.

Por tanto supondremos que la División Maquinaria proporcionará a la División Construcción el equipo que requiera esta última, sobre ba-

TABLA (3)

CASO 1.- VALORES DE RENTA FIJA A LARGO PLAZO (18.52%)

<u>AÑO</u>	<u>CAPITAL A PRECIOS CTES.</u>	<u>CAPITAL A PRECIOS CORRIENTES</u>	<u>RENDIMIENTO DE CAPITAL 18.52%</u>	<u>CANTIDAD QUE REINVIERTE 17%</u>	<u>CANT. DISP. SIN (SIN IMPS.) 1.52%</u>
1	5,000	5,000	926	850	76
2	5,000	5,850	1,083	995	88
3	5,000	6,845	1,268	1,163	105
4	5,000	8,008	1,483	1,361	122
5	5,000	9,369	1,735	1,593	142
6	5,000	10,962	2,030	1,864	166
7	5,000	12,826	2,375	2,180	195
8	5,000	15,006	2,779	2,551	228
9	5,000	17,557	3,252	2,985	267
10	5,000	20,542	3,804	3,492	312
11	5,000	24,034	4,451	4,086	365
12	5,000	28,120	5,208	4,780	428
13	5,000	32,900	6,093	5,593	500
14	5,000	38,493	7,129	6,544	585
15	5,000	45,037	8,341	7,656	685

TABLA (4)

CASO 2.- VALORES DE RENTA FIJA EN DOLARES (7.5% ANUAL)

<u>AÑO</u>	<u>CAPITAL A PRECIOS CTES.</u>	<u>CAPITAL A PRECIOS CORRIENTES</u>	<u>RENDIMIENTO DE CAPITAL 7.5 %</u>	<u>CANTIDAD QUE REINVIERTE 4 %</u>	<u>CANTIDAD DISPONIBLE 3.5%</u>	<u>TASA DE CAMBIO</u>	<u>CANT. DISP. (SIN IMPS.)</u>
1	217	217	16	9	7	23	175
2	217	226	17	9	8	26	205
3	217	235	18	9	8	29	240
4	217	244	19	10	9	33	280
5	217	254	19	10	9	37	328
6	217	264	20	11	9	41	384
7	217	275	21	11	10	47	449
8	217	286	21	11	10	52	525
9	217	297	22	12	10	59	615
10	217	309	23	12	11	66	719
11	217	321	24	13	11	75	841
12	217	334	25	13	12	84	984
13	217	347	26	14	12	95	1,152
14	217	361	27	15	13	106	1,347
15	217	376	28	15	13	120	1,576

CASO 3.- EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

<u>AÑO</u>	<u>VALOR EDIF. A PRECIOS CTES.</u>	<u>VALOR EDIF. A PRE CIOS CORRIENTES</u>	<u>RENDIMIENTO DE CAPITAL 12 %</u>	<u>GASTOS DE ADMON Y MANTO 5 %</u>	<u>CANT. DISPONIBLE (SIN IMPS.) 7 %</u>
1	5,000	5,000	600	250	350
2	5,000	5,850	702	293	410
3	5,000	6,845	821	342	479
4	5,000	8,008	961	400	561
5	5,000	9,369	1,124	468	656
6	5,000	10,962	1,315	548	767
7	5,000	12,826	1,539	641	898
8	5,000	15,006	1,801	750	1,050
9	5,000	17,557	2,107	878	1,229
10	5,000	20,542	2,465	1,027	1,438
11	5,000	24,034	2,884	1,202	1,682
12	5,000	28,120	3,374	1,406	1,968
13	5,000	32,900	3,984	1,645	2,303
14	5,000	38,493	4,619	1,925	2,695
15	5,000	45,037	5,404	2,252	3,153

ses preestablecidos que señalan claramente el pago de todos los conceptos por utilización de equipo, incluyendo el rendimiento al capital invertido en el mismo, a fin de que la División Construcción se preocupe exclusivamente por generar la utilidad correspondiente al capital de trabajo necesario para cumplir con las condiciones, especificaciones y programas del contrato de construcción, que debe ser cuando menos equivalente al valor de oportunidad de la tercera alternativa previamente analizada que equivale a un 25.19% anual - $(1.17 \times 1.07 = 1.2519)$.

Analicemos ahora el rendimiento al capital invertido en el equipo a partir de los pagos que debe efectuar la División de Construcción, mediante una revisión de los conceptos incluidos en la determinación de tarifas del equipo, básicamente por lo que se refiere a cargos fijos.

Cargos Fijos

En este rubro quedan incluidos los costos por : (a) Depreciación, (b) Capital Invertido, (c) Seguros, (d) Almacenaje y (e) Mantenimiento.

a) Depreciación

Por lo que respecta a depreciación debe entenderse el con-

cepto en cuanto a que es la cantidad que debe pagarse por la pérdida de valor en el equipo a consecuencia del desgaste por su utilización, con el fin de ir constituyendo una reserva que permita adquirir un equipo "igual" al término de su vida económica.

Tradicionalmente este concepto se calcula mediante la expresión :

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

donde: Va = Valor de adquisición (sin considerar equipo adicional)

Vr = Valor de rescate

Ve = Vida económica

Ejemplo : Moto escrepa Terex TS-14

Valor total = \$ 3'300,000

Llantas = 340,000

Va = 2'960,000

Vr = \$ 330,000

Ve = 10,000 Horas.

de donde:

$$D = \frac{2'960,000 - 330,000}{10,000} = \$263.00/hora$$

Revisemos si con la tarifa anterior podemos adquirir una escrepa al final de su vida económica, suponiendo que la tasa de inflación será de 17% anual (y constante) duran-

te los próximos cinco años.

Planteamiento A

<u>Año final</u>	<u>Horas de trabajo anual</u>	<u>Aportación a la reserva.</u>	<u>Valor acumulado en la reserva</u>
1	2,000	\$ 526,000	\$ 526,000
2	2,000	526,000	1'052,000
3	2 000	526,000	1'578,000
4	2,000	526,000	2'104,000
5	2,000	526,000	2'630,000

Valores de adquisición y rescate al quinto año.

$$\text{Valor de adquisición } \$2'960,000 \times (1+0.17)^5 = \$ 6'489,600$$

$$\text{Valor de rescate } 330,000 \times (1=0.17)^5 = \underline{723,500}$$

$$\text{Valor que debiera existir en reservas } \$ 5'766,000$$

$$\text{Valor existente } \underline{2'630,000}$$

$$\text{Déficit } \$ 3'136,000$$

=====

Es evidente que la reserva no permite la adquisición de un nuevo equipo al término de su vida económica, podíamos incluso haber obviado el cálculo anterior ante el razonamiento de que, si la inflación es de 17%, también la tarifa debe ser creciente en el mismo porcentaje. Revisemos este caso.

Planteamiento B

<u>Año final</u>	<u>Horas trabajo anual</u>	<u>Tarifa precios. ctes.</u>	<u>Tarifa precios crtes.</u>	<u>Aportación a la reserva.</u>	<u>Valor acumulado en reserva.</u>
1	2,000	\$263.00	\$ 263.00	526,000	526,000
2 (1)	2,000	263.00	307.71	615,400	1'141,400 (615,400)
3 (2)	2,000	263.00	360.02	720,000	1'861,400 (1'335,400)
4 (3)	2,000	263.00	421.22	842,400	2'703,800 (2'177,800)
5 (4)	2,000	263.00	492.83	985,700	2'703,800 (3'163,500)
(5)	(2,000)	(263.00)	(576.61)	(1'153,200)	(4,316,700)

Entre paréntesis se indican los valores si desde el primer año ya se aplica la tarifa con un incremento de 17%.

Observamos que en ninguno de los dos casos anteriores se llega a satisfacer tampoco la premisa básica de la reserva de depreciación.

Es lógico entonces que surja la inquietud de plantear el problema al revés; es decir que se determine primero el monto que debe tenerse en la reserva al término de cada año y se calcule en consecuencia la tarifa de depreciación.

Planteamiento C

<u>Año final</u>	<u>Valor en la reserva a precios ctes.</u>	<u>Valor en la reserva a precios crtes.</u>	<u>Aportación a la reserva en el año</u>	<u>Tarifa</u>	<u>Incremento anual en la tarifa</u>
1	526,000	615,400	615,400	307.70	-
2	1'052,000	1'440,100	824,700	412.40	34.0%
3	1'578,000	2'527,300	1'087,200	543.60	31.8
4	2'104,000	3,942,700	1'415,400	707.70	30.2
5	2'630,000	5'766,100	1'823,400	911.70	28.8

Lo que está muy lejos de representar una solución puesto que resulta imposible justificar o negociar incrementos en precios del orden de 30% ante una inflación reconocida de sólo el 17%, aún en contratos con cláusulas de escalación.

Puede entonces recurrirse al cálculo de la tarifa tomando los valores futuros de adquisición y rescate, lo que posiblemente nos dejaría fuera de mercado.

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{6'489,600 - 723,500}{10,000} = \$576.41$$

la cual se considera constante durante la vida económica.

Para reducir esta cifra trataríamos de aprovechar la cláusula de escalación para determinar una tarifa con incremento anual de 17% y que nos permitiera adquirir el equipo al término de su vida económica, además de presentar una situación más competitiva.

El cálculo se muestra en la siguiente tabla, cuyos valores son proporcionales a los del planteamiento B

Planteamiento D

Año final	Horas trabajo anual	Tarifa a precios corrs	Aportación a la reserva.	Valor acumulado a la reserva
1	2,000	\$ 411.03/Hr	\$ 822,100	\$ 822,100
2	2,000	480.90	961.800	1'783,900
3	2,000	562.65	1'125,200	2'909,100
4	2,000	658.30	1'316,600	4,225,700
5	2,000	770.21	1'540,400	5,766,100

Debemos reconocer que los resultados son pocos satisfactorios a pesar de que la tarifa tenga un incremento anual de 17% y el importe acumulado en la reserva nos permita adquirir un nuevo equipo al término del desarrollo, de manera que debemos buscar otra solución.

Para resolver el problema recurriremos al concepto básico de depreciación que está implícito de la expresión :

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

significa simplemente que la reserva acumulada debe ser revaluada en función de la tasa de inflación, concretamente significa que el capital inicialmente invertido en el equipo, que se va recuperando con su operación transformándose en reserva, tiene un rendimiento, parte del cual -17%- debe aplicarse a la reserva para no disminuir su valor en términos reales -como se hizo en los ejemplos previos del problema de inversión- de modo que el remanente sea el rendimiento real, o neto, del capital recuperado con la operación del equipo.

Para el cálculo partimos de la premisa básica del planteamiento C, cuantificando el monto que debe tenerse en la reserva al término de cada año, pero reconociendo que parte de esa reserva se va a constituir con la tarifa de depreciación y otra parte con el ajuste por inflación a los rendimientos del capital formado por dichas reservas. El cálculo se muestra en las siguientes tablas y considera una tarifa creciente también al 17% anual.

Para facilidad de exposición se presenta primero una tabla con valor inicial de tarifa de 1000.00 y después se calcula una tabla proporcional en función del valor acumulado en la reserva que se desea.

Planteamiento E						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Año	Tarifa	Aportación a la reserva.	Acuculado en la reserva al inicio año	Valor en la reserva al finalizar el año	Valor medio reserva en año	Revaluación de la reserva
1	1,000.00	2,000.0	0	2,000.0	1,000.0	170.0
2	1,170.00	2,340.0	2,170.0	4,510.0	3,340.0	567.8
3	1,368.90	2,737.8	5,077.8	7,815.6	6,446.7	1,095.9
4	1,601.61	3,203.2	8,911.5	12,114.8	10,513.1	1,787.2
5	1,873.89	3,747.8	13,902.0	17,649.8	15,775.9	2,681.9
			20,331.7			
1	283.60	567,200	0	567,200	283,600	48,200
2	331.81	663,600	615,400	1'279,000	947,200	161,000
3	388.22	776,400	1'440,100	2'216,500	1,828,300	310,800
4	454.22	908,400	2'527,300	3'435,800	2'981,600	506,900
5	531.44	1'062,900	3'942,600	5'005,500	4'474,100	767,600
			5,766,100			

En realidad el cálculo puede iniciarse a partir de los datos de la columna (4), calculando después los valores (7) (6) y (5) y finalmente las columnas (3) y (2).

Obsérvese que se obtienen valores consistentes con el cálculo

de la tarifa mediante la expresión $D = \frac{Va - Vr}{Ve}$ efectuándose anualmente la escalación en los respectivos valores.

Planteamiento F

Año	Va pr. cts.	Vr pr. cts.	Factor de actuali- zación	Va Pr. Corrs.	Vr Pr. Corrs.	Va - Vr Pr. Corrs.	$D = \frac{Va-Vr}{Ve}$	D del plant E'
1	\$2'960,000	\$330,000	1.17 ^{0.5}	\$3'201,700	\$ 356,900	2'844,800	\$ 284.50	\$263.60
2	2'960,000	330,000	1.17 ^{1.5}	3'746,000	417,600	3'328,400	332.80	331.80
3	2'960,000	330,000	1.17 ^{2.5}	4'382,800	488,600	3'894,200	389.40	388.22
4	2'960,000	330,000	1.17 ^{3.5}	5'127,900	571,700	4'556,200	455.60	454.22
5	2'960,000	330,000	1.17 ^{4.5}	5'999,700	668,900	5'330,800	533.10	531.44

Las variaciones en la tarifa según el Planteamiento (E) con respecto a las del Planteamiento (F), se deben a la precisión con que fueron efectuados los cálculos y a la división por períodos, no existiendo de hecho diferencia entre ellas.

La conclusión fundamental de este análisis es en el sentido de que la fórmula empleada es válida, a condición de que se apliquen los valores apropiados y se considere también la revaluación de reservas.

Debemos señalar que esta revaluación de activos tiene implicaciones contables y fiscales importantes y que pudieran afectar el valor mismo de la tarifa, las cuales deben analizarse en el contexto total de la empresa, en especial si se llega a adoptar el criterio fiscal vigente para em-

presas no constructoras que en la actualidad disfrutan de un tratamiento particular.

Debemos señalar también que esta tarifa presupone un rendimiento uniforme del equipo durante su vida económica, pero en caso de que se desee reflejar en dicha tarifa el rendimiento diferencial del equipo, basta con determinar el correspondiente valor que debe existir en la reserva (columna 4 de la tabla del Planteamiento E, primero a precios constantes y después a precios corrientes) para efectuar el cálculo de tarifas, con independencia de las implicaciones contables y fiscales adicionales que tiene el tratamiento de las reservas sobre esta base.

Pasemos ahora a analizar la tarifa por inversión o rendimiento de capital.

b) Inversión

Hasta ahora no se ha contemplado el rendimiento al capital invertido en el equipo, el cual es un capital decreciente en el tiempo, puesto que mediante la tarifa de depreciación se transfiere el capital del equipo a la reserva; esta reserva debe invertirse en función del valor de oportunidad y sólo nos hemos preocupado de que parte de ese rendimiento aparente se aplique a la reserva para no disminuir su valor en términos reales, siendo el remanente del rendimiento aparente, el rendimiento real de ese capital de la reserva, pero no incluye el capital invertido en el equipo.

La expresión por medio de la cual se calcula esta tarifa

$$i = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \cdot i$$

implica de hecho que se calcule el valor medio del capital durante la vida económica $\frac{Va + Vr}{2}$, el cual se multiplica por la tasa de interés deseado, lo que proporciona el rendimiento al capital, y de divide entre las horas trabajadas en el año.

Revisemos la aplicabilidad de la expresión para determinar el rendimiento del capital suponiendo que cuando menos debemos obtener el 7% en términos reales que equivale al $(1.17 \times 1.07 - 1.0) \times 100 = (1.2519 - 1.0) \times 100 = 25.19\%$ en términos monetarios.

Para ello recurrimos a la tabla siguiente.

Año	Valor remanente Pr. constantes	Valor medio a Pr. Ctes.	Factor de actualización.	Valor remanente a Pr. corrientes	Valor medio a Pr. Corrs.	Rendimiento esperado(7%)
	2'960,000		1.17 0.0	2'960,000		
1		2'697,000	1.17 0.5		2'917,300	204,200
	2'434,000		1.17 1.0	2'847,800		
2		2'171,000	1.17 1.5		2'747,500	192,300
	1'908,000		1.17 2.0	2'611,900		
3		1'645,000	1.17 2.5		2'435,700	170,500
	1'382,000		1.17 3.0	2'213,400		
4		1'119,000	1.17 3.5		1'938,600	135,700
	856,000		1.17 4.0	1'604,000		
5		593,000	1.17 4.5		1'202,000	84,100
	330,000		1.17 5.0	723,500		

Se aplica la tasa de 7% que corresponde al rendimiento real, toda vez que no es necesario preocuparse por revalorar el equipo, ya que este se revalúa automáticamente en función de los precios de mercado -como en el caso del edificio de departamentos previamente planteado- y por tanto no debe pensarse en aplicar un mayor interés para destinarlo a dicha revaluación, dado también que por fuera se está calculando otra tarifa para mantenimiento.

El resultado obtenido en la última columna no nos permite obtener la tarifa por el capital invertido, por ser obviamente decreciente al considerarle como una función lineal de dicho capital.

La determinación de la tarifa es un problema clásico de análisis de flujo de efectivo en el transcurso del tiempo que se resuelve mediante la determinación de un valor futuro, o valor presente, que sea equivalente con el flujo de tarifas creciente, en este caso de 17% anual.

Se utilizará el valor futuro de los rendimientos de capital, empleando ahora la tasa de 25.19% anual por tratarse de valores monetarios que sí requieren una tasa de revaluación de 17% anual para dejar un remanente real de 7%; el cálculo se muestra en la siguiente tabla.

<u>Año</u>	<u>Aportación en el año</u>	<u>Valor inicial</u>	<u>Valor final</u>	<u>Valor medio</u>	<u>Rendimiento</u>
1	204,200	0	204,200	102,100	25,700
2	192,300	229,900	422,300	326,100	82,100
3	172,500	504,400	674,900	589,600	148,500
4	135,700	823,400	959,100	891,300	224,500
5	84,100	1'183,600	1'267,800	1'225,700	308,800
		1'576,500			

Para obtener el mismo valor futuro esperado (1'576,500) con un flujo creciente de 17% anual, establecemos primero el valor futuro con una tarifa unitaria y después establecemos la proporcionalidad correspondiente.

<u>Año</u>	<u>Tarifa</u>	<u>Aportación anual</u>	<u>Valor inicial</u>	<u>Valor final</u>	<u>Valor medio</u>	<u>Rendimiento</u>
1	1,000.00	2,000.0	0	2,000.0	1,000.0	251.9
2	1,170.00	2,340.0	2,251.9	4,591.9	3,421.9	862.0
3	1,368.90	2,737.8	5,453.9	8,191.7	6,822.8	1,718.7
4	1,601.60	3,203.2	9,910.3	13,113.6	11,511.9	2,999.9
5	1,873.90	3,747.8	16,013.4	19,761.2	17,887.3	4,505.6
			24,267.0			
1	64.96	129,900	0	129,900	65,000	16,400
2	76.01	152,000	146,300	298,300	222,300	56,000
3	88.93	177,900	354,300	532,200	443,200	111,700
4	104.05	208,100	643,800	851,900	747,900	188,400
5	121.74	243,500	1'040,300	1'283,800	1'162,000	292,700
			1'576,500			

De esta forma las tarifas que se muestran en la segunda co-

luna de la tabla anterior nos proporcionan, al final de la vida económica del equipo, el mismo valor futuro de \$576,500 que obtendríamos de aplicar una tarifa real de rendimiento de 7% al capital remanente en el equipo valuado a precios crecientes.

De manera semejante a lo obtenido para la tarifa de depreciación, estas tarifas son similares a las que se obtienen por medio de la expresión $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \cdot i$; aplicando los valores afectados por los respectivos coeficientes de escalación.

Año	Va pr. Ctes.	Vr pr. Ctes.	Factor actuali- zación	Va pr. Corrs.	Vr pr. Corrs.	Va + Vr	Tarifa I
1	2'960,000	330,000	1.17 ^{0.5}	3'201,700	356,900	3'558,700	62.30
2	2'960,000	330,000	1.17 ^{1.5}	3'746,000	417,600	4'163,700	72.90
3	2'960,000	330,000	1.17 ^{2.5}	4'362,800	488,600	4'871,500	85.30
4	2'960,000	330,000	1.17 ^{3.5}	5'127,900	571,700	5'699,600	99.70
5	2'960,000	330,000	1.17 ^{4.5}	5'999,700	668,900	6'668,600	116.70

Las diferencias en este caso también se deben a la precisión con que fueron efectuados los cálculos anteriores en cuanto a la división por períodos anuales en los que se efectúa la capitalización de los intereses al rendimiento del capital.

La conclusión es la misma que para la tarifa de depreciación, en el sentido de que la expresión para el cálculo de la tarifa para inversión es correcta, a condición de que se apliquen los valores apropiados. Difiere en que no es necesario revaluar el activo o sea el valor remanente

del equipo- a menos que se desee "reflejar razonablemente, de acuerdo a las normas generalmente aceptadas en contabilidad", el verdadero valor de los activos en equipo no depreciados, con las implicaciones contable y fiscales correlativas.

Con los razonamientos hasta aquí expuestos se pueden extrapolar los conceptos a las tarifas por seguro, almacenaje y mantenimiento para integrar los "cargos fijos", así como tomar las medidas procedentes en lo que se refiera a consumos y operación.

Se espera que dichos conceptos hayan cubierto el tema relativo a la determinación de costos reales de equipo ante el proceso inflacionario, como base de partida para la selección de equipo.

México, D. F., junio de 1979.

I N D I C E

	PAGINA
1. INSTRUCCIONES	2
2. EL CONTROL	3
3. CONTROL DE CANTIDADES	14
4. CONTROL DE COSTOS	17
5. CONTROL PRESUPUESTAL	19
6. CORRECCION DE DESVIACIONES	22
7. REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS	22

EL CONTROL

1.- GENERALIDADES.

1.- Control es el proceso que determina que también se está llevando a cabo una actividad valorizándola y si es necesario aplicando las medidas correctivas apropiadas, de manera que la ejecución esté de acuerdo con lo planeado.

(sin respuesta)

2.- La comparación entre lo planeado y lo ejecutado es lo que constituye la base del _____ y la determinación del estándar o patrón que es la esencia de dicha comparación, es el primer paso a seguir.

control

3.- El control es pues, un _____ que requiere de la determinación del _____, en primer lugar y después de la comparación el estándar planeado y el trabajo ejecutado y por último el de llevar a cabo la acción correctiva en caso necesario.

proceso
estándar

4.- La identificación de los objetivos que se realiza en la función de la _____ norma el primer paso del control que consiste en la _____ de los _____.

planeación
determinación
estándares

5.- Entonces la definición de la cantidad de trabajo a realizar en una jornada, es lo que constituye la determinación de un _____ para la valuación del desempeño del trabajador. La definición de un modelo de comportamiento o acción es lo que constituye un estándar (sí/no) _____.

estándar

sí

6.- La valorización de lo ejecutado y lo planeado, sería una etapa de la comparación entre el estándar y lo que se está realizando. En caso de que exista una diferencia entre lo _____ y lo _____ es cuando se debe tomar la _____.

planeado
ejecutado
acción correctiva

7.- Principio de Control.- Para que un _____ sea efectivo debe cubrir y regular el funcionamiento planeado. Es decir se debe buscar y lograr que la actividad se esté realizando de acuerdo con lo _____.

control

planeado

8.- Se analizarán en seguida los diferentes tipos de modulos, patrones o como los hemos llamado _____ que son más usados: Cantidad, Calidad, Uso del tiempo y Costo.

estándares

9.- La determinación del volumen medio esperado de producción, de acuerdo a la actuación de los empleados más eficientes es lo que define un estándar de _____.

cantidad

10.- El especificar las sumas de dinero a gastar en la adquisición de materias primas o publicidad es lo que implica un _____.

estándar de costo

11.- El establecimiento de un programa a seguir en la realización de ciertas actividades constituye la implantación de un estándar de _____.

uso del tiempo

12.- Por último, el definir las tolerancias que se pueden especificar en la realización de las actividades que permiten lograr los objetivos organizacionales es lo que define un estándar de _____.

calidad

13.- Para poder comparar los resultados obtenidos se cuenta con los estándares de _____ y _____ que nos indican si podremos o no lograr, por ese medio, los _____ de la empresa.

cantidad, calidad, uso del tiempo, costo objetivos

14.- El establecimiento de puntos estratégicos de control nos permite el lograr una mejor _____ entre el estándar definido y lo que se está realizando. Cuando surgen diferencias en la comparación se dice que existe una excepción.

comparación

15.- El control administrativo es más fácil concentrando la atención sobre las excepciones o variaciones entre lo planeado y lo _____ es lo que nos dice el Principio de Excepción. Se puede decir que donde el Principio de _____ es válido, debemos colocar un punto _____ de control.

ejecutado o realizado
excepción estratégico

16.- Lo anterior significa que el esfuerzo con-
trol está dirigido a los lugares donde una -----
_____ tiene lugar, es decir en el -
punto donde lo realizado no se conforma con el -
_____ o patrón definido.

excepción
estándar

17.- En los sitios de excepción es donde se de-
be colocar un _____
de control y donde se debe aplicar el tercer paso
del proceso control, es decir la toma de la ac-
ción _____.

punto estratégico
correctiva

18.- La determinación de los sitios donde existe
una _____ es básica para lograr
un buen control, ya que al incluir todas las fáce-
tas de una empresa en él, consume demasiado -
tiempo y esfuerzo, por lo que resulta muy costo-
so.

excepción

19.- El concentrar el control en _____
estratégicos ahorra tiempo y esfuerzo y es una
práctica muy unida al Principio de _____
_____. Cuando al comparar estándares y -
funcionamiento no existe ninguna desviación o -
_____ el control de esa activi-
dad pasa a segundo término y solo requiere de -
revisiones periódicas.

puntos
excepción
excepción

20.- En resumen: La _____ surge
cuando al comparar el funcionamiento o resulta-
dos obtenidos y los _____ existe
alguna diferencia y es el sitio donde debemos es-
tablecer un _____
de control y llevar a cabo la toma de la -----
_____ correctiva.

excepción
estándares
punto estratégico.
acción

DISPOSITIVOS DE CONTROL.

21.- Una vez establecidos los estándares y que-
se han medido y comparado éstos con los resulta-
dos para poder llevar a cabo la acción _____
_____ se utilizan varios _____
de control que son:

correctiva
dispositivos

- Presupuesto
- Informes estadísticos de control
- Análisis del punto no pérdida-no ganancia
- Reportes especiales de control
- Auditoría Interna

22.- El presupuesto es el _____ de control que se utiliza con más frecuencia. Cuando el presupuesto sirva para corregir y revisar el trabajo que se está ejecutando forma parte del proceso de _____ mientras que su determinación como recurso para el logro de objetivos lo hace parte del proceso de la función - _____.

dispositivo

control

planeación

23.- El presupuesto entonces es de gran importancia como dispositivo de _____ y como parte integrante del proceso de la _____. La definición del estándar costo es base común para coordinar las actividades de la empresa y forma parte del dispositivo _____.

control

planeación

presupuesto

24.- El dispositivo que se basa en la determinación de los costos, es el de _____. Pero el dar importancia a la reducción de costos solamente, puede tener como consecuencia - que esto afecte al estándar (cantidad/calidad/uso del tiempo) _____.

presupuesto

calidad

25.- El segundo dispositivo de control consiste en la elaboración de reportes periódicos de las actividades realizadas, con el fin de estudiar la historia de la marcha de la empresa y es lo que implican los _____.

informes estadísticos

26.- El hecho de que los informes _____ de control sirvan de base para que se les compare con otros informes previos, significa que es importante que se elaboren en forma - (continua/no continua) _____.

estadísticos

continua

27.- El análisis del punto no pérdida no ganancia es otro de los _____ que más se usa. El uso de gráficas que muestran el porcentaje de utilización de una planta contra ingresos y gastos pueden utilizarse para el análisis del punto _____.

dispositivos de control

no pérdida - no ganancia

28.- La determinación de las utilidades o pérdidas de la empresa, es otro ejemplo de lo que se puede lograr al utilizar el dispositivo de _____.

análisis del punto no pérdida no ganancia

29.- Los reportes especiales de control son el -
cuanto dispositivo de _____ . Estos-
_____ son
los que investigan casos particulares en un tiem-
po y lugar definido.

control, repor-
tes especiales

30.- De acuerdo a lo anterior estos reportes se
realizan en forma (continua/no continua) _____
_____ y por el hecho de referirse a
situaciones particulares donde se presume existe
alguna desviación, constituyen una aplicación di-
recta del Principio de _____ .

no continua

excepción

31.- Cuando se realizan investigaciones periód-
cas, sobre actividades generales se está utilizan-
do el dispositivo de _____
_____ de control. En cambio in-
vestigaciones acerca de los procedimientos, fun-
cionamiento de un área específica de trabajo se
usan para elaborar _____
_____ .

Informes es-
tadísticos

reportes
especiales

32.- El último dispositivo de control mencionado
es el de la _____ interna. Así por
ejemplo cuando la central de adiestramiento del
personal revisa las operaciones de las unidades
subsidiarias se está llevando a cabo una _____
_____ .

auditoría

auditoría
interna

33.- Los cinco _____
son: presupuesto, informes estadísticos de con-
trol, análisis del punto no pérdida-no ganancia,
reportes especiales de control y auditoría inter-
na.

dispositivos
de control

34.- Los dos dispositivos que tienen que ver con
los análisis monetarios, costos y flujo de fondos
son: _____ y el _____
_____ .

presupuesto,
análisis del punto
no pérdida-no ga-
nancia

35.- El dispositivo que se elabora en forma no -
continua y que está relacionado con el Principio
de Excepción es el de _____
_____ de control.

reportes
especiales

36.- Los dispositivos que se realizan en áreas -
extensas y en forma más o menos periódica son:
la _____ y los _____
_____ de control.

auditoría interna,
informes estadís

37.- Para que en toda empresa no se pierda la -
continuidad en el flujo de las actividades es necesa-
rio que se utilicen como forma de control, los
_____ antes mencionados.

dispositivos

2.- SISTEMAS DE CONTROL Y CONTROL DE LA ACTUACION HUMANA

38.- Los sistemas de control son aquellos que se
utilizan para determinar si los objetivos y metas
de la organización definidos en la función _____
_____ se están ejecutando correcta-
mente. Dichos sistemas se auxilian de los _____
_____ de control para cumplir su
cometido.

planeación

dispositivos

39.- El control centralizado es el _____
de control que se lleva a cabo en áreas específi-
cas de una empresa. Así el control de presumpues-
tos departamentales a cargo del staff de finanzas
es lo que constituiría un _____
_____.

sistema

control cen-
tralizado.

40.- El control personal es el que incluye el che-
queo y correcciones que realiza un supervisor a
un trabajador o grupo de ellos. Así el sistema-
de control que se realiza en áreas más específi-
cas y es de primera línea primordialmente es el
de control _____.

personal

41.- Los sistemas de _____
_____ y control _____ son --
los que se deben ejercer de acuerdo a las teorías
clásicas de la Administración. Es lógico pensar
que los datos así obtenidos fluyen hasta (los nive-
les superiores/los niveles más bajos) _____
_____.

control centralizado
personal

los niveles
superiores

42.- El tercer sistema es el auto-control. El in-
dividuo que instituye cambios en sus propios mó-
dulos de trabajo con el fin de lograr mayor éxito
está practicando el _____.

auto-control

43.- La supervisión realizada por los niveles altos de la empresa sobre áreas extensas de trabajo es lo que implica un _____

control centralizado.

_____. El perfeccionamiento del individuo debido a un supervisor que chequea su trabajo constituye la meta a alcanzar del _____.

El deseo de superación personal, la automotivación y la iniciativa del individuo para perfeccionando sus métodos de trabajo son consecuencia del _____.

control personal

auto-control

44.- Desde el punto de vista de la Teoría y (unidad anterior) el sistema de control mejor es el _____.

Según la Teoría X que establece que el hombre es incapaz de lograr nada por sí mismo, sería necesario el uso de los controles _____ y _____.

auto-control

centralizado personal

45.- Porque fomenta el sentido de responsabilidad y brinda una cierta libertad en la elección de los métodos de trabajo y estrategias a seguir el sistema de control ideal sería el _____.

auto-control

CONSECUENCIA DE LA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

46.- El éxito de los _____ de control se basa, en que sean aceptados por los individuos a quienes se aplica. Por desgracia los estudios del comportamiento humano han demostrado que el hombre generalmente (acepta/rechaza), _____ los sistemas de control.

sistemas

rechaza

47.- Los sistemas de control producen en el hombre un rechazo que se traduce en un incumplimiento del deber. El _____ o resistencia a dichos sistemas se debe generalmente a las siguientes causas:

rechazo

1) El control tiende a romper la imagen propia de la persona.

2) El no aceptar los objetivos de la empresa.

3) La creencia de que los estándares exigidos son demasiado altos.

4) No gustarle que se asigne el control a determinados grupos de la organización.

48.- El hecho de que la mayoría de los reportes o informes de control, acusan sólo las deficiencias en la actuación de la persona, hacen que -- sean (aceptados/rechazados) _____ ya que tienden a _____ la imagen de la propia persona.

rechazados
romper

49.- Ahora suponiendo que el individuo acepta el control como un medio para corregir sus deficiencias es necesario, además, que los objetivos de los sistemas de control le hagan sentir que valen la pena.

(sin respuesta)

50.- Así otra de las razones por las que se rechazan los sistemas de control es porque existe incompatibilidad entre los _____ de la persona y los de la organización.

objetivos

51.- Si un empleado siente que lo que le están exigiendo es demasiado para sus aptitudes o habilidades, puede deberse a que los _____ son muy altos y por ello (admite/no admite) _____ que se le controle.

estándares
no admite

52.- Por ejemplo la fijación de volúmenes de venta a un vendedor basados en su desempeño anterior es más fácilmente (aceptada/rechazada) _____ que si se aplica un volumen estándar sin tener en cuenta la experiencia.

aceptada

53.- Se estableció que un individuo rechaza los _____ de control cuando no le gusta, que para tal efecto, hayan asignado a un determinado _____. Es de esperarse que un control ejercido por los mismos compañeros se (acepta/rechaza) _____ en tanto que un control proveniente de un staff de "afuera" sea aceptado/rechazado) _____

sistemas
grupo
acepta
rechazado

54.- Se han visto hasta ahora, las razones por las que se _____ un sistema de control, que trae como consecuencia un incumplimiento del deber. Un individuo no cumple con su _____ ante la percepción del peligro.

rechaza
deber

- 55.- Cuando aquellos a quienes se aplica un sistema de control sienten que éste constituye una amenaza para ellos, se dice que hay _____
_____ percepción del peligro
- 56.- La percepción del _____ nace cuando se insiste en el castigo en vez de la ayuda y del apoyo para alcanzar las metas y/o los _____ cuando existe falta de confianza en las relaciones entre superior y subordinado, personal staff y de línea, etc. peligro objetivos
- 57.- Las amenazas y castigos, así como la falta de confianza o comunicación entre los jefes y los _____ es lo que hace que aparezca la _____ y con ello la falta de _____ del deber. subordinados percepción del peligro cumplimiento
- 58.- Se puede concluir que los sistemas de control tienden a provocar y a acentuar la conducta que tratan de evitar que es la falta de _____ la razón de ello es que las presiones para cumplir con el deber en una atmósfera de falta de _____ en las relaciones y de castigos hacen percibir el _____ cumplimiento del deber
- 59.- Desgraciadamente la ausencia del peligro no garantiza el cumplimiento del _____. El cumplimiento del deber puede lograrse con sentido de dedicación a la causa. confianza peligro
- 60.- Como ya vimos el objeto de todo control es lograr la determinación de un _____ o patrón para evaluar el trabajo. Entonces el éxito del control consiste en la determinación del nivel del estándar apropiado, ni muy alto porque puede ser inalcanzable y por ello _____ ni tan bajo que no se logran las metas y los _____ organizacionales. rechazados objetivos
- 61.- Sin embargo la reacción favorable del individuo no estará determinada por la meta-objetivo en sí sino por la percepción que de ella tenga de acuerdo a sus sentimientos, necesidades y actitudes de ahí que el estudio de las Ciencias del _____ humano son básicas en la administración. comportamiento

62.- El cumplimiento del deber, según se dijo en el cuadro 59, se logra con sentido de _____ a la causa y ello se logra cuando el individuo logra la _____ de las metas u objetivos.

dedicación
percepción

63.- Mayor será la _____ a la causa cuando más compatibles sean las _____ u _____ de la empresa con los sentimientos, inquietudes, aspiraciones y necesidades del hombre que en ella trabaja.

dedicación
metas
objetivos

64.- Tomando en mente estas ideas, se puede entrar al estudio de lo que está constituyendo el sistema de control moderno y que se basa en lograr una mayor _____ a alcanzar las metas y objetivos de la empresa. A este sistema se le conoce por sistema orgánico de control.

dedicación

65.- El sistema _____ de control viene siendo la forma de promover una mayor _____ a la causa de la empresa basado en la idea de que imponiendo a los demás determinados objetivos y normas atractivas se logra su aceptación.

orgánico
dedicación

66.- El establecimiento de los _____ y las _____ debe hacerse en base a una exploración conjunta y abierta de la realidad. Así la exposición y discusión de los criterios de la empresa para competir con éxito en cualquier ocasión son la base para el _____ de los objetivos y las normas.

objetivos
normas
establecimiento.

67.- Esto puede parecer enojoso y lento, pero se basa en la convicción de que el tiempo empleado en lograr la identificación de los objetivos, actividad propia de la función _____ estará compensado de sobra con el tiempo que se ahorrará en la solución de problemas posteriores.

planeación

68.- Así definidos en forma concreta y conjunta todos los objetivos, metas y normas a seguir y por haber sido determinados con el concurso de todos los miembros de la empresa, teniendo en cuenta todos los puntos de vista y sugerencias, será (fácil/difícil) _____ poderse dedicar por entero a la causa.

fácil

69.- El sistema orgánico de control basado en lo antes expuesto tendría una aplicación ----- (igual/muy distinta) _____ a los sistemas convencionales, ya que si se ha lo grado la entera _____ al logro de los _____, lo primero, para realizar un _____ efectivo, será proporcionar ayuda a los subsistemas (departamentos) en su esfuerzo por alcanzar los niveles acordados en común.

muy distinta
dedicación
objetivos
control

70.- La función de las unidades Administrativas en el sistema _____ será la de proporcionar a cada uno de los niveles de la empresa la información relativa a su funcionamiento para que pueda utilizarla a este fin.

organico de
control

71.- Así cada subsistema tendrá que dar cuenta de sus actividades al sistema inmediato superior, periódicamente indicando el desarrollo alcanzado, la exposición de los problemas encontrados y de los planes para resolverlos. Ello elimina la utilización de grupos especiales de control que nacen (más caro/más barato) _____ el control.

más caro

72.- Con ello también se evita en gran parte la vigilancia directa, en el sentido estricto de la palabra, ya que el problema no consiste en obtener un cumplimiento pasivo, sino en capacitar a todas las secciones a lograr los _____ propuestos.

objetivos

73.- Así el sistema _____, motiva al empleado a corrigiendo sus errores y a ejercer sobre sí mismo un _____ control de sus movimientos. El auto-control es la mejor manera de responsabilizar al individuo y lograr el _____ de su deber y su mayor _____ a tratar de alcanzar los objetivos de la empresa.

organico de
control

auto

cumplimiento
dedicación

74.- El _____-control desarrollado en base al estudio de situaciones particulares, producido, a su vez de las necesidades e inquietudes del individuo y que se ejerce por medio de informes de subsistemas al sistema superior, a base de confianza y sinceridad es lo que constituye el _____ de control.

auto

sistema organico

CONTROL DE CANTIDADES

El controlar las cantidades es muy usual en la Industria de la Construcción. Conocida desde la planeación la cantidad de una obra determinada por unidad de tiempo (hora, día, mes) que se requiere producir es muy fácil utilizar esa cantidad planeada como estándar. A medida que se desarrolla la obra pueden irse afinando los estándares.

En el proceso de planeación se determina primero un estándar ideal o teórico, esto es la cantidad de obra que puede producirse con un 100% de eficiencia, luego se aplican factores producto de la experiencia para llegar al estándar práctico, o de otra manera, si se tienen datos estadísticos de obras anteriores con el mismo proceso productivo pueden tomarse estos datos para determinar los estándares reales o prácticos.

Establecidos los estándares por unidad de tiempo se procede a establecer los puntos de control; normalmente se van controlando las cantidades por lapsos acordados con el control contable de la obra. Así pueden establecerse controles diarios, semanales o mensuales.

La ventaja de ligar el control de cantidades a la contabilidad de costos es que se tendrán puntos de control iguales para cantidades y costos lo cual es muy útil puesto que la producción real en un determinado plazo junto con el costo real nos dará el costo por unidad de obra ejecutada que es un dato que interesa primordialmente al constructor.

Otra característica del control de cantidades es que los puntos de control, son diferentes dependiendo del nivel jerárquico que toma decisiones usando el control. Así por ejemplo en una planta de agregados el jefe de la planta recibe un informe de producción por turno, el superintendente de pavimentación recibiría un informe condensado de producción semanal y el superintendente general este mismo informe pero mensual. Estos suceden desde luego si no hay desviaciones significativas. Si las hay el sistema de control debe ser capaz de alertar hasta un nivel que pueda tomar las decisiones que corrijan aquellas fallas del proceso que estaban provocando una falla de producción respecto a los estándares.

Esto se hace en diferentes formas. El superintendente de pavimentación puede por ejemplo decirle al jefe de la planta que debe avisarle si la producción de cualquier turno de P.hrs. es inferior en 10% al estándar por turno. El superintendente general podrá enterarse si la producción semanal es 10% inferior al estándar semanal. Esto desde luego facilita la operación organizada de control.

Es muy común que al reporte de control se le añadan una serie de datos estadísticos que sirvan para tomar decisiones en caso de que exista alguna desviación.

Si siguiendo el ejemplo de la planta de agregados el reporte debería contener aquellos datos que permitan conocer las causas de alguna posible desviación. Por ejemplo el número de horas paradas de la máquina por cualquier causa indicando dichas causas o no, demoras causadas por deficiencias en el suministro, deficiencias en el almacenamiento, fallas en el personal, etc.

Si todos estos datos se llevan a lo largo del trabajo esto permitirá que además de llevar el control y facilitarse las decisiones se pueda revisar periódicamente las causas de las demoras para poder, por ejemplo, replanear el proceso o si es conveniente, fijar estándares más altos en beneficio de la economía de la obra modificando el proceso completo, parte del proceso o simplemente aumentando el estándar en función de la experiencia acumulada si parece lo indicado.

En realidad el control es un proceso de retroalimentación, este es, un sistema que toma muestras, las compara con el estándar y en caso de desviaciones significativas actúa sobre el proceso de producción para regresarlo a la producción planeada.

El reporte de control permite pues a los diferentes funcionarios que manejan el proceso tomar decisiones. Estas decisiones son de diferente tipo y podríamos dividir las en dos:

- a) Decisiones de Emergencia.
- b) Decisiones Preventivas.

Como ejemplo de decisiones de emergencia podría mencionarse el hecho de que una máquina trituradora tenga problemas mecánicos y esto origine una producción inferior al estándar. Otro ejemplo sería que una máquina se descomponga por rotura de una pieza. En estos casos la decisión inmediata será proceder a la reparación.

Como ejemplo de decisión preventiva puede mencionarse la siguiente: las horas perdidas por descompostura de una máquina, tienen tendencia a aumentar. Analizando la causa pueden presentarse varios casos:

- a) La máquina está fuera de la vida económica
- b) El mantenimiento es defectuoso
- c) La operación es defectuosa
- d) Algún mecanismo de la obra tiene un efecto importante

El atacar este problema y tomar decisiones respecto a él sería una decisión preventiva si se toma antes de que ésta causa de demora provoque que la producción quede abajo del estándar.

Es costumbre que para poder tomar estas acciones preventivas se usen cartas de control, que indiquen en forma gráfica y durante lapsos grandes las variaciones reales del comportamiento de la producción, demoras, etc.

CONTROL DE COSTOS

Este sistema de control es muy usual en lo que a construcción -- se refiere, ligado íntimamente al control de cantidades como ya se indicó.

Este control consiste en ordenar en diferentes cuentas los costos correspondientes a los insumos que se van utilizando en la obra.

El conjunto de estas cuentas se denomina catálogo de cuentas de costos, y pueden dividirse de acuerdo con las necesidades del control. Así por ejemplo puede llevarse una cuenta de costos para producción -- de agregados, otra cuenta de costos para elaboración de concreto asfáltico, una más para colocación de concreto revestido, etc., es usual que se subdividan estas cuentas de costos en sub cuentas, en función -- del tipo de insumo, así pues cada una de estas cuentas podría llevar -- las siguientes sub cuentas:

- a) Obra de Mano
- b) Materiales
- c) Maquinaria
- d) Acarneos
- e) Destajistas

El control de costos compara las cantidades erogadas por cada -- una de las cuentas y sub cuentas con las supuestas y cuando hay una -- desviación importante tomará una decisión para corregir esta desvia -- ción.

El estándar en el caso de control de costos puede elaborarse a -- base de presupuestos mensuales o, relacionando un control de cantida -- des con el de costos en base a los costos unitarios supuestos en la pla -- neación.

Así por ejemplo se puede presuponer cuánto se va a gastar en -- una determinada empresa por concepto de maquinaria para agregados, y usar esta cantidad como estándar y contra ella comparar el costo -- real. Puede también fijarse un costo unitario como estándar por m³ -- de agregado por ejemplo y con los datos reales de cantidades de costos dividiendo la cantidad erogada realmente en el mes entre la cantidad -- producida realmente en el mes en m³ tendríamos el costo unitario real que se compararía con un costo unitario supuesto. En ambos casos, -- si hay desviaciones se deberá contar con un mecanismo en la organiza -- ción de la obra que tome decisiones de inmediato para corregir las de -- ficiencias que presente el mecanismo de producción, con objeto de ha -- cer que el costo real sea igual o menor que un costo estimado.

La información del control de costos se puede presentar en base a listados que nos indican las cantidades realmente erogadas en cada una de las cuentas y sub cuentas, se puede presentar en gráficas, o -- pueden presentarse exclusivamente aquellos costos que se disparan del presupuesto (control por excepción).

Como se puede ver estas cuentas de costos pueden sofisticarse y pueden ampliarse hasta llegar a un control muy detallado. La experiencia en construcción indica que es muy difícil llegar a un gran detalle ya que normalmente en los datos de campo se originan errores que hacen inútil este control tan detallado. Es más frecuente que se tengan cuentas por actividades generales y en caso de tener que tomar una decisión se hace un análisis de detalle de esa cuenta particular dividiéndola con el criterio del ingeniero en sub cuentas.

La contabilidad de costos implica una buena organización contable de la obra, ya que esta contabilidad de costos deberá estar ligada a la contabilidad general de la empresa para que dé siempre datos reales.

Desde luego se deberán llevar cuentas de los costos directos, -- así como de indirectos y gastos generales de la empresa con objeto de tener siempre un panorama completo y tomar decisiones que conduzcan a la obra y a la empresa al objetivo cuantitativo predefinido.

Los estándares deben modificarse y revisarse continuamente, ya que es muy frecuente que haya variaciones en el proyecto en las cantidades de obra y en los métodos de construcción que evidentemente modifican el estándar.

Para llevar adecuadamente el control de costos es indispensable que el ingeniero que hace uso de este control tenga conocimientos básicos de contabilidad, lo que le permitirá interpretar adecuadamente los resultados de las diferentes cuentas que tiene que supervisar.

Existen diferentes métodos para llevar el control de costos, que usan desde sistemas manuales hasta computadoras electrónicas, en general el uso de computadoras está restringido a aquellas áreas de trabajo en donde se tenga una máquina cercana, ya que la transmisión de datos masivos por teléfono o radio no ha sido resuelta satisfactoriamente en México. Esto es muy importante ya que la información debe ser oportuna para que las decisiones que se tienen que tomar en base a esa información también lo sean.

CONTROL PRESUPUESTAL

El control presupuestal permite llevar el control de cantidades y costos al mismo tiempo, y desde luego permite tomar las decisiones que se requieran tanto en el área de producción como en otras áreas tales como compras, manejo financiero, cobranzas, etc.

Para poder llevar un control presupuestal se requieren los siguientes requisitos.

Un sistema de planeación que permita la elaboración de un presupuesto completo que servirá de estándar para el control.

Un sistema idóneo de contabilidad y costos de la empresa.

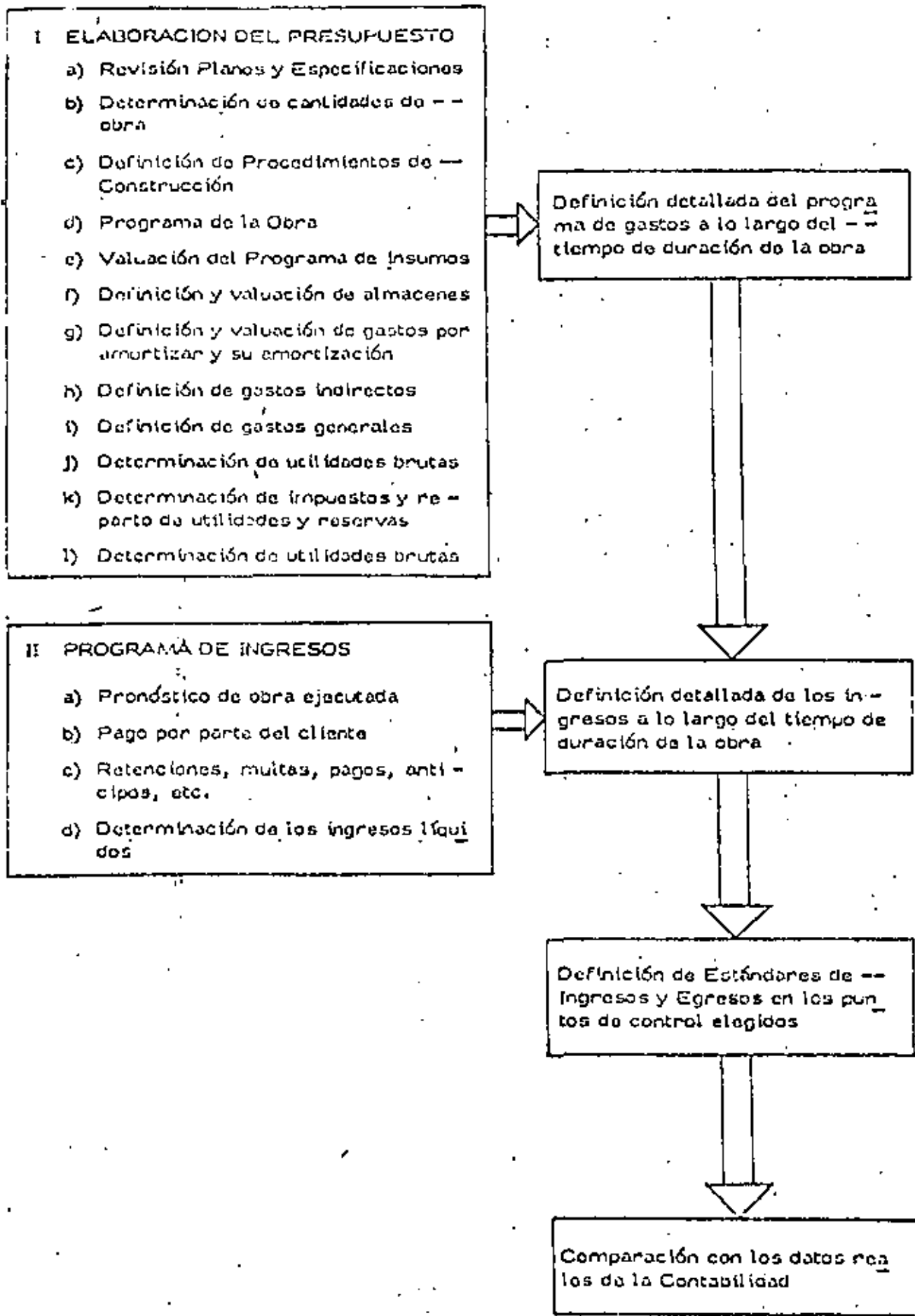
En general puede decirse que un sistema integrado de control presupuestal en una empresa de construcción tiene limitaciones e inconvenientes que algunas veces anulan a las indudables ventajas que tiene el sistema.

Entre los inconvenientes que presenta pueden mencionarse :

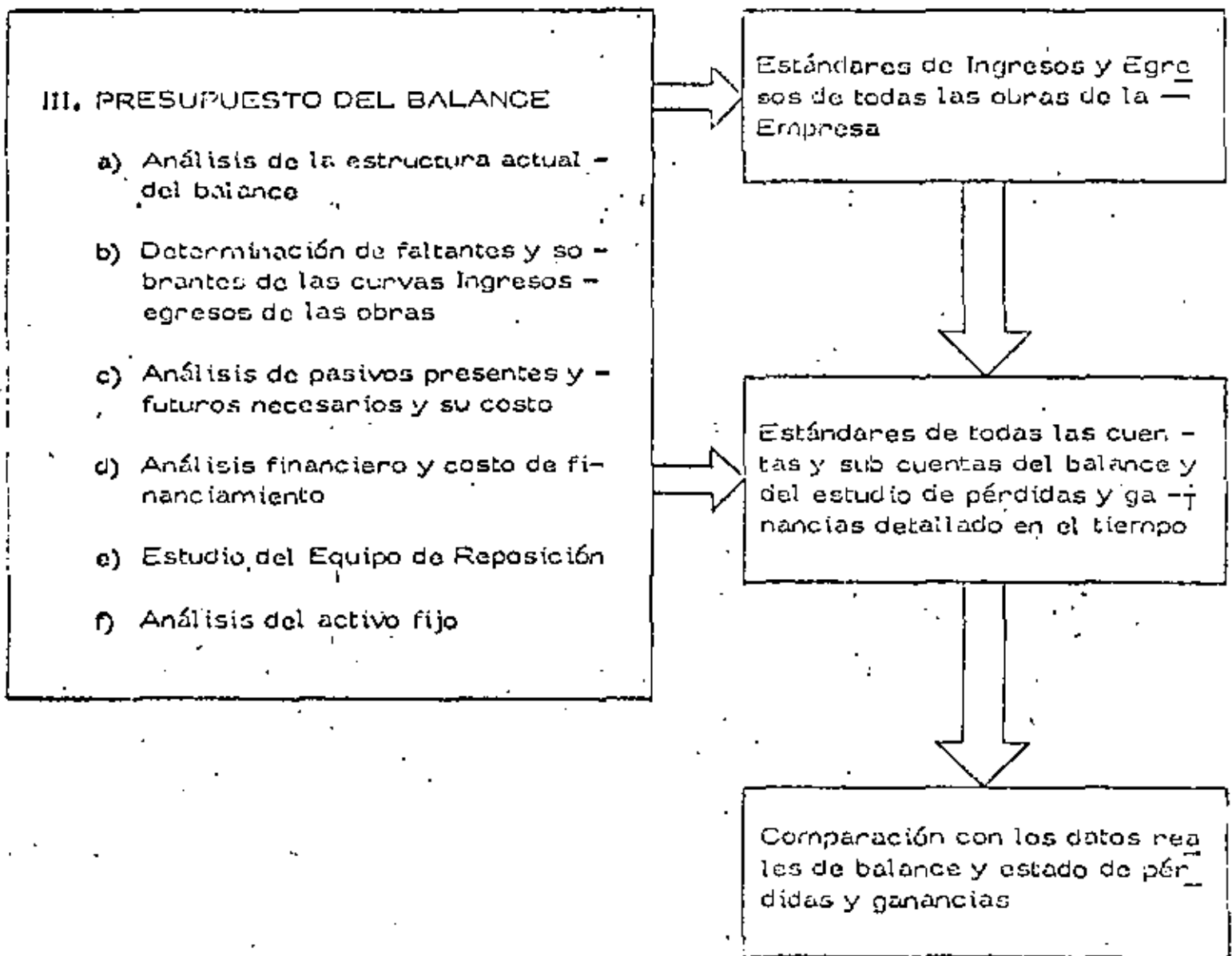
- a) Los presupuestos deben modificarse continuamente debido a las variaciones en programas y volúmenes que tienen la mayor parte de las obras de construcción en nuestro país.
- b) Al implantar el sistema no se deben esperar resultados completos a corto plazo.
- c) Existen obstáculos psicológicos importantes, pues el cambio de sistema significa una modificación en los hábitos del personal.

Existen gran número de procedimientos diferentes para llevar el control presupuestal, desde sistemas que se operan manualmente hasta los que hacen uso de las computadoras.

El control presupuestal a nivel de obra podría definirse como si-
gue:



El control presupuestal a nivel de empresa podría esquematizarse así:



Como en los casos anteriores desviaciones significativas originan de inmediato decisiones correctivas.

CORRECCION DE DESVIACIONES

El establecimiento de los medios adecuados para corregir las desviaciones de los estándares es probablemente la etapa más importante de todo control.

Si el "aviso" no es oportuno y no llega rápidamente a la persona capaz de tomar las decisiones correctivas se pierden total o parcialmente las ventajas del control.

La empresa puede mejorar sistemas de construcción modificar su organización para definir mejor las funciones y responsabilidades de cada puesto, mejorando así la coordinación de sus actividades, o modificar los sistemas de dirección de la empresa, en función de los reportes de control debidamente evaluados.

Como consecuencia del control de costos, puede reducirse la inversión real y mejorar la rentabilidad de la obra, o aumentar los beneficios del contratista, generalmente muy por encima del gasto necesario para ejercer el control. Cuando la decisión para ejecutar una obra se ha basado en hipótesis falsas respecto a los costos, el control de éstos generalmente revela prontamente este hecho, permitiendo así una oportuna reevaluación y corrección de los planes. Por supuesto que el control de costos no pueda corregir los defectos en los estimados de costos, pero la misma experiencia derivada del control permitirá realizar estimados cada vez mejores.

REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

Los textos de administración señalan diversas exigencias para que un sistema de control opere adecuadamente. Se analizará cada una de ellas con referencia especial al control de los costos.

1. Los controles deben reflejar la naturaleza y las necesidades de la actividad. El sistema para controlar los costos de ingeniería de proyecto será indudablemente distinto del que se use para controlar los costos de construcción. Los sistemas e instrumentos adecuados para controlar los costos de construcción de una planta industrial son diferentes de los que deben usarse en la construcción de una presa. Los costos de operación y mantenimiento requieren

procedimientos de control especiales, y lo mismo puede decirse de los costos de producción en serie. Por lo tanto, los catálogos de cuentas de costos y los sistemas de información correspondientes tienen que diseñarse para las necesidades de cada empresa y las características de cada tipo de obras.

2. Los controles deben indicar rápidamente las desviaciones.

Ya se hizo notar anteriormente la importancia del "tiempo de respuesta" de un sistema de control. Los sistemas de contabilidad tradicionales generalmente tienen un tiempo de respuesta exageradamente largo; debido a que tienen que satisfacer diversos requisitos legales, además de servir para el control financiero de la empresa, deben ser meticulosamente exactos y reportar únicamente transacciones completamente terminadas y debidamente documentadas. Por lo tanto, su funcionamiento es lento y un tanto inflexible. El control de los costos requiere el establecimiento de un sistema de información más ágil y flexible, que permita conocer rápidamente las desviaciones de los planes y apreciar con igual rapidez los efectos de las medidas correctivas. El procesamiento electrónico de datos constituye una valiosa herramienta para lograr sistemas de control de respuesta rápida. Es importante, sin embargo, que exista una fuente de datos común para el sistema contable y el de control de costos, de tal manera que exista armonía y complementación entre ellos.

3. Los controles deben mirar hacia adelante. A este respecto debe también señalarse que los sistemas contables están generalmente orientados al pasado, es decir, tienen el carácter de registros de las transacciones realizadas en el pasado. Por lo tanto, se concluye como en el punto anterior, que es necesario establecer sistemas de control de costos orientados al futuro o lo que es lo mismo, capaces de predecir las consecuencias de las desviaciones de los planes. Los sistemas de programación y control de obras por redes de actividades constituyen instrumentos idóneos para proyectar hacia el futuro el efecto de las desviaciones presentes.

4. Los controles deben señalar las excepciones en los puntos estratégicos. Se hace referencia aquí al principio de control por excepción, según el cual el ejecutivo debe concentrar su atención en los casos de excepción, es decir, en aquellos en que lo logrado se aparta de las normas o planes establecidos. Los sistemas de programación por ruta crítica, al señalar claramente la secuencia de actividades cuyo cumplimiento es crítico para la consecución de la meta pre-fijada, facilitan la identificación de los puntos estratégicos. Para poder apreciar las desviaciones significativas en los costos, es indispensable que los presupuestos-

y estimados de costo sean enteramente congruentes con el programa de obra aprobado y se elaboren mediante un análisis de las secuencias de operaciones por realizar. Podrá así advertirse fácilmente cuándo el costo se aparta en forma inconveniente del presupuesto y de los estándares prefijados.

5. Los controles deben ser objetivos. Es necesario subrayar aquí nuevamente la importancia de basar el control de costos en un buen estimado de costo. Sin él, la apreciación que pueda hacerse respecto a los costos observados en la obra se convierte en un proceso totalmente subjetivo y de escasa significación. Cuando el estimado de costo se integra con el programa de obra, de tal manera que se fija un costo directo para cada actividad, el control de costos adquiere máxima objetividad y oportunidad.
6. Los controles deben ser flexibles. Con frecuencia, diversas circunstancias fuera de control del ejecutivo hacen que se tenga que cambiar los planes. Los sistemas de control de costos deben poder adaptarse fácilmente a estos cambios sin perder su validez y utilidad. Sucede en ocasiones que al elaborar un programa por C.P.M., se pretende darle un carácter estático e inflexible, que lo hace obsoleto rápidamente, debido a que no se ha previsto su frecuente revisión y actualización, de acuerdo con los cambios impuestos por las circunstancias. Los estimados de costo deben mantenerse consecuentemente actualizados para que siempre señalen en forma realista las metas alcanzables.
7. Los controles deben reflejar el modelo de organización. En toda buena organización las responsabilidades de los diferentes niveles ejecutivos y de los diferentes puestos están perfectamente definidos. Es indispensable que los sistemas de control provean a cada ejecutivo de una información congruente con sus responsabilidades. Se infiere la necesidad de establecer reportes de costos adecuados a cada nivel administrativo. Así por ejemplo, el reporte que reciba el responsable de una fase de la obra será más detallado y más específico que el que reciba el superintendente general de la misma, y el que éste reciba, más detallado y menos general que el que se dé al gerente de la empresa constructora.
8. Los controles deben ser económicos. Deben distinguirse claramente el volumen de información y el valor de la información. Un mayor número de datos no significa necesariamente mejorar la información; por el contrario, en muchas ocasiones el exceso de información provoca incertidumbre, indecisión e incapacidad para interpretar adecuadamente la gran cantidad de datos que se reciben. Por lo tanto, hay que establecer un equilibrio adecua-

do entre la cantidad de datos que conviene generar y el costo de procesarlos y distribuirlos para convertirlos en información utilizable. En general sólo debe proporcionarse la información indispensable para que cada ejecutivo pueda tomar las decisiones que le competen.

9. Los controles deben ser comprensibles. Los reportes de costos deben tener siempre una interpretación fácil y presentarse en forma inmediatamente utilizable. Resultan de poca utilidad los datos de costos que el ejecutivo deba todavía procesar y analizar para que adquieran significado.
10. Los controles deben indicar una acción correctiva. Ya se expresó anteriormente que si no hay acción correctiva no existe control. Por lo tanto, los informes de costos deben presentarse de tal manera que se puedan apreciar claramente las causas de las desviaciones, los responsables de las mismas y las medidas que puedan adoptarse para corregirlas.

0



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

ING. LEON ROBERTO LEON RENDON

JUNIO, 1980

TECNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS APLICADAS A LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

1. INTRODUCCION

Ing. José Castro Orvañanos
Jefe del Area de Construcción - U.A.M. Azcapotzalco.

El motivo por el cual se decidió presentar este trabajo fue la observación de que las técnicas de análisis de tiempos - movimientos han sido empleadas con bastante éxito en la industria manufacturera y, en cambio, su aplicación en la industria de la construcción ha sido casi ignorada por completo.

Estas técnicas consisten en analizar la forma de realizar - las operaciones rutinarias para llevar a cabo una determinada tarea, con el objeto de encontrar una manera más fácil, económica y segura de llevarlas a cabo. Tratan de optimizar la efectividad de cada esfuerzo que se lleva a cabo. Toman como premisas de su aplicación:

1. "Cada peso ahorrado incrementa la ganancia o disminuye la pérdida".
2. "Siempre hay una mejor manera de hacer las cosas, una - óptima solución que no estamos aplicando".

Ventajas resultantes de su aplicación:

1. No se pasan por alto puntos importantes.
2. Al analizar cada actividad, aislándola de los problemas cotidianos, es posible descubrir una mejor forma de realizarla.

El análisis de tiempos y movimientos se ha usado poco en la construcción, a pesar la gran importancia de esta actividad, por los siguientes argumentos:

- a) Cada obra es diferente
- b) El personal no es de planta
- c) Las actividades no son repetitivas
- d) Las actividades duran poco

Además de lo anterior existe la tendencia en el constructor de responsabilizar al maestro de obra de la ejecución, dirección y selección de procedimientos, atribuyéndole una "genial habilidad" organizadora y planificadora.

Por otro lado, si tenemos presente que un 75% a 85% de todas las actividades de una obra consisten en el manejo y movimiento de materiales, y que observadores de la implantación de estas técnicas sostienen que los ahorros derivados de estos estudios se estiman conservadoramente en 8 a 10 veces el costo de su aplicación, puede concluirse que es indispensable aplicar estas técnicas en la industria de la construcción.

II. EL ELEMENTO HUMANO

El éxito de la aplicación de las técnicas de análisis de tiempos y movimientos en la industria de la construcción, depende en gran parte de la colaboración que preste el personal, por lo que es aconsejable involucrarlo en su aplicación, motivarlo lo más posible y hacerlo participe en la toma de decisiones, incrementando con esto su interés en aumentar la productividad.

Por lo anterior se comprende que es de sumo interés no desanimarlo, ni que pierda su iniciativa e imaginación.

Se recomienda para lograr involucrar al personal en la aplicación de estas técnicas, las reuniones informales en grupo, dirigidas por el encargado de estos estudios, acompañadas de exhibiciones de material fotográfico, procurando la participación espontánea y sincera de los asistentes y tratando de explotar la máxima: "Hágalo usted mismo". Los principales beneficios derivados de reuniones de este tipo son:

1. La creatividad e inventiva, generadas a través de la emulación mutua, la aportación de la experiencia de los participantes y la crítica constructiva.
2. La "psicología de la participación": la gente se considera como autora del nuevo método desarrollado, lo que conduce a una mayor cooperación y entusiasmo de los que intervendrán en la aplicación del nuevo plan de trabajo.

El principal obstáculo que se interpone en la realización de algún cambio es el problema humano ya que, en general, la gente es renuente al cambio. La principal causa de esto es el temor a la pérdida del prestigio, al fracaso, etc. -- La mejor forma de superarlo es el buen conocimiento y entendimiento de las cosas.

Es común el uso ineficiente de la mano de obra. Esto se debe a la mala o nula comunicación que se tiene con los obreros: las órdenes no son claras y específicas, ni tampoco se les indica la mejor manera de hacer las cosas.

Para tratar de descubrir una mejor manera de realizar las cosas se necesita además de tener una mente abierta al cam-

bio, en espíritu de creatividad y una posición contraria al conformismo, al tradicionalismo, a la timidez y a la suficiencia. Es necesario tener presente que no se deben cambiar las formas de realización de las cosas sólo por cambiarlas, sino por mejorarlas.

Es aconsejable que este tipo de estudios sean realizados -- directamente por ingenieros jóvenes, porque:

1. Aunque generalmente tienen poca experiencia, tienen la mente abierta al cambio y deseos de considerar y valorar -- las ideas y sugerencias nuevas.
2. Como los estudios son siempre supervisados por superintendente de obra y el departamento de costos, es una excelente oportunidad para el ingeniero joven el tener a la mano un acervo de experiencia de problemas de obra, de costos de procedimientos de construcción, etc.

III. PASOS PARA PODER DESARROLLAR ESTAS TECNICAS

1. Registro de cómo se lleva a cabo el ciclo que se está -- estudiando, enmarcado dentro de las condiciones generales -- de la obra. Este registro se puede realizar mediante:
 - a) Observación visual
 - b) Estudios con cronómetro
 - c) Película con fotografías tomadas a intervalos iguales (time-lapse-photograph)
 - d) Tomas con televisión (video-tape)
2. Analizar cada detalle del ciclo estudiado usando:
 - a) Deliberación analítica
 - b) Diagrama de flujo de proceso
 - c) Estudios de balance de cuadrillas
 - d) Cartillas de procesamiento
3. "Descubrimiento" de nuevos métodos de ejecución, con ayuda de las siguientes herramientas:
 - a) Hacer las seis preguntas básicas para cada detalle:
 - QUE se propone (objetivo)
 - POR QUE se hace de esa manera
 - CUANDO es el mejor momento de realizarla
 - DONDE es el mejor lugar para hacerla
 - COMO es la mejor manera de realizarla
 - QUIEN es el más calificado para llevarla a cabo
 - b) Evaluar el lugar donde se lleva a cabo la obra, los recursos usados, herramienta, equipo y materiales, el flujo de los materiales y las condiciones de seguridad.

c) Discusiones en mesas redondas con gente que participe directamente en la ejecución de la obra

d) Solicitar ideas de gerentes, superintendentes, maestros de obra, etc.

4. Desarrollo del mejor método:

a) Con un claro entendimiento del objetivo deseado, eliminar detalles no necesarios; reasignar recursos, simplificar procedimientos, etc., para hacer las cosas más fáciles, rápidas y económicas.

b) Escribir una versión detallada del nuevo método propuesto

c) Vender el nuevo método al patrón, superintendente, maestro, trabajadores, etc.

5. Implantación del nuevo método:

a) Una vez aceptado, ponerlo, en práctica de inmediato.

b) No dejar de poner atención en la ejecución del nuevo método para comprobar que se han aprendido hasta los pequeños detalles.

c) Dar crédito y reconocimiento a quien se lo merezca.

IV. REGISTRO DE ACTIVIDADES

Las conclusiones de los estudios deben hacerse basadas en los hechos observados y no en los "deducidos".

1. Estudios con cronómetro

Ventajas Los más baratos y más rápidos de realizar en el campo. Útiles cuando es uno o muy pocos los elementos observados.

Limitaciones.

a) Siempre existe un error acumulativo, cada vez que el cronómetro se para, se lee y se vuelve a echa a andar (el error es más importante mientras más cortas sean las duraciones de las actividades observadas)

b) El observador decide al momento de tomar lecturas, cuándo empieza y cuando termina una cierta actividad, o en qué instante separar dos actividades o ciclos. Esto puede ser grave cuando el estudio lo realiza más de un observador, cosa que es necesario en obras grandes.

c) Es bastante largo, lo que puede originar un cambio de las condiciones de la obra y con ello, una falsedad en la información recabada. Por ejemplo, para registrar una actividad que involucra 10 elementos (hombres, máquinas, etc.), se requerirá de la observación de: $10 \text{ elementos} \times 5 \text{ observaciones/elemento} = 50 \text{ ciclos}$.

Es probable que las condiciones hayan variado considerablemente entre la 1a. observación y la 50a.

d) El estudio se limita a lo estrictamente observado, por lo que resulta incompleto, especialmente en lo relacionado con la interdependencia de las actividades

e) Debido al volumen de información que el observador debe ir anotando un muy poco tiempo, es usual que descuide su objetivo y la precisión en los datos tomados. Para contrarrestar esto es recomendable dedicar un tiempo del observador exclusivamente a ver los trabajos, sin tomar ninguna nota, para que norme el criterio de sus observaciones en función de las condiciones en las que realmente se está llevando a cabo el trabajo.

f) Al darse cuenta los obreros de la realización de este estudio, adoptan una posición distinta a la normal. Esto es debido a que los trabajadores se sienten considerados como simples máquinas, a quienes se trata de explotar al máximo, consideran que los estudios se hacen con el objeto de bajar el monto de los destajos que se les están pagando, etc.

2. Estudios con fotografías tomadas a intervalos constantes de tiempo (time-lapse photography).

Ventajas.

a). Relativamente barato: un rollo de 100 pies dura 3 h 30 m, con fotos cada 3 seg. (40 fotos/pie)

b). Capaz de tomar nota de varias actividades de un gran número de componentes a la vez.

c) Capaz de tomar nota de la interrelación de los componentes.

d) Es una colección de observaciones permanentes y de fácil comprensión.

e) Los supervisores y maestros de obra pueden estudiar y mejorar su trabajo con la sola visualización de la película.

f) Las fotografías pueden servir para fines de enseñanza, descripciones de algún problema o estudios de seguridad

g) Descubre muchos vicios o trabajos innecesarios que se hacen por rutina y pasan desapercibidos normalmente, o a --

los cuales no se les da la importancia que realmente tienen.

h) Los datos observados son irrefutables; la gente en ocasiones no quiere cambiar sus procedimientos tradicionales, alegando que los estudios no tiene validez por estar basados en observaciones equivocadas. Con este procedimiento aceptan los cambios al ver el estudio fotográfico y en ocasiones sugieren ellos mismos mejoras importantes y con ello se vuelven colaboradores del sistema

1) Archivo de experiencias obtenidas en distintas obras.

Equipo

A) Cámara de cine con solenoide, dispositivo para fijar la frecuencia de las fotografías (timer), fuente de energía y - tripié.

b) proyector con contador de fotografías y velocidad de -- proyección regulable, para adelante y en reversa.

3. Estudios con video-tape

Esta en desarrollo el equipo para su aplicación a la construcción.

Es recomendable que no se re-use la cinta magnética, porque se pierden experiencias pasadas.

Tiene la ventaja sobre la fotografía de que la información - tomada en el campo puede analizarse de inmediato, sin tener que esperar al revelado del material filmado. En resumen, - podría asignársele a esta forma de recolección de datos, las mismas ventajas que las correspondientes a los estudios con time-lapse.

V. METODOS DE ANALISIS

Los sistemas de análisis gráficos constituyen un método de registro y de comunicación.

Los más útiles y usados en construcción son los diagramas de:

1) Balace de cuadrillas (Crow blance chart)

Es un conjunto de barras verticales que parten de un mismo eje horizontal, construídas a escala y expresadas en del tiempo del ciclo. En cada barra se expresan las actividades que desarrolla un solo elemento del grupo estudiado (máquina u hombre), incluyendo en ellas el tiempo improductivo u ocioso, por lo que la inter-relación de cada uno de los recursos usados puede apreciarse el comparar las diversas barras a lo largo de una línea horizontal. De su observación se advierte, en muchos casos, algún cambio en la manera de realizar las cosas o de integrar más eficientemente una cuadrilla (Es importante hacer notar que con este estudio no se puede

analizar la eficiencia o rendimiento de los recursos usados)

Es importante tratar de tener siempre las cuadrillas balanceadas, porque al cambiar ciertas condiciones (entregas de material, nuevos o más elementos disponibles, más eficiencia individual) de algunos trabajadores, etc.) éstas se pueden desbalancear

Es necesario, al construir las barras, indentificar el % de cada tipo de actividad o tiempo ocioso con un determinado calor o asciurado. Figuras 1 y 2

2) Diagrama de flujo

Para su elaboración se usa la simbología convenida por la ASME (American Society of Mechanical Engineers) que aparece a continuación:

<u>Símbolos Usados</u>	<u>Nombre</u>	<u>Resultados</u>	
○	Operación	Producción	Generalmente las más
⇒	Transporte	Movimientos	costosas en construcción
□	Inspección	Verificación	
D	Retardos	Interferencia, almacenamiento provisional	
△	Almacenamiento		

Los métodos mencionados son más útiles cuando se aplican simultáneamente y sin olvidar las 6 preguntas a las que antes hicimos alusión:

¿Qué, por qué, cuándo, cómo, dónde y quién?

Para ilustrar los métodos de análisis descritos se muestra un ejemplo que consiste en el habilitado de madera para su uso en un tunel, propuesto por el Prof. Henry W. Parker (2)
Fig. 1 y 2

VI. MODELOS DINAMICOS

Es posible también analizar actividades cíclicas de construcción, utilizando las herramientas que nos proporciona la Ingeniería de Sistemas, como puede ser la simulación de modelos dinámicos en los que se utilizan los principios de la Teoría de Colas.

Como ejemplo interesante del empleo de estas técnicas vale la pena mencionar el estudio que se realizó para la construcción del "Peachtree Center Plaza Hotel" cuya estructura de concreto, la más alta del mundo destinada a hotel, se levanta en Atlanta, Georgia.

VII. CONCLUSIONES

Se piensa que las técnicas de análisis de tiempos y movimientos tienen un gran valor en el medio de la construcción, no sólo por su carácter formativo, sino también por los resultados que pueden obtenerse a través de su aplicación.

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Parker W. Henry, Oglesby H. Clarkson, Methods Improvement for Construction Managers Mc Graw-Hill B.C. 1972.
- 2.- Parker W. Henry, "Methods Improvement Techniques for Construction and Public Works Managers", Stanford University Department of Civil Engineering, Technical Report N. 51 1965
- 3.- Nave J. Henry. "Construction Personnel Management", Journal of the Construction Division ASCE. Enero 1968
- 4.- Mc. Nally E. Harold "Labor Productivity in the Construction Industry", Journal of the Construction Division ASCE. Sept. 67
- 5.- Schader R. Charles. "Motivation of Construction Craftsmen", Journal of the Construction Division ASCE. September 1972.
- 6.- Reynaud B.C. "The Site as the Workshop of the Industry" Building Technology and Management. Diciembre 1971
- 7.- Gillham M. John. "A Contractor's view of factor affecting Site productivity". Building Technology and Management, Abril-1972
- 8.- Sprinkle B. Howard. "Analysis of Time-Lapse Construction Films", Journal of Construction Division ASCE. Septiembre-1972.
- 9.- Fonjahl. W. John. "Photographic Analysis for Construction Operations". Journal of the Construction Division ASCE Mayo-1960
10. Shahuma Akiyuki. "Video Time Study", Industrial Engineering, Febrero-1975
11. Halpin W. Daniel, R. W. Woodhead, Design of Construction and Precast Operation. J. Wiley and Sons, ~ 1976

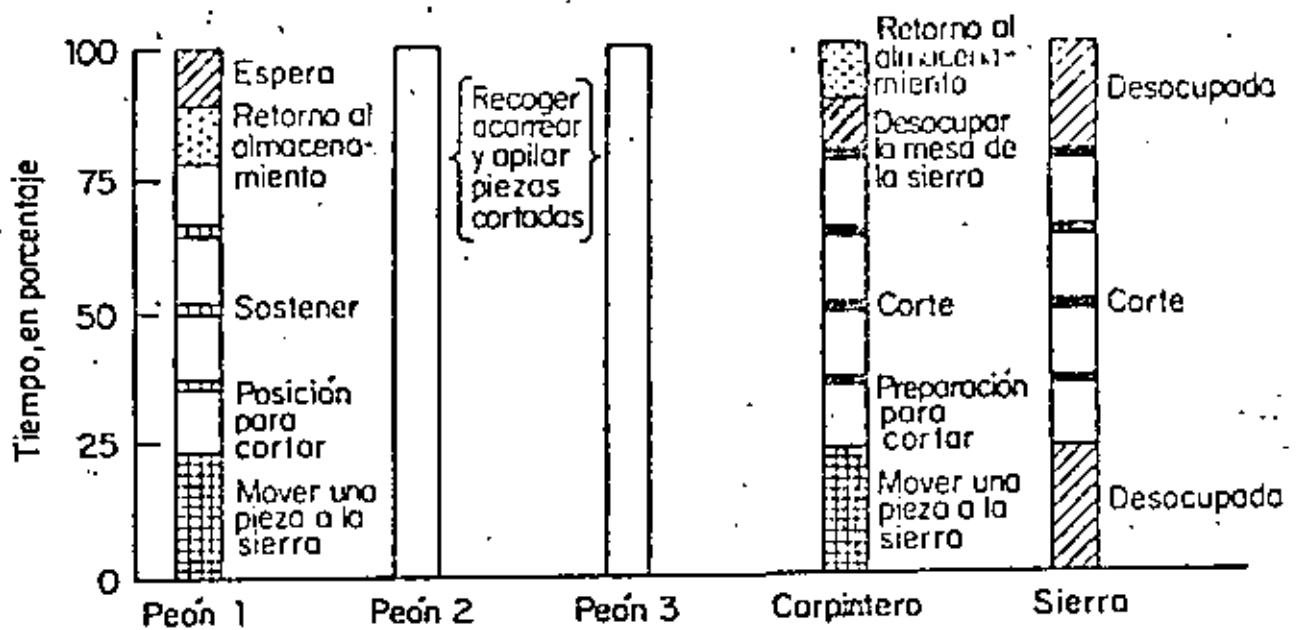
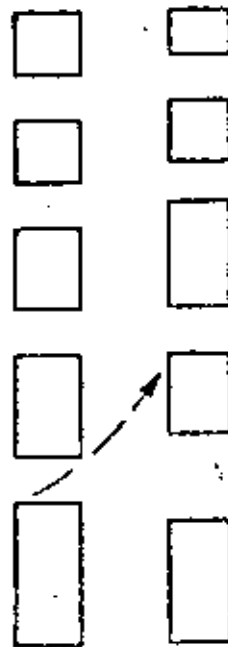
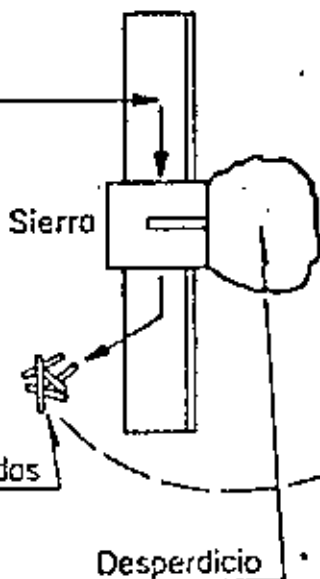


Diagrama de balance de recursos

Almacenamiento de madera apilado sobre el piso



Piezas cortadas apiladas por tamaños



Vía de acceso al túnel

Diagrama de flujo

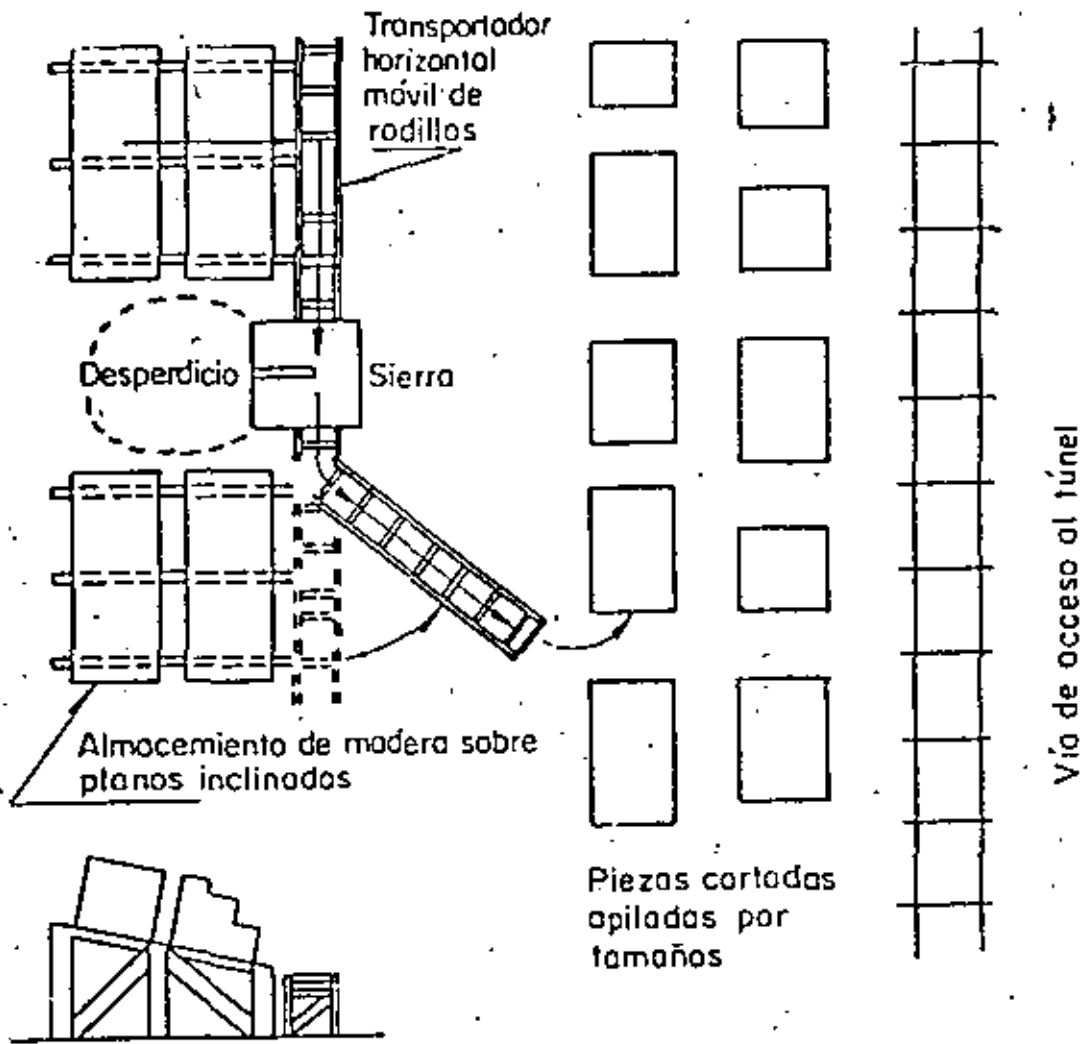


Diagrama de flujo

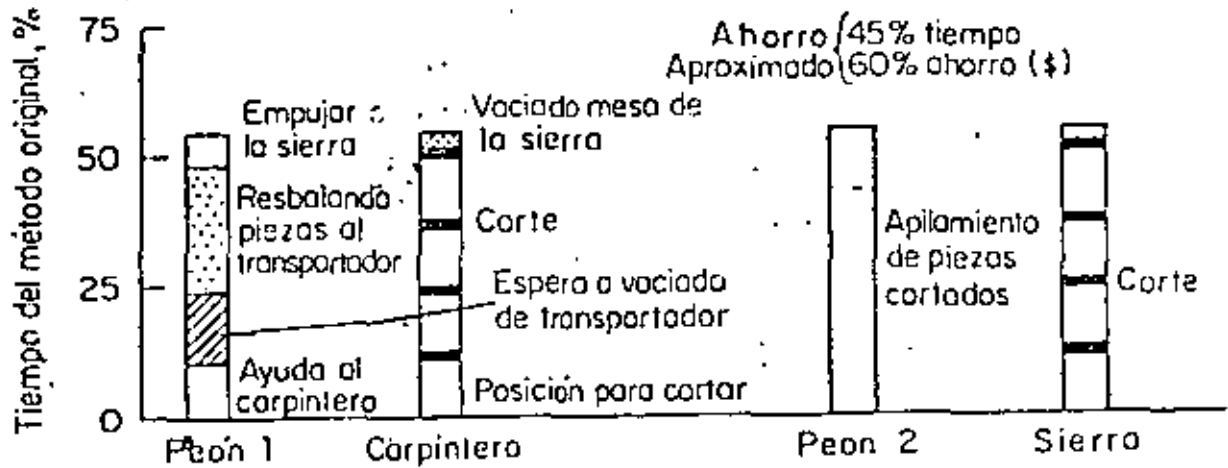
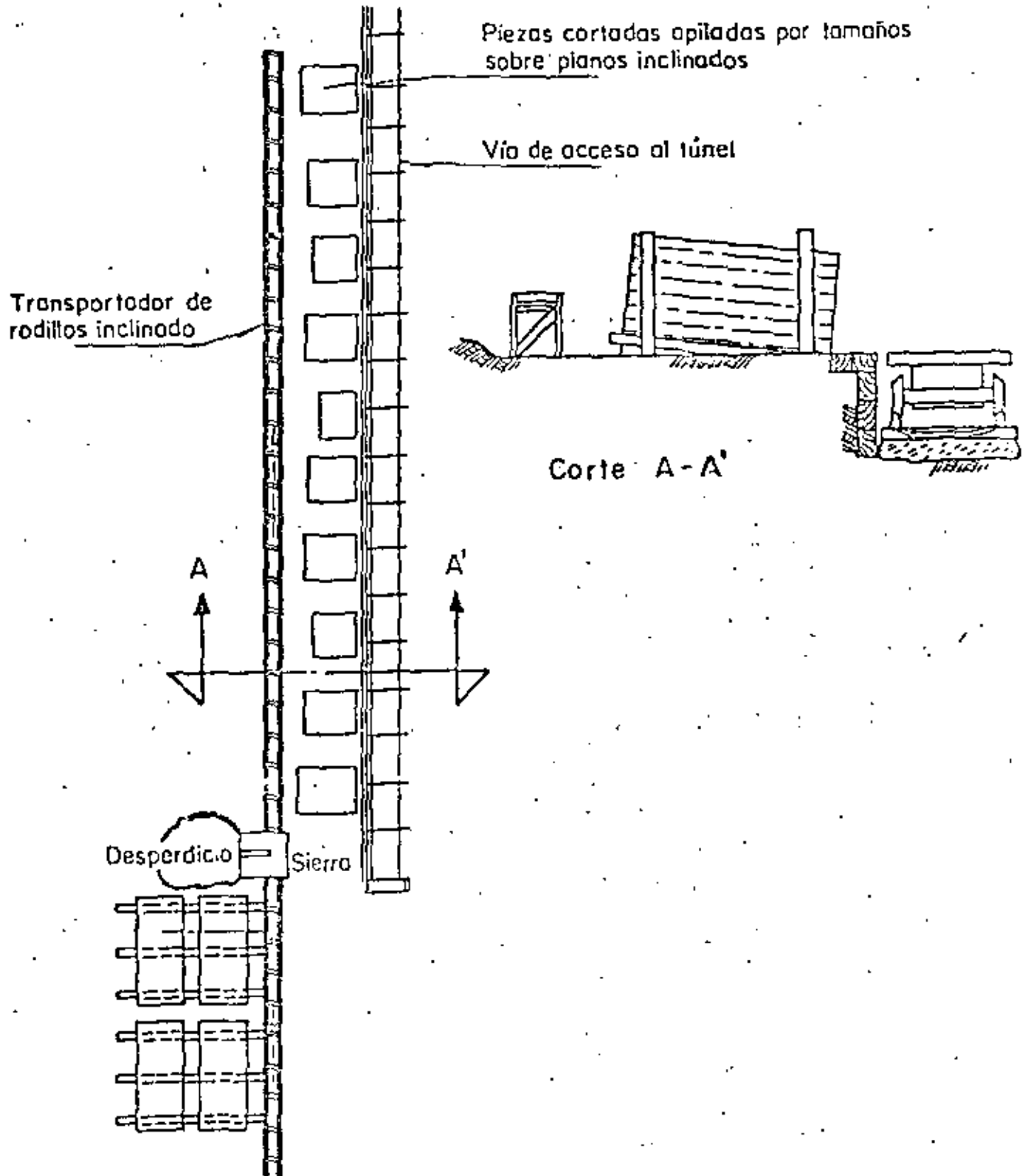


Diagrama de balance de recursos

Figura 3 METODO PROPUESTO (alternativa B)







centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

C A R G A D O R E S

ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO

JUNIO, 1980



ORIGEN
DE
LOS
CARGADORES

La evolución de tractores potentes para el movimiento de tierras y el manejo de otros materiales pesados se ha producido con tal rapidez que es imposible generalizar acerca de las mejoras adicionales que aún puedan conseguirse en este tipo de máquinas. En los pocos años transcurridos desde la segunda guerra mundial, el desarrollo de nuevos tipos de neumáticos, grupos motopropulsores, convertidores de par, transmisiones automáticas, reducciones por planetarios en las ruedas, materiales estructurales y diseño general del tractor han hecho una realidad tanto de los tractores de ruedas como de orugas que son en la actualidad adecuados virtualmente para todo tipo de trabajo intensivo realizable con tractor.

Originalmente los tractores cargadores sólo tenían movimiento de giro del bote y vertical a lo largo de un marco que le servía de guía al bote, que se colocaba en la parte delantera del tractor. Cuando el bote estaba a nivel de piso, el tractor avanzaba hacia adelante y el bote se introducía en el material para cargar; después se subía el bote a base de cables y poleas accionadas por una toma de fuerza del motor del tractor, y con el bote en esta posición, el tractor se movía hasta colocarse con el bote en la parte superior del vehículo, que se deseaba cargar y se dejaba que el bote girara por el peso del material, y del bote mismo, aflojando uno de los cables de control. De este tipo de equipo quedan muy pocos trabajando pero fueron el origen de los actuales. Estas máquinas tenían embrague de fricción y ejes de tipo usado en automoción, apenas si podían realizar trabajos de carga de materiales sueltos.

El trabajo pesado, incluyendo la excavación de material en su estado natural, estaba reservado casi por entero a las excavadoras giratorias montadas sobre orugas.

Los tractores cargadores de hoy en día nacieron principalmente de las necesidades económicas de la vida. El constructor de carreteras, por ejemplo, se enfrentó con el uso de maquinaria que no se adaptaba al ritmo de aumento del costo de los trabajos. Acudió pues, a los fabricantes de maquinaria para la construcción; la necesidad inmediata era conseguir una máquina que excavara y cargara, es decir, un tractor cargador que proporcionase:

- a) Mayor producción
- b) Menor costo de funcionamiento
- c) Mayor movilidad
- d) Más facilidad de servicio

Para esto fue necesario desarrollar, motores más potentes, mejores transmisiones, componentes hidráulicos más eficaces, en el caso de cargadores con llantas éstas deberían de ser más grandes y con base más ancha, diseñadas para suministrar la tracción y flotación necesaria.

Todo el concepto de mover una amplia variedad de materiales, en mayores cantidades, a menor costo gracias a la velocidad, potencia y movilidad, operando eficazmente, y con una sola máquina, pasó de ser un proyecto para convertirse en un hecho tan pronto como los ingenieros desarrollaron los nuevos componentes.

El campo de aplicación de los tractores sobre ruedas se ha popularizado al resolverse paulatinamente el problema histórico de obtener en la barra de arrastre la potencia adecuada en las más variadas condiciones, problema que ha señalado durante mucho tiempo la división entre tractores de oruga y sobre neumáticos.

En el año de 1954, Clark Equipment Company, lanzó al mercado su primer tractor Michigan con tracción en las cuatro ruedas, convertidor de par, transmisión automática y reducciones planetarias en las ruedas, bajo la denominación de cargador modelo 75-A, el papel del tractor de ruedas en las tareas de movimientos de tierras y manejos de otros materiales pesados, se hallaba estrechamente limitado.

Al principio, en la línea de tractores cargadores, resultaba evidente que el eslabón más débil eran los organismos de transmisión de la fuerza motriz desde el motor hasta las ruedas. De hecho, para fabricar una línea de tractores cargadores que pudiese resistir las cargas de una ardua excavación y al mismo tiempo proporcionar otras características deseables, se hizo preciso proyectar piezas diseñadas exclusivamente para este tipo de máquina.

El convertidor de par reemplazó al embrague convencional. Para excavar y cargar materiales compactos el convertidor suministra un par de torsión que varía en forma continua. A diferencia del embrague de fricción corriente, el convertidor de par tiene la capacidad de multiplicar la porción. El par de torsión suministrado se adapta automáticamente a la demanda de carga. Para aprovechar plenamente la potencia que se desarrolla mediante el conjunto motoconvertidor de par, se instaló un cambio automático de cuatro velocidades. Todos los ejes se montaron sobre rodamientos de bola y rodillos, de larga duración y funcionamiento suave. Los engranajes de toda la gama de velocidades hacia adelante y hacia atrás engranan en toma constante. Los embragues hidráulicos de acción rápida que controlan el par suministrado al árbol principal de transmisión se accionan con facilidad y precisión mediante la palanca de control situadas en la columna de dirección.

Los ejes motores, tanto el de dirección como el de carga y sus carcasas hubieron de fabricarse con aceros de la más alta resistencia, para que pudieran soportar las durísimas condiciones de trabajo inherentes a la utilización de las máquinas en los terrenos más accidentados.

En el eje motor de dirección la fuerza de accionamiento es transmitida por el árbol del eje al piñón planetario a través de una junta universal.

Ponemos de relieve los puntos que anteceden sencillamente porque fueron, y aún son, factores esenciales en el diseño de un tractor realmente funcional y adecuado para infinidad de aplicaciones. Gracias a esta tecnología avanzada han surgido nuevas oportunidades para la aplicación de motores mayores y más potentes, neumáticos y otros componentes de las eficientes máquinas que constituyen los tractores cargadores.

Los cargadores son equipo de excavación, carga y acarreo y por esta causa es más conveniente en algunos casos que la pala mecánica, pues en ésta es necesario el uso de camiones para el acarreo del material aunque sea a distancias cortas.

Cuando se comparan las palas mecánicas con los cargadores, se ve que una pala mecánica tiene una duración de vida de dos a tres veces mayor que un cargador, pero hay que hacer notar que la pala mecánica impone un gasto mayor de capital, amortización e intereses del capital invertido. Por otra parte el alto costo de transportación de esta maquinaria de una obra a otra es mucho mayor.

La movilidad del cargador es superior, pues éste puede moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad; y antes de que el polvo de la explosión se disipe el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega de material.

El uso de cargadores da soluciones modernas a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y elevar la producción.

El objeto principal de este trabajo es evaluar el cargador frontal de hoy en día con relación al trabajo que realiza para la construcción.

Por conveniencia podemos clasificar a los cargadores desde dos puntos de vista: en cuanto a su forma de descarga y en cuanto al tipo de rodamiento.

- A) Por la forma de efectuar la descarga se clasifican en:
- a) Descarga Frontal
 - b) Descarga Lateral
 - c) Descarga Trasera

Descarga Frontal

Los cargadores con descarga frontal son los más usuales de todos. Estos voltean el cucharón o bote hacia la parte delantera del tractor, accionándolo por medio de gatos hidráulicos

Su acción es a base de desplazamientos cortos y se usa para excavaciones en sótanos, a cielo abierto, para la manipulación de materiales suaves o fracturados, en los bancos de arena, grava, arcilla, etc. También se usa con frecuencia en rellenos de zanjas y en alimentación de agregados a plantas dosificadoras o trituradoras.

Una derivación de este tipo de descarga, es cuando se usa el cucharón tipo concha de almeja al que también se le llama bote de uso múltiple. Este se puede abrir en dos para cargar o descargar, además de que se puede usar como bote de descarga frontal.

El objeto de que el bote se abra es que, cuando el labio superior que es el que forma la caja del bote se separa de la parte vertical y ésta queda como cuchilla topadora, y se puede usar como tal, además de que cuando está cargando se pueden forzar ciertos materiales a entrar dentro de él al cerrar las dos partes del bote. En la parte trasera del cucharón, un par de cilindros hidráulicos de doble acción hacen que éste se abra o se cierre.

Descarga Lateral

Los de descarga lateral tienen un gato adicional que acciona al bote volteándolo hacia uno de los costados del cargador. Esto tiene como ventaja que el cargador no necesita hacer tantos movimientos, para colocarse en posición de cargar al camión o vehículo que se dese, sino que basta que se coloque al vehículo paralelo.

Desde luego este tipo es más caro que el de descarga frontal, y sólo se justifica su uso en condiciones especiales de trabajo, por ejemplo, en sitios donde no hay muchos espacios para maniobras, como en rezaga de túneles de gran sección, o en cortes largos de camino, ferrocarriles o canales.

Descarga Trasera

Los equipos de descarga trasera se diseñaron con la intención de evitar maniobras del cargador. En éstos el cucharón ya cargado pasa sobre la cabeza del operador y descarga hacia atrás directamente al camión o a bandas transportadoras o a tolvas, etc.

Estos equipos resultan sumamente peligrosos y causan muchos accidentes, porque los brazos del equipo y bote cargado pasan muy cerca del operador.

Algunos de estos equipos han sido diseñados con una cabina especial de protección, pero esto resta eficiencia a la máquina porque reduce la visibilidad, además de que añade peso al cargador.

En realidad han sido desechados para excavaciones a cielo abierto y sólo se usa en la rezaga de túneles, cuya sección no es suficientemente amplia, para usar otro tipo de cargador.

A este equipo de descarga trasera diseñado especialmente para excavaciones de túneles, se les llama rezagadoras y hay algunas fábricas que se han dedicado especialmente a perfeccionarlos por lo que en muchas ocasiones resulta ser el equipo adecuado para cargar el producto de la excavación dentro de túneles. Vienen montados generalmente sobre orugas, aunque algunos pequeños vienen sobre ruedas metálicas que ruedan sobre una vía previamente instalada dentro del túnel. Es muy raro encontrar este equipo montado sobre llantas.

B) Clasificación por la forma de Rodamiento:

- a) De Carriles (orugas)
- b) De Llantas (neumáticos)

Las orugas son de calibre ancho para mejorar la estabilidad contra el volcamiento lateral, cuando acarrear cargas pesadas.

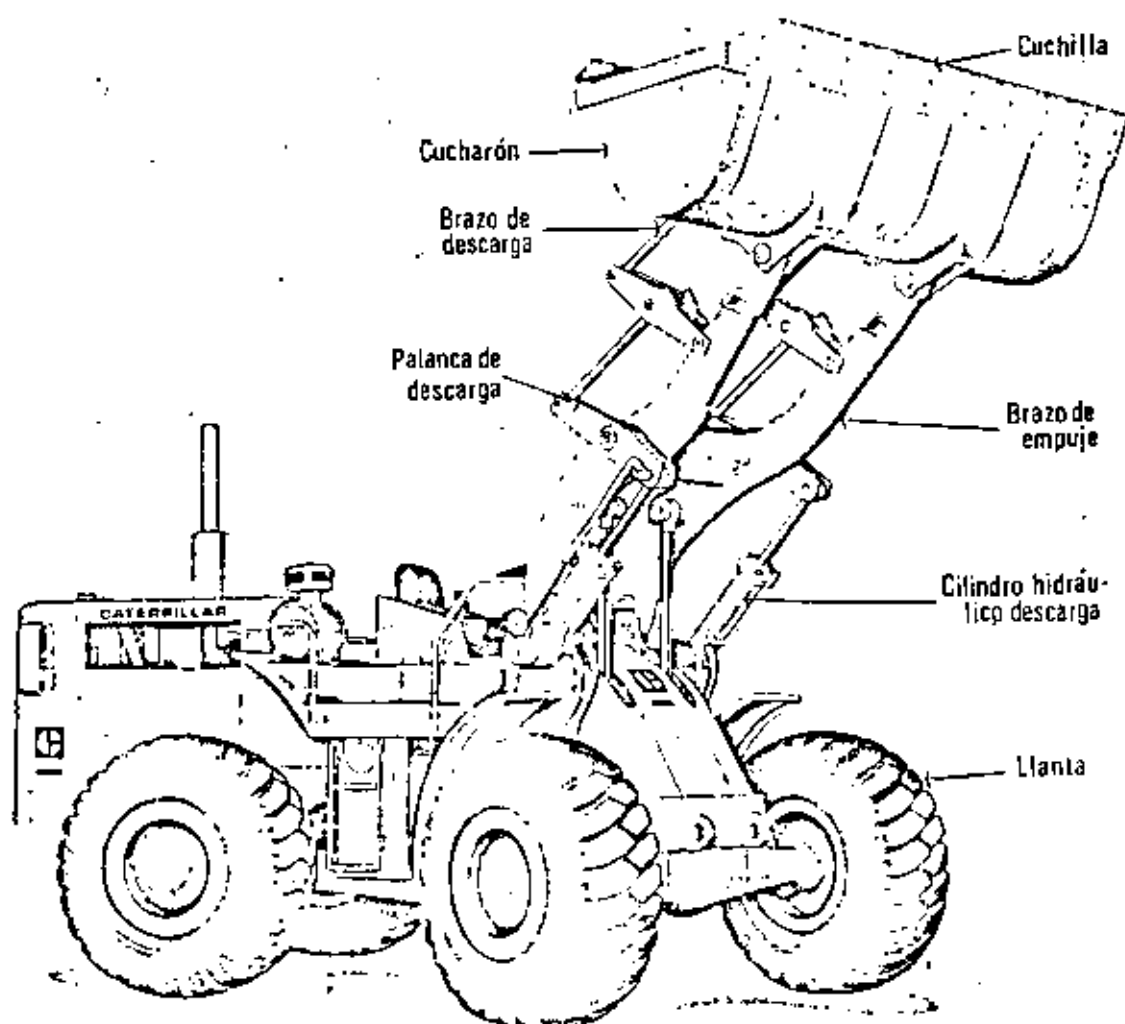
Los cargadores montados sobre llantas pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices. Generalmente se utilizan llantas muy grandes. Estas sirven para proporcionar una excelente flotación que les permite trabajar en la mayoría de los terrenos.

En el siguiente capítulo, se tratará con detalle los diferentes trabajos que pueden desarrollar tanto los cargadores montados sobre orugas, como los de llantas.

DESCRIPCION
DE
LOS
CARGADORES
FRONTALES

CARGADORES FRONTALES MONTADOS
SOBRE NEUMATICOS

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, son equipos de excavación, carga y acarreo que tienen un cucharón o bote para estos fines y que se adaptan en la parte delantera de los tractores (Fig. 6).



Mediante la selección del convertidor de par, bombas, motores adecuados, ejes de transmisión, diferencial y reducciones planetarias perfectamente conjuntados para suministrar la máxima potencia utilizable con pérdidas por rozamientos mínimos, se pueden realizar las siguientes funciones:

1. Transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado al peso de la máquina.
2. Suministrar fuerza al sistema hidráulico que excavará, levantará y volcará las cargas adecuadas por anticipado.

Estas máquinas por tanto no son simples tractores equipados con componentes adecuados para la excavación y carga, sino que son máquinas básicamente proyectadas para excavar, elevar y cargar, cada uno de ellas formada por componentes estructurales, motrices y mecánicos, plenamente integrados y concebidos para trabajar conjuntamente.

NEUMATICOS

Si los motores y trenes de transmisión han experimentado cambios lo suficientemente amplios para hacer posible la consecución del moderno cargador, para trabajos intensivos, los neumáticos también han evolucionado. Los de base estrecha inflados a alta presión han sido sustituidos por neumáticos de amplia base, alto índice de tracción, gran flotación y larga vida en servicio.

Quizás el resultado más significativo de las investigaciones sobre neumáticos, llevadas a cabo por fabricantes, es el desarrollo de neumáticos de gran base, sin cámara, especiales para el movimiento de tierra y para actuar sobre roca. Las presiones de inflado más bajas y las bases más amplias, han impulsado a una reconsideración de los conceptos de resistencia a la rodadura.

Otro resultado de la investigación llevada a cabo con neumáticos de base ancha es el referente a la presión por pulgada cuadrada ejercida sobre el suelo por el neumático, que es aproximadamente igual a la presión de

inflado del neumático.

Se ha conseguido aún otra mejora que relaciona la duración de los neumáticos con la cantidad de lonas utilizadas en su fabricación según las diversas condiciones de trabajo. Se ha demostrado mediante una gran cantidad de estudios efectuados sobre el terreno que, por ejemplo, un neumático del tipo que se utiliza en las máquinas para el movimiento de tierra, equipado con pocas lonas, suministra un área de apoyo superior.

En contra de la creencia popular de que los neumáticos de los cargadores se deterioran bajo condiciones de trabajo intensivo en proporción similar, e incluso superior a los de los neumáticos de las motoescrepas, la experiencia nos demuestra lo contrario. El armazón básico del neumático montado en un cargador se desgasta mucho más despacio, debido a que la cantidad de calor generada en el neumático es menor a la que se produce en el mismo neumático cuando este es utilizado en una motoescrepa. Esto es debido principalmente por que tanto la velocidad y distancia de acarreo de los cargadores, son menores que los de la motoescrepa.

El tractor básico del cargador se ha diseñado para permitir modificaciones en la distribución del peso, ya sea mediante el inflado de los neumáticos con agua o adición de contrapesos, por lo que se puede adaptar con mayor precisión a las diversas condiciones de trabajo.

Existe una gran variedad de tamaños de neumáticos, número de lonas y diseño de cubiertas adecuadas para su utilización en los cargadores, por lo que por considerarlo interesante anexamos la tabla que a continuación se muestra.

Dimensión Neumático	Número de lonas	Tipo de Neumático	Precio agosto-1975
23.5 x 25	20	L-3	26,538.00
	24	L-2	29,297.00
26.5x25	14	L-3	26,900.00
	16	L-3	32,552.00
29.5x25	22	L-4	46,285.00
29.5x29	22	L-3	47,967.00
	28	L-4	53,361.00
33.25x35	20	L-3	66,305.00
	25	L-3	77,738.00

L-2 Tipo de Tracción

L-3 Para Roca

L-4 Para Roca (huella profunda)

A los neumáticos se les designan, generalmente por tres números visibles en la cara lateral por ejemplo, 23.5 x 25-20 indican: el primero la anchura nominal exterior en pulgadas, el segundo, el diámetro de la llanta en pulgadas y el tercero el número de lonas.

Protección de los Neumáticos

Para aumentar la duración de las costosas llantas, se debe recomendar a los operadores que no acomoden las cargas mediante arrancones y frenajes bruscos, pues esta pésima costumbre, se traduce en severos impactos y frecuentemente causan la rotura del tejido de las lonas de los neumáticos.

La presión de aire apropiado, es base para la duración y el buen funcionamiento de estos equipos.

Cuando la superficie de rodamiento está compuesta de materiales

000 1

abrasivos y fragmentos de roca que puedan dañar a los neumáticos, es práctica recomendable proteger a éstos, por medio de accesorios que constan de zapatas y eslabones de acero (Fig. 7).



Fig. 7. Cargador Frontal con Cadenas amortiguadas.

Para resolver el problema de las cortaduras y daños por calentamiento de los neumáticos, en los cargadores de gran producción, se usa una llanta sin ceja (beadless), que consiste en un cinturón de montaje reemplazable, que está compuesto de zapatas de acero



Fig. 8. Beadless

Este tipo de llantas se importan actualmente de Alemania pero está en proyecto fabricarlas en México.

Las ventajas principales que se obtienen al utilizar estas llantas son: su más larga duración y su más bajo costo de operación, para los usuarios.

MANDOS FINALES

Los cargadores montados sobre neumáticos pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices.

Por las duras condiciones de trabajo los cargadores de dos ruedas motrices están siendo desplazados en el movimiento de tierra y su aplicación más bien es para fines agrícolas.

Los cargadores con tracción en las cuatro ruedas, puesto que aprovechan un mayor porcentaje de peso en la máquina comparado con los de tracción en un solo eje, realizan la acción de excavado y acarreo mucho mejor.

La mayoría de los cargadores de cuatro ruedas motrices se dirigen con las ruedas traseras. Sin embargo, los hay con dirección frontal e inclusive en las cuatro ruedas.

Algunos cargadores utilizan un mecanismo de dirección que hacen girar la mitad delantera del tractor, incluyendo el sistema articulado del tractor y el cucharón, alrededor de un pivote central (Fig. 9). Esto ofrece las mismas ventajas que los de dirección en las ruedas traseras, manteniendo el peso del cargador directamente detrás del cucharón y haciendo que todas las ruedas sigan el rastro del trayecto del cucharón. Además, permite que el cucharón gire antes de que vire el tractor, aumentando la facilidad de la colocación, tanto en el banco como sobre el camión, reduciendo de esta manera el tiempo consumido en la distancia de recorrido entre banco y el camión.

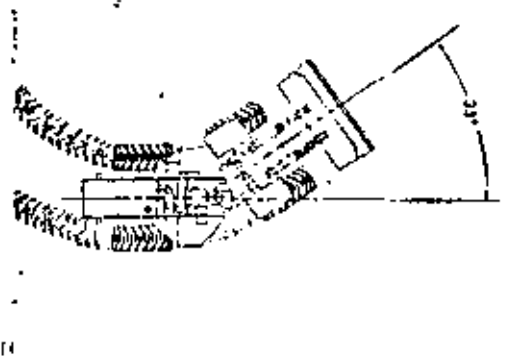


Fig. 9. Dirección de Bastidor

La fuerza de empuje describe la capacidad que tiene una máquina para hacer penetrar la cuchara en el material que se excave. La fuerza de

tracción útil disponible y las condiciones del terreno determinan la fuerza de empuje disponible. Si el operario de la máquina permite que patinen las ruedas, ello significa que se ha alcanzado la fuerza de empuje máximo y nada se consigue sino reducir la duración de los neumáticos. Puesto que el debido ajuste entre la unidad motriz y la máquina permite que el cargador haga patinar las ruedas en velocidad baja, cuanto mejores sean las condiciones del terreno, mayor esfuerzo tractor puede ser desarrollado para incrementar la acción de empuje.

El eje delantero del cargador es el que soporta los mayores esfuerzos resultantes de la excavación y el transporte de la carga.

El eje oscilante trasero se ha perfeccionado mediante el uso del sistema de dirección de doble émbolo accionado hidráulicamente, lo que proporciona al operario un manejo eficaz de la dirección con un mínimo esfuerzo. Ello permite la obtención de máxima maniobrabilidad y perfecto control del vehículo. El eje oscilante es especialmente valioso en terrenos accidentados, debido a que asegura la permanencia de las cuatro ruedas sobre el suelo con objeto de proporcionar el máximo esfuerzo de tracción.

SISTEMA DE FRENOS

Los cargadores cuentan con frenos de servicio y para estacionamiento. Los primeros son hidráulicos, con circuitos independientes para los ejes delantero y trasero; y están dotados de un sistema de alarma con objeto de que cuando se produzca algún fallo en cualquiera de los circuitos, entré en función el freno de emergencia de modo automático y se detenga la máquina. Los segundos, son de disco y se aplican manualmente.

Es importante hacer notar las ventajas que representa una adecuada conservación del sistema de frenos, ya que el costo tan elevado del equipo, nos obliga a ser muy cuidadosos en este renglón y si a eso aunamos la seguridad que representa para el personal que de alguna forma esté laborando cerca de la zona de maniobras de las máquinas, la buena conservación del sistema nos garantiza un manejo seguro y eficaz, tanto para el equipo como para el elemento humano.

CUCHARONES

Toca ahora hablar de los elementos básicos de carga, es decir, de los cucharones. Para ello, mencionaremos los diferentes tipos existentes en el mercado, concretándonos a continuación, a hacer una breve descripción de los mismos.

- a) Bote Ligero
- b) Bote Reforzado
- c) Bote Super Reforzado con Dientes
- d) Bote para Demolición
- e) Bote Ejector de Roca
- f) Bote de Rejilla.

a) Bote Ligero

Los equipos que únicamente van a cargar materiales sueltos y poco abrasivos tienen un bote ligero y en la parte extrema del labio inferior están reforzados por una cuchilla que es la que primero entra en el material que se va a mover (Fig. 10)

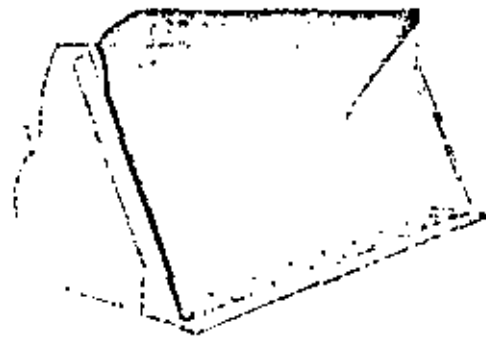


Fig. 10. Bote Ligero

b) Bote Reforzado

Cuando se necesita excavar además de cargar entonces el bote es un poco más fuerte que el anterior y viene equipado con una serie de puntas o dientes repartidos en el mismo sitio en que el anterior lleva cuchilla. Los dientes tienen por objeto facilitar la penetración del cucharón dentro del

materiales (Fig. 11).



Fig. 11. Bote de Dientes para Excavar y Cargar.

Estos dientes están cubiertos por un castillo de acero especial, resistente a la abrasión y cuando sufren desgaste considerable se cambian por nuevos con objeto de proteger a los dientes y al bote mismo.

c) Bote Super Reforzado con Dientes

Quando el material que se va a cargar es roca fragmentada o lajar entonces se debe usar un bote especial, super reforzado, que es igual al bote de excavaciones pero más fuerte (Fig. 12). Algunos botes para roca tienen su borde inferior en forma de "V" y no llevan dientes sino cuchillo (Fig. 13).

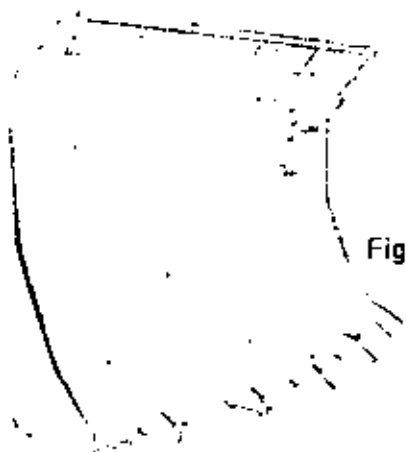


Fig. 12. Bote Super Reforzado

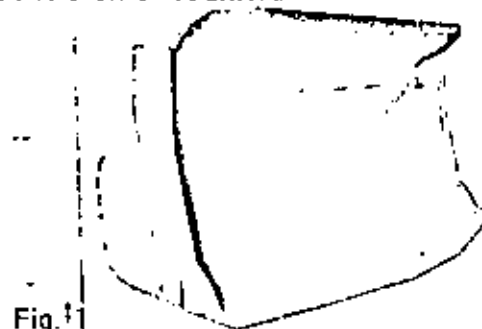
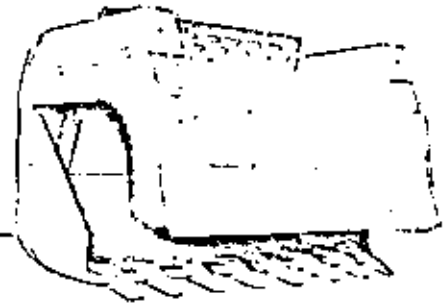


Fig. 13. Bote con borde inferior en "V"

d) Bote para Demolición

Este tipo sirve para cargar desechos y escombros de forma irregular, para esto cuenta con una mandíbula con fuerza hidráulica cuyos bordes son dentados (Fig. 14). Las planchas laterales son desmontables para mejor agarre de materiales grandes.

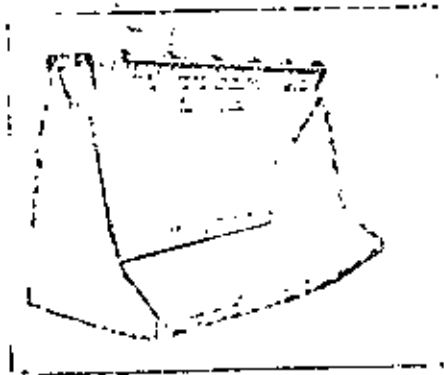
Fig. 14. Bote para Demolición



e) Bote Eyector de Rocas

El eyector es utilizado para descargar el material que se encuentra en el bote, ya que éste avanza hasta el extremo delantero; por esta causa es posible regular la eyección del material a fin de situar bien la carga y minimizar los choques en la caja del camión. La cuchilla en "V" truncada facilita la penetración y la carga (Fig 15).

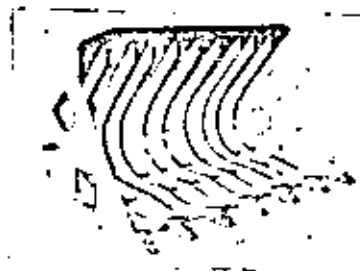
Fig. 15. Bote Eyector de Roca



f) Bote de Rejilla

Se utiliza para el manejo de roca suelta. Las aberturas del fondo permiten que el material indeseable caiga a través de éstas (Fig. 16).

Fig. 16. Bote de Rejilla



Los fabricantes además de estos tipos hacen otros según las necesidades del cliente.

Capacidades

La resistencia mecánica de toda la máquina y en particular de los componentes de los brazos y la cuchara, ha de ser suficiente para soportar las tremendas fuerzas que se desarrollan durante esta parte del ciclo de trabajo del cargador. Probablemente de ninguna otra parte del diseño básico del cargador, tienen los fabricantes tantas opiniones diferentes, como en el método de construir las piezas que componen el conjunto de brazos-cuchara, para mejor resistir las cargas de choque de excavación, elevación, acarreo y volteo. Cuanto menor sea el número de puntos articulados, palancas acodadas y elementos de conexión, mayor será el período de tiempo que puede esperarse que el mecanismo brazo-cuchara funcione sin fallas estructurales.

Intimamente ligado a lo anterior está la capacidad de los botes los cuales varían con la potencia del tractor, el uso al que se destine y también debe relacionarse al tamaño de las unidades de transporte. Por lo que si se desea adaptar uno de estos equipos a un tractor, es conveniente consultar los catálogos correspondientes, porque cada equipo ha sido diseñado para un tractor determinado, y lo anterior por lo general no será posible, ya que estos equipos vienen adaptados al tractor que corresponde desde la fábrica; pero vale la pena tenerlo en cuenta, pues una mala adaptación puede costar mucho dinero y ser infructuosa.

Las capacidades más usuales de los botes varía de $1/2$ a 5 yd^3 , aunque actualmente hay fábricas que están haciendo equipos más grandes, que pueden dar magníficos resultados en determinados trabajos, de los que más adelante se hablará.

SISTEMA HIDRAULICO

El conjunto brazo-cuchara de los cargadores, se acciona por medio de un sistema hidráulico, que está formado por una bomba que recibe movimiento del motor del tractor, un depósito general de aceite, una red de circulación cerrada del fluido, los correspondientes pistones y los controles instalados al alcance del operador en el puesto de mandos en el propio tractor.

Casi en todos los cargadores son dos pares de gatos los que se accionan, sirviendo uno de los pares para subir y bajar el equipo, mientras que el otro para accionar el cucharón en sus movimientos de excavación y volteo.

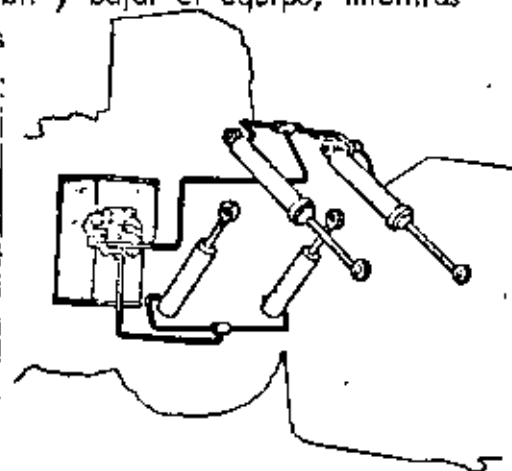


Fig. 17. Sistema Hidráulico

El tamaño de los cilindros, la presión hidráulica y la longitud de los brazos de palanca mediante los cuales se transmite la fuerza hidráulica, nos determina la fuerza de ruptura que puede ser desarrollada en el borde de ataque de la cuchara.

Los cilindros de elevación proporcionan la fuerza suficiente para elevar una carga capaz de hacer bascular la máquina sobre su eje delantero, cuando la cuchara se encuentra situada en su posición de máximo alcance hacia adelante. Esta carga se define como carga de vuelco.

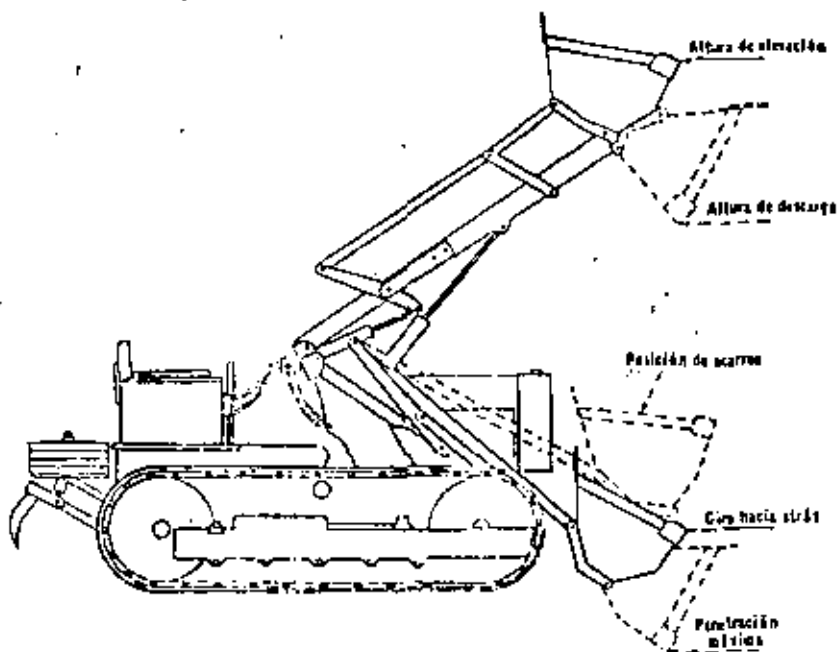
El mismo efecto se puede conseguir sujetando el borde de ataque de

la cuchara, mediante algún objeto fijo haciendo que la máquina bascule sobre su eje delantero, aplicando la fuerza de ruptura disponible. Puesto que no se puede realizar prácticamente ningún trabajo con la máquina, cuando uno de los ejes está levantado sobre el suelo, la fuerza de ruptura o capacidad de elevación que exceda del punto de carga de vuelco no tiene significado práctico alguno.

Como es lógico suponer otra bomba hidráulica independiente a la del sistema de carga y descarga de material, permite en todo momento accionar la dirección del cargador. Este sistema de dos bombas proporciona rendimientos óptimos cuando la máquina se encuentra debidamente conjuntada con el convertidor de par y con la adecuada selección de marchas.

CONTROLES AUTOMÁTICOS

Algunos cargadores tienen el mecanismo de descarga dispuesto de tal



Si no se desea esta inclinación hacia atrás, el operador puede usar el control de descarga para contrarrestarla. Además algunos tipos o marcas de cargadores están dotados de unos interruptores especiales automáticos, que se accionan con el pie, para detener la elevación a la altura máxima o en algún otro punto elegido, y para regresar el cucharón al ángulo de excavación después de la descarga; teniendo como ventaja estos dispositivos que permiten al operador utilizar ambas manos sobre los controles del cargador mientras manobra.

MOTOR

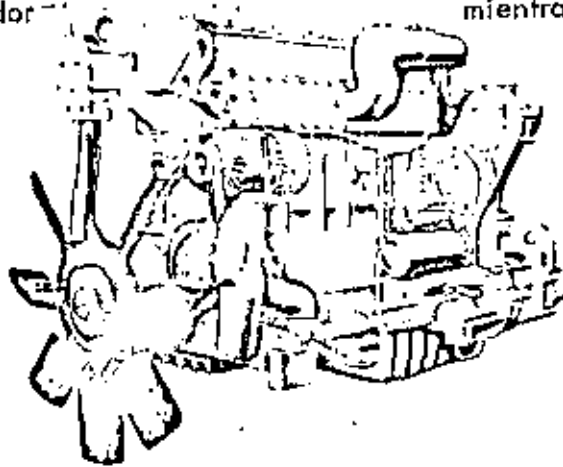


Fig. 19. Motor Caterpillar de Diesel D343 (1988)

El puesto del operario por lo general se encuentra en la parte delantera del cargador pues esto permite una visibilidad máxima de la zona de trabajo y mejor distribución del peso, debido al efecto contra-pesante del motor. Se dispone igualmente de mejor accesibilidad para el servicio, puesto que el motor se encuentra alejado de los mecanismos de carga.

El motor de los cargadores por lo general es de diesel, con potencias que varían de 80 a 570 H.P., de cuatro tiempos y de cuatro a ocho cilindros, todo esto dependiendo de las características de cada cargador.

Las marcas de los motores que se usan con más frecuencia son caterpillar, Cummins y General Motors.

Una de las funciones del motor de un cargador, es proporcionar la potencia necesaria para generar fuerza hidráulica para el movimiento del bote y la dirección. Hasta el 35% de la potencia del motor en H.P. es recomendable para satisfacer a ésta. La otra función es transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado, para que se cumpla, nunca se debe hallar en la barra de tiro, menos del 65% restante, deducida la fuerza de arrastre del vehículo; siendo ésta la fuerza requerida para mover el vehículo durante el transcurso de la prueba con la transmisión en punto muerto, expresándose en libras e incluye como variables mecánicas los rozamientos en los cojinetes de las ruedas, en el engranaje diferencial y otras fricciones, el esfuerzo requerido para "flexionar" los neumáticos, para compactar o desplazar el material sobre el que avanza la máquina y la tracción necesaria para remontar las irregularidades de la superficie.

CARGADORES FRONTALES MONTADOS SOBRE ORUGAS

Al conjunto formado por el tractor de orugas y el equipo se le llama cargador frontal, tractor pala y más comúnmente traxcavo, que es la degeneración del nombre de un modelo de una marca determinada, pero que en México se ha generalizado y se le nombra así a la de todas las marcas (Fig. 20).

En cuanto al sistema hidráulico, controles automáticos, cucharones y

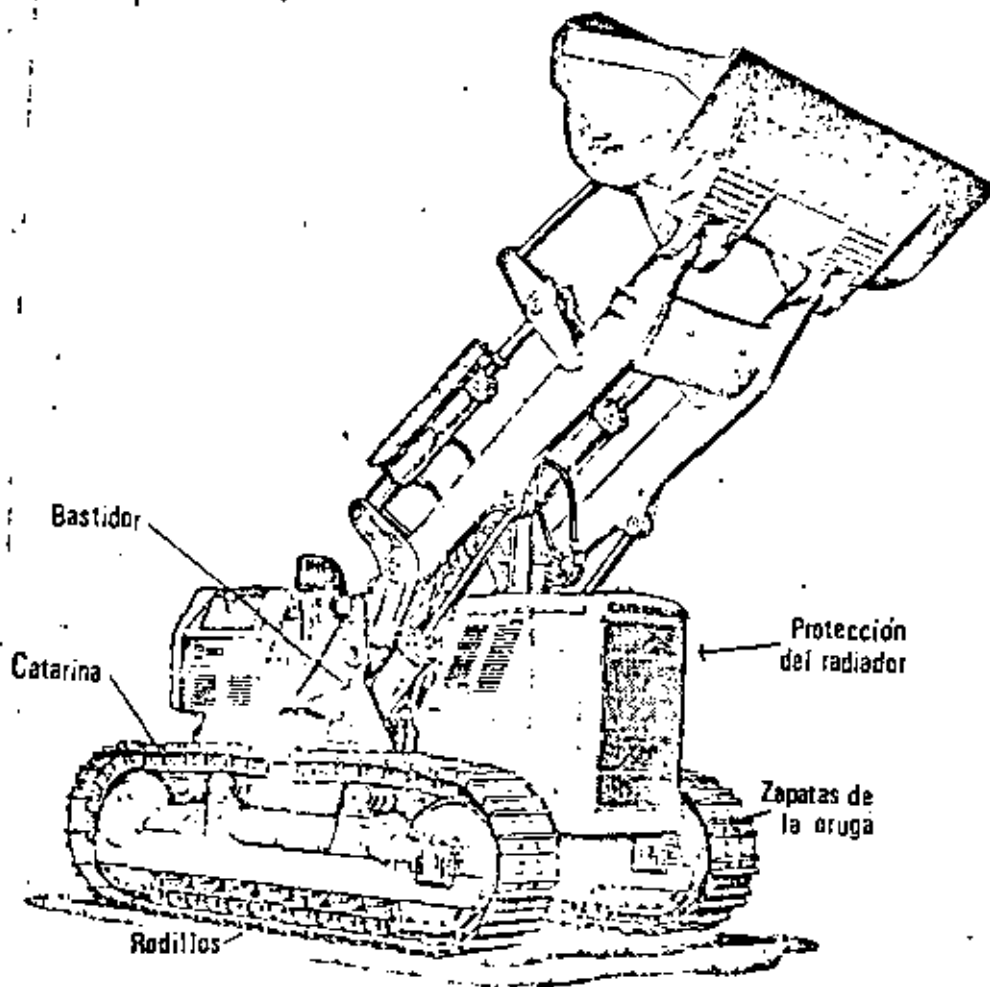


Fig. 20. Cargador Frontal sobre Orugas

motor, se rigen en forma general bajo el mismo principio que los cargadores montados sobre neumáticos ya descritos anteriormente. Por esa razón en adelante se describirán solamente las diferencias más significativas.

ORUGAS

El sistema de tránsito de estos cargadores consta de cadenas formadas por pernos y eslabones, a las cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos, conocidos comúnmente como roles. En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engranaje propulsor que trasmite la fuerza tractiva (Fig. 21).

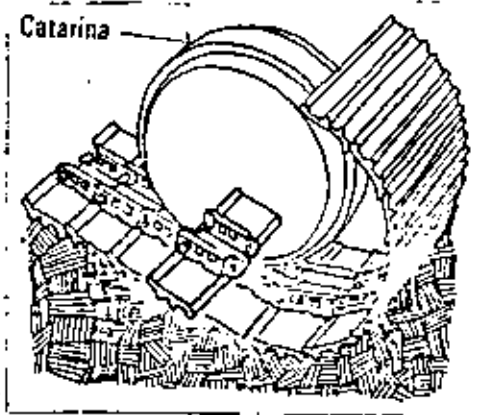


Fig. 21. Sistema de Tránsito

Un adecuado ancho y largo de las orugas es necesario para la estabilidad contra el volcamiento lateral cuando acarrean cargas pesadas.

Estos tipos de cargadores tienen una conexión rígida entre el bastidor de las orugas y el bastidor principal, pues de esta manera se mejora la estabilidad (Fig. 22).

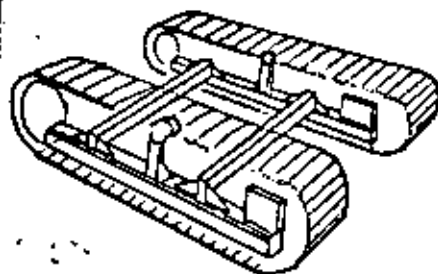


Fig. 22. Conexión Rígida entre Bastidores.

El tipo de zapatas de las orugas utilizadas, tienen una influencia considerable en la técnica de excavación.

En ocasiones se utiliza la zapata lisa para no deteriorar la superficie de trabajo, pero ésta tiene el inconveniente de que patinan bastante sobre muchos suelos e impide que toda la potencia de la máquina se aplique al trabajo.

Cuando por condiciones de trabajo se necesita que el cargador gire muy frecuentemente, se usan zapatas con garra pequeña de 1/2" a 3/4" aproximadamente. Este tipo de zapata proporcionan mejor tracción que las lisas pero aún patinarán con facilidad en condiciones resbalosas.

A medida que la zapata con semigarra se desgasta, las cabezas de los pernos de sujeción quedan expuestas y se desgastan y las orillas de las zapatas se debilitan de manera que pueden doblarse. Su vida puede prolongarse soldando una tira de aleación a lo largo de la barra central. Un cargador soldado de esta manera podrá tener buena tracción, pero puede producir una marcha molesta sobre terrenos duros.

Las zapatas lisas o de semigarra no son adecuados para trabajar en terrenos lodosos, ya que se hacen tan resbalosos que proporcionan poca tracción y no sujetan tablones u otros objetos colocados debajo de ellas para ayudar a salir de los agujeros. También permiten que la máquina se deslice cuesta abajo cuando trabaja sobre un talud lateral.

La garra grande da muy buena tracción pero presenta dificultad en el pivoteo o giro. También hacen a la máquina muy susceptible a dar tirones y somete a ésta y al cucharón a impactos y sobrecargas que pueden acortar la vida del cucharón.

Para condiciones especiales pueden sujetarse garras sobre las zapatas regulares. Las garras pueden colocarse en sólo seis u ocho zapatas de las orugas uniformemente espaciadas de cada lado para el trabajo en lodo.

DIRECCION

La dirección de los cargadores montados sobre orugas se maneja por medio de un sistema de tres pedales (Fig. 23).

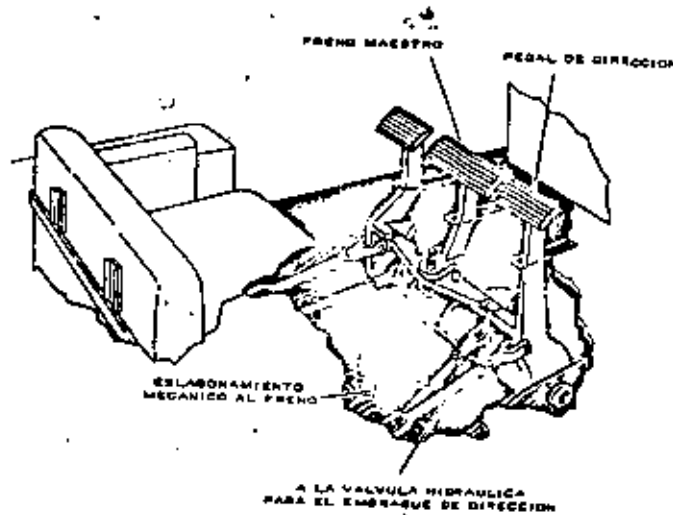


Fig. 23. Sistema de Dirección

Mediante éstos se hacen todos los giros y paradas. Para soltar el embrague de la dirección, a fin de hacer un giro lento, se oprime hasta la mitad el pedal de la derecha o de la izquierda. Cuando se requiere un giro más cerrado, se oprime el pedal hasta el fondo. El pedal del centro frena también ambos carriles, pero no suelta los embragues y puede fijarse como freno de estacionamiento. Los embragues de la dirección se enfrían con aceite y tienen varios discos para servicio pesado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DOS TIPOS DE CARGADORES

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, se puede utilizar con ventajas en los siguientes casos:

- a) Cuando sea importante el acarreo de material en tramos cortos.
- b) Cuando los puntos de trabajo están diseminados.
- c) Cuando los materiales están sueltos y pueden atacarse fácilmente con el cucharón.

- d) Donde el uso de orugas sea perjudicial al terreno o por no ajustarse a las restricciones de tipo legal.
- e) Cuando los materiales abrasivos provoquen desgaste excesivo en las orugas, siempre que los neumáticos resistan las condiciones de trabajo.
- f) Donde el terreno es duro y seco.
- h) El radio de giro es mucho mayor que el de orugas, de manera que se requiere más espacio para maniobrar.
- i) La presión sobre el suelo es aún mucho mayor que los de orugas, pero el efecto de compactación de las llantas y las vueltas más graduales le hacen posible trabajar fácilmente en suelos arenosos que se partirían bajo las orugas, causando un excesivo desgaste a éstas.
- j) En superficies resbalosas pueden ocasionar la pérdida, tanto de la tracción como de la precisión de la dirección.

Una de las características de estos tipos de cargadores, es que da una mayor facilidad de desplazamiento y por esto, se obtiene mayor rendimiento a distancias considerables de acarreo, en comparación con los de orugas.

Los cargadores frontales montados sobre orugas se pueden utilizar con ventajas en los siguientes casos:

- a) En terrenos flujos donde el área de apoyo de las orugas aseguran un movimiento adecuado y una estabilidad correcta.

- b) Cuando las condiciones del terreno o las pendientes exijan buena tracción y amplia superficie de apoyo.
 - c) Donde no hay necesidad de hacer movimientos frecuentes y rápidos.
 - d) Cuando los materiales son duros y no pueden excavar fácilmente.
-
- e) En donde los fragmentos de roca pueden dañar los neumáticos.
 - g) En trabajos que requieren volúmenes pequeños.

Por su diseño los cargadores sobre orugas, pueden salvar las irregularidades del terreno y su característica principal es su buena tracción, su baja velocidad y su limitación a distancias cortas de acarreo.

TIPOS
DE
CARGADORES
EN EL
MERCADO
ACTUAL
FABRICADOS
EN
MEXICO

En el mercado se encuentran varios proveedores que distribuyen cargadores tanto de carriles como de neumáticos, de distintos tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que los hacen más o menos populares entre el gremio de constructores, pero quizá los factores que más influyan para adquirir una determinada marca, sea la oportunidad, la existencia, facilidad de pago, precio, posible valor de rescate, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca la casa vendedora.

El gobierno ha establecido una serie de medidas, estímulos y facilidades tendientes a procurar que parte de los bienes intermedios y de capital que actualmente se importan, sean sustituidos por productos fabricados en el país. Algunos de estos productos se fabrican en México pero no en las cantidades suficientes, para poder considerar que un determinado cargador sea considerado 100% de fabricación nacional.

A fin de proteger a la Industria Nacional productora de maquinaria, comprometidas ante el Gobierno a programas de fabricación, las importaciones de bienes de capital (maquinaria, refacciones, piezas etc.) están controladas por los Comités Consultivos para la importación de la

Secretaría de Industria y Comercio, integrada por representantes gubernamentales y de la iniciativa privada.

Los principales productos que hace la Industria Nacional para el ensamblaje de un cargador, entre otros, son: filtros, mangueras, sellos, bandas, balatas, carcasas, motores y baleros.

Para que un cargador sea considerado de fabricación Nacional, deberá de contener cuando menos el 51% de conjuntos básicos. Estos conjuntos son los siguientes:

- a) Chasis o estructura principal
- b) Motor
- c) Convertidores o transmisiones
- d) Mandos finales
- e) Sistema eléctrico en general
- f) Sistema hidráulico.

En México la industrialización ha seguido el proceso tradicional de los países de menor desarrollo. Esto se puede constatar en las tablas que a continuación presentamos de algunos modelos de cargadores frontales, que existen en el mercado actual en el mundo, en la cual, una minoría son de fabricación Nacional.

CAÑAGUADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

Fabricante	Modelo	Cilindros	Distribución de cilindros	Cilindros de 1.ª marcha		Cilindros de 2.ª marcha		Cilindros de 3.ª marcha		Cilindros de 4.ª marcha		Cilindros de 5.ª marcha		Cilindros de 6.ª marcha		Cilindros de 7.ª marcha		Cilindros de 8.ª marcha		
				HP	CV	HP	CV	HP	CV	HP	CV	HP	CV	HP	CV	HP	CV	HP	CV	HP
John Deere	540	Y	40	125-175	90-124	1.0	1.0	110	104.1	30	280.5	204.75	120	112.5	57	178.8	30	280.5	204.75	120
	540	Y	40	132	115-137	1.25	1.25	110	104.1	30	280.5	212	120	57	178.8	30	280.5	212	120	57
New Holland	T5200	M	-	13-3	116-23	2	1.82	90	84.1	30	277.8	200	180	60	175.5	79	168.8	87	168.8	87
	T5200	Y	-	13-3	134-27	2.0	1.8	90	84.1	30	277.8	200	180	60	175.5	79	168.8	87	168.8	87
	T5200	M	-	13-3	130-30	2.0	2.0	110	102.0	40	370	260	220	80	230	81	200.0	90	200.0	90
	T5300	Y	40	3-7	133-34	3	3.0	122	113.0	30	280	231	140	80	230	115	210.0	120	210.0	120
Case	540	M	-	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	544	M	-	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	540	M	-	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	540	M	-	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
Case	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
Case	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
Case	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60
	912	Y	40	1-2	124-15	1.25	1.25	100	93.0	30	270	221	160	60	170	60	170	60	170	60

CARGADORES DE RUEDA (TRACCIÓN EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	VALORES DE FUNCIONAMIENTO														MOTOR		
		Consumo de combustible (litros/hora)				Consumo de combustible (litros/100kg)				Consumo de combustible (litros/100kg)				Consumo de combustible (litros/100kg)		Tipo	Potencia	
		min	h	kg	h	h	kg	h	kg	h	kg	h	kg	h	kg			
Allis Chalmers	840	1478.4	18.750	7544.2	M	11.040	9072.8	8890	4027.2	12.300	8674.8	35	13	261			PERKINS	1.700
	860	1478.4	17.600	7895.5	M	12.568	9489.2	10.940	4847.5	14.420	8572.9	35	11.2	300.1			PERKINS	2.000
	880	1478.4	16.450	8246.8	M	14.096	9905.6	12.470	5115.5	15.940	8470.9	35	10.8	318.1	121	2073.4	PERKINS	2.300
Austin Bedford	15.200	2299.8	29.600	8641.1	M	13.900	8715.5	M.A.	M.A.	M.A.	8795	40	14.5	368.3	240	8240.3	PERKINS	400
	15.700	2200.8	27.600	8244.7	M	15.000	8794	15.000	8795	15.000	8795	40	14.5	368.3	240	8240.3	PERKINS	400
	16.200	2140.8	26.000	7948.8	M	16.100	8873	16.100	8873	16.100	8873	40	14.5	368.3	240	8240.3	PERKINS	400
Broy	15.500	2505.2	34.172	23.845	M	20.353	16.487.8	21.725	16.371.4	23.100	16.254	42	17	422.8	275	7600	PERKINS	400
	148	2017.4	13.162	4877.8	M	8000	4077	M.A.	M.A.	12.300	8647.5	48	18.75	475.3	314	8943.5	PERKINS	1.200
	144	2017.4	11.918	4230.4	M	8000	4077	M.A.	M.A.	12.300	8647.5	48	18.75	475.3	314	8943.5	PERKINS	1.200
Case	144	2017.4	10.936	3739.4	M	8000	4077	M.A.	M.A.	12.300	8647.5	48	18.75	475.3	314	8943.5	PERKINS	1.200
	160	2294	11.325	3941.5	M	10.340	7621.5	M.A.	M.A.	12.300	8647.5	48	18.75	475.3	314	8943.5	PERKINS	1.200
	168	2294	11.325	3941.5	M	11.500	7801.5	M.A.	M.A.	12.300	8647.5	48	18.75	475.3	314	8943.5	PERKINS	1.200
Caterpillar	W14	2540	14.300	6546.5	M	16.133	4881.3	9.122	4126.2	11.820	8250	45	16	406.4	340.8	6636.3	CASE	4.300
	W140	2540	15.750	7127.5	M	13.820	5299.6	10.938	4949.8	12.361	5598.5	45	16	406.4	340.8	6636.3	CASE	4.300
	W18	2743.2	19.036	8678.8	M	12.730	5788.1	11.279	5685.2	20.100	8199.3	45	16.5	382.3	300	10.016.4	CASE	4.910
Deere	W70	2743.2	21.707	9581.1	M	15.730	6088.3	11.183	5180.3	19.800	8261.4	45	16.5	382.3	300	10.016.4	CASE	4.910
	W750	2819.8	23.841	14.263.4	M	25.819	11.891.8	27.750	10.301.8	27.100	17.719.2	48	16	406.4	471.5	11.978.5	CASE	5.600
	810	2540	13.400	6100.8	M	16.000	4100.8	10.000	3800.8	10.000	4100.8	40	16	380	300	6000	CAT	3000
Ford	800	2700	17.000	7800.0	M	11.800	5800.0	10.000	4800.0	12.000	6000.0	40	17.2	326	265	5240	CAT	1500
	850	2700	16.000	6700.0	M	10.000	5200.0	12.000	4800.0	12.000	6000.0	40	16.00	340	270	5000	CAT	1500
	900	2700	15.000	5700.0	M	9.000	4700.0	12.000	4800.0	12.000	6000.0	40	15	361	278	5000	CAT	1500
John Deere	950C	3100	23.300	15.200	M	24.500	11.400	21.628	10.200	20.600	10.000	40	16.8	367	248	5400	CAT	1500
	960C	3300	24.700	16.300	M	25.800	12.300	22.000	11.000	21.000	10.000	40	16.8	367	248	5400	CAT	1500
	970	3500	26.200	17.400	M	27.100	13.200	23.400	11.900	22.000	11.000	40	16.8	367	248	5400	CAT	1500
New Holland	920	3200	25.000	18.000	M	28.000	14.000	24.000	12.000	23.000	11.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	940	3400	26.000	19.000	M	29.000	15.000	25.000	13.000	24.000	12.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	960	3600	27.000	20.000	M	30.000	16.000	26.000	14.000	25.000	13.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
P	1000	3800	28.000	21.000	M	31.000	17.000	27.000	15.000	26.000	14.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	1100	4000	29.000	22.000	M	32.000	18.000	28.000	16.000	27.000	15.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	1200	4200	30.000	23.000	M	33.000	19.000	29.000	17.000	28.000	16.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
P	1300	4400	31.000	24.000	M	34.000	20.000	30.000	18.000	29.000	17.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	1400	4600	32.000	25.000	M	35.000	21.000	31.000	19.000	30.000	18.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	1500	4800	33.000	26.000	M	36.000	22.000	32.000	20.000	31.000	19.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
P	1600	5000	34.000	27.000	M	37.000	23.000	33.000	21.000	32.000	20.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	1700	5200	35.000	28.000	M	38.000	24.000	34.000	22.000	33.000	21.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	1800	5400	36.000	29.000	M	39.000	25.000	35.000	23.000	34.000	22.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
John Deere	2000	5600	37.000	30.000	M	40.000	26.000	36.000	24.000	35.000	23.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	2200	5800	38.000	31.000	M	41.000	27.000	37.000	25.000	36.000	24.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	2400	6000	39.000	32.000	M	42.000	28.000	38.000	26.000	37.000	25.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
Caterpillar	2600	6200	40.000	33.000	M	43.000	29.000	39.000	27.000	38.000	26.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	2800	6400	41.000	34.000	M	44.000	30.000	40.000	28.000	39.000	27.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	3000	6600	42.000	35.000	M	45.000	31.000	41.000	29.000	40.000	28.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
John Deere	3200	6800	43.000	36.000	M	46.000	32.000	42.000	30.000	41.000	29.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	3400	7000	44.000	37.000	M	47.000	33.000	43.000	31.000	42.000	30.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	3600	7200	45.000	38.000	M	48.000	34.000	44.000	32.000	43.000	31.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
Caterpillar	3800	7400	46.000	39.000	M	49.000	35.000	45.000	33.000	44.000	32.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	4000	7600	47.000	40.000	M	50.000	36.000	46.000	34.000	45.000	33.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	4200	7800	48.000	41.000	M	51.000	37.000	47.000	35.000	46.000	34.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
John Deere	4400	8000	49.000	42.000	M	52.000	38.000	48.000	36.000	47.000	35.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	4600	8200	50.000	43.000	M	53.000	39.000	49.000	37.000	48.000	36.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	4800	8400	51.000	44.000	M	54.000	40.000	50.000	38.000	49.000	37.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
Caterpillar	5000	8600	52.000	45.000	M	55.000	41.000	51.000	39.000	50.000	38.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	5200	8800	53.000	46.000	M	56.000	42.000	52.000	40.000	51.000	39.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	5400	9000	54.000	47.000	M	57.000	43.000	53.000	41.000	52.000	40.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
John Deere	5600	9200	55.000	48.000	M	58.000	44.000	54.000	42.000	53.000	41.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	5800	9400	56.000	49.000	M	59.000	45.000	55.000	43.000	54.000	42.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	6000	9600	57.000	50.000	M	60.000	46.000	56.000	44.000	55.000	43.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
Caterpillar	6200	9800	58.000	51.000	M	61.000	47.000	57.000	45.000	56.000	44.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	6400	10000	59.000	52.000	M	62.000	48.000	58.000	46.000	57.000	45.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	6600	10200	60.000	53.000	M	63.000	49.000	59.000	47.000	58.000	46.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
John Deere	6800	10400	61.000	54.000	M	64.000	50.000	60.000	48.000	59.000	47.000	40	17.2	380	260	5600	CAT	1500
	7000	10600	62.000	55.000	M													

CARGADORES DE RUEDA (TRACCIÓN EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	Cilindros	Cilindros por eje	DATOS DE FUNCIONAMIENTO																
				Consumo de combustible		Consumo de aceite		Consumo de agua		Consumo de electricidad		Consumo de otros		Consumo de otros						
				litros/hora	litros/100kg	litros/hora	litros/100kg	litros/hora	litros/100kg	litros/hora	litros/100kg	litros/hora	litros/100kg	litros/hora	litros/100kg					
Erickson	Eric LV-6	M		276-815	212-622			60	2032	17.6	144.5	112.71	2668.3	64.77	1170	34	1473.2	34		
	Eric LVW-6	M		276-815	212-622			60	2032	17.6	144.5	112.71	2668.3	64.77	1170	34	1473.2	34		
	Eric E-6	M		229-37	17-263			72.25	1635.7	66	508	66	2489.2	72.6	1641.9	19	1142	37		
Ford	442	F	90	1.6.7	1.15.1.9	1.8	1.15	149	2764	34	942.6	294	6469.8	132	2374.2	62.5	2126.9	102		
	444	F	90	2.2.25	1.8.1.1	2	1.5	140.3	2666.7	66	814	667	6527.8	132	3152.4	87.5	2222.5	111		
	446	F	90	2.2	1.6.7.3	2.1	1.9	140	2794	26	889	274	6578.9	137	3479.6	81.3	2241.4	111		
International Harvester	H-50C	M		1.8.3.5	1.2.1.7	1.5	1.2	161	2662	31	938.9	213.75	5400.8	87.25	2748.2	60.25	2250.4	88		
	H-60E	M	24	1.8.3.5	1.16.2.7	2	1.5	102.3	2903.9	47.6	1208.5	225	5988	121.9	3068.4	92	2362.7	102		
	H-65C	M	25	2.5-4.5	1.8.3.4	2.5	1.9	111.5	2872.1	61	1041.4	250.5	6781.2	126	3731.2	86	2438.4	104		
	H-80B	M	25	3.0	2.0-4.4	3.8	2.1	118.1	3023.3	43	1195.8	281.8	7150.1	123.5	3182.9	101	2747.8	113		
	H-90B	M	25	4.2	2.4	4	2	114.1	2988.3	46	1766.4	261.74	7261.3	129	3528.8	113.4	2962.8	120		
	H-100C	M	40	4.5-5.5	3-4-2	4.5	3.1	124	2746.9	56	1472.8	376	8301.3	138	3819	126	3206.4	140		
	300	M	25	6.8-12	4.87-8.2	8.3	4.97	140	3761.8	52.5	1323.5	292	9848.4	148.5	4482.8	123	3374.7	144		
	H-120C	M	45	11	8.4	17	8.4	160	4084	72	1426.8	432	7629.2	180	4572	144	4026.8	160		
	340	M		1.25-1.5	355-1.15	1.25	856	160	2490.8	43	1082.2	297	5257.8	145.5	2923.2	68.5	1729.8	76		
	440	M		5-425	382-411	875	219	81	2361.8	33	838.2	164	4473.4	87.8	1822.5	84.8	1824.231	81		
Massey Ferguson	M611	M		1.2.2	1.2	1.2	1	118	2784	34	863.6	168	6778.1	112	2814.8	54	1674.4	67		
	M612	M		1.2	1.2	1.25	1.06	160.5	3711.2	28.378	748.1	212.5	5267.1	115	2921	78.5	1780.2	81.8		
	M613	M	20	1.2	1.6-2.1	2	1.3	106	3713.2	33	916.2	294	6578.6	126	3006.4	72.5	1841.5	106		
	M614	M	20	2.0.9	1.6-2.1	2.1	1.9	106	3766.6	38	985.2	362	6688.2	134	3465.6	76	1881.2	118		
	M615	M	30	2.3.4	2.3	2.3	2.1	148	3768.5	38	965.2	369.8	7632.7	139.29	338.8	86	2164.4	130		
	M617	M	30	1.4-8	1.4-3.4	4.5	3.1	118.5	3029.9	48	1218.2	322.8	8181.5	160.75	3428.4	86	2235.2	136		
	M618	M	30	1.6-8	1.6-3.4	4	4.6	124	3718.6	30	1276	334.1	8094.2	107.8	3736.3	99	2514.8	144		
	M619	M	45	1.6-20	1.6-2.9	14	11.5	187	4678.8	36	2422.2	526	11566.4	192	4174.8	138.6	2642.3	174		
Massey Ferguson	Massey 2000	M	45	2.1-2.5	1.5-1.9	1.25	1.0	108	2765.2	30.1	877.8	221	5768.8	110.562	284.712	64.5	1729.8	66		
	Massey 2000	M	45	2.1-2.5	1.5-1.9	1.25	1.0	108	2765.2	30.5	877.8	220	5647	108.562	284.712	64.5	1729.8	66		
	Massey 2000	M	45	1.2	1.6-2.3	2	1.5	108	2743.2	41	1011.4	236	5886	108.562	284.712	64.5	1729.8	66		
	Massey 2000	M	45	1.4	1.6-2	2	1.5	108	2642.2	40.25	1111.3	242	5664.8	108.562	284.712	64.5	1729.8	66		
Massey Ferguson	M 2710	M	(2)	1.6-1.57	1.4-1.14	1.6	1.41	77.6	2117	11.6	317	82	2138.8	12	1679.4	38	845	20		
	M 810	M	(2)	27-37	28-37	37	28	98.8	2144.16	12.148	361	190.5	3236	107	2717.8	30	2062.4	52.8	1356.8	28
	M 1700	M	(2)	37-57	38-57	57	38	87.6	2208.6	18.148	361	418.361	161.5	2832.1	83	2108.2	63.8	1356.8	35	
	M 871	M	(2)	1.2	1.6-1.5	1.25	1.05	84	2367.6	28	111.3	180.25	381.4	91.5	2324.1	63.25	2114.6	45		
New Holland	NH 1200	M	40	2.1-1.25	1.6-1.5	2.5	1.8	86	2490			173	4000	85	2108	55	1720	78		
	72 21	M	30	2.3	1.5-2.3	2	1.8	166	2661	24	408.6	225	5719	129	3124.2	74	1981.2	66		
	72 31	M	30	2.5-3	1.8-2.8	2.5	1.9	129	3046	27	685.6	247	6273.5	129	3429	63	2062.8	66		
	72 41	M	30	2.5-5	1.8-3.8	3	2.3	129	3046	41	1081.4	323	6426.3	125	3175	62	2108.2	101		
	71 11	M	30	2.5-4	1.7-4.8	2.5	2.7	123	3028.8	38	955.2	264	5705.6	123	3278.2	64	2184.4	104		
	72 11	M	40	3.5-7	4.87-5.4	6.5	6.17	147	3733.9	80	1270	368	8904.4	182	4114.8	107	2277.8	150		
	72 81	M	40	8-14	8.9-1.8	8	6.9	154	2911.8	84	1625.9	494	10,270.1	186	4214.4	110	2224	165		
	79 11	M	60	1.8-2.5	1.5-1.8	1.5	1.16	109	2743.2	36	874	214	5488.4	81	2211.4	34	1879.8	83		
New Holland	NH 1200	M		2.4	1.5-2.0	2	1.6	73	1629.6	14	268.8	84.25	2644.8	75.5	1917.2	36	888	39		
	NH 1200	M		3-3	2.06-3.11	4	3.04	78	1681.2	18	338.2	113	2644.8	67	1629.6	38.5	1425.8	36		
	NH 1200	M		3-1	2.07-2.64	3	2.62	78	1681.2	13	338.2	112	2644.8	67	1629.6	38.5	1425.8	36		
	NH 1200	M		3-1	2.07-2.64	3	2.62	78	1681.2	13	338.2	122	3098.8	67	1629.6	38.5	1425.8	35		
	NH 1200	M		3-1	2.07-2.64	3	2.62	78	1681.2	13	338.2	122	3098.8	67	1629.6	38.5	1425.8	35		
	NH 1200	M		3-1	2.07-2.64	3	2.62	78	1681.2	13	338.2	122	3098.8	67	1629.6	38.5	1425.8	35		
Valley	V641	M		1.5-2.8	1.2	1.2	1.1	112	2664.6	28.5	748.2	218.5	6430	104	2647.8	71.5	1815.1	92.4		
	V641	M		1.7-4.8	1.4-4	1.7	1.5	127	3046.6	38	988.8	278	6768	138.8	2785.2	73	1866	98		
	V646	M	60	1.6-8.8	1.4-5	1.4	1.8	130	2668.4	45	1041.4	268	6682.4	118	2648.4	72	1864.8	108		
	V61240	M	40	2.9-4.1	1.6-7	2.7	2.1	118.8	2646	41.8	1066.1	268	6682.8	130	2648	73	1868.8	116		
	V61240	M	40	2.9-4.1	1.6-7	2.7	2.1	118.8	2646	41.8	1066.1	268	6682.8	130	2648	73	1868.8	116		
	V61240	M	40	2.9-4.1	1.6-7	2.7	2.1	118.8	2646	41.8	1066.1	268	6682.8	130	2648	73	1868.8	116		

2/30 110

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	MOTOR										NEUMATICOS STANDARD				TRANSMISION			
		Potencia (kW)	Cilindrada	Velocidad (km/h)	Consumo (litros/100km)		Velocidad (km/h)	Consumo (litros/100km)			Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Velocidad (km/h)		Velocidad (km/h)		
					UR	URV		UR	URV	UR					URV	UR	URV		
Ene Case	Enc LV4E	30/2800	4	4	107.2	1.9	0	10	0.5	37.7	1.80716	8	LUC	M	-	0-0.1	0-10.1	0-0.1	0-10.1
	Enc LVW4E	40/2900	4	4	107.7	1.7	0	10	0.3	37.9	1.80716	8	LUC	M	-	0-0.1	0-10.1	0-0.1	0-10.1
	CRH Enc	25/2500	4	2	80	0	0	0	0.1	20.8	1.80716	8	SPYGL	M	-	0-0.1	0-0.1	0-0.1	0-0.1
Ford	462	30/2700	4	4	256	4.2	4	40	22.9	151.5	15.1875	12	L2	PS PL SA	4	0.20	0.272	0.2	0.14
	464	30/2700	4	4	261	4.0	4	38	21.7	146.4	14.6400	12	L2	PS PL SA	4	0.21	0.280	0.2	0.15
	466	30/2700	4	4	261	4.0	4	38	21.7	146.4	14.6400	12	L2	PS PL SA	4	0.21	0.280	0.2	0.15
International Harvester	H-50C	30/2340	4	4	264	4.8	4	42	26	154.1	15.4074	8	CF	PS	3	2.85-22.8	3.1374	3	4.55-28
	H-50E	180/2340	4	4	260	4.8	4	38	21.1	149.4	14.9400	12	L2	PS	3	0.274	0.444	0.3	0.43
	H-50C	147/2340	4	4	214	4.8	4	34	23.2	137.28	13.7280	12	L2	PS PL CS	3	2.8-31.0	3.231	3	4.1-24.2
	H-50E	164/2500	4	4	248	7.6	4	78	50	295.5	29.5500	12	L2	PS PL CS	3	4.321	4.436	3	4.7-26.9
	H-50E	229/2340	4	4	273	9.4	4	91	60.8	367.5	36.7500	12	L2	PS CS	4	4.520	4.615	3	4.6-30
	H-180C	230/2100	4	4	317	13.4	4	119	95.8	435.7	43.5700	14	L2	PS CS	4	4.1-39.0	4.648	4	4.7-38.6
	H-50	288/2200	4	4	317	13.4	4	135	126.2	507.2	50.7200	22	L4	PS	3	4.6-33.9	4.738	4	4.6-38.2
	H-50C	288/2200	4	12	1740	4.0	4	700	408.3	947	94.7000	20	L4	PS CS	3	0.7-29.4	1.0-24.2	2	0.7-21.4
	H-50	30/2300	4	4	262	4.5	4	21	29.8	111.4	11.1400	4	R4	PS	4	0.21	0.33	2	0.14
	H-50C	30/2300	4	4	262	4.5	4	21	29.8	111.4	11.1400	4	R4	PS	4	0.21	0.33	2	0.14
Long	445DT	45/2430	4	4	117.8	2.3	4	14.25	11.9	54	11.9125	8	R1	FD	3	1.43-14.9	2.0314	2	4.15-14.9
Massey Ferguson	M111	24/2300	4	4	248	4.1	4	26	30	136.4	14.0074	8	RA	CE HE	4	1.96-20.4	2.1313	4	1.97-20.4
	MF33	24/2300	4	4	248.3	4.1	4	27	30.9	140.7	14.0074	8	CE	CE	4	1.21	0.4384	4	0.21
	MF44B	30/2700	4	4	314	5.8	4	31	43.5	163.2	16.3200	12	L2 L3	CO	4	4.20	0.4384	4	4.24
	MF55	128/2250	4	4	340.7	6.4	4	73	88.9	378.0	37.8000	12	L2	PS	4	3.24	4.6384	4	3.21
	MF56	176/2500	4	4	314	6.2	4	73	88.9	378.0	37.8000	12	L2 L3	PS	3	3.724	4.2384	3	3.678
	MF77	228/2100	4	4	350	14	4	83	79.7	369.9	36.9900	16	L2	PS	4	4.232	3.7374	4	3.7281
	MF88	280/2100	4	4	350	14	4	100	100	454.0	45.4000	22	L2	PS	4	3.725	3.1402	4	3.1172
	MF88	280/2100	4	16	1136	18.6	4	350	280	127.8	12.7800	20	L1	R	100	0.1125	0.278	100	0.1125
New Holland	Model 6000	100/2100	4	4	262	6	4	30	25	112.4	11.2400	8	SAATHOVER	PS	4	0.25	0.107	4	0.25
	Model 5000	100/2100	4	4	262	6	4	30	25	112.4	11.2400	8	SAATHOVER	PS	4	0.25	0.107	4	0.25
	Model 4000	100/2100	4	4	262	6	4	30	25	112.4	11.2400	8	SAATHOVER	PS	4	0.25	0.107	4	0.25
	Model 3000	100/2100	4	4	262	6	4	30	25	112.4	11.2400	8	SAATHOVER	PS	4	0.25	0.107	4	0.25
New Holland	M 271 Diesel	12/2000	4	4	27.77	5	4	9.5	9.9	30.5	3.0500	2	SAATHOVER	DC	3	0.57	0.6	2	0.77
	M 240	30/2800	4	4	107.3	1.8	4	11	8.7	41.7	4.1700	8	NVLON	MS	100	0.48	0.108	100	0.68
	M 200	30/2800	4	4	107.7	1.8	4	12.5	10.4	47.4	4.7400	8	STEEL CAP	MS	1	0.7	0.173	1	0.2
New Holland	M 975	82/2560	4	4	310	4.5	4	23	23.1	170	15.018	12	SAATHOVER	M	2	0.57	0.14	2	0.47
	M 975	82/2560	4	4	312.1	4.3	4	23	23.1	170	15.018	12	SAATHOVER	M	2	0.57	0.14	2	0.47
	M 975	82/2560	4	4	312.1	4.3	4	23	23.1	170	15.018	12	SAATHOVER	M	2	0.57	0.14	2	0.47
New Holland	72-21	30/2700	4	4	265	3.9	4	30	21.1	109.4	10.9400	12	L2	PL SS PS	2	0.174	0.26	1	0.4
	72-31	30/2700	4	4	264	4.7	4	30	21.5	109.4	10.9400	12	L2	PL SS PS	2	0.204	0.232	2	0.14
	72-41	30/2700	4	4	264	4.7	4	30	21.5	109.4	10.9400	12	L2	PL PS	2	0.207	0.43	2	0.14
	72-51	30/2700	4	4	264	4.7	4	15	43.4	244.7	24.4700	12	L2	SS PL PS	2	0.22	0.14	1	0.14
	72-71	308/2700	4	4	368	9.3	4	140	121.7	535	53.5000	22	L4	PL PS	3	0.209	0.233	3	0.27
	72-81	434/2700	4	12	462	14	4	200	164.7	727.7	72.7700	22	L4	SS PL PS	3	0.15	0.341	3	0.17
	72-11	30/2700	4	4	265	3.4	4	30	20	106.5	10.6500	12	L2	PL PS	2	0.7	0.113	1	0.14
New Holland	B-1200	18/2000	4	2	11.9	0.6	2	10	0.3	34.5	3.4500	4	-	M	-	0.4	0.17	-	0.4
	B-1500	26/2000	4	4	107.7	1.8	4	21.8	12	61.8	6.1800	4	-	M	-	0.4	0.17	-	0.4
	B-1800	37/2400	4	4	144	2.3	4	21.6	12	61.8	6.1800	4	-	M	-	0.10	0.161	-	0.161
	B-2200	47/3000	4	4	180	3.0	4	29.8	13	61.8	6.1800	4	-	M	-	0.10	0.161	-	0.161
	B-2700	37/2400	4	4	154	2.9	4	21.6	12	61.8	6.1800	4	-	M	-	0.10	0.161	-	0.161
New Holland	80441	89/2300	4	4	294	4.2	4	70	24.3	118	11.8000	12	L2	PS	4	1.96	2.08	4	1.8
	80461	113/2400	4	4	312	4.1	4	37	30.8	140	14.0000	12	L2	PS	4	1.84	2.04	4	1.64
	80481	113/2400	4	4	312	4.1	4	34	28.3	103.1	10.3100	12	L2	PS	4	1.84	2.04	4	1.64
	804140	180/2400	4	4	400	4.9	4	84	38.9	171	17.1000	12	L2	PS	4	1.84	2.04	4	1.64
	804161	240/2400	4	4	400	4.9	4	84	38.9	171	17.1000	12	L2	PS	4	1.84	2.04	4	1.64

2/10/03

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

Fabricante	Modelo	DATOS DE FUNCIONAMIENTO																MOTOR	
		Consumo de combustible				Consumo de aceite				Consumo de agua				Consumo de otros				Marca	Modelo
		litros/h	kg/h	litros/h	kg/h	litros/h	kg/h	litros/h	kg/h	litros/h	kg/h	litros/h	kg/h	litros/h	kg/h				
Ericsson	EM 15-6	800	3700	1678	N	1960	887.9	N/A	N/A	2900	1212.7	-	8	152.4	72	1854.7	WISCONSIN	7440	
	EM 15V-5	800	3700	1678	N	1960	887.9	N/A	N/A	2900	1212.7	-	8	152.4	72	1854.7	FORD	44104	
	EM 15C	787.4	3670	1732.7	N	1900	879.5	N/A	N/A	1600	724.8	-	8.8	159.1	52	1574.8	DAVE	4410C	
Ford	A82	2815.2	18 900	8561.2	N	14 000	8247.6	12 050.9	5458 718	17 000.1	770 101	81	18.5	181.7	358	9992.7	FORD	256.7	
	A84	2818.4	22 180	10 827.4	N	17 300	7826.3	14 850.8	6127 718	20 900.9	8487 718	90	18	186.4	398	19 008.4	FORD	401-D	
	A86	2819.4	29 300	12 670	N	21 000	8875.4	16 700.8	6415 718	25 000.7	10 610.7	50	18	197.2	400	19 180	FORD	401.7	
International Harvester	H-80C	2786.4	17 150	7904.8	N	11 271	5211.7	11 511	5211.1	21 527	9149	21	18.5	187.8	300	8400	IN	8 38400	
	H-80E	2570	21 640	8921.8	N	14 680	6740.5	12 360	6061.1	21 348	9667	42	14.8	178.5	297.5	878.5	IN	8 384	
	H-80G	2745.2	28 145	12 802.7	N	30 102	8978	16 837	8442.8	24 233	18 258.8	40	15.4	201.7	240	9048	IN	DT-411	
	H-80H	2771.4	33 178	13 254.4	N	23 674	10 716.2	21 605	8744.8	25 504	12 087.8	61	15.8	212.1	241	8121.4	IN	DT-484	
	H-80E	3049	36 541	13 632.8	N	28 412	12 361.2	26 800	11 687.4	30 942	14 076.8	42	15.5	215.1	248.8	8218.8	IN	DV1-5738	
	H-80C	3056	46 842	21 219.8	N	39 827	15 862.7	39 722	19 441.2	36 530	16 481.5	45	22.28	340.8	356	9507.4	IN	DT-813C	
	808	3027	79 218	32 862.8	N	62 267	23 649.8	48 800	21 264.7	64 181	29 874	45	20.4	328.2	316	8726.4	IN	DT-817C	
	H-80E	4572	126 532	58 878	N	87 728	38 142.2	21 240	33 788	86 800	38 918	45	20.5	478	364.8	8715 678	CLAMPING	VF-1040C	
	3050	18210	12 670	3712.4	N	8000	4072	N/A	N/A	8000	3958	40	15	209	440	11 178	IN	C-28300	
Komatsu	KA101	1057.4	8705	3057.4	N	8480	2482.4	N/A	N/A	4150	2015.9	25	18.2	184.8	308	7448.8	LISS	D-111	
Maxion Equipment	M-11	2982.8	14 501	6664.8	N	8000	3674	6700	3484.8	18 000	7500	47	19	261	156	3052.4	PERKINS	AA 248	
	M-13	2120.8	18 300	6838.8	N	8000	3630.5	N/A	N/A	14 300	6477.8	44	18	408.4	184	2611.8	PERKINS	AA 248	
	M-16	2882.4	26 840	9130.8	N	12 500	6119.8	12 800	3436	16 100	7283.2	42	14.8	268.2	212	3261.8	PERKINS	AG 241.4	
	M-18	2794	24 260	11 895.8	N	18 500	7474.5	15 300	6811.8	25 800	11 325	44	16.25	412.8	218	3334	PERKINS	VE-518	
	M-16	3302	24 180	12 412.8	N	25 150	11 528.8	22 000	6968	28 188	11 878.1	42.5	15.4	361.2	232	3802.8	IN	8V 330	
	M-17	2505.2	42 180	18 187.8	N	20 500	13 816.8	17 800	12 251	29 300	11 802.8	47	16	437.8	244.5	6218.2	CLAMPING	N 804C	
	M-18	2708.4	60 000	27 140.8	N	42 800	18 074	31 600	17 012.8	81 000	37 532	61	17.5	444.8	296	6756.4	CLAMPING	N1155C-310	
Meridian Le Touzeur	L-1001	1416.8	190 000	81 540	N	117 000	52 001	109 000	47 388	118 000	49 000	80	18	442.8	368	8852.2	DI 110100	160118	
Meridian	Meridian 3000	2430.4	14 800	6342	N	8000	3624	6300	3090	18 800	4927.4	57	15.25	347.1	218	8028.4	FORD	27132	
	Meridian 3000	2438.4	18 300	7474.8	N	10 800	4538	6700	3714.5	15 600	7068.8	57	16.25	367.4	214	8028.4	FORD	2714E	
	Meridian 3000	2438.4	18 300	7474.8	N	11 800	4542	6700	3714.5	15 600	7068.8	57	16.25	367.4	214	8028.4	FORD	2714E	
	Meridian 30 000	2648	31 000	9512	N	28 800	9548	16 400	7178.8	22 800	10 278.4	37	13.25	347.1	218	8027.2	FORD	2704E F	
Metrop	M-21100001	711.2	1800	880.1	N	1160	524.5	N/A	N/A	1085	486	24	9.75	120.7	108	2743.2	ROBEK	K 321 E	
	M-510	889	3810	1728.8	N	2750	1064.8	N/A	N/A	1820	836.1	25	8	102.7	130	3300	WISCONSIN	4140	
	M-700	888	4288	1818.8	N	2100	1122.5	N/A	N/A	1838	831.4	26	8	103.2	130	3300	WISCONSIN	4140	
	M-975	1142	11 878	5271.8	N	3680	1582.7	N/A	N/A	4740	2044.4	29	9	229.8	182	4622.8	PERKINS	4 278	
Port Sabart	P-11 100	1040	4778	2130	N	1800	7284	-	-	1840	7288	26	10.5	130	160	3000	DEKOR	8 3810	
Toro	T8 21	2438.4	21 700	8630.1	N	18 200	8276.2	14 000	6411	28 100	9185.2	45	17	281.8	152	11 431.8	DEKOR	8 3740	
	T8 31	2514.8	28 100	12 728	N	18 800	8888	18 000	8184	28 900	12 186.7	47	17	304.8	186	11 646	DEKOR	8 3740	
	T8 41	2585.4	31 200	14 124	N	21 800	9875.4	19 400	8786	28 000	11 778	48	17	344.5	172.1	11 881	DEKOR	8 3740	
	T8 51	2743.2	38 100	18 212	N	18 400	8915.2	18 900	8342	28 100	8105.5	43	12	364.8	181.8	11 678.8	DEKOR	8 3740	
	T8 71	4064	46 250	24 541.8	N	51 100	25 881	44 800	18 340	55 800	28 307	68	18	437.8	364.1	14 478	DEKOR	8 3740	
	T8 91	4191	51 480	28 889	N	58 800	33 513	48 800	21 874	61 140	37 678	64	18	457.2	382.1	15 029	DEKOR	129-112	
Tram. Standard	T8-11	2782.2	18 928	7474.8	N	18 480	4733.8	18 800	4272.8	18 700	7565	47	16	188.8	260	8504	C. W. PERKINS	338	
Tramway	T-1700	812.8	3400	1540.8	N	1400	634.2	N/A	N/A	1500	674.5	29	8.75	146.5	87	3447.8	WISCONSIN	740	
	T-11200	869	6400	1834.8	N	2100	1087.2	N/A	N/A	2008	794.4	28	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	4140	
	T-11700	888	6760	2091.8	N	2400	1140.2	N/A	N/A	2000	1348	28	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	4140	
	T-12700	899	7800	2442.8	N	4900	2028.5	N/A	N/A	2140	1104.5	28	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	4140	
	T-13700	899	7800	2442.8	N	4900	2028.5	N/A	N/A	2140	1104.5	28	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	4140	
Volvo	VM41	2374	12 800	7847.8	N	7200	3294	-	-	8300	4134.4	44	14	258.8	144	11 278	VOLVO	8-42	
	VM41	2426.4	21 700	984.8	N	6400	4300	-	-	12 160	6487.5	43	15.5	389.7	144	11 278	VOLVO	8-508	
	VM41	2992.4	39 800	1878	N	13 150	6228.8	12 100	8488.2	17 000	7711.1	43	16	482.8	180	9906	VOLVO	8-508	
	VM1248	1895.6	28 500	12 064	N	16 200	8147.2	16 200	7287.8	18 150	8688.2	47	17.6	444.5	113	10 490	VOLVO	8-708	
	VM1441	2487.4	27 400	78 864	N	35 800	11 362	25 800	16 788	37 800	12 519	46	16.8	282.7	120	13 208	VOLVO	TD 100	

PI	-	Se puede importar	(A)	Modelo Ford 2711-E disponible como opción.	(Z)	Dirección de largueros.
EM	-	Ensamblado en México	(B)	Modelo Ford 2713-E disponible como opción	(AA)	Con llantas normales
*N	-	No	(C)	Modelo Perkins T6.354 disponible como opción	(BB)	Con llantas normales y techo de protección.
Y	-	Si	(D)	Cangilón para uso general.	(CC)	Modelo Cummins también disponible.
†N	-	No	(E)	Con cabina	(DD)	Con brazos de alta elevación opcionales.
Y	-	Si	(F)	Solamente máquina	(EE)	Cangilón de canto derecho.
**	-	La estabilidad de la máquina depende del tamaño de llantas, balasto en llantas traseras, o de accesorios utilizados.	(G)	Infinitamente variable	(FF)	Con llantas normales y dientes de cangilón
			(H)	Motor eléctrico	(GG)	Con llantas normales, techo de protección lámparas inundantes.
±D	+	Diesel	(I)	Adelante—frente al operador	(HH)	Bajo articulación
G	-	Gasolina	(J)	Frente, trasero	(II)	Incluye tanque lleno, operador, cangilón y llantas 15.5 x 25 - 8PR.
□CP	-	Cara de laminación transversal	(K)	Con llantas normales, balasto con llantas traseras; cangilón normal, cabina, combustible y 175 lbs. (79 kg) por operador.	(JJ)	Medido 3 pulgadas (102 mm) detrás de junta de arista cortante, con espiga de cangilón como pivote.
OPT	-	Opcional	(L)	Al cangilón: Levantamiento = 16,200 lbs. (7338.6 kg).	(KK)	Incluye llantas 15.5 x 25 - 12 PR con 846 lbs. (382 kg) de solución CaCl ₂ en llantas traseras.
TR	-	De tracción	(M)	Todavía no se encuentra disponible.	(LL)	Incluye llantas 17.5 x 25 - 12 PR con 1182 lbs. (540 kg) de solución CaCl ₂ en llantas traseras.
■A	-	Automática	(N)	Al cangilón: levantamiento = 18,800 lbs. (8516.4 kg).	(MM)	Incluye llantas 25.5 x 25 - 20 PR con 3038 lbs. (1380 kg) de solución CaCl ₂ en llantas traseras.
CC	-	De embrague tipo convencional	(P)	Al cangilón: levantamiento = 22,500 lbs. (10,193 kg.)	(NN)	Incluye cabina estándar y llantas 38.00 x 39.30-PR con 7880 lbs. (3570 kg) de solución CaCl ₂ en llantas traseras.
CS	-	Contraeje	(Q)	Modelo D-282 diesel también disponible		
E	+	Eléctrica	(R)	Por fuera de cangilón.		
GD	+	De engranajes	(S)	Llantas traseras		
H	-	Hidrostática	(T)	Modelo GMC 6V-71-N también disponible		
HS	-	DE vaivén hidráulico	(U)	Modelo GMC 8V-71-N también disponible		
L	-	De cierre	(V)	Modelo Cummins VTA-1710-C también disponible.		
PL	-	Planetaria	(W)	Sin extra balasto.		
PS	-	De cambio automático	(X)	Modelo Perkins 6.354 también disponible.		
SA	-	Semiautomática	(Y)	Perkins T6.354 también disponible. Ambos modelos con turbina.		
SS	-	De cambio suave				
VS	-	De poleas variables				
Todo item N/A - No aplica						

CARGADORES DE OJUGA

Fabricante	Modelo	FUNCIONAMIENTO (en todos los aspectos)																							
		Carga normal (en toneladas)				Carga máxima (en toneladas)				Carga normal (en toneladas)				Carga máxima (en toneladas)				Carga normal (en toneladas)				Carga máxima (en toneladas)			
		HP	CV	HP	CV	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
JCB	200	600	425	75	173	640	299.4	62	1800.2	86	2120.1	38	945.2	158	2062.4	158	2031	80	1924	18.900	4208				4100
	450	900	617	1	165	775	261.5	87.8	1722.1	80	2169.1	28.75	913.6	180	2064	182	4114.8	84	1825.8	18.900	4306				2500
	650	1.178	891	1.278	1.1	1.345	618.1	78.5	1943.1	98.5	2501.1	46.5	1181.1	180	1872	188.5	4780	87	1781.8	18.900	4523.8	11.000	4788.8		11.000
	1150B	1.82	1.2	1.78	1.3	1.749	781.1	81.2	2062.3	104	2841.8	54	1271.8	185	1808.8	184	4813.8	71	1805.8	24.000	4124	18.700	4825		18.400
	1450	1.91	1.4	2.25	1.7	2305	7645.5	88	2727.2	115	2671	88	1878.8	208.5	5541.1	204	4548.8	81	2067.4	31.200	4470.8	18.600	4426.4		27.100
Caterpillar	931	870D	970D	80D	8.0D	738	368			871	2420C	22	948	152	2078	80D	2440D	28.5	1785	18.200(5)	4400(1)	4100(1)	4100(1)		18.200
	941B	1.24(0)	940D	1.500D	1.180D					888	2950	51(1)	1300(1)	188	4128	72.3	4418	73	1888	22.948	4828	12.838	4728		18.200
	953L	1.06(0)	1.28(0)	80D	1.300D			888	2750(8)	114	2988	63(1)	1400(1)	185	4058	195	4058	84(2)	2100(2)	20.748	43.788	12.788	4848		18.200
	977L	2.22(0)	1.7(0)	2.75(0)	8.180D			888	2490(1)	128	3288	72(1)	1870(1)	221	3818	213	4418	94	2798	27.508	48.208	24.748	41218		24.200
	983	3.74(0)	2.84(0)	4.50(0)	3.50(0)			128	3410	144	3838	82(1)	2100(1)	267	6798	245	4200	114	2800	37.408	37.408	48.688	22.088	43.800(1)	
John Deere	JD950B	834	613	75	173	775	351.3	84	1875.1	84	2489.2	38	287	144.5	2478.2	184.2	3818.2	80	1824	27.408	6674.8	1.108	3273.2		12.100
	JD150C	1.09	801	1.25	948	898	451.8	72.25	1825.1	103	2818.2	32	628.2	180.25	4078.4	178	4318	86	1875.4	18.708	3574	9708	4173		14.200
	JD550	1.063	804	1.25	934	896	451.8	72.25	1825.2	103	2818.2	32	628.2	180.25	4078.4	178	4318	86	1875.4	18.708	3574	9708	4173		14.200
Case TMD	632			3	284			84	1271.4	27.28.5	444.734			112	284.4	88-127	3632.3274	84	1371.8	22.19.1					15.200
International Harvester	880E-75	88	52	75	573	950	294.8	88.5	1488	88.1	2887	78.4	744.8	154.6	2848.8	175	4413	82	1674.8	17.208	4488	7308	3408		18.200
	880E	80	780	1.13	864	780	253.8	88.5	1779.8	81	2463.8	51.1	808.2	156	2862.4	188.5	4818.2	88	1887	18.481	3827.1	3067	4153.1		18.400
	175E	1.12	826	1.38	1.1	940	478.4	11.8	1818.4	103.1	2873.4	28.7	878.2	164.28	4184.2	171.8	4358.1	88	1727.2	18.685	8441.8	11.228	5137.4		18.400
	175C	1.72	7.2	2	1.8	1642	884.2	86	2184.1	124	3402.8	80	182	184.5	1840.2	180	4578	81	2857.4	28.880	12.184	18.110	8468.2		25.278
	250C	2.28	1.7	2.25	2.1	2270	1097	88	2438.4	129	3278.8	89	1762.8	225	6718	211	5358.4	84	2387.8	42.280	18.668	28.828	12.420		24.228
JCB	110	1.28	934	1.5	1.8	1870	483.4	80	2032	108	2540.4	43	1197	288	3148.1	168	4287.2	48	1781.8	28.758	8418	18.878	4974.8		12.000
Manitou Ferguson	MF200	426	478	75	173	458	204.4	80	1824.4	80.1	2427.4	38	784	152	2840.4	178.5	3543.2	88	1824	18.278(8)	4788(1)	8808	2844.4		2088
	MF300	1.125	888	1.24	898	1275	511	78	1858.8	88.5	2411.1	37	888.8	154	3811.1	181.1	3828.4	78	1828.8	18.771	8848.8	12.578	3478.8		18.888
	MF400	1.8	1.2	1.825	1.2	1788	800.8	88	2832	188	2548	37	828.2	188	4224.4	188	4778.2	78	1888	24.888	11.221	17.288	2874.4		18.400
	MF500B	3	1.5	2.25	1.7	1818	888.1	88	2832	188	2548.8	38	888	188	4572	181	4881.4	82	2882.8	24.821	16.278	18.888	2882.8		18.200

CARGADORES DE ORUGA

Fabricante	Modelo	MOTOR										CARRERAS										Observaciones			
		Peso		Potencia		Velocidad		Consumo		Emissiones		Peso		Potencia		Velocidad		Consumo		Emissiones					
		kg	CV	CV	litros	litros	litros	litros	litros	litros	litros	kg	CV	CV	litros	litros	litros	litros	litros	litros	litros				
Case	250	2104	48	110	14	278.4	CASE	D188D	38-2000	4	138	2.1	18	11.3	40.1	33	18	304.2	43	1082.2	-	-	12-14	304.4 284.8	GD
	480	3402	80	140	12	304.8	CASE	D188D	31-2000	4	180	2.1	20	10.7	75.0	30	12	304.8	52	1229.8	-	-	12-14	304.4 284.8	PS
	680	3949.5	80	180	10	354.0	CASE	A-38-800	72-2000	4	205	4.0	20	30	126.4	30	13	330.8	84	1219.8	-	-	13-14	330.2 284.8	PS
	11000	8044	48	160	12	308.2	CASE	A-35-800	100-2000	8	459	1.4	20	43.2	148.8	30	16	341	82	1574.8	-	-	15-18	341.4 284.8	PS
1400	12 292	48	160	10	301	CASE	A-30-800T	130-2000	8	504	4.0	20	34.2	146.4	30	16	341	84	1574.4	-	-	16-18	341.4 284.8	PS	
Caterpillar	951	4840	-	-	12.7	344	CAT	D304	62-2400	4	318	5.2	20	23	71.4	30	12	379	54	1420	-	-	-	-	PL, PS
	961B	6670	-	14	15(1)	340(5)	CAT	D330	80-2000	4	425	7	21	25	140	30	12	340	80	1440	-	-	-	-	PS, PL
	966L	10 208	-	18	16 7(20)	410(5)	CAT	D330	120-2100	4	448	7	20	24.2	257	31	14	380	84	1480	-	-	-	-	PS, PL
	972L	15 548	-	18	18(1)	445(5)	CAT	D333	160-2050	8	538	10.5	20	33.2	379.2	41	14	446	76	1530	-	-	-	-	PS, PL
982	18 880(4)	-	18	20 5(2)	420(5)	CAT	D333	175-2000	8	582	14.0	20	32.2	340	42	22	440	72	1540	-	-	-	-	PS, PL	
John Deere	JD3500	5499.8	40	70	12.21	324.6	JOHN DEERE	JD4152	42-2000	2	152	2.3	20	10.2	61.2	28	12	304.8	48	1218.2	7.2	41.7	12	304.2	GD, PS, PL
	JD4500L	6613.6	40	70	14.25	362	JOHN DEERE	JD4218	60-2000	4	218	3.8	21	23.8	112.2	22	14	311.4	52	1240.8	7.0	53.8	14	311.6	PS
	JD5500	7144	40	70	14.12	362	JOHN DEERE	JD4218	72-2000	4	228	4.8	21	23.8	112.2	22	14	311.6	52	1320.8	8.5	58.8	14	311.6	PS
Eimco Ltd	630	-	-	-	6	162.4	EIMCO	371	23-1200	8	-	-	-	-	-	25	8	238.4	42	1142	-	-	-	-	440
	630	2404	-	-	6	162.4	EIMCO	371	23-1200	8	-	-	-	-	-	25	8	238.4	42	1142	-	-	-	-	440
International Harvester	890S 75	4672	40	-	12.1	312.2	INTERNATIONAL	D-155	45-1500	2	150	2.5	27.5	12.0	60.1	26	12	304.0	56	1240	7.0	52.4	10-14	304.2 284.8	PS
	900L	6000.2	30.2	80.8	12.8	325.1	INTERNATIONAL	D-239	60-1500	4	220	3.9	20	26	112.1	26	12	304.8	52	1280.8	6	40.1	12-13	304.8 284.8	PS, CB
	1470	2054.2	30.5	80.8	11	301	INTERNATIONAL	DT-239	70-1500	4	220	3.8	20	21.2	104.1	26	12	310.8	54	1211.8	0.6	40.8	12-14	310.2 284.8	PS, CB
	1130C	11 800	40.8	80.1	17.21	400.2	INTERNATIONAL	DT-404	120-2100	8	468	7.0	20	32.2	227.2	30	16	341	84	1478.4	11.2	78.8	10-10	341.4 284.8	PS, CB
230C	17 336	40	81.1	18.5	408.8	INTERNATIONAL	DT-570B	180-2400	8	572	9.6	20	24.6	328.8	42	18	417.2	74	1990.4	11.2	72.8	12	417.2	PS, CB	
JCB	110	4666.1	40	75	10	301	PERKINS	4 246	71-2250	4	246	4.1	20	20.2	174.1	22	12	338.2	56	1422.4	8.14	60.2	12	338.2	HY, PL
	110	4666.1	40	75	10	301	PERKINS	4 246	71-2250	4	246	4.1	20	20.2	174.1	22	12	338.2	56	1422.4	8.14	60.2	12	338.2	HY, PL
Massey Ferguson	MF260	2175.2	45	84	10.5	294.7	PERKINS	A3 252	61-2250	2	127.2	2.3	11.1	9.2	42.2	24	12	304.0	40	1218.2	4.2	40.2	12	304.0	LS, HY
	MF260	2307.5	45	82	10	301	PERKINS	A4 246	63-2400	4	246	4.1	20.6	25.8	100.2	22	14	351.6	50	1472.2	8.0	60.2	14	351.6	PS
	MF400	3990	41	90	12.8	317.4	PERKINS	A6 254	80-2200	8	304	5.8	20	30	126.4	22	18	381	80	1524	8.4	64.8	16	381	LS, HY
	MF400	3990.2	41	82	10	330.2	PERKINS	AVS-810	105-2100	8	210.2	8.0	20	42.8	200.2	40	18	381	80	1578.4	12.1	60.2	16-18	381.4 284.8	PS

CARGADORES DE ORUGA -39

Fabricante	Modelo	TRANSMISIÓN				SISTEMA HIDRÁULICO						39	
		Convertidor de fuerza de tracción	Embrague del motor	Velocidad máx. transmitida hacia adelante		Capacidad del sistema			Presión máx. de trabajo		Tipo de bomba(s)	Número de bombas	
				MPH	km/h	U.S. gal.	Imp. gal.	Litros	psi	xPa			
J.I. Case	350	Y	N	4.85	7.8	8	8.7	30.5	2000	13,790	G	1	
	450	Y	N	7.2	11.6	7.5	6.3	28.8	2000	13,790	G	1	
	850	Y	N	6.5	10.5	8.8	7.2	32.7	1850	12,755	G	1	
	1150B	Y	N	6.2	10	15	12.5	56.8	2000	13,790	G	1	
	1450	Y	N	5.5	8.9	22	18.3	83.2	2500	17,237	G	1	
Caterpillar	931	-	-	6.9	11.1	13	10.8	49.2	-	-	G	-	
	941B	Y	-	5.5	8.9	21	17.5	78.5	-	-	V(H)	-	
	955L	Y	-	5.6	9	37(K)	30.8(K)	140(K)	-	-	V(H)	-	
	977L	Y	-	5.8	9.3	36.5(L)	30.4(L)	138(L)	-	-	V(H)	-	
	983	-	-	8.3	10.1	38(L)	31.7(L)	144(L)	-	-	-	-	
John Deere	JD350B	N	Y	1.4-6.5	2.3-10.6	12.5	10.4	47.3	2250	15,513	G	1	
	JD450C	N	Y	1.3-6.7	2.1-10.8	12.25	10.2	46.4	2250	15,513	G	1	
	JD555	Y	N	5.63	9.1	12.25	10.2	48.4	2250	15,513	G	1	
Elmco TMD	630	N	N	0-1.5	0-2.4	-	-	-	-	-	-	-	
	632	N	N	0-1.5	0-2.4	15	12.5	56.8	1250	8618.5	G	1	
International Harvester	500E-75	Y	N	5.8	9.5	17	14.2	64.6	2250	15,513	G	1	
	100E	Y	N	5.28	8.5	15.4	12.8	56.2	2150	14,824	G	1	
	125E	Y	N	5.32	8.6	15	12.5	56.8	2150	14,824	G	1	
	175C	Y	N	5.2	8.4	24	20	90.9	1900	13,100	G	1	
	250C	Y	N	5.28	8.5	28	23.3	105.9	2000	13,789.5	G	1	
JCB	110	N	N	5.5	8.9	84	70	318.2	2500	17,237	G	1	
Massey Ferguson	MF200	N	N	1.7-5.7	2.7-9.2	11.1	9.3	42.3	2150	14,824	G	1	
	MF300	Y	N	2.17-4.04	3.5-6.5	8	8.7	30.5	2150	14,824	G	1	
	MF400	Y	N	2.17-3.95	3.5-6.4	27	22.5	102.3	2200	15,169	G	1	
	MF500B	Y	N	2.64-5.28	4.3-8.5	28.6	23.8	108.2	2000	13,790	G	1	

- FI — Se puede importar
- EM — Ensamblado en México
- FN — Fabricación Nacional
- *AMD — Motor neumático
- CS — Contraeje
- CD — De engranajes
- HY — Hidrostática
- PL — Planetaria
- PS — De cambio automático
- PSR — De reversion automático
- †N — No
- Y — Sí
- ‡G — De engranajes
- V — De paletas

Todo ítem N/A — No aplica.

- (A) — Altura de paso de la máquina
- (B) — Peso de embarque
- (C) — A plena elevación
- (D) — Cangilón para uso general
- (E) — Incluye tanque lleno, 170 lbs. (77 kg) por operador, protectores inferiores, y de rodillos de orugas, dientes de cangilón, iluminación, gancho de tracción, y techo de protección.
- (F) — Con 7 pies (2130 mm.) de paso.
- (G) — De la cara de zapata
- (H) — Sistema hidráulico del cangilón
- (I) — A arista cortante
- (J) — Por fuera de tapas del árbol de catalina
- (K) — Controles de cangilón, incluyendo tanque y tuberías hidráulicas.
- (L) — Controles de cangilón
- (M) — Medido 4 pulgadas (102 mm) detrás de junta de arista cortante con espiga de cangilón como pivote.

RENDIMIENTO

En el movimiento de tierras lo que más nos interesa es minimizar los costos de producción, es decir obtener el costo más bajo posible por unidad de material movido.

Se entenderá por rendimiento al volumen de material movido durante la unidad de tiempo. Este depende de numerosos factores como son:

- a) Capacidad del cucharón y su posibilidad de llenado
- b) Tipo de material
- c) Altura del terreno a excavar y la altura de descarga
- d) La rotación necesaria entre la posición de excavación y descarga
- e) La habilidad del conductor
- f) La rapidez de evacuación de los materiales
- g) Características de la organización de la empresa
- h) Capacidad del vehículo o recipiente que se cargue

El rendimiento aproximado de un cargador se puede valorar de las siguientes formas:

- A) Por observación directa
- B) Por medio de reglas y fórmulas (teórico)
- C) Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante

A) Cálculo del Rendimiento de un Cargador por medio de Observación Directa.

La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de materiales movidos por el cargador.

durante la unidad horaria de trabajo, cronómetro en mano.

Con este método se obtienen los rendimientos reales, sin embargo, este sistema requiere de contar con la máquina en el frente de trabajo, por esta razón no es posible usarlo para tomar una decisión de compra. Este método nos proporciona un medio objetivo de comparación entre el rendimiento real y el rendimiento teórico.

B) Cálculo de Rendimiento de un Cargador por medio de Reglas y Fórmulas.

El rendimiento aproximado de un cargador por medio de este método puede estimarse del modo siguiente:

Se calcula la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo y ésta se multiplica por el número de ciclos por hora. De esta forma se obtiene el rendimiento horario.

$$m^3/Hora = m^3/Ciclo \times Ciclos/Hora$$

La cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo es la capacidad nominal del cucharón afectada por un factor que se denomina "Factor de Carga", expresado en forma de porcentaje, que depende del tipo de material que se cargue. Este factor de llenado o de carga debe tomarse muy en cuenta pues el cucharón no se puede llenar al ras más que en los terrenos ligeros en condiciones óptimas. En terrenos pesados especialmente arcilla, el cucharón sólo se llena parcialmente, mientras que en materiales rocosos el llenado es aún más imperfecto.

$$m^3/Ciclo = \text{Capacidad nominal del Cucharón} \times \text{Factor de Carga}$$

El factor de carga se puede determinar empíricamente para cada caso en particular o sea por medio de mediciones físicas, o tomarse de los manuales de fabricantes, por ejemplo, tenemos los siguientes valores, tomados de un fabricante:

<u>MATERIAL SUELTO</u>	<u>FACTOR DE CARGA</u>
Agregados húmedos mezclados	95 - 100 %
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100 %
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90 %
Agregados de 1/2" - 3/4"	90 - 95 %
Agregados de 1" - o más	85 - 90 %
<u>MATERIAL DINAMITADO</u>	
Bien fragmentado	80 - 85 %
De fragmentación mediana	75 - 80 %
Mal fragmentado	60 - 65 %

Para determinar el número de ciclos/Hora en la operación de un cargador, se debe determinar la eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora y éste dividido entre el tiempo en minutos del ciclo total.

Ciclos/Hora = $\frac{\text{Minutos Efectivos por Hora}}{\text{Tiempo total de un Ciclo (minutos)}}$

La eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora, depende de las condiciones del sitio de trabajo y las características de la organización de la empresa. Se puede estimar de la forma siguiente:

Condiciones del sitio del trabajo.	Características de la Organización							
	Excelente		Buenas		Regular		Malas	
	%	Min/Hr.	%	Min/h	%	Min/H	%	Min/H
Excelentes	84	50.4	81	48.6	76	45.6	70	42.0
Buenas	78	46.8	75	45.0	71	42.6	65	39.0
Regular	72	43.2	69	41.4	65	39.0	60	36.0
Malas	63	37.8	61	36.6	57	34.2	52	31.2

... El tiempo total de un ciclo está compuesto por el tiempo del ciclo básico más el tiempo del ciclo de acarreo.

El tiempo del ciclo básico incluye, el tiempo de carga, descarga, cambios de velocidades, el ciclo completo del cucharón y el recorrido mínimo.

El ciclo básico lo podemos tomar en forma teórica de estadísticas de varias obras o de recomendaciones de fabricantes. Estos nos dicen que el tiempo del ciclo básico es del orden de 20 a 25 segundos y que se ve afectado por diversos factores que se han estimado aproximadamente como sigue:

MATERIAL	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico.
De diversos tamaños	+ 1.2
Hasta de 1/8"	+ 1.2
De 1/8" a 3/4"	- 1.2
De 3/4" a 6"	0.0
De 6" ó más	+ 1.8 y más
En el banco o fragmentado	+ 2.4 y más

MONTON	
Apilado con trasportador o tractor a 3 mts. o más	0.0
Apilado con trasportador o tractor menos de 3 mts.	+0.6
Descargado de un camión	+1.2

DIVERSOS	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico
Posesiones en común de camiones y cargador	- 2.4
Operación continua	- 2.4
Operaciones intermitentes	+ 2.4
Tolvas o camiones pequeños	+ 2.4
Tolvas o camiones endebles	+ 3.0

El ciclo de acarreo, es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga, al lugar de descarga y regresar vacío al lugar del abastecimiento.

El tiempo de este ciclo de acarreo, si se desconoce, puede tomarse de gráficas hechas por los fabricantes o prepararse con datos estadísticos medidos en la obra en forma apropiada.

A continuación se presentan varias gráficas del tiempo estimado de acarreo o retorno para diversos cargadores, las cuales se han preparado en las siguientes condiciones:

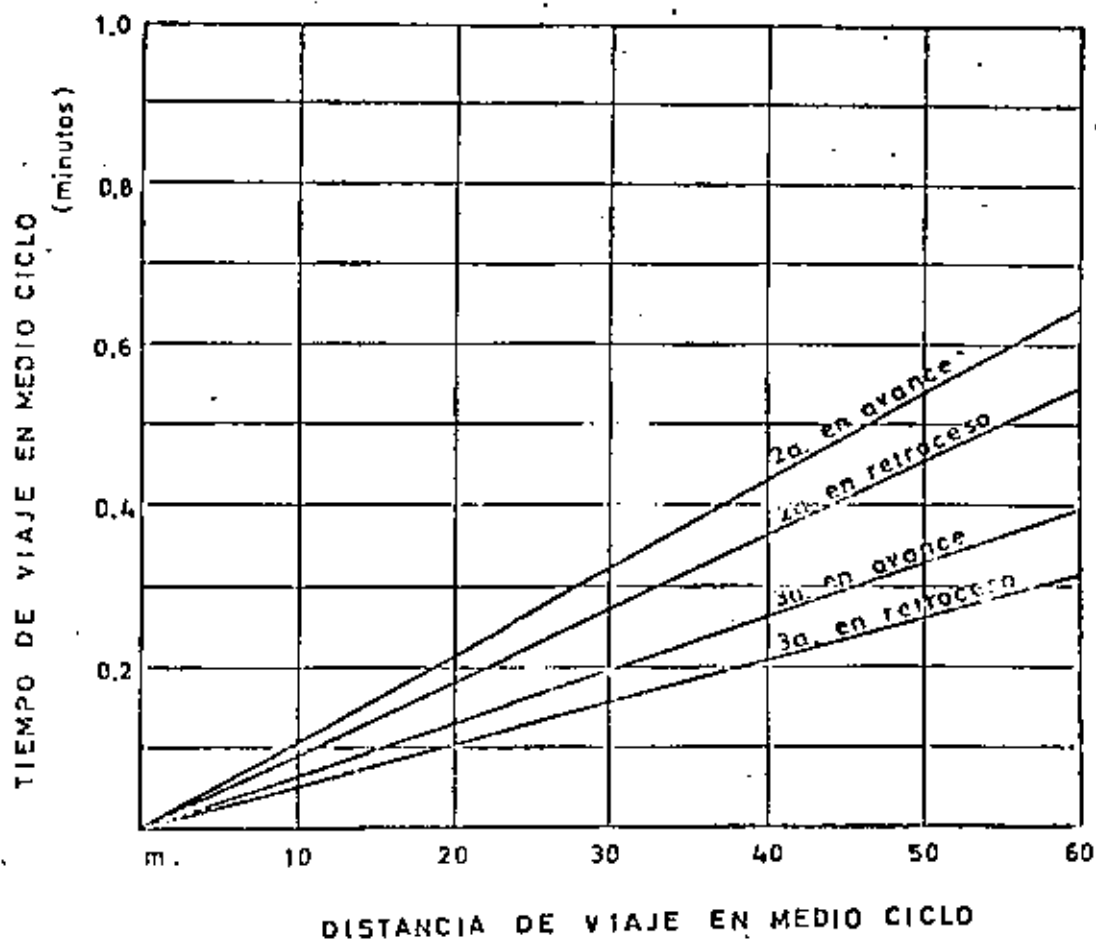
— Sin pendiente

46

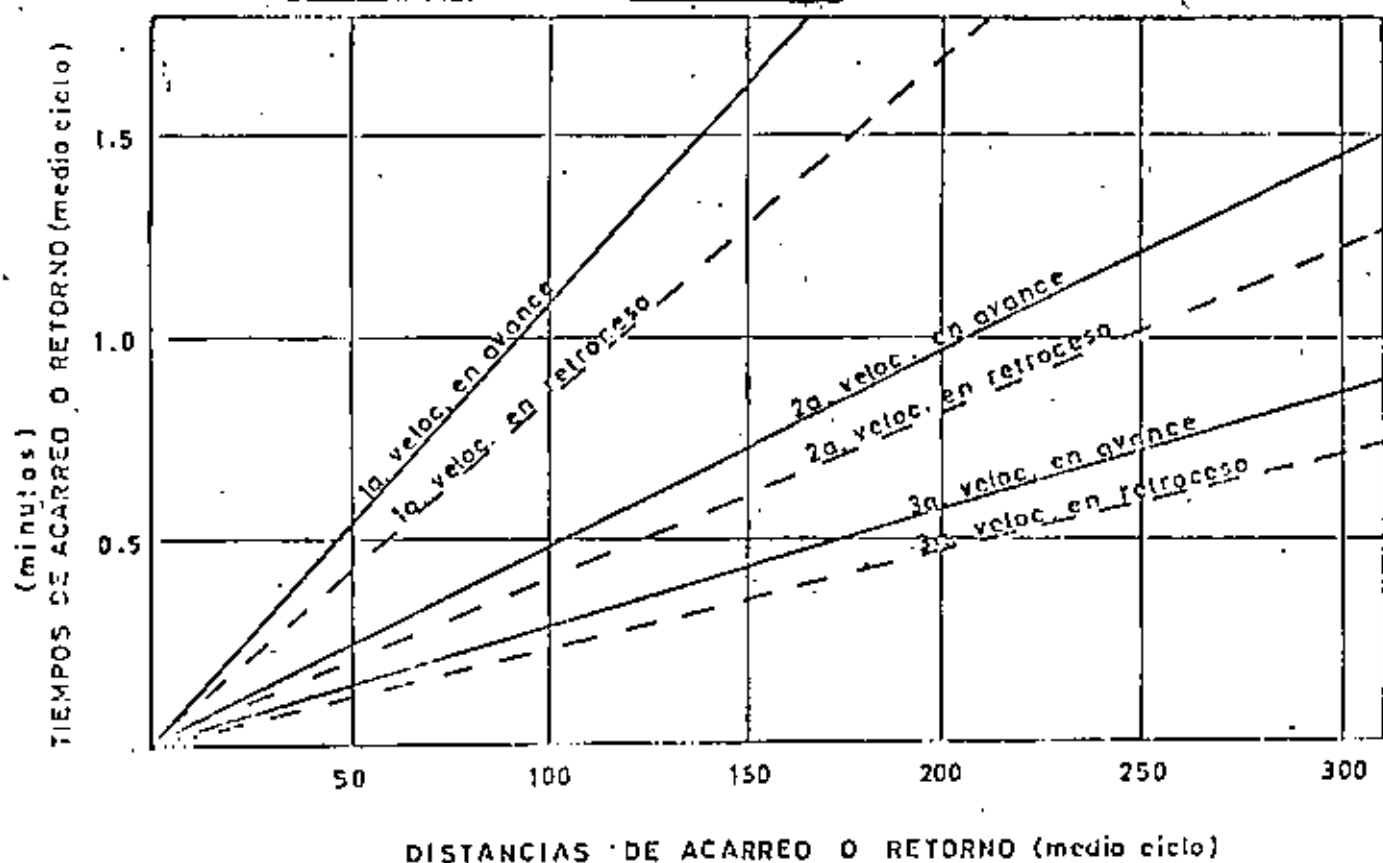
- Las velocidades son prácticamente las mismas con carga o sin ella.
- Se considera el tiempo de aceleración en el tiempo de maniobras.
- La posición del cucharón es constante en el recorrido.
- No se incluye el recorrido efectuado en el tiempo de maniobras.

TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR
DE CARRILES DE 2 Yd3.

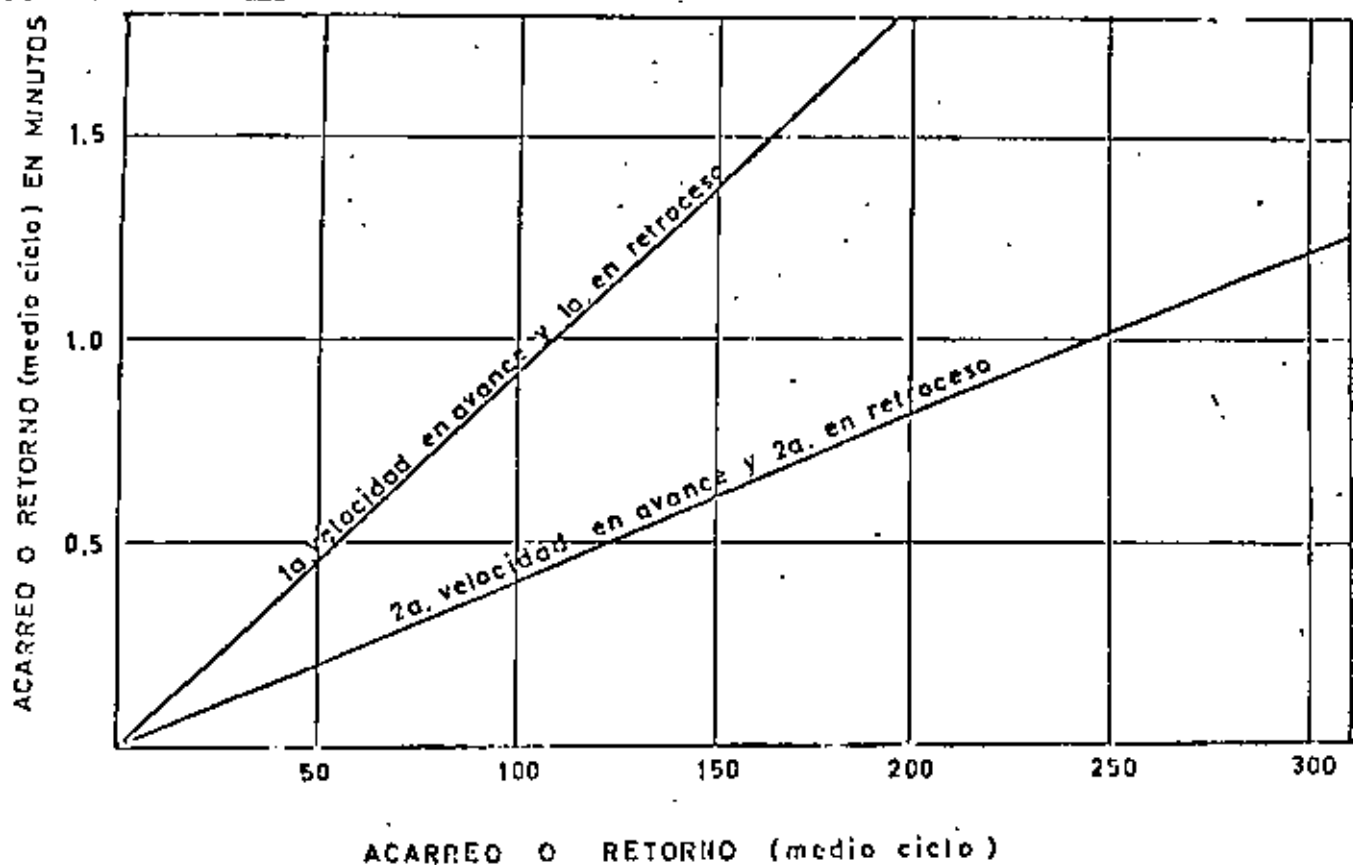
47



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR
DE RUEDAS DE 2 Yd3.

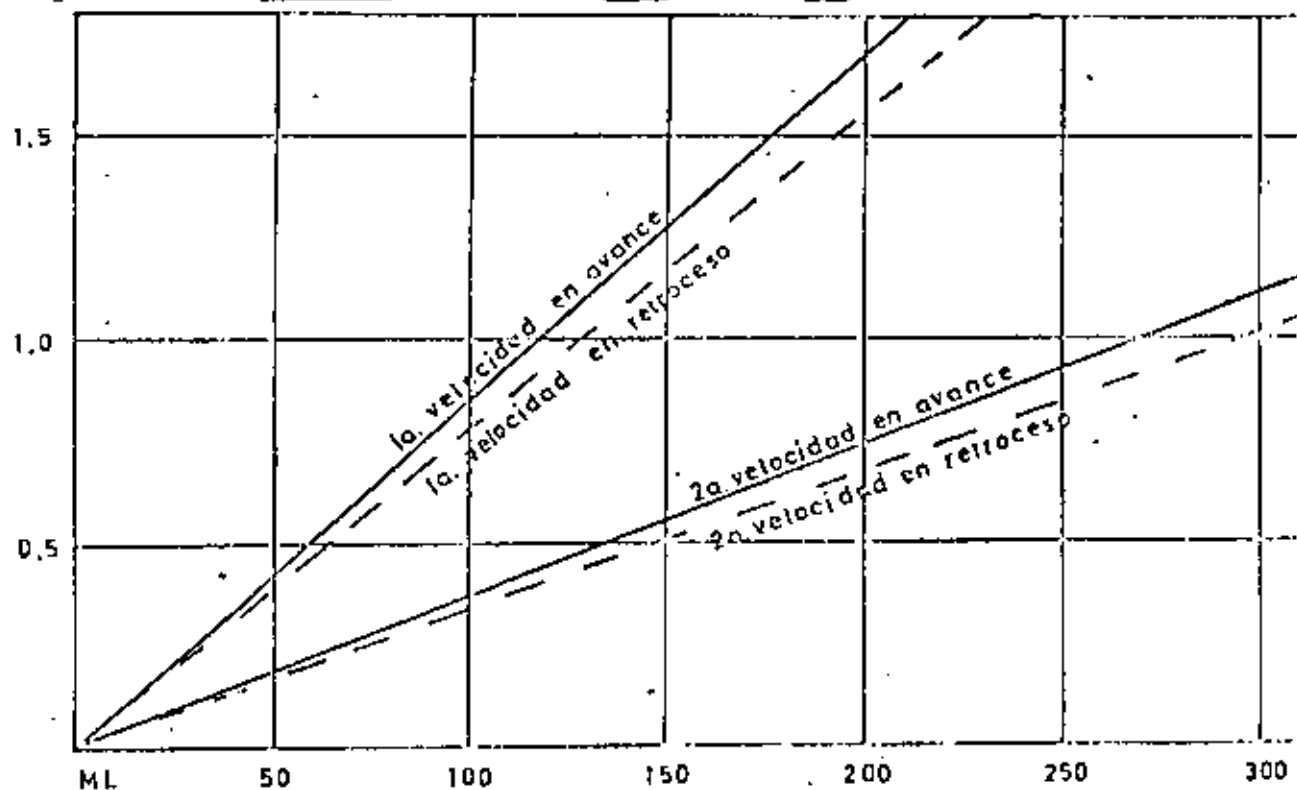


TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR
DE RUEDAS DE 6 Yd3.



DE RUEDAS DE 10 Yd3.

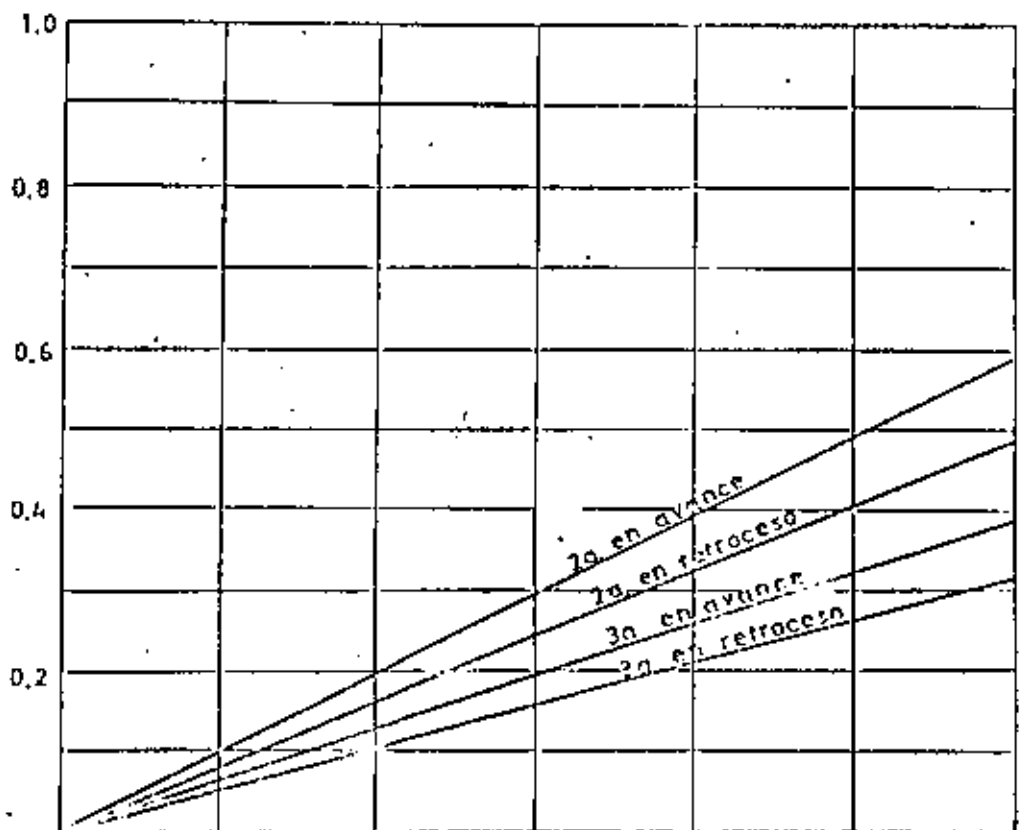
TIEMPO DE ACARREO O RETORNO (medio ciclo)
EN MINUTOS



DISTANCIA DE ACARREO O RETORNO (medio ciclo)

DE CARRILES DE 5 Yd3.

TIEMPO DE VIAJE EN MEDIO CICLO (minutos)



DISTANCIA DE VIAJE EN MEDIO CICLO

C) Cálculo del Rendimiento por medio de Tablas proporcionadas por el Fabricante.

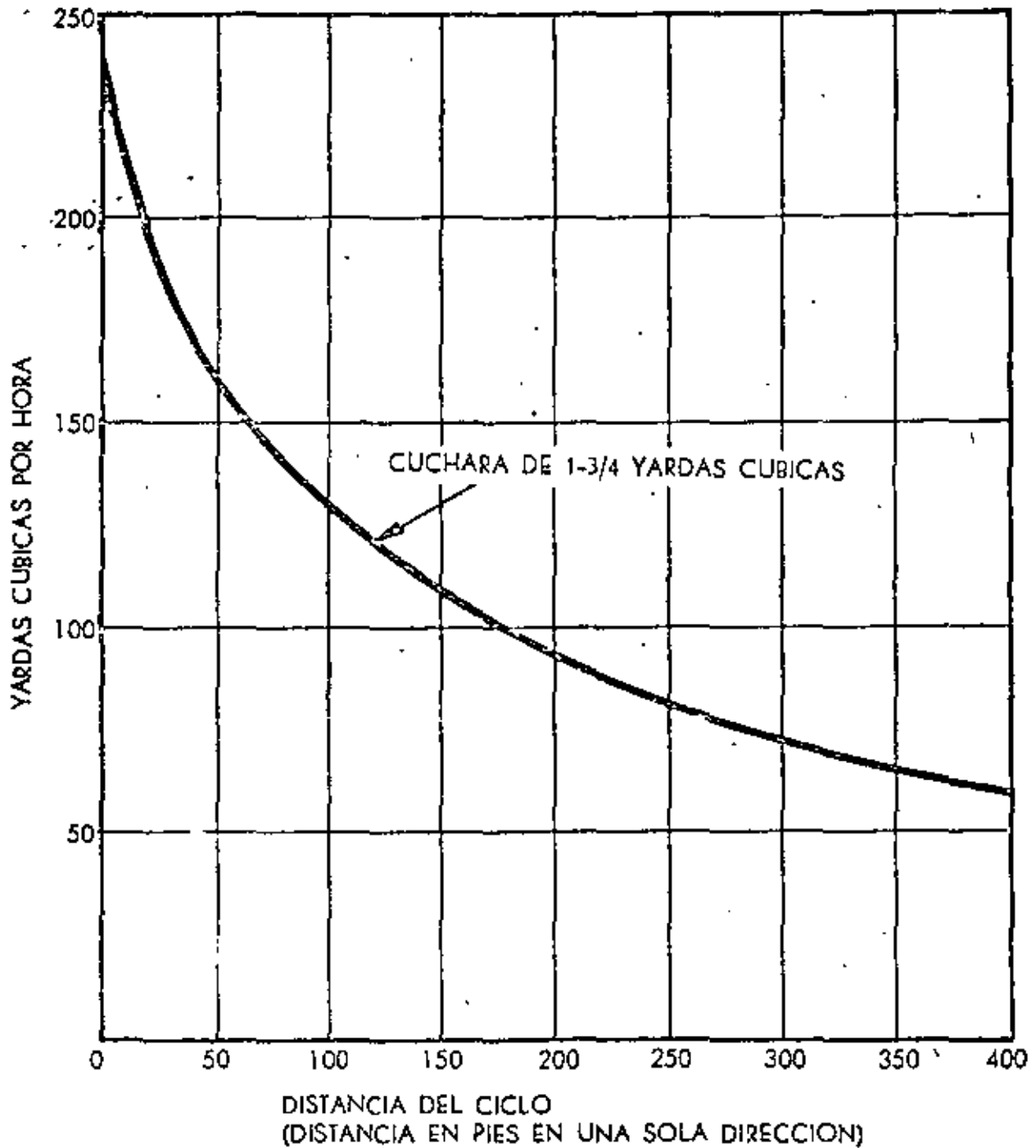
Los fabricantes de equipos cuentan con manuales donde se justifican los rendimientos teóricos de las máquinas que producen para determinadas condiciones de trabajo. Los datos se basan en pruebas de campo, análisis en computadora, investigaciones en el laboratorio, experiencia, etc. Tomando en cuenta las medidas necesarias para conseguir exactitud.

Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que todos los datos se basan en un 100% de eficiencia, algo que no es posible conseguir ni aún en condiciones óptimas. Esto significa, que al utilizar los datos de eficiencia y producción, es necesario rectificar los resultados que se dan en las tablas, mediante factores adecuados a fin de compensar el menor grado de eficiencia alcanzada, ya sea por las características del material, la habilidad del operador, la altitud y otros, sin número de factores que pudieran reducir la producción en un determinado trabajo.

Por lo anterior mencionado se puede concluir que antes de utilizar cualquier información sobre rendimientos contenido en determinado manual, es esencial conocer detalladamente las condiciones que pueden afectar el trabajo de la máquina. Luego, el manual de rendimientos es tan solo una ayuda que si no se compara con la experiencia y el conocimiento de las condiciones donde se desarrolla el trabajo, los rendimientos obtenidos de esta manera resultan falsos.

De las investigaciones y pruebas llevadas a cabo por los fabricantes del cargador marca Michigan, sobre el terreno, se obtuvieron gráficas de producción como las siguientes:

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 75A, SERIE II

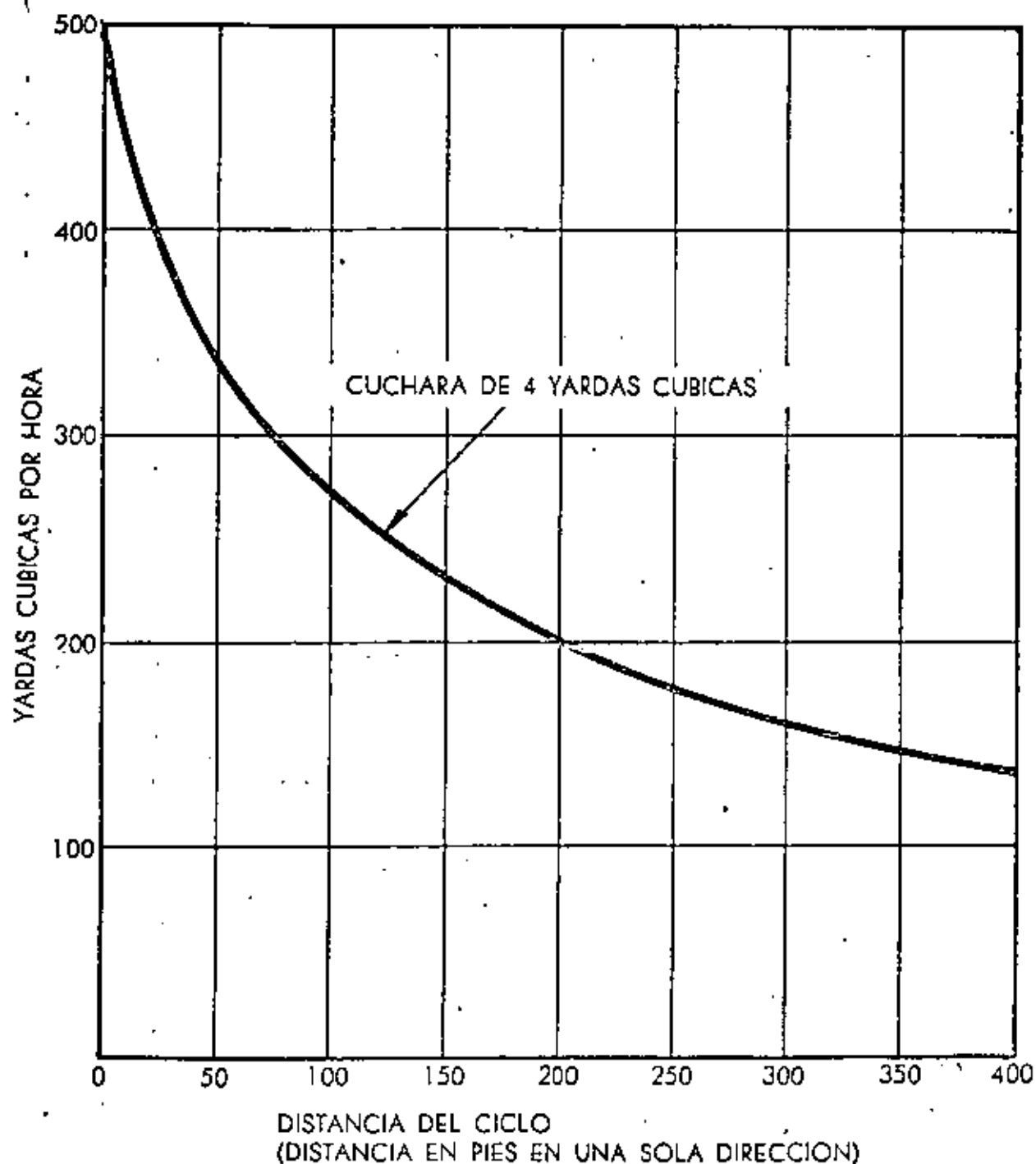


SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%, REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 175A, SERIE II



SUPUESTO DE PRODUCCION:

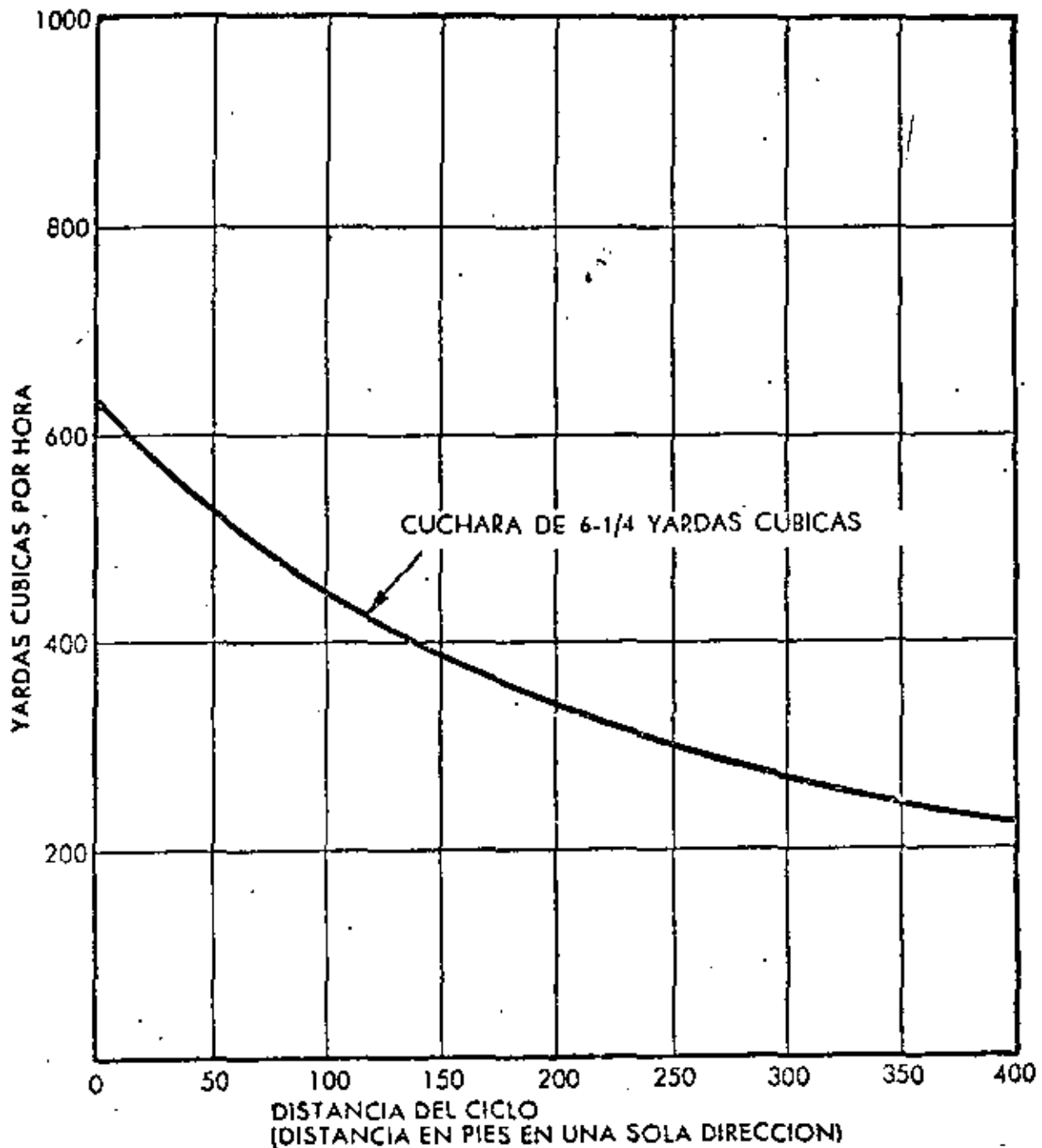
CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO

HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS

PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%, REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 275A, SERIE II



SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO.

HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS

PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%; REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PROBLEMA

a) Datos

Calculemos la producción de un cargador de ruedas equipado con cucharón de 3 1/2 y d3 (2.67 m³), cargando camiones de 10 m³ de capacidad propia de la misma empresa.

Material Grava triturada 1 1/2" tam. max.
almacenada en pilas de 6m. de altura en operación continua, con horas de 50 minutos efectivos.

Solución:

Paso 1

Capacidad del cucharón	2.67 m ³
Factor de carga	0.85
Volumen por ciclo:	$2.67 \text{ m}^3 \times 0.85 = 2.27 \text{ m}^3$

Paso 2

Cálculo del tiempo del ciclo:

Ciclo básico	25.0 seg.
Correcciones:	
- por el material	0.0
- por el montón	0.0
- posesión en común de cargador y camiones	- 2.4
- operación continua	<u>- 2.4</u>
	20.2 seg.

$$\frac{20.2 \text{ seg.}}{60.0 \text{ seg.}} = 0.34 \text{ min.}$$

Paso 3

$$\text{Ciclos-hora} = \frac{50 \text{ min/hora}}{0.34 \text{ min/ciclo}} = 147 \text{ ciclos/hora}$$

Paso 4

$$\begin{aligned} \text{Producción} &= 2.27 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 147 \text{ ciclos/hora} \\ &= 333.7 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

La elección del cargador apropiado para un determinado trabajo se puede hacer en la forma inversa de la solución del problema anterior; es decir, ustedes conocen sus necesidades de producción y las condiciones de su obra, su problema es, calcular la capacidad del cucharón; y con esto efectuarán la primera parte de la elección.

Cargador vs. Pala mecánica

Si recordamos la evolución habida en los trabajos de movimiento de roca y analizamos los cambios que ha habido en los últimos años, tanto en la maquinaria como en la utilización de la misma, notamos que la más significativa tendencia es que cada día más y más cargadores reemplazan a las palas mecánicas en el movimiento de rocas.

Históricamente, las palas, además de funcionar como una herramienta de carga, terminaban el trabajo que la barrenación y voladura habían iniciado. Sin embargo, con los avances tecnológicos en barrenación y explosivos, muchas de las necesidades que existían han sido eliminadas; y la utilización de cargadores en los bancos de roca se ha multiplicado rápidamente.

Es decir, las desventajas de las palas (alta inversión, poca movilidad, altos costos de transportación, etc.) aunadas a los avances tecnológicos

en explotación de bancos de roca, han provocado la declinación de su uso. Pero esto no es todo; el desenvolvimiento de este nuevo método de movimiento de rocas lo provocaron dos causas muy poderosas para nosotros: Producción y Costo.

Un cargador de 6 yd³ ha probado que puede, por lo menos, igualar la productividad de palas de más de 5 yd³ de capacidad; y que además puede cargar material a un costo comparable al de palas de 4 y hasta 5 yd³ de capacidad. Veamos un ejemplo comparativo entre un cargador de 10 yd³ y una pala de 6 yd³, en la carga de roca caliza de una cantera, a camiones.

<u>Concepto</u>	<u>Cargador</u>	<u>Pala</u>
Tiempo de carga	0.08	0.08
giro	0.14	0.09
descarga	0.05	0.04
regreso	<u>0.13</u>	<u>0.13</u>
ciclo	0.40	0.34
arreglo de piso	0.10	0.18
espera	<u>0.20</u>	<u>0.20</u>
ciclo total	0.70	0.72
ciclos por hora	85.7	83.3
producción por hora	523.3	305.6
diferencia	71 %	
costo horario	\$ 2,160.00	\$1,452.90
costo por m ³	4.13	4.75
diferencia	15 %	

Además, el cargador ofrece otras ventajas sobre la pala:

Movilidad. - Un cargador puede moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad; y antes que el polvo de la explosión se disipe el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega de material.

Podemos mover también el cargador hacia el taller para hacerle mantenimiento y reparaciones. Compáren esto con el tener que llevar herramienta y equipo para reparar una pala.

Versatilidad. - El cargador puede mover rápidamente de un lugar a otro el material que se requiera. Es decir, puede realizar la operación de carga y acarreo de roca, en ciertas condiciones, que más adelante discutiremos con detalle.

Sin embargo, los cargadores no están exentos de desventajas.

El problema número uno de los cargadores que trabajan en roca, es el desgaste y rotura de los neumáticos, que ha sido solucionado con el empleo de mallas metálicas y cadenas amortiguadas que protegen la llanta y alargan su vida útil, con el consiguiente abatimiento del costo de operación de la máquina.

Carga y acarreo con cargadores de llantas vs. carga con cargador a camiones volteo

Si un cargador realiza la carga y el acarreo del material del banco hasta la tolva de una planta que lo procesará y elimina el uso de unidades de acarreo tradicionales, se puede obtener, en ocasiones un ahorro de costo considerable.

Este trabajo se puede efectuar con cargadores chicos y grandes, dependiendo de las condiciones del trabajo y requerimientos de producción, con limi

taciones económicas por el costo unitario del material movido.

Es en esta operación donde destacan, sin lugar a dudas, las ventajas del empleo de cargadores de gran capacidad, pues es precisamente su gran producción lo que abate los costos del movimiento de tierras.

Veamos un ejemplo ilustrativo de lo que hasta aquí hemos tratado.

EJEMPLO:

Movamos un volumen de material de un banco a un lugar situado a 200 m. de aquel (condición muy usual en operaciones de trituración). Nuestro problema es elegir el equipo que nos dé un costo más bajo por m^3 de material movido. El volumen a mover es de un material de 3/4" a 6" apilado con tractor en montones de más de 3m. de altura.

El trabajo se puede hacer con:

- 1.- Cargador y camiones propiedad de la empresa
- 2.- Cargador propio y camiones de fleteros locales
- 3.- Cargador de gran producción (propiedad de la empresa), en una operación de carga y acarreo.

Analicemos el costo unitario de cada una de estas tres alternativas:

ALTERNATIVA 1

Operación de carga a camiones

Equipo propio:

1 cargador sobre llantas de $2\ 1/2\ yd^3$ (1.91 m^3)

2 camiones de 6.0 m^3

Costo horario cargador: \$ 616.75

Costo horario camión: 242.35

Cálculo de la producción:

Factor de carga:	0.90
Volumen por ciclo:	$1.91 \text{ m}^3 \times 0.90$
	$1.72 \text{ m}^3/\text{ciclo}$

Tiempo del ciclo (ciclo básico) 25.0 seg. = 0.42 min. Para cargar un camión de 6.0 m^3 son necesarios 4 ciclos de operación del cargador; es decir, son necesarios $0.42 \text{ min} \times 4 = 1.68 \text{ min.}$ para cargar 6.0 m^3 .

$$\frac{6.0 \text{ m}^3}{1.72 \text{ m}^3} = 3.49 \text{ ciclos}$$

En una hora de 50.0 min., tenemos una producción de 179 m^3 .

1.68 min	-	6.0 m^3
<u>50.0 min</u>	-	<u>X</u>

Cálculo del costo unitario:

$$X = 179 \text{ m}^3$$

Costo horario del equipo:

\$ 1,101.45

Costo unitario =

$\frac{1,101.45/\text{hora}}{179 \text{ m}^3/\text{hora}}$
\$ 6.15/ m^3

ALTERNATIVA 2Operación de carga a camiones

Camiones de fleteros locales

Equipo: 1 cargador sobre llantas de $2 \frac{1}{2} \text{ yd}^3 (1.91 \text{ m}^3)$

2 camiones de 6.0 m^3 de fleteros

Costo horario del cargador

\$ 616.75

Tarifa local de fletes:

8.00 - 400

Cálculo de la producción

En este caso, la producción es la misma que en alternativa 1

Producción = 179 m³/hora

Cálculo del costo unitario

Costo horario del cargador:		\$ 616.75
Costo unitario de carga	=	$\frac{616.75/\text{hora}}{179.00 \text{ m}^3/\text{hora}}$
		\$ 3.44/m ³
Costo unitario de acarreo	=	8.00/m ³
(1er. km. tarifa de fletes)		
Costo unitario	+	11.44/m ³

ALTERNATIVA 3

Operación de carga y acarreo

Equipo: Cargador sobre llantas de 10 yd³ (7.64 m³)

Costo horario \$2,160.00

Cálculo de la producción:

Factor de carga		0.90
Volumen por ciclo		7.64 x 0.90
		6.88
Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg)		0.42 min
Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso)		0.26 min
Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance)		0.28 min
Tiempo total del ciclo		<hr/> 0.96 min
Ciclos por hora	=	$\frac{50.0 \text{ min/hora}}{0.96 \text{ min/ciclo}}$
	=	52.1

Producción = 52.1 ciclos/hora $6.88 \text{ m}^3/\text{ciclo}$
 = 358 m^3/hora

Cálculo del costo unitario

Costo unitario = $\frac{\$ 2,160.00/\text{hora}}{358 \text{ m}^3/\text{hora}}$
 = $6.03/\text{m}^3$

RESUMEN

Alternativa	Costo unitario.
1	\$ 6.15/ m^3
2	11.44/ m^3
3	6.03/ m^3

Es decir, la alternativa 3 es la que nos dá un costo más bajo por m^3 de material. Hasta aquí, la elección a nivel de obra queda hecha; falta analizar, a nivel gerencia, la aceptabilidad de esta decisión, pues podría suceder que la empresa tuviera disponible un cargador de $2\frac{1}{4} \text{ yd}^3$ al que podría dársele utilización en esta obra; o si no, revisar si la inversión de la compra de un cargador de 10 yd^3 podría amortizarse en ésta u otras obras donde pudiera seguir utilizando esta máquina.

En fin, son éstos y muchos otros los factores que afectan la elección de un cargador para efectuar un determinado trabajo. Los principios básicos para el cálculo de la producción de este equipo y para el cálculo del costo unitario de movimiento de materiales con él, los hemos revisado en esta ocasión; y han oído las razones del uso de cargadores de gran producción en el movimiento de tierra y roca, y la forma cómo se utilizan en operaciones de carga y acarreo. Estos eran los objetivos de esta conferencia.

Analícemos el siguiente problema:

Una empresa adquirió una planta de trituración para procesar fuertes volúmenes de material en tiempos relativamente cortos. La gerencia decidió ya, - que un cargador sobre llantas es el equipo adecuado para alimentar del banco a la planta la roca que se triturará. Se requiere decidir en la obra, el cargador de capacidad adecuada y elegir entre dos disponibles.

Cargador 1

Capacidad	10 yd ³
Costo horario	\$2,160.00

Cargador 2

Capacidad	6 yd ³
Costo horario	\$1,992.13

Trituradora

Producción:	140 m ³ /hora
Costo horario	\$4,703.35

Operación

- carga y acarreo de roca bien fragmentada
- costo aproximado de un cambio de instalación de la planta trituradora dentro del banco: \$ 350,000.00
- Producción requerida en cada banco 200,000.00 m³
- Frente del banco 80.0 m. de ancho
- 12.5 m. de altura

Solución:

Dado que el costo horario de la trituradora es de \$4,703.35 es el equipo que debe operar en todo tiempo al 100% de eficiencia.

Cálculo de la máxima distancia de acarreo para cada cargador, para una -

producción de $140 \text{ m}^3/\text{hora}$. Consideramos un 83% de eficiencia de la operación, es decir, horas de 50.0 minutos.

Cargador 1

Factor de carga:	0.80
Volumen por ciclo	$0.80 \times 7.65 \text{ m}^3$
	6.12 m^3

Ciclos por hora necesarios para producir

$140 \text{ m}^3/\text{hora}$

$$C = \frac{140 \text{ m}^3/\text{hora}}{6.12 \text{ m}^3/\text{ciclo}}$$

$$C = 22.9 \text{ ciclos/hora}$$

Tiempo del ciclo total

$$T = \frac{50.00 \text{ min/hora}}{22.9 \text{ ciclos/hora}}$$

$$T = 2.18 \text{ min/ciclo}$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo del ciclo de acarreo y retornos

$$T = 2.18 - 0.42 = 1.76 \text{ min.}$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 10 yd^3 , tenemos que a 255 m. de acarreo, los tiempos del ciclo de acarreo y retorno son:

Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso)	0.85 min
Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance)	0.91 min
	<hr/>
SUMA:	1.76 min

Es decir, el cargador de 10 yd^3 puede acarrear a 255 m., $140 \text{ m}^3/\text{hora}$ de

roca bien fragmentada.

$$\begin{aligned}\text{Costo unitario} &= \frac{\$ 2,160.00/\text{hora}}{140 \text{ m}^3/\text{hora}} \\ &= \$ 15.43/\text{m}^3\end{aligned}$$

Sin necesidad de hacer cambios de instalación de la planta trituradora dentro del banco.

Cargador 2

$$\begin{aligned}\text{Factor de carga} &: 0.80 \\ \text{Volumen por ciclo} &: 0.80 \times 4.58 \text{ m}^3 \\ &: 3.66 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Ciclos por hora necesarios para producir

140 m³/hora

$$C = \frac{140. \text{ m}^3/\text{hora}}{3.66 \text{ m}^3/\text{ciclo}}$$

$$C = 38.2 \text{ ciclos/hora}$$

Tiempo de ciclo total

$$T = \frac{50.0 \text{ min/hora}}{38.2 \text{ ciclos/hora}}$$

$$T = 1.31 \text{ min/ciclo}$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo de ciclo de acarreo y retorno

$$T = 1.31 - 0.42 = 0.89 \text{ min}$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 6 yd³, para un tiempo de ciclo de acarreo y retorno de 0.89 min., tenemos que la distancia de acarreo es de 105 m. (2a. velocidad en avance y 2a. velocidad en retroceso).

Es decir, si instalamos la planta a 30 m. de distancia del frente inicial -- (para protegerla de las voladuras), cada 75 m. debemos hacer un cambio de la planta dentro del banco.

Dadas las características del banco (80m. de ancho x 12.5 de altura) cada metro de avance en el banco produce $1,000 \text{ m}^3$ de roca.

Así, son necesarios 2 cambios de instalación dentro del banco para producir los $200,000 \text{ m}^3$ requeridos.

Costo unitario por carga	=	$\frac{\$ 1,992.13}{140 \text{ m}^3/\text{hora}}$
--------------------------	---	---

	=	$\$ 14.23/\text{m}^3$
--	---	-----------------------

Costo unitario por cambio de instalación dentro del banco		
---	--	--

		$\frac{2 \text{ cambios} \times 350,000 \text{ m}^3/\text{cambio}}{200,000 \text{ m}^3}$
--	--	--

Costo unitario :	=	$\$ 3.50/\text{m}^3$
------------------	---	----------------------

	=	$17.73/\text{m}^3$
--	---	--------------------

Esto sin considerar el costo de los tiempos perdidos en los cambios de instalación dentro del banco.

En resumen, la elección del cargador de 10 yd^3 es la que proporciona una operación más económica.

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>CARGADOR</u>	Hoja No: _____
	Modelo: <u>TEREX 72-81</u>	Calculó: <u>C A M</u>
	Datos Adic: <u>10 yd³</u>	Revisó: <u>C CH M</u>
OBRA: _____		Fecha: <u>17-1-80</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	<u>\$10'238,717.52</u>	Fecha cotización:	<u>10-1-80</u>
Equipo adicional - 4 llantas <u>33.25 x 33-26</u>	<u>616,509.28</u>	Vida económica (Ve):	_____ años
Valor inicial (Va):	<u>9'617,208.24</u>	Horas por año (Ha):	<u>2000</u> hr/año
Valor rescate (Vr): <u>20</u> % =	<u>\$1'923,441.65</u>	Motores Diesel de	<u>434</u> HP.
Tasa interés (i): <u>18</u> %		Factor operación:	<u>0.75</u>
Prima seguros (s): <u>2</u> %		Potencia operación:	<u>325.5</u> HP. op.
		Coefficiente almacenaje (K):	<u>0.01</u>
		Factor mantenimiento (Q):	<u>0.90</u>

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{9'617,208.24 - 1'923,441.65}{12\ 000} =$	<u>\$641.15</u>
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} \cdot i = \frac{9'617,208.24 + 1'923,441.65}{2 \times 2000} \cdot 0.18 =$	<u>519.33</u>
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} \cdot s = \frac{9'617,208.24 + 1'923,441.65}{2 \times 2000} \cdot 0.02 =$	<u>57.70</u>
d) Almacenaje:	$A = KD = 0.01 \times 641.15 =$	<u>6.41</u>
e) Mantenimiento:	$M = QD = 0.9 \times 641.15 =$	<u>577.04</u>

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 1 801.63

CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times \frac{325.5}{100} \text{ HP. op.} \times \$ \frac{1.00}{\text{lt.}} = \$ 65.10$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \frac{\quad}{\quad} \text{ HP. op.} \times \$ \frac{\quad}{\text{lt.}} =$

b) Otras fuentes de energía: $\quad =$

c) Lubricantes: $L = a P_e$
 Capacidad carter: $C = \frac{32.2}{100} \text{ litros}$
 Cambios aceite: $t = \frac{\quad}{\quad} \text{ horas}$
 $a = \frac{C}{t} + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{325.5}{100} \text{ HP. op.} = \frac{1.46}{\quad} \text{ lt/hr.}$
 $L = \frac{1.46}{\quad} \text{ lt/hr} \times \$ \frac{14}{\text{lt.}} = 20.44$

d) Llantas: $Ll = \frac{VII \text{ (valor llantas)}}{Hv \text{ (vida económica)}}$
 Vida económica: $Hv = \frac{2800}{618,509.28} \text{ horas}$
 $Ll = \frac{\quad}{2800} \text{ horas} = \underline{\underline{220.18}}$

Suma Consumos por Hora \$ 305.72

OPERACION.

Salario base: \$

Salario real -
operador:

 :
 :

Sal/turno-prom: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times \frac{0.83}{\quad} \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6.64} \text{ horas}$$

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{349.60}{6.64} \text{ horas} = \$ \underline{\underline{52.65}}$$

Suma Operación por Hora \$ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) \$ 2,160.00

CONSTRUCTORA

Máquina: CARGADOR

Hoja No: _____

Modelo: Michigan 75-111-ACalculó: C A MDatos Adic: 25 yd³Revisó: C CH M

OBRA: _____

Fecha: 17-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$2'264,745.60Fecha cotización: 10-1-80

Equipo adicional -

Vida económica (Ve): 5 añosLlantas 20.5x25-12103,611.84Horas por año (Ha): 2000 hr/añoMotores Diesel de 174 HP.Valor inicial (Va): 2'161,133.76Factor operación: 0.75Valor rescate (Vr): 10% = \$216,113.38Potencia operación: 130.5 HP. op.Tasa interés (i): 18%Coeficiente almacenaje (K): 0.01Prima seguros (s): 2%Factor mantenimiento (Q): 0.90

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación: } D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{2'161,133.76 - 216,113.38}{5} = \$ 194.50$$

$$b) \text{ Inversión: } I = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}} i = \frac{2'161,133.76 + 216,113.38}{2 \times 2000} \cdot 0.18 = 106.98$$

$$c) \text{ Seguros: } S = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}} s = \frac{2'161,133.76 + 216,113.38}{2 \times 2000} \cdot 0.02 = 11.89$$

$$d) \text{ Almacenaje: } A = KD = 0.01 \times 194.50 = 1.94$$

$$e) \text{ Mantenimiento: } M = QD = 0.90 \times 194.50 = 175.05$$

Suma Cargos Fijos por Hora

\$ 490.36

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>CAMION</u>	Hoja No: _____
	Modelo: <u>FORD</u>	Calculó: <u>C A M</u>
	Datos Adic: <u>6 m³</u>	Revisó: <u>C C H M</u>
OBRA: _____		Fecha: <u>14-1-80</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	\$ <u>436,430.45</u>	Fecha cotización:	<u>10-1-80</u>
Equipo adicional - 6 llantas	<u>23,363.94</u>	Vida económica (Ve):	<u>5</u> años
1000x20-12 c/cámara		Horas por año (Ha):	<u>2 000</u> hr/año
Valor inicial (Va):	<u>413,056.51</u>	Motores Gasolinea de	<u>160</u> HP.
Valor rescate (Vr):	<u>0 % = \$</u>	Factor operación:	<u>0.75</u>
Tasa interés (i):	<u>18 %</u>	Potencia operación:	<u>120</u> HP. op.
Prima seguros (s):	<u>2 %</u>	Coefficiente almacenaje (K):	<u>0.01</u>
		Factor mantenimiento (Q):	<u>0.80</u>

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación : } D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{413,056.51 - 0}{10,000} = \$ 41.30$$

$$b) \text{ Inversión : } I = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}} i = \frac{413,056.51 + 0}{2 \times 2000} \times 0.18 = 18.58$$

$$c) \text{ Seguros : } S = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}} s = \frac{413,056.51 + 0}{2 \times 2000} \times 0.02 = 2.06$$

$$d) \text{ Almacenaje : } A = K D = \frac{0.01 \times 41.30}{1} = 0.41$$

$$e) \text{ Mantenimiento : } M = Q D = \frac{0.8 \times 41.30}{1} = 33.04$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 95.39

CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times \underline{\hspace{2cm}} \text{ HP. op. } \times \$ \underline{\hspace{2cm}} / \text{lt.} = \$$

Gasolina: $E = 0.24 \times \underline{120} \text{ HP. op. } \times \$ \underline{2.80} / \text{lt.} = \$ 80.64$

b) Otras fuentes de energía: $\underline{\hspace{2cm}} =$ c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = \frac{6.6}{\hspace{1cm}} \text{ litros}$

Cambios aceite: $t = \frac{100}{\hspace{1cm}} \text{ horas}$

$$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times \underline{120} \text{ HP. op.} = \frac{0.48}{\hspace{1cm}} \text{ lt/hr.}$$

$$L = \frac{0.48}{\hspace{1cm}} \text{ lt/hr} \times \$ \underline{14} / \text{lt.} = 6.72$$

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll \text{ (valor llantas)}}{Hv \text{ (vida económica)}}$

Vida económica: $Hv = \frac{1,600}{\hspace{1cm}} \text{ horas}$

$$Ll = \frac{23,363.94}{1,600 \text{ horas}} = \underline{\underline{14.60}}$$

Suma Consumos por Hora

\$ 101.96

OPERACION.

Salario base: \$ Salario real -
operador: : :

Sal/turno-prom: \$ 298.77

Horas/turno-prom.: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times \underline{0.83} \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6.64} \text{ horas}$$

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{298.77}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{\underline{45.00}}$$

Suma Operación por Hora

\$ 45.00

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

\$ 242.35

Problema

Se requiere cargar 1 000,000 m³ de roca para la construcción de una cortina. El material es producto dinamitado bien fragmentado en pilas mayores de 3 m. hechas por un tractor y se cargarán a camiones de 35 ton. de capacidad.

Equipo disponible:

Cargador 6 yd³ cat 988 costo - horario \$ 1,992.13

Cargador 10 yd³ Terex 72-81 costo-horario \$ 2,160.00

Tractor D8K Cat costo-horario \$ 1,104.86

Tiempo de realización 15 meses

Solución:

Tiempo disponible $25 \times 15 \times 3 \times 8 = 9\,000$ horas

Producción requerida $\frac{1\,000,000}{9,000} = 111 \text{ m}^3/\text{hora}$

Cargador 10 yd³ (7.64 m³)

Factor de carga 0.75

Volumen por ciclo $0.75 (7.64) = 5.73 \text{ m}^3$

Tiempo del ciclo básico = 25 seg

Tiempo por material = + 2.4 seg

Tiempo por apilado = - 2.4 seg

Poseción del equipo = 0 seg

ciclo = 25 seg = 0.42 min.

$$\text{Número de ciclos por hora} = \frac{50 \text{ min}}{0.42 \text{ min}} = 119 \text{ ciclos/hora}$$

$$\text{Producción teórica} = 119 \times 5.73 = 682 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Producción real} = 143.2 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Factor utilización} = 21\%$$

$$\text{Costo} = \frac{2,160.00}{143.2} = 15.08/\text{m}^3$$

$$\text{Cargador } 6 \text{ yd}^3 (4.58 \text{ m}^3)$$

$$\text{Factor de carga} = 0.75$$

$$\text{Volumen por ciclo} = 0.75 (4.58) = 3.44 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo del ciclo} = 0.42 \text{ min.}$$

$$\text{Número de ciclos por hora} = \frac{50}{0.42} = 119 \text{ ciclos/hora}$$

$$\text{Producción teórica} = 119 \times 3.44 = 409 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Producción real} = 112.5 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Factor utilización} = 27\%$$

$$\text{costo} = \frac{1,992.13}{112.5} = \$ 17.70/\text{m}^3$$

CONSTRUCTORA

Máquina: CARGADOR

Hoja No: _____

Modelo: 988 BCálculo: CAMDatos Adic: 6 yd³Revisó: C. CH. M.

OBRA: _____

Fecha: 17-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$9 508,186.6Fecha cotización: 10-1-80

Equipo adicional -

512 442.74

Vida económica (Ve): _____ años

Horas por año (Ha): 2000 hr/añoMotores Diesel de 375 HP.Valor inicial (Va): 8'995,743.90Factor operación: 70Valor rescate (Vr): 20% = \$1'799,148.80Potencia operación: 262.5 HP. op.Tasa interés (i): 18%Coeficiente almacenaje (K): 0.01Prima seguros (s): 2%Factor mantenimiento (Q): 0.90

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación : } D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{8'995,743.90 - 1'799,148.80}{12'000} = 599.72$$

$$b) \text{ Inversión : } I = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}} i = \frac{8'995,743.90 + 1'799,148.80}{2 \times 2000} \cdot 0.18 = 485.77$$

$$c) \text{ Seguros : } S = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}} s = \frac{8'995,743.90 + 1'799,148.80}{2 \times 2000} \cdot 0.02 = 53.57$$

$$d) \text{ Almacenaje : } A = KD = \frac{0.01 \times 599.72}{1} = 6.00$$

$$e) \text{ Mantenimiento : } M = QD = \frac{0.90 \times 599.72}{1} = 539.75$$

Suma Cargos Fijos por Hora

\$ 1 685.21

CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

$$\text{Diesel: } E = 0.20 \times \frac{262.5 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00}{\text{lt.}} = \$ 52.50$$

$$\text{Gasolina: } E = 0.24 \times \frac{\text{HP. op.} \times \$ \text{ /lt.}}{\text{lt.}} =$$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$

$$\text{Capacidad carter: } C = \frac{42}{100} \text{ litros}$$

$$\text{Cambios aceite: } t = \text{horas}$$

$$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{262.5 \text{ HP. op.}}{\text{lt/hr.}} = \frac{1.34}{\text{lt/hr.}}$$

$$L = \frac{1.34}{\text{lt/hr.}} \times \$ \frac{14}{\text{lt.}} = 18.76$$

d) Llantas: $Ll = \frac{Vl}{Hv}$ (valor llantas)
(vida económica)

$$\text{Vida económica: } Hv = \frac{2800}{512.442.74} \text{ horas}$$

$$Ll = \frac{2800}{\text{horas}}$$

$$= \underline{\underline{183.01}}$$

Suma Consumos por Hora

\$ 254.27

OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -
operador: _____

_____:

_____:

Sal/turno-prom.: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6.64} \text{ horas}$$

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{349.60}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{\underline{52.65}}$$

Suma Operación por Hora

\$ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

\$ 1,992.11

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>TRACTOR</u>	Hoja No: <u>1</u>
	Modelo: <u>D-8</u>	Calculó: <u>C A M</u>
	Datos Adic: _____	Revisó: <u>C C H M</u>
OBRA: _____		Fecha: <u>17-1-80</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	<u>\$4'624,070.88</u>	Fecha cotización:	<u>10-1-80</u>
Equipo adicional - cuchillo angulable	<u>477,562.80</u>	Vida económica (Ve):	<u>12</u> años
		Horas por año (Ha):	<u>2000</u> hr/año
		Motores Diesel de	<u>300</u> HP.
Valor inicial (Va):	<u>5'101,633.68</u>	Factor operación:	<u>0.75</u>
Valor rescate (Vr):	<u>20 % = \$1'020,326.74</u>	Potencia operación:	<u>225</u> HP. op
Tasa interés (i):	<u>18 %</u>	Coficiente almacenaje (K):	<u>0.01</u>
Prima seguros (s):	<u>2 %</u>	Factor mantenimiento (Q):	<u>1.0</u>

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación : } D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{5'101,633.68 - 1'020,326.74}{12\,000} = \$ 340.11$$

$$b) \text{ Inversión : } I = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}} i = \frac{5'101,633.68 + 1'020,326.74}{2 \times 2000} \cdot 0.18 = 275.49$$

$$c) \text{ Seguros : } S = \frac{V_a + V_r}{2 \text{ Ha}} s = \frac{5'101,633.68 + 1'020,326.74}{2 \times 2000} \cdot 0.02 = 30.61$$

$$d) \text{ Almacenaje : } A = K D = \frac{0.01 \times 340.11}{1} = 3.40$$

$$e) \text{ Mantenimiento : } M = Q D = \frac{1.0 \times 340.11}{1} = \underline{\underline{340.11}}$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 989.72

CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

$$\text{Diesel: } E = 0.20 \times \frac{225}{100} \text{ HP. op.} \times \$ \frac{1.00}{\text{lt.}} = \$ 45.00$$

$$\text{Gasolina: } E = 0.24 \times \frac{\quad}{\quad} \text{ HP. op.} \times \$ \frac{\quad}{\text{lt.}} =$$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$

$$\text{Capacidad carter: } C = \frac{33.12}{100} \text{ litros}$$

$$\text{Cambios aceite: } t = \frac{100}{\quad} \text{ horas}$$

$$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{225}{100} \text{ HP. op.} = \frac{1.12}{\quad} \text{ lt/hr.}$$

$$L = \frac{1.12}{\quad} \text{ lt/hr} \times \$ \frac{14}{\text{lt.}} = 15.68$$

d) Llantas: $LI = \frac{VII}{Hv}$ (valor llantas)
(vida económica)Vida económica: $Hv = \frac{\quad}{\quad}$ horas

$$LI = \frac{\quad}{\quad} \text{ horas} = \frac{\quad}{\quad}$$

Suma Consumos por Hora

\$ 60.68

OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real = _____

Operador: _____

Costo turno-prom.: \$ 361.67

Costo/turmo-prom.: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = 6.64 \text{ horas}$$

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{361.67}{6.64} \text{ horas} = \$ \underline{\underline{54.46}}$$

Suma Operación por Hora

\$ 54.46

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

\$ 1,104.86





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

PROBLEMA No. 1

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

JUNIO, 1980



PROBLEMA No. 1

ANALISIS DEL EQUIPO MAS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

MOVIMIENTO DE 1 000 000 m³ DE UN BANCO A UN TIRADERO

DATOS:

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO	1600 kg/m ³
ALTITUD S.N.M.	2000 mts
LONGITUD DE ACARREO	704 METROS (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 6 SU RECÍPROCO 0.80

ALTERNATIVAS:

- 1.- MOTOESCREPAS CON TRACTOR COMO EMPUJADOR
- 2.- MOTOESCREPAS PUSH-PULL
- 3.- CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS

COSTOS HORARIOS (VER ANALISIS APARTE)

MOTOESCREPA TEREX TS-14	\$ 1,517.20/HORA
MOTOESCREPA TEREX TS-14 C/PUSH-PULL	\$ 1,617.51/HORA
TRACTOR D-8K	\$ 1,278.52/HORA
CARGADOR 3 1/2 yd ³	\$ 821.05/HORA
TARIFA FLETROS	\$ 8.00/m ³ 1er. KM.
	\$ 4.00/m ³ KM

SUBSECUENTES

LA EMPRESA CUENTA CON 4 MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y UN TRACTOR D-8K, AMORTIZADOS 75% - EN BUENAS CONDICIONES.

ADITAMENTOS PUSH-PULL Y CARGADORES, DEBERAN ADQUIRIRSE.

ALTERNATIVA 1.- MOTOESCREPAS Y TRACTOR EMPUJADOR

MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y TRACTOR CAT D-8K

CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA 15 m³

CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA REFERIDA A BANCO = 15x0.8 = 12 m³

PESO DE LA MAQUINA VACIA 24.1 TON

PESO DE LA MAQUINA CARGADA 24.1+1.600x12= 43.3 TON

COSTO HORA MAQUINA \$ 1,517.20

A.- RESISTENCIA AL RODAMIENTO = 15 Kg/POR CADA TONELADA DE MAQUINA POR CADA 2.5 cm. DE PENETRACION

PENETRACION EN CAMINOS REVESTIDOS = 5 cm.

$$15 \times \frac{5}{2.5} = 30 \text{ KG/TON-M.}$$

AGREGANDO 20 KG/TON M. POR DEFORMACIONES DE LLANTAS, FRICCIONES INTERNAS, ETC. SE TIENE:

RESISTENCIA AL RODAMIENTO = 30 + 20 = 50 KG/TON.M.

B.- RESISTENCIA POR PENDIENTE = 10 KG/TON.M. POR CADA 1%

PARA EL TRAMO EN ESTUDIO : 4% X 10 = 40 KG/TON.M.

C.- RESISTENCIA TOTAL DE IDA:

$$50 - 40 = 10 \text{ KG/TON.M.}$$

D.- RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO

$$50 + 40 = 90 \text{ KG/TON.M.}$$

E.- RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA:

$$\text{MAQUINA CARGADA} = 0.010 \times 43.3 = 0.4 \text{ TON}$$

$$\text{MAQUINA VACIA} = 0.090 \times 24.1 = 2.2 \text{ TON}$$

F.- CORRECCION POR ALTITUD

(1% POR CADA 100 METROS ADICIONALES A 1500 M.S.N.M.)

$$\frac{(200 - 1500)}{100} \times 1\% = 5\%$$

POR TANTO, HABRA QUE MULTIPLICAR LAS RESISTENCIAS TOTALES,
POR 1.05

$$\text{MAQUINA CARGADA} = 0.4 \times 1.05 = 0.4 \text{ TON.}$$

$$\text{MAQUINA VACIA} = 2.2 \times 1.05 = 2.3 \text{ TON.}$$

CON ESTOS DATOS, SE ENTRA A LA GRAFICA PROPORCIONADA POR EL
FABRICANTE, LA CUAL SE ANEXA. - J.

G.- VELOCIDADES:

$$\text{MAQUINA CARGADA} = 23 \text{ MI/H} = 37 \text{ KM/H (6a)}$$

$$\text{MAQUINA VACIA} = 16 \text{ MI/H} = 26 \text{ KM/H (5a)}$$

H.- VELOCIDADES MEDIAS = 0.65 X VELOCIDAD

$$\text{MAQUINA CARGADA} = 25 \text{ KM/H}$$

$$\text{MAQUINA VACIA} = 17 \text{ KM/H}$$

I. - TIEMPOS

$$\text{MAQUINA CARGADA (TIEMPO IDA)} = \frac{0.704 \times 60}{25} = 1.69 \text{ MIN}$$

$$\text{MAQUINA VACIA (TIEMPO REGRESO)} = \frac{0.704 \times 60}{17} = 2.48 \text{ MIN}$$

$$\text{TIEMPO FIJO} = 1.30 \text{ MIN}$$

$$\text{TOTAL} = 5.47 \text{ MIN}$$

J. - PRODUCCION

$$\text{TIEMPO DEL CICLO} = 5.47 \text{ MIN}$$

$$\text{NUMERO DE VIAJES POR HORA} = \frac{60}{5.47} = 10.97 = 11.0$$

$$\text{CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA MATERIAL EN BANCO} = 12 \text{ m}^3$$

$$\text{PRODUCCION} = 11.0 \times 12 = 132 \text{ m}^3/\text{HORA}$$

K. - COSTO

A). - POR CONCEPTO DE MOTOESCREPAS

$$\text{COSTO MOTOESCREPA POR HORA} = \$1,517.20$$

$$\text{COEFICIENTE DE EFICIENCIA} = 0.75$$

$$\text{COSTO} = \frac{1,517.20}{132 \times 0.75} = 15.32$$

B). - POR CONCEPTO DE TRACTOR EMPUJADOR

CONSIDEREMOS 4 ESCREPAS TRABAJANDO:

$$\text{VIAJES POR ESCREPA} = 11.0/\text{HORA}$$

$$\text{PRODUCCION DEL TRACTOR} = 4 \times 11.0 \times 12 = 528 \text{ m}^3/\text{HORA}$$

$$\text{COSTO TRACTOR POR HORA} = 1,278.52/\text{HORA}$$

$$\text{COEFICIENTE DE EFICIENCIA} = 0.75$$

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 1,278.52}{528 \times 0.75} = \frac{1,278.52}{396} = \$ 3.23$$

c). - COSTO TOTAL

COSTO MOTOESCREPA	=	\$ 15.32
COSTO TRACTOR	=	\$ 3.23
		<hr/>
COSTO TOTAL	=	\$ 18.55

ALTERNATIVA 2. MOTOESCREPAS PUSH-PULL

MOTOESCREPAS TEREX TS-14 PUSH-PULL

COSTO HORARIO DE LA MAQUINA = \$1,617.51

DADO QUE LAS CARACTERISTICAS DE LAS MOTOESCREPAS SON IGUALES A LAS CALCULADAS PARA LA ALTERNATIVA (1), SOLO ANALIZAREMOS LA PRODUCCION Y EL COSTO.

A. - PRODUCCION:

TIEMPO TOTAL DE CICLO

TIEMPO FIJO	1.60 MIN.
TIEMPO IDA	1.69 MIN. (VER ALTERNATIVA 1)
TIEMPO REGRESO	2.48 MIN. (VER ALTERNATIVA 1)
	<hr/>
	5.77 MIN.

$$\text{NUMERO DE VIAJES POR HORA} = \frac{60}{5.77} = 10.4$$

CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA CON MATERIAL EN BANCO = 12 m³

$$\text{PRODUCCION} = 10.4 \times 12 = 124.8 \text{ m}^3/\text{HORA}$$

B. - COSTO:

CONSIDERAREMOS UN COEFICIENTE DE EFICIENCIA = 0.75

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 1,617.51}{124.8 \times 0.75} = 17.28$$

ALTERNATIVA 3.- CARGADOR FRONTAL Y CAMIONES ALQUILADOS

CARGADOR FRONTAL MICHIGAN CON CUCHARON DE 3 1/2 YD³

COSTO HORARIO DEL CARGADOR \$ 821.05

TARIFAS DE CAMIONES ALQUILADOS

DE 6 m³ DE CAPACIDAD \$ 8.00 Ter. Km.

A. - PRODUCCION DEL CARGADOR:

$$\text{CAPACIDAD DEL CUCHARON} = 3.5 \text{ YD}^3 \times 0.76 \text{ M}^3/\text{YD}^3 = 2.7 \text{ M}^3$$

$$\text{FACTOR DE LLENADO} = 0.85$$

$$\text{VOLUMEN POR CICLO} = 0.85 \times 2.7 = 2.3 \text{ M}^3/\text{CICLO MATERIAL SUELTO}$$

TIEMPO DEL CICLO BASICO 0.50 MIN.

MATERIAL EN BANCO + 0.04

CAMIONES ALQUILADOS + 0.04

0.58 MIN.

$$\text{CICLOS POR HORA} = \frac{60}{0.58} = 103.4$$

$$\text{PRODUCCION} = 103.4 \times 2.3 \times 0.75 \text{ EFIC.} = 178.4 \text{ M}^3/\text{H MATERIAL SUELTO}$$

B.- COSTO DE LA CARGA:

SE NECESITAN: $\frac{6.0 \text{ M}^3}{2.3} = 2.61 = 3$ CICLOS PARA CARGAR UN CAMION

FACTOR = $\frac{2.3 \times 3}{6.0} = 1.15$

COSTO = $\frac{\$821.05/\text{H}}{178.4 \text{ M}^3/\text{H}} \times 1.15 = \$5.29/\text{M}^3$ MATERIAL SUELTO

COSTO = $5.29 \times 1.25 = \$6.61/\text{M}^3$ MATERIAL DE BANCO

C.- COSTO ACARREO:

1er. KILOMETRO \$8.00

COSTO ACARREO = $\$8.00/\text{M}^3 \times 1.25 = 10.00/\text{M}^3$ MATERIAL EN BANCO

D.- COSTO CARGA MAS ACARREO:

COSTO CARGA	\$ 6.61/M ³
COSTO ACARREO	\$ 10.00/M ³
COSTO TOTAL	<u>\$ 16.61/M³</u>

EN RESUMEN SE TIENE:

ALTERNATIVA 1 (MOTOESCREPAS Y TRACTOR)	\$ 18.55
ALTERNATIVA 2 (MOTOESCREPA PUSH-PULL)	\$ 17.28
ALTERNATIVA 3 (CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS)	\$ 16.61

AHORA ANALICEMOS LAS NECESIDADES DE EQUIPO

ALTERNATIVA 1.- MOTOESCREPAS Y TRACTOR

TIEMPO DE CARGA DE UNA MOTOESCREPA	0.6 MIN
TIEMPO REGRESO DEL TRACTOR Y ACOMODO	0.5 MIN
	<u>1.1 MIN</u>

CICLO DE LAS MOTOESCREPAS = 5.47 MIN

No. DE MOTOESCREPAS NECESARIAS = $\frac{5.47}{1.1} \times 0.75 \text{ EFIC.} = 3.73$

CONSIDERAREMOS 4, QUE SON CON LAS QUE CUENTA LA EMPRESA:

PRODUCCION = $4 \times 132 \text{ M}^3/\text{H} \times 8 \text{ H/TURNO} \times 2 \text{ TURNOS/DIA}$
 $\times 0.75 \text{ EFIC.}$
 $= 6336 \text{ M}^3/\text{DIA}$

TIEMPO DE EJECUCION = $\frac{1\ 000\ 000 \text{ M}^3}{6336 \text{ M}^3/\text{DIA} \times 25 \text{ DIAS/MES}}$ 6.31 MESES

ALTERNATIVA 2.- MOTOESCREPAS PUSH-PULL

DADO QUE YA SE DEFINIO EMPLEAR LAS 4 MOTOESCREPAS CON QUE CUENTA LA EMPRESA, VEAMOS EL TIEMPO DE EJECUCION:

PRODUCCION = $4 \times 124.8 \times 8 \times 2 \times 0.75 = 5990 \text{ M}^3/\text{DIA}$

TIEMPO DE EJECUCION = $\frac{1\ 000\ 000}{5990 \times 25} = 6.68 \text{ MESES}$

ALTERNATIVA 3.- CARGADORES Y CAMIONES ALQUILADOS

1.- CICLO DE UN CAMION:

CARGA $\frac{6 \text{ M}^3}{178.4 \text{ M}^3/\text{H}} = 0.034 = 2.02 \text{ MIN}$

IDA $\frac{0.704 \times 60}{15 \text{ KM/H}} = 2.82 \text{ MIN}$

REGRESO $\frac{0.704 \times 60}{30 \text{ KM/H}} = 1.48 \text{ MIN}$

DESCARGA Y ACOMODOS $\frac{0.50 \text{ MIN}}{6.75 \text{ MIN}}$

NUMERO DE VIAJES POR HORA:

$\frac{60}{6.75} \times 0.75 \text{ EFIC.} = 6.67 \text{ VIAJES}$

PRODUCCION = $6.67 \times 6 \text{ M}^3 = 40.02 \text{ M}^3/\text{HORA}$ MATERIAL SUELTO

No. DE CAMIONES: $\frac{178.4}{40.02} = 4.46 = 5 \text{ CAMIONES}$

ES DECIR, UN CARGADOR PUEDE ALIMENTAR A 5 CAMIONES

FACTOR DE ESPERA = $\frac{5.00}{4.46} = 1.12$

PRODUCCION = $\frac{40.02 \text{ M}^3/\text{HORA} \times 5 \times 16 \text{ HS/DIA}}{1.25 \text{ ABUND.} \times 1.12} = 2286.8 \text{ M}^3/\text{DIA}$

TIEMPO DE EJECUCION = $\frac{1\ 000\ 000}{2286.8 \times 25}$ = 17.5 MESES

PARA ESTAR EN IGUALDAD DE CONDICIONES SERAN NECESARIOS:

$\frac{17.5}{(6.31 + 6.68) / 2}$ = 2.7 CONJUNTOS DE CARGADOR Y 5 CAMIONES

CONSIDERAREMOS 3 CARGADORES Y 15 CAMIONES

RENTABILIDAD DE LA INVERSION:

PRECIO UNITARIO QUE PODRIA DARSE:

COSTO	\$ 16.61/M ³
INDIRECTOS	\$ 4.15/M ³
	<hr/>
	20.76/M ³
UTILIDAD 10%	\$ 2.08/M ³
PRECIO UNITARIO	\$ 22.84/M ³

ALTERNATIVA 1.- MOTOESCREPAS Y TRACTOR

ESTE EQUIPO ES PROPIEDAD DE LA EMPRESA

INVERSION EQUIPO:

- A).- MOTOESCREPAS $\frac{4 \times 5'895,424.08 \times 0.25}{2} = \$2'947,712.04$
- B).- TRACTOR $\frac{1 \times 5'101,634.00 \times 0.25}{2} = \$ 637,704.25$

INVE'

OBRA

$$\frac{0.000}{6.}$$

= \$ 5''

57

U

EE

$$\text{REN TO INVERSION} = \frac{0.}{6.} = 0.0...$$

ALTERNATIVA 2.- MOTOESCREPAS PUSH-PULL

EN ESTE CASO ES NECESARIO ADQUIRIR LOS ADITAMENTOS PUSH-PULL.

INVERSION EQUIPO:

$$\text{A).- MOTOESCREPAS } \frac{4 \times 5'895,424.08 \times 0.25}{2} = \$2'947,712.04$$

$$\text{B).- ADITAMENTOS PUSH-PULL } \frac{4 \times 442,156.72 \times 0.875}{2} = \$1'547,548.52$$

INVERSION EN ESTIMACIONES DE OBRA (1.5 MESES)

$$1.5 \times \frac{1\ 000\ 000 \times 22.84/M^3}{6.68 \text{ MESES}} = \underline{\underline{\$ 5'128,742.51}}$$

$$\text{INVERSION} = \$9'624,003.07$$

$$\text{UTILIDAD ESPERADA} = 22.84 - (17.28 + 4.15) = \$1.41/\text{M}^3$$

$$\text{RENDIMIENTO INVERSION} = \frac{\$ 1.41 \times 1\,000\,000}{9\,624,003.07} = 0.1465$$

ALTERNATIVA 3.- CARGADORES Y CAMIONES ALQUILADOS

EN ESTE CASO ES NECESARIO ADQUIRIR 3 CARGADORES

INVERSION EQUIPO:

$$\text{CARGADORES } 3 \times 3\,038,760.00 \times 0.875 = \$ 7\,976,745.00$$

INVERSION EN ESTIMACIONES (1.5 MESES)

$$1.5 \times \frac{1\,000\,000 \text{ M}^3 \times 22.84}{5.83 \text{ MESES}} = \underline{\underline{\$ 5\,876,500.86}}$$

$$\text{INVERSION } \$13\,853,245.86$$

$$\text{UTILIDAD ESPERADA} = \$2.08/\text{M}^3$$

$$\text{RENDIMIENTO INVERSION} = \frac{2.08 \times 1\,000\,000}{13\,853,245.86} = 0.1505$$

AL PRESENTARLE ESTOS DATOS AL GERENTE, ESTE OBSERVA QUE AUN CUANDO EL CARGADOR ES UNA INVERSION MAS RENTABLE, SE ENFRENTA CON EL PROBLEMA DE QUE AL TERMINAR LA OBRA, TENDRA UNAS MAQUINAS QUE NO SABE SI PODRA USAR.

ANTE ESTO, SE INCLINA POR LA SOLUCION DEL EMPLEO DE MOTOESCREFAS - CON PUSH-PULL.

EL SUPERINTENDENTE TRATA DE PROFUNDIZAR EN EL PROBLEMA Y SE ENCUENTRA QUE CON LOS DATOS HISTORICOS DE LA EMPRESA PUEDE DEFINIR LAS SIGUIENTES PROBABILIDADES:

- 1.- LA PROBABILIDAD DE SEGUIR EMPLEANDO LOS CARGADORES ES DE 40%.
- 2.- EN CASO DE TENER QUE VENDERLOS, DE LOS MISMOS DATOS HISTORICOS DEDUCE QUE:
 - A).- TIENE 40% DE PROBABILIDAD DE VENDER LOS CARGADORES EN 70% DE SU VALOR.
 - B).- TIENE 60% DE PROBABILIDAD DE VENDERLOS EN EL 50% DE SU VALOR.

CON ESTOS DATOS SE PUEDE DEFINIR EL VALOR ESPERADO DE LA VENTA PROBABLE DE LOS CARGADORES, QUE ES DE:

$$0.40 \times 0.70 + 0.60 \times 0.50 = 0.58.$$

LA DEPRECIACION DE LOS CARGADORES DURANTE EL TRABAJO POR EJECUTAR SERIA:

$$\frac{\$ 258.81/H}{178.4M^3/H} \times 1.15 \times 1.25 = \$2.08/M^3.$$

$$\frac{2.08 \times 1\,000\,000}{3 \times 3'038,760.00} = 0.23$$

ENTONCES LA DEPRECIACION ESPERADA SERIA:

$$(1.00 - 0.58) \times 0.60 + 0.23 \times 0.4 = 0.34$$

LA DEPRECIACION ESPERADA QUE DEBERA CARGARLE SERIA DE:

$$3 \times 3'038,760.00 \times 0.34 = 3'099,535.20$$

AHORA BIEN, LA DEPRECIACION QUE SE TIENE CONSIDERADA ES DE:

$$2.08 \times 1\,000\,000 = 2\,080,000.00$$

POR LO TANTO, EL COSTO POR ESTE CONCEPTO SE INCREMENTARA EN:

$$\frac{3\,099,535.20 - 2\,080,000.00}{1\,000\,000} = \$1.01/M^3$$

POR LO CUAL, EL COSTO DE UTILIZAR LOS CARGADORES Y CAMIONES ALQUILADOS SERIA DE:

$$\$ 16.61 + 1.01 = 17.62/M^3$$

COMO PUEDE APRECIARSE, ESTE ULTIMO COSTO ES SUPERIOR AL DE \$17.28/M³ DE LAS MOTOESCREPAS CON PUSH-PULL Y POR LO TANTO LA DECISION QUE TOMO EL GERENTE ES CORRECTA.

EL SUPERINTENDENTE QUERIENDO IR MAS A FONDO SE PLANTEA LA NECESIDAD DE ESTUDIAR UNA CUARTA ALTERNATIVA QUE SERIA LA DE EJECUTAR EL TRABAJO, CON CARGADORES Y CAMIONES PROPIOS, ADQUIRIENDO PARA ELLO EL EQUIPO NECESARIO.

ALTERNATIVA 4.- CARGADOR FRONTAL Y CAMIONES DE VOLTEO PROPIOS.

CARGADOR FRONTAL MICHIGAN CON CUCHARON DE 3 1/2 YD³

CAMIONES FORD F-600 DE 6 M³

COSTO HORARIO DEL CARGADOR \$ 821.05

COSTO HORARIO DEL CAMION \$ 230.74

1.- PRODUCCION DEL CARGADOR

$$\text{CAPACIDAD DEL CUCHARON} = 3.5 \text{ YD}^3 \times 0.76 \text{ M}^3/\text{YD}^3 = 2.7 \text{ M}^3$$

$$\text{FACTOR DE LLENADO} = 0.85$$

$$\text{VOLUMEN POR CICLO} = 0.85 \times 2.7 = 2.30 \text{ M}^3 \text{ MAT. SUELTO}$$

TIEMPO DEL CICLO BASICO = 0.5 MIN
 MATERIAL EN BANCO = 0.04 MIN

POSESION COMUN DE CARGADOR Y

CAMIONES = -0.04 MIN

TOTAL = 0.50 MIN

CICLOS POR HORA: $\frac{60 \text{ MIN./HORA}}{0.50 \text{ MIN/CICLO}} = 120 \text{ CICLOS/HORA}$

PRODUCCION = $2.30 \text{ M}^3/\text{CICLO} \times 120 \text{ CICLOS/HORA} \times 0.75 \text{ EFIC.}$
 $= 207 \text{ M}^3/\text{HORA DE MATERIAL SUELTO}$

2.- COSTO DE LA CARGA A CAMIONES SERIA:

COSTO = $\frac{\$ 821.05/\text{HORA}}{207 \text{ M}^3/\text{HORA}} \times 1.25 \text{ ABUND.} = 4.96/\text{M}^3$

3.- ACARREO CON CAMIONES DE 6 M^3

VELOCIDAD CARGADO 15 KM/H

VELOCIDAD DE VACIO 25 KM/H

TIEMPO DE IDA = $\frac{704 \times 60}{15000} = 2.82 \text{ MIN}$

TIEMPO DE REGRESO = $\frac{704 \times 60}{25000} = 1.69 \text{ MIN}$

TOTAL = 4.51 MIN

PARA CARGAR UN CAMION DE 6 M^3 , SON NECESARIOS 3 CICLOS DEL CARGADOR:

$$\frac{6}{2,30} = 2,6 \approx 3$$

TIEMPO DEL CICLO = 0.50 MIN.

TIEMPO DE CARGA DE UN CAMION DE $6 \text{ M}^3 = 0.50 \times 3 = 1.5 \text{ MIN.}$

TIEMPO DEL CICLO DEL CAMION:

TIEMPO DE CARGA 1,50 MIN.

TIEMPO DE ACARREO 4,51 MIN.

TIEMPO DE DESCARGA 0,50 MIN.

TOTAL 6,51 MIN.

NUMERO DE VIAJES POR HORA:

$$\frac{60 \text{ MIN./HORA} \times 0,75 \text{ EFIC.}}{6,51} = 6,91 \text{ VIAJES}$$

PRODUCCION DEL CAMION: $6,91 \times 6 \text{ M}^3 = 41,46 \text{ M}^3/\text{HORA MAT. SUELTO}$

$$\text{COSTO POR } \text{M}^3 = \frac{230,74}{41,46} \times 1,25 \text{ ABUND.} = 6,96/\text{M}^3$$

4.- NUMERO DE CAMIONES NECESARIOS:

PRODUCCION DEL CARGADOR = $207 \text{ M}^3/\text{HORA DE MATERIAL SUELTO}$

$$\frac{207}{41,46} = 4,99 \approx 5 \text{ CAMIONES}$$

$$\text{FACTOR DE ESPERA} = \frac{5}{4,99} = 1,00$$

$$\text{COSTO DE ACARREO} = \$ 6,96 \times 1,00 = \$ 6,96$$

5.- CORRECCION DEL COSTO DE CARGA:

SON NECESARIOS 3 CICLOS DE CARGADOR PARA CARGAR UN CAMION DE 6 M³.

$$3 \times 2.3 \text{ M}^3/\text{CICLO} = 6.9$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} = \frac{6.9}{6.9} = 1.15$$

$$\text{COSTO REAL DE CARGA} = \$ 4.96 \times 1.15 = \$ 5.70/\text{M}^3$$

6.- COSTO TOTAL CARGA Y ACARREO.

A).- COSTO CARGA 5.70/M³

B).- COSTO ACARREO 6.96/M³

COSTO TOTAL \$12.66/M³

EL TIEMPO DE EJECUCION DEL TRABAJO SERIA:

$$\frac{41.46 \text{ M}^3/\text{HORA} \times 5 \text{ CAMIONES} \times 16 \text{ HS/DIA}}{1.25 \times 1.00} = 2653 \text{ M}^3/\text{DIA}$$

$$\frac{1\ 000\ 000}{2653 \times 25} = 15.08 \text{ MESES}$$

SERAN NECESARIOS 2 CARGADORES Y 10 CAMIONES PARA EJECUTAR EL TRABAJO EN 7.54 MESES.

LA RENTABILIDAD DE LA INVERSION SERA DE:

INVERSION EQUIPO:

- A) CARGADORES 2 X 3'038,760.00 X 0.875 = \$ 5'317,830.00
 B) CAMIONES 10 X 436,420.45 X 0.875 = \$ 3'818,678.94

INVERSION ESTIMACIONES DE OBRA (1.5 MESES)

$$1.5 \times \frac{1\,000\,000\text{ M}^3 \times 22.84}{7.54} = \$ 3'029,177.72$$

$$\underline{\hspace{10em}} \\ \$12'165,686.66$$

UTILIDAD ESPERADA = 22.84 - (12.66 + 4.15) = \$6.03/M³

REDITO DE INVERSION = $\frac{6.03 \times 1\,000\,000}{12'165,686.66} = 0.4956$

SIN EMBARGO, HAY QUE CONSIDERAR, COMO EN EL CASO DE LOS CARGADORES, QUE LA DEPRECIACION ESPERADA SERA SUPERIOR A LA DEPRECIACION LINEAL.

LA DEPRECIACION DEL CARGADOR SERA:

$\frac{258.81}{207} \text{ /H} \times 1.25 \times 1.15 = \$ 1.80/\text{M}^3$

$\frac{1.80 \times 1\,000\,000}{2 \times 3'038,760.00} = 0.30$

TENIENDO EN CUENTA LAS PROBABILIDADES MENCIONADAS ANTERIORMENTE, SE TIENE QUE LA DEPRECIACION ESPERADA DEBERA SER:

$(1.00 - 0.58) 0.60 + 0.30 \times 0.4 = 0.372$

LA DEPRECIACION QUE DEBERA CARGARSE DEBERA SER DE:

$$0.372 \times 2 \times 3'038,760 = 2'260,837.44$$

POR LO TANTO EL COSTO DE CARGA DEBERA INCREMENTARSE EN:

$$\frac{2'260,837.44 - 1'800,000.00}{1\ 000\ 000} = \$ 0.46/M^3$$

LA DEPRECIACION DE LOS CAMIONES SERA:

$$\frac{\$37.17/H \times 1.25 \times 1.00}{41.46} = \$ 1.12/M^3$$

$$\frac{1.12 \times 1\ 000\ 000}{10 \times 436,420.45} = 0.26$$

CONSIDERANDO LAS MISMAS PROBABILIDADES DE LOS CARGADORES:

$$(1.00 - 0.58) \times 0.60 + 0.26 \times 0.4 = 0.356$$

LA DEPRECIACION QUE DEBERA CARGARSE DEBERA SER DE:

$$0.356 \times 10 \times 436,420.45 = 1'553,656.80$$

POR LO TANTO EL COSTO DE ACARREO DEBERA INCREMENTARSE EN:

$$\frac{1'553.656.80 - 1'120,000.00}{1\ 000\ 000} = \$ 0.43/M^3$$

EL COSTO REAL DE LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS CON CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS SERA DE:

$$12.66 + 0.46 + 0.43 = \$ 13.55/M^3$$

CON LO CUAL EL RENDIMIENTO DE LA INVERSION SERA:

$$22.84 - (13.55 + 4.15) = \$ 5.14/M^3 = (\text{utilidad esperada})$$

$$= \frac{5.14 \times 1\,000\,000}{12'165,686.66} = 0.4225$$

SI TENGO EL CRITERIO DE FIJAR SIMPLEMENTE LA UTILIDAD COMO UN PORCENTAJE DEL COSTO DIRECTO TENDRIA LA POSIBILIDAD DE DAR COMO P.U. EN UN CONCURSO.

$$(13.55 + 4.15) \cdot 1.10 = 19.47$$

LA RENTABILIDAD SERIA

$$\frac{1.77 \times 1\,000\,000}{12'165,686.66} = 0.1455$$

ES PUES CONVENIENTE ANALIZAR SIEMPRE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSION Y OTRO CRITERIO PARECIDO EN LUGAR DE CONSIDERAR LA UTILIDAD COMO UN SIMPLE PORCENTAJE DE LOS COSTOS.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: TERRACERIAS Y EXCAVACIONES

REEMPLAZO DE EQUIPO

ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ

JUNIO, 1980



REEMPLAZO ECONOMICO DE EQUIPO

1.- INTRODUCCION

La reposición o reemplazo de maquinaria en el momento económicamente oportuno, es uno de los problemas con que invariablemente se enfrentan las dependencias oficiales y empresas privadas poseedoras de equipo.

A pesar de la magnitud de las inversiones que se manejan en este renglón, y de la importancia que tiene una buena decisión en el contexto general de las empresas, frecuentemente se decide sobre el reemplazo de equipo sin haber analizado previamente y a fondo, la naturaleza del problema.

El propósito fundamental de estas notas, es el de describir los métodos empleados en el análisis de los problemas comunes del reemplazo de equipo, señalando los alcances y limitaciones de cada uno de ellos.

2.- ELEMENTOS PARA OPERAR UN SISTEMA DE INFORMACION DE COSTOS

2.1.- Estandarización de la información

Los datos necesarios para integrar un banco completo de información procederán casi en su totalidad de la obra o conjunto de obras que la empresa esté desarrollando, por lo cual es conveniente que las personas encargadas de formularlos, cuenten con formatos homogéneos donde se haya definido cada costo o elemento para su análisis, lo más claramente posible.

Esta práctica, independientemente de que se enfoque al problema que nos ocupa, redundará en análisis de costos muy provechosos, que por sí solos justificarán el esfuerzo de estandarizar criterios; lo contrario, nos llevará a distorsionar los resultados y

a decisiones incorrectas.

Obviamente, la estandarización de la información será más fácil cuanto mayor sea la estandarización del equipo, lo cual a su vez repercutirá en un incremento de la producción y en una disminución de tiempos perdidos, se tendrán ventajas tales como: mayor conocimiento del equipo por operadores y personal-mecánico, mejoramiento de las técnicas de mantenimiento predictivo y preventivo y certeza de contar con refacciones y -- conjuntos disponibles.

No debe entenderse por estandarización el trabajar con una sola marca, sino utilizar motores, transmisiones componentes y conjuntos de un mismo tipo o línea.

Debemos también tener cuidado de no caer en una estandarización excesiva, que en un momento dado nos pudiera crear una dependencia negativa de fabricantes y proveedores de una sola marca o bien, llegar a utilizar equipos con capacidad insuficiente o sobrada, para determinado tipo de trabajos.

2.2.- Reportes de obra

La bitácora, constituye un elemento importante en la integración del costo de cada uno de los conceptos de las máquinas, donde además podemos anotar las horas trabajadas, ociosas y en mantenimiento día con día.

Para ello, la información que recabemos del almacén de la obra, del operador y del personal de mantenimiento y programación de servicios será de suma importancia.

2.3.- Costos

Los conceptos de los costos del equipo mayor, menor y vehículos que conviene considerar son:

2.3.1 Operación

2.3.2 Consumos (combustibles y lubricantes)

- 2.3.3 Mantenimiento menor (preventivo)
- 2.3.4 Rentas
- 2.3.5 Llantas
- 2.3.6 Taller mecánico

2.3.1 Operación.- Es el costo total derivado de las erogaciones que se hacen por concepto de pago de salarios al personal encargado de la operación de las máquinas. Se determina en base a la lista de raya, identificando a los operadores y ayudantes directamente encargados de cada máquina.

2.3.2 Consumos.- Son las erogaciones realizadas por concepto de combustibles, lubricantes, filtros y elementos de desgaste de sustitución frecuente como son cuchillas, gavilanes, tornillos, tuercas, etc. Se determina en base al reporte de cargos que acumula mensualmente el almacén en función de los vales de salida.

2.3.3 Mantenimiento menor.- Son los costos ocasionados por materiales, refacciones, mano de obra y equipo auxiliar, 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 durante su vida útil, y que no están considerados en el punto anterior. Se determinan en la misma forma que los consumos, teniendo cuidado en la formulación de los vales para asociarlos con la máquina correcta y evitar errores en los cargos.

2.3.4 Rentas.- Son los costos derivados de los conceptos de depreciación, inversión, obsolescencia y reposición del equipo, más los correspondientes al mantenimiento mayor o correctivo, expresados como porcentaje de la depreciación. Se determinan en base a los cargos por rentas estimadas en las oficinas centrales, a las horas de trabajo reportadas para cada equipo mayor y en base al equipo menor y vehículos existentes en obra, según inventario físico.

2.3.5 Llantas.- 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, etc.). Se determina de acuerdo al reporte de horas trabajadas mensualmente por cada equipo mayor, agregándosele los costos de operación que se reciben como cargos en las pólizas del almacén que Contabiliza los vales de salida correspondientes.

2.3.6 Taller mecánico.- Los costos originados por éste concepto, conviene desglosarlos en: mano de obra, equipo auxiliar y herramientas y mantenimiento.

El costo de mano de obra incluye al personal que trabaja en el taller de maquinaria y cuyo sueldo no puede cargarse directamente a ninguna máquina. Se determina en la misma forma que el costo de operación, y no incluye gastos generales como son salarios de ingenieros mecánicos y auxiliares de maquinaria.

El segundo grupo, incluye los costos originados por rentas de equipo auxiliar, refacciones, materiales, combustibles y lubricantes necesarios para mantener en condiciones de trabajo el equipo auxiliar y vehículos al servicio del taller mecánico, más la amortización de la herramienta al servicio del taller.

Finalmente, debemos tomar en cuenta el costo de los materiales diversos que no pueden cargarse a las máquinas y que son para el servicio del taller. Se obtienen directamente de los reportes de consumos utilizados por el taller de la obra.

2.4.- Implementación

El poder manejar un sistema de información para problemas de reemplazo, implica diseñar un sistema contable adecuado al tamaño de la obra y la organización y utilización de los costos obtenidos.

Estos últimos, tratados anteriormente a nivel obra, se integran a los costos que se lleva en la empresa para los efectos de análisis de reemplazo de equipo, políticas de precios, eficiencia, selección de equipos, etc. de la siguiente manera:

COSTOS A NIVEL DE OBRA

COSTOS A NIVEL DE EMPRESA

OPERACION

CONSUMOS

MANTENIMIENTO MENOR

MANTENIMIENTO TOTAL

LLANTAS

TALLER MECANICO

RENTAS MANTENIMIENTO MAYOR
 DEPRECIACION

DEPRECIACION

COSTO DE CAPITAL

INVERSION

INNOVACIONES TECNOLOGICAS

OBSOLESCENCIA

EQUIPO IMPRODUCTIVO PARADO

MAQUINA PARADA

3.- METODOS UTILIZADOS EN EL REEMPLAZO DE EQUIPO

Se presentarán los métodos frecuentemente utilizados, haciendo uso de ejemplos de aplicación:

3.1.- Método de comparación simple

Consiste en un análisis simple que puede proporcionar una primera idea para tomar decisiones, cuando nos enfrentamos a la alternativa de invertir una cantidad importante en mantenimiento correctivo para que una máquina siga trabajando, o venderla y adquirir una nueva que ejecute el trabajo.

Se ilustra a través del siguiente ejemplo:

DURACION DEL TRABAJO POR EJECUTAR -----	1 año
MAQUINA USADA	
Costos del mantenimiento mayor -----	\$ 150,000
Mantenimiento preventivo mensual -----	40,000
Valor de rescate actual -----	150,000
Valor de rescate al final del trabajo -----	100,000
Máquina NUEVA	
Valor de adquisición -----	\$ 600,000
Mantenimiento preventivo mensual -----	25,000
Valor de rescate al final del trabajo -----	300,000

Solución

ALTERNATIVA DE CONSERVAR LA MAQUINA USADA

$$\text{COSTO MAQ. USADA} = 150,000 + 40,000 \times 12 - 100,000 = 530,000$$

ALTERNATIVA DE COMPRAR MAQUINA NUEVA

$$\begin{aligned} \text{COSTO MAQ. NUEVA} &= (600,000 - 150,000) + 25,000 \times 12 - 300,000 = \\ &= 450,000 \end{aligned}$$

La alternativa de máquina nueva tiene costo menor y por lo tanto es la económicamente más adecuada.

3.2.- Método de los costos promedios acumulados.

Supongamos que un contratista tiene la necesidad de estar utilizando continuamente, camiones de 15 toneladas de capacidad.

Los camiones tipo "A" que actualmente posee, tienen un costo de \$17,000 dls. cada uno y un año de uso.

Sus registros de trabajos anteriores le indican que el mantenimiento y operación anuales son de \$8,000 para el primer año, incrementándose después en \$1,000 por cada año subsecuente.

Los camiones, pueden generar una utilidad de \$20,000 el primer año, decreciendo \$500 por año posteriormente.

Un nuevo tipo de camiones "B", cuestan \$19,000 y sus costos de operación y mantenimiento son también de \$8,000 para el primer año, pero debido a mejoras tecnológicas, el incremento posterior es de \$600 por año.

La utilidad que pueden generar estos camiones, es la misma que los del tipo "A".

Si los camiones se deprecian de acuerdo al criterio de cargos decrecientes; planteemos las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuándo deben ser reemplazados los camiones tipo "A"?
2. ¿Qué tipo de camión debemos utilizar en el reemplazo?

Analicemos el problema siguiendo dos criterios: Minimizando costos y Maximizando utilidades.

Solución minimizando costos

La información requerida para resolver el problema por minimización de costos, está contenida en las tablas 1 y 2, que muestran los costos anuales medios acumulados para los camiones tipo A y tipo B respectivamente.

La vida económica de las máquinas estará determinada por el año en el cual los costos anuales acumulados medios son mínimos, por lo tanto, observando la tabla 1 vemos que esto ocurre al final del 5o. año con un mínimo de \$ 13,136.00, para los camiones tipo A. El costo anual acumulado medio es frecuentemente ignorado al considerar únicamente los costos anuales de la columna 4. Si esto último fuese considerado como criterio de reemplazo, sería necesario reemplazar los camiones al final del tercer año en lugar del quinto.

TABLA 1 CAMIONES TIPO "A"

Año	Mant. y Op. anual	Depreciación	Costo Anual	Costo Acumulado	Costo Anual Medio
1	\$ 8,000	\$ 6,800	\$14,800	\$14,800	\$14,800
2	9,000	4,080	13,080	27,880	13,940
3	10,000	2,448	12,448	40,328	13,443
4	11,000	1,469	12,469	52,797	13,199
5	12,000	881	12,881	65,678	13,136
6	13,000	529	13,529	79,207	13,201
7	14,000	317	14,317	93,524	13,361

TABLA 2 CAMIONES TIPO "B"

Año	Mant. y Op. Anual	Depreciación	Costo Anual	Costo Acumulado	Costo Anual Medio
1	\$ 8,000	\$ 7,600	\$15,600	\$15,600	\$15,600
2	8,600	4,560	13,160	28,760	14,380
3	9,200	2,736	11,936	40,696	13,565
4	9,800	1,642	11,442	52,138	13,035
5	10,400	985	11,385	63,523	12,705
6	11,000	591	11,591	75,114	12,519
7	11,600	355	11,955	87,069	12,438
8	12,200	213	12,413	99,482	12,435
9	12,800	128	12,928	112,410	12,490
10	13,400	77	13,477	125,887	12,589

Examinando la tabla 2 vemos que en este caso, la vida económica es de 8 años y el costo anual medio acumulado mínimo, es de \$ 12,435.00.

Dado que este último costo es menor que el obtenido para los camiones tipo A, los camiones tipo B deberán ser comprados para la reposición.

En la mayoría de los casos, el momento de reemplazo será cuando los costos anuales de la máquina actual para el próximo año, excedan el mínimo costo anual acumulado medio de la máquina sustituto.

El momento de reemplazo en estas condiciones, quedaría determinado al comparar los costos anuales de la columna 4 para los camiones A, contra los costos anuales acumulados medios de la columna 6 para los camiones tipo B.

Solución maximizando utilidades

La tabla 3 muestra los cálculos para determinar las utilidades anuales acumuladas medias de los camiones tipo A.

La vida económica de las máquinas estará determinada por el año en el cual la utilidad anual acumulada es máxima.

En nuestro caso, el valor máximo en la columna 6 es de \$6,057.00 y se presenta en el tercer año. Casualmente la mayor utilidad anual en la columna 4, se presenta el mismo año.

La tabla 4 muestra el análisis para los camiones tipo B. La utilidad acumulada anual media máxima se presenta en el quinto año y es de \$6,295.00. Puesto que es mayor que los \$6,057.00 obtenidos para los camiones tipo A en la columna 6 de la tabla 3, los camiones tipo B son obviamente los sustitutos correctos.

Con este criterio, el momento de reemplazo será cuando para el año siguiente las utilidades anuales de la máquina actual estén por debajo de la utilidad anual acumulada de la máquina

sustituto.

CAMIONES TIPO "A"

TABLA 3

Año	Ingreso Anual	Costo Anual	Utilidad Anual	Utilidad Acumulada	Utilidad Anual Media.
1	\$20,000	\$14,800	\$ 5,200	\$ 5,200	\$ 5,200
2	19,500	13,080	6,420	11,620	5,810
3	19,000	12,448	6,552	18,172	6,057
4	18,500	12,469	6,031	24,203	6,051
5	18,000	12,881	5,119	29,322	5,864
6	17,500	13,529	3,971	33,293	5,549
7	17,000	14,317	2,683	35,976	5,139

CAMIONES TIPO "B"

TABLA 4

Año	Ingreso Anual	Costo Anual	Utilidad Anual	Utilidad Acumulada	Utilidad Anual Media
1	\$20,000	\$15,600	\$ 4,400	\$ 4,400	\$ 4,400
2	19,500	13,160	6,340	10,740	5,370
3	19,000	11,936	7,064	17,804	5,935
4	18,500	11,442	7,058	24,862	6,216
5	18,000	11,385	6,615	31,477	6,295
6	17,500	11,591	5,909	37,386	6,231
7	17,000	11,955	5,045	42,431	6,062
8	16,500	12,413	4,087	46,518	5,815

La tabla 5, muestra los resultados de un cálculo para los camiones tipo A, iniciando al final del primer año. El momento de reemplazo aquí, está determinado por comparación de las utilidades anuales (columna 3) de los camiones tipo A, con la máxima utilidad acumulada anual media de los camiones tipo B (columna 6, tabla 4).

El máximo para los camiones tipo B es de \$6,295.00 para el quinto año de vida. El siguiente año, los camiones tipo A, con un-

año de uso, tendrán utilidades de \$6,420.00 y el subsiguiente \$6,552.00. El tercer año, las utilidades serán de \$6,031.00, cantidad menor a los \$6,295 que pueden ganarse con los camiones tipo B.

Debe observarse que aunque las utilidades anuales acumuladas para los camiones tipo A, tres años a partir de ahora ----- (\$6,334.00), exceden el máximo de los camiones tipo B ----- (\$6,295.00), reemplazar al final del segundo año maximizará las utilidades totales del propietario. Por tanto, este podría planear el reemplazo de los camiones tipo A, por camiones tipo B, en dos años más.

ANALISIS PARA LOS CAMIONES TIPO "A", INICIANDO AL FINAL DEL PRIMER AÑO

TABLA 5

Año	Años a partir del primero	Utilidad Anual	Utilidad Acumulada	Utilidad Anual media
1	-	-----	-----	-----
2	1	6,420	6,420	6,420
3	2	6,552	12,972	6,486
4	3	6,031	19,003	6,334
5	4	5,119	24,122	6,031
6	5	3,971	28,093	5,619
7	6	2,683	30,776	5,129

Comparación de los métodos de análisis

La tabla 6, es un resumen de las decisiones alcanzadas por -- los dos métodos.

En primer lugar, la estimación de la vida económica difiere -- en varios años.

Los cálculos realizados por minimización de costos, superan en 2 y 3 años a los obtenidos por maximización de utilidades; el momento de reemplazo varía desde reemplazar ahora, hasta reemplazar dentro de 2 años.

El método de costos mínimos nos señala "reemplace ahora", pero el de máximas utilidades dice "espere 2 años". En lo que toca al tipo de camión para reemplazo, los dos indican a B como sustituto.

COMPARACION DE LOS TRES METODOS

TABLA 6

	Costos Mínimos	Utilidades Máximas
Vida económica de los camiones tipo "A"	5 años	3 años
De los camiones tipo "B"	8 años	5 años
Tiempo de reemplazo	Ahora	2 años
Tipo de reemplazo	B	B

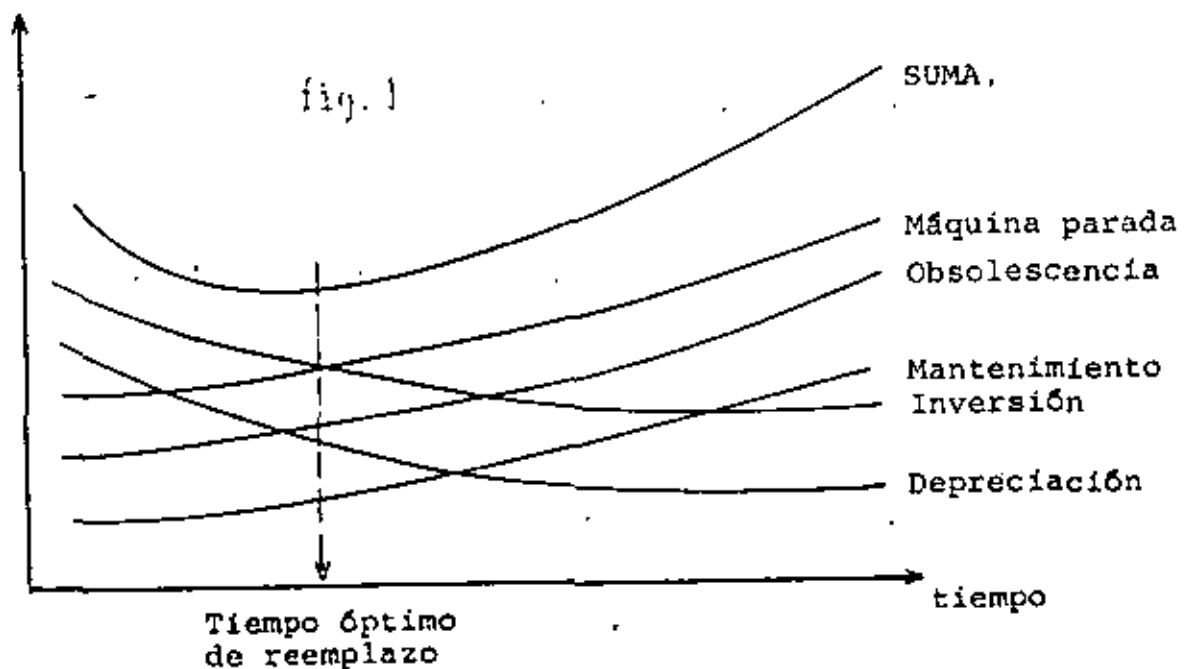
Debemos admitir que para tomar la decisión hay un rango muy amplio de alternativas. Sin embargo, considerando todos los aspectos, podemos considerar más adecuado el maximizar utilidades, mismo que es recomendable para resolver los problemas de reemplazo de equipo y en la determinación de la vida económica de la maquinaria. El criterio de costos mínimos deberá usarse por excepción, solamente cuando las utilidades no puedan ser definidas.

En una variante de este método, se consideran cinco factores por separado y su influencia en el costo acumulado por hora:

1. Costo de depreciación y reposición
2. Costo de inversión
3. Costo de mantenimiento y reparación
4. Costo de máquina parada
5. Costo de obsolescencia

El criterio para determinar el tiempo de reposición más económico, consiste en saber si el costo acumulado por hora - se hace progresivamente mayor o menor, agregándole horas-máquina. (fig. 1).

COSTO PROMEDIO ACUMULADO



En el ejemplo a desarrollar, vamos a suponer una máquina con precio original de \$20,000 dólares y 1500 horas efectivas de trabajo al año.

Antes de iniciar el análisis recordemos que tanto costo como horas son acumulativas, ésto es, si el costo acumulativo por hora fuera \$1.65 Dlls. en el cuarto año no significa que solamente las horas acumuladas durante el cuarto año han costado \$1.65, sino que todas las horas acumuladas durante el primero, segundo, tercero y cuarto año, han costado dicha cantidad por hora.

Costo de depreciación y reposición

El costo de depreciación es el costo de la pérdida debida a la baja del valor actual de una máquina causado por el uso y su antigüedad. Es simplemente la diferencia entre el precio inicial de compra y el precio de reventa o canje (fig. 2).

El costo de reposición, es el resultado del aumento en precio de la nueva maquinaria y la disminución del valor adquisitivo de la moneda.

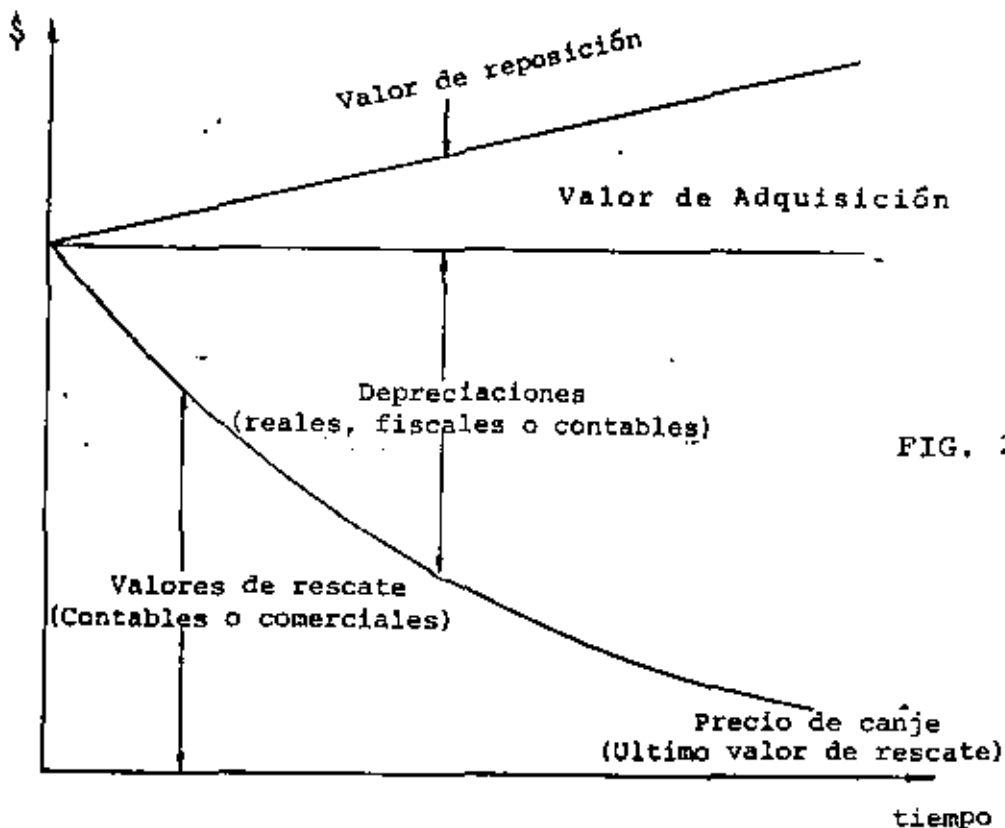


FIG. 2

Examinando el índice de precios de venta, de equipo de construcción, podemos determinar el porcentaje aproximado de incremento anual por este concepto (en el ejemplo se tomó el 5% de incremento).

El cálculo correspondiente al costo de depreciación y reposición se muestra en la tabla 7; graficando los valores obtenidos, (fig. 3), observamos que si los únicos costos a considerar fueran los de depreciación y reposición la política a seguir sería retener indefinidamente nuestra máquina.

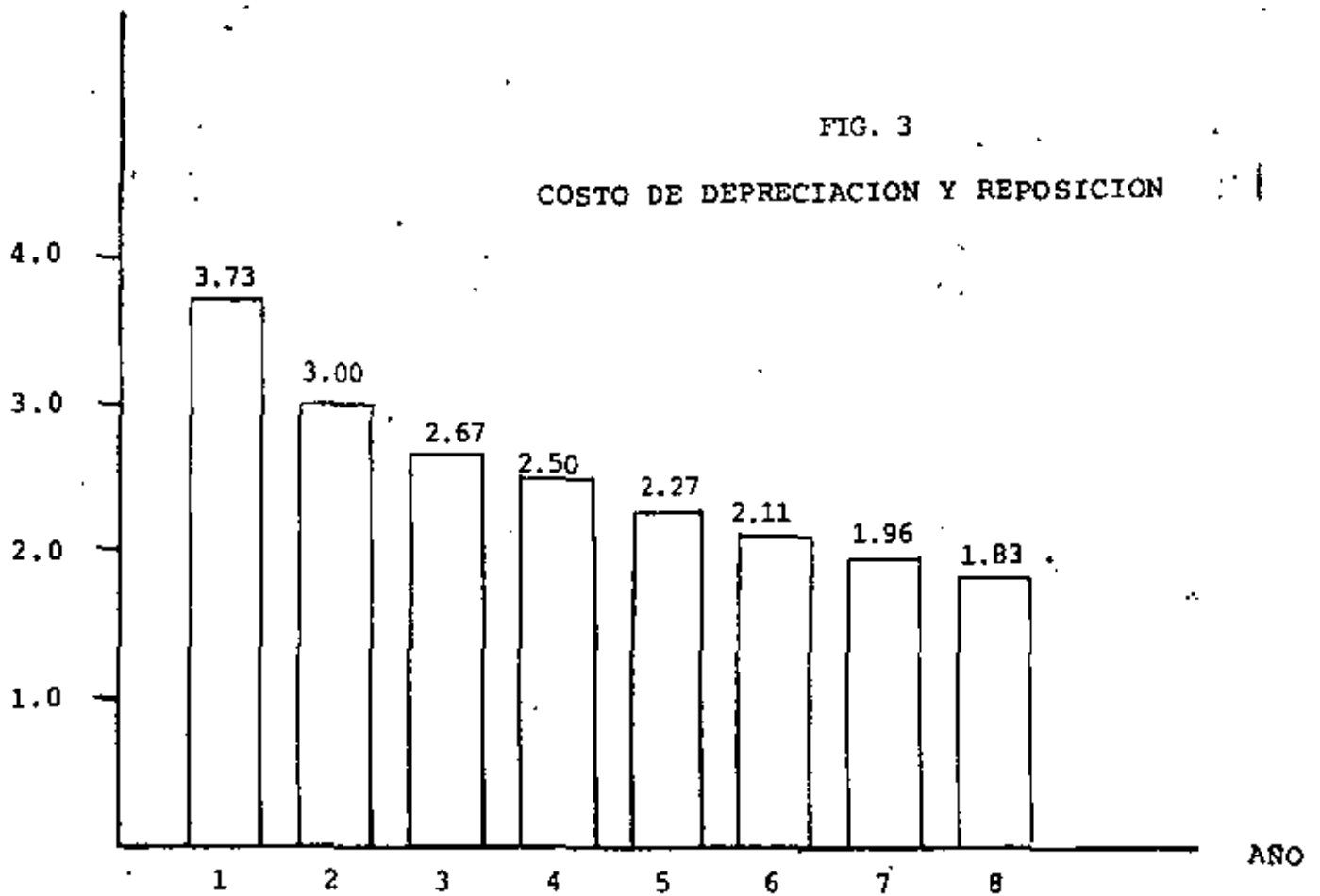
COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION
(20,000 COSTO INICIAL DE LA MAQUINARIA 1500 HORAS DE TRABAJO ANUALES)

I T E M	A Ñ O							
	1	2	3	4	5	6	7	8
PRECIO DE CANJE (% DEL PRECIO ORIGINAL)	77%	65%	55%	45%	40%	35%	32%	30%
PRECIO DE CANJE DE UNA MAQUINA- DE \$20,000 DOLLS.	\$15,400	\$13,000	\$11,000	\$ 9,000	\$ 8,000	\$ 7,000	\$ 6,400	\$ 6,000
COSTO DE REPOSICION 5% AUMENTO POR AÑO	\$21,000	\$22,000	\$23,000	\$24,000	\$25,000	\$26,000	\$27,000	\$28,000
PERDIDAS EN LA- REPOSICION	\$ 5,600	\$ 9,000	\$12,000	\$15,000	\$17,000	\$19,000	\$20,600	\$22,000
HORAS DE TRABA- JO ACUMULADAS	1,500	3,000	4,500	6,000	7,500	9,000	10,500	12,000
COSTO DE DEPRE- CIACION Y REPO- SICION POR HORA	\$ 1.73	\$ 3.00	\$ 2.67	\$ 2.50	\$ 2.27	\$ 2.11	\$ 1.96	\$ 1.83

TABLA 7

FIG. 3

COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION

Costo de Inversión

Se interpreta como el costo del capital, es decir, es el cargo equivalente a los intereses y a los impuestos que ocasiona el capital invertido en la compra de equipo.

Se calcula como el promedio del valor de adquisición más el valor de rescate multiplicado por la tasa de interés considerada, entre el número de horas acumuladas.

$$I = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} i$$

Los cálculos correspondientes a este concepto, se muestran en la tabla 8.

Graficando los resultados (fig. 4) observamos que el costo de inversión por hora acumulativa disminuye a medida que la máquina envejece, lo que aconseja también, retener indefinidamente la máquina.

Costos de mantenimiento y reparaciones

Constituyen uno de los costos más significativos; corresponden a las erogaciones realizadas para mantener la maquinaria en condiciones de trabajo.

Para calcularlos, podemos aprovechar la relación que existe entre los costos de mantenimiento y las pérdidas de tiempo y reparaciones, usando para ello la estadística basada en promedios de cientos de máquinas; sin embargo, cada propietario deberá -- confiar únicamente en sus propios registros de costos.

Realizando los cálculos correspondientes a nuestro ejemplo (tabla 9) y graficando los resultados vemos que si los únicos costos considerados fueran los de mantenimiento y reparaciones, habríamos de cambiar cada año nuestras máquinas (fig. 5)

COSTOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION

I T E M	A Ñ O							
	1	2	3	4	5	6	7	8
DISPONIBILIDAD	97%	94%	92%	90%	88%	86%	83%	80%
COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION	\$ 700	\$ 1,300	\$ 1,800	\$ 2,200	\$ 2,700	\$ 3,100	\$ 3,800	\$ 4,400
COSTOS ACUMULATIVOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	\$ 700	\$ 2,000	\$ 3,800	\$ 6,000	\$ 8,700	\$11,800	\$15,600	\$20,000
HORAS ACUMULATIVAS DE TRABAJO	1,500	3,000	4,500	6,000	7,500	9,000	10,500	12,000
COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION ACUMULATIVA POR HORA	\$ 0.47	\$ 0.67	\$ 0.84	\$ 1.00	\$ 1.16	\$ 1.31	\$ 1.49	\$ 1.67

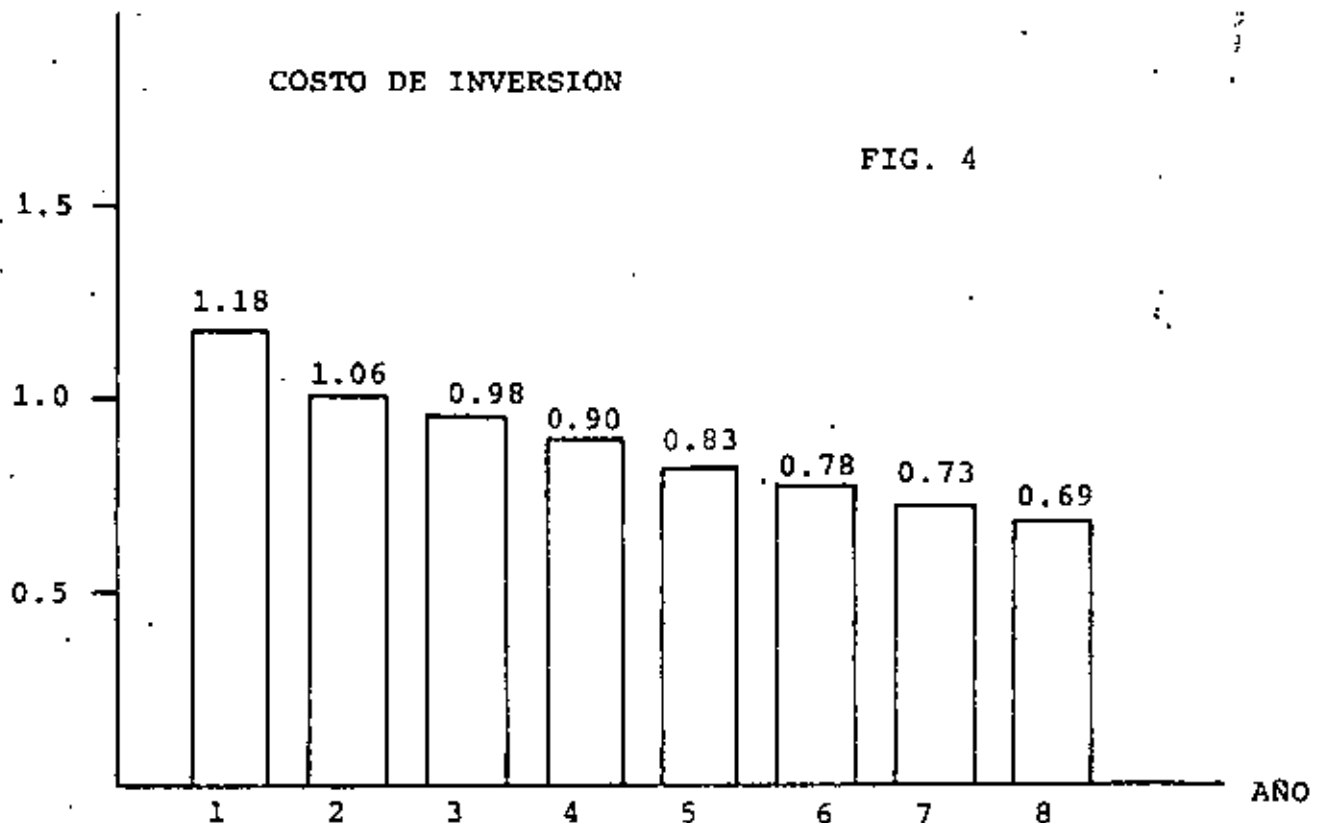
TABLA 9

COSTO DE INVERSION

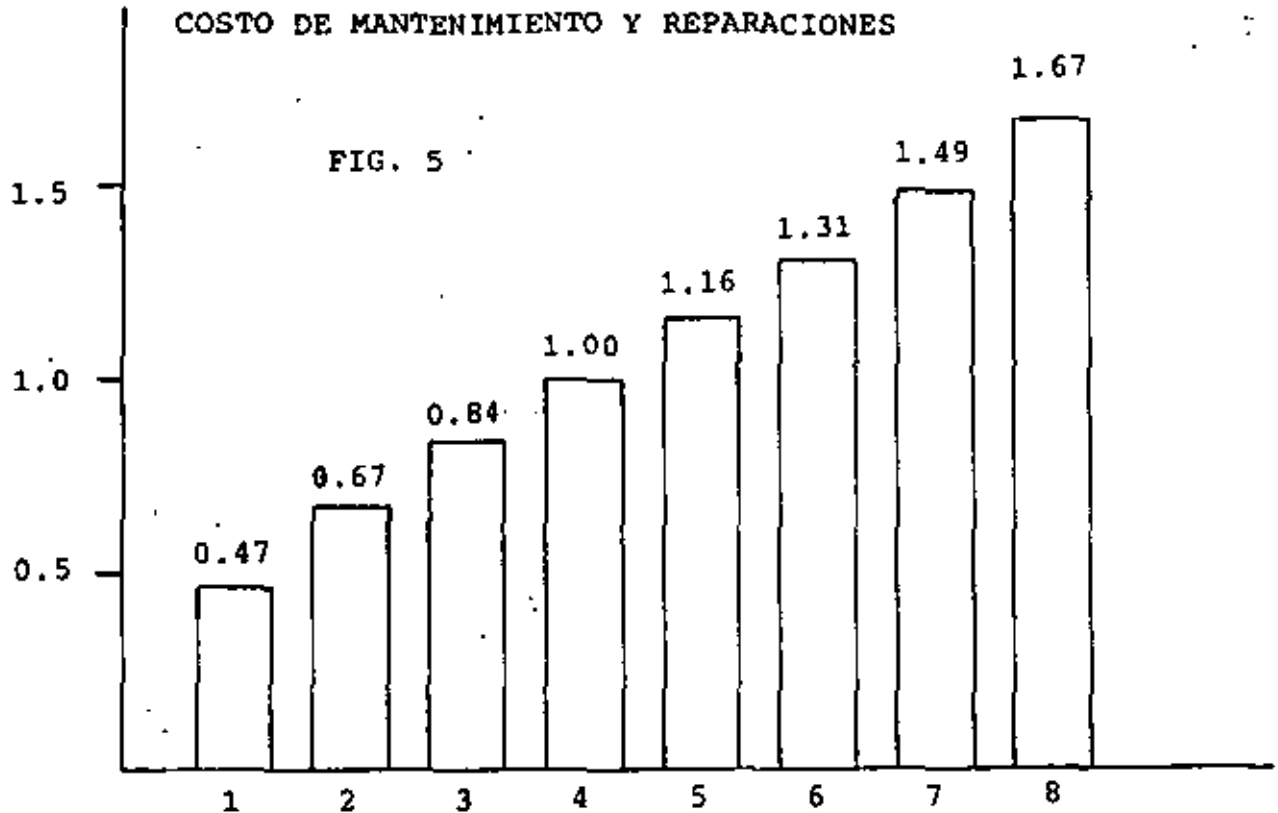
I T E M	A N O							
	1	2	3	4	5	6	7	8
INVERSION (AL PRINCIPIO DE AÑO)	\$20,000	\$15,400	\$11,000	\$11,000	\$ 9,000	\$ 8,000	\$ 7,000	\$ 6,400
MENOS DEPRECIACION	\$ 4,600	\$ 2,400	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 600	\$ 400
INVERSION (AL FIN DE AÑO)	\$15,400	\$13,000	\$11,000	\$ 9,000	\$ 8,000	\$ 7,000	\$ 6,400	\$ 6,000
PROMEDIO ANUAL DE INVERSION	\$17,700	\$14,200	\$12,000	\$10,000	\$ 8,500	\$ 7,500	\$ 6,700	\$ 6,200
COSTO DE INVERSION (10%)	\$ 1,770	\$ 1,420	\$ 1,200	\$ 100	\$ 850	\$ 750	\$ 670	\$ 620
COSTO ACUMULATIVO DE LA INVERSION	\$ 1,770	\$ 3,190	\$ 4,390	\$ 5,390	\$ 6,240	\$ 6,990	\$ 7,660	\$ 8,280
HORAS ACUMULATIVAS DE TRABAJO	1,500	3,000	4,500	6,000	7,500	9,000	10,500	12,000
COSTO DE LA INVERSION POR HORA ACUMULATIVA	\$ 1.18	\$ 1.06	\$ 0.98	\$ 0.90	\$ 0.83	\$ 0.78	\$ 0.73	\$ 0.69

TABLA 8

COSTO POR HORA ACUMULATIVA



COSTO POR HORA ACUMULATIVA



Costos por máquina parada

Serán aproximadamente los costos de propiedad y operación de una máquina semejante que se use para reemplazar la averiada y mantener el trabajo al día.

En términos generales, se considera que la eficiencia de un equipo no es del 100%, y existe una regla empírica de considerar un 3% de diferencia para los tres primeros años y después una disminución del 2% durante seis años, es decir,

	1	2	3	4	5
Eficiencia o disponibilidad	97	94	92	90	88%
100% eficiencia	1500	1500	1500	1500	1500 hr
Disponibilidad	1455	1410	1380	1350	1320

El costo de máquina parada, se calcula multiplicando las horas no trabajadas, por el costo de rentar una hora un equipo similar equivalente.

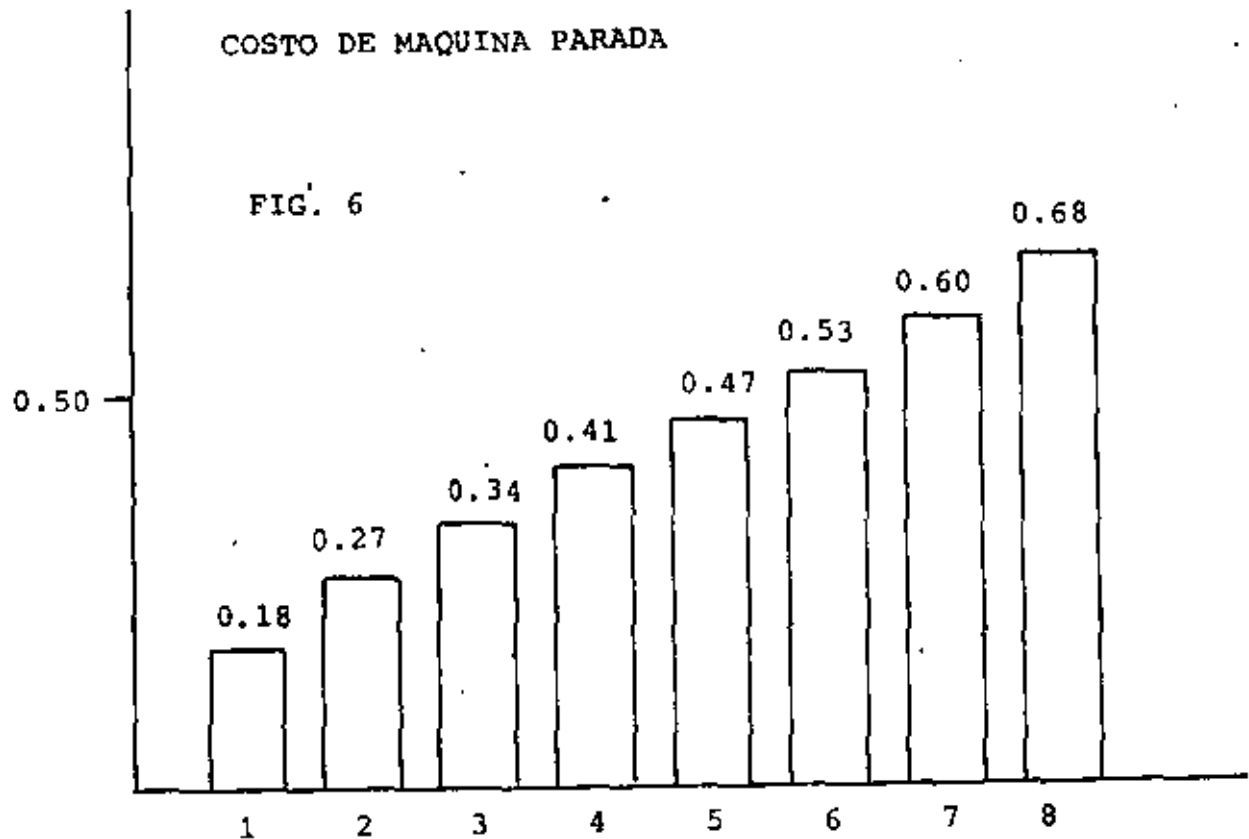
Estos costos se acumulan y se dividen entre las horas acumuladas por el periodo de tiempo (tabla 10).

Al graficar los resultados, observamos que la recomendación sería cambiar la máquina cada año, si solamente tomáramos en cuenta este concepto (fig. 6).

COSTO DE MAQUINARIA PARADA

I T E M	A Ñ O							
	1	2	3	4	5	6	7	8
DISPONIBILIDAD	97%	94%	92%	90%	88%	86%	83%	80%
HORAS QUE SE DEBEN RECORRAR	45	90	120	150	180	210	255	300
COSTO POR CADA HORA	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00
COSTO DE TIEMPO PERDIDO	\$ 270	\$ 540	\$ 720	\$ 900	\$ 1,080	\$ 1,260	\$ 1,530	\$ 1,800
COSTO ACUMULATIVO DE TIEMPO PERDIDO	\$ 270	\$ 810	\$ 1,530	\$ 2,430	\$ 3,510	\$ 4,770	\$ 6,300	\$ 8,100
HORAS ACUMULATIVAS DE TRABAJO	1500	3000	4500	6000	7500	9000	10,500	12,000
COSTO ACUMULATIVO POR HORA DE TIEMPO PERDIDO	\$ 0.18	\$ 0.27	\$ 0.34	\$ 0.41	\$ 0.47	\$ 0.53	\$ 0.60	\$ 0.68

TABLA 10



Costo por obsolescencia

Se considera en este factor, el efecto que producen las innovaciones tecnológicas, es decir, la capacidad de propiedad que pueden tener los equipos con mejoras de diseño.

La capacidad productiva del equipo, aumenta en términos generales un promedio del 5% anual. Este aumento no es necesariamente una curva suave, sino que puede aumentar bruscamente con la introducción de un nuevo modelo.

Basándonos en lo anterior vamos a considerar que se introduce solamente un nuevo modelo del equipo en cuestión cada tres años, con un 15% de aumento en el potencial productivo.

Las horas adicionales de operación requeridas con el equipo obsoleto para producir lo mismo que la máquina nueva, es lo que-

se considera como costo de obsolescencia (tabla 10)

Los efectos adversos del equipo anticuado, son determinantes, como lo muestra la figura 7, que aconseja reemplazar el equipo año con año.

COSTO DE OBSOLESCENCIA

I T E M	A Ñ O							
	1	2	3	4	5	6	7	8
COSTO DE OBSOLESCENCIA				15 %	15 %	15 %	30 %	30 %
HORAS QUE NECESITA PARA IGUALAR LA PRODUCCION DE UNA MAQUINA ULTIMO MODELO				225	225	225	450	450
COSTO POR HORA	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00	\$ 6.00
COSTO DE OBSOLESCENCIA POR AÑO				\$ 1,350	\$ 1,350	\$ 1,350	\$ 2,700	\$ 2,700
COSTO ACUMULATIVO DE OBSOLESCENCIA				\$ 1,350	\$ 2,700	\$ 4,050	\$ 6,750	\$ 9,450
HORAS DE TRABAJO ACUMULADAS	1,500	3,000	4,500	6,000	7,500	9,000	10,500	12,000
COSTO DE OBSOLESCENCIA POR HORA ACUMULATIVA				\$ 0.23	\$ 0.36	\$ 0.45	\$ 0.64	\$ 0.79

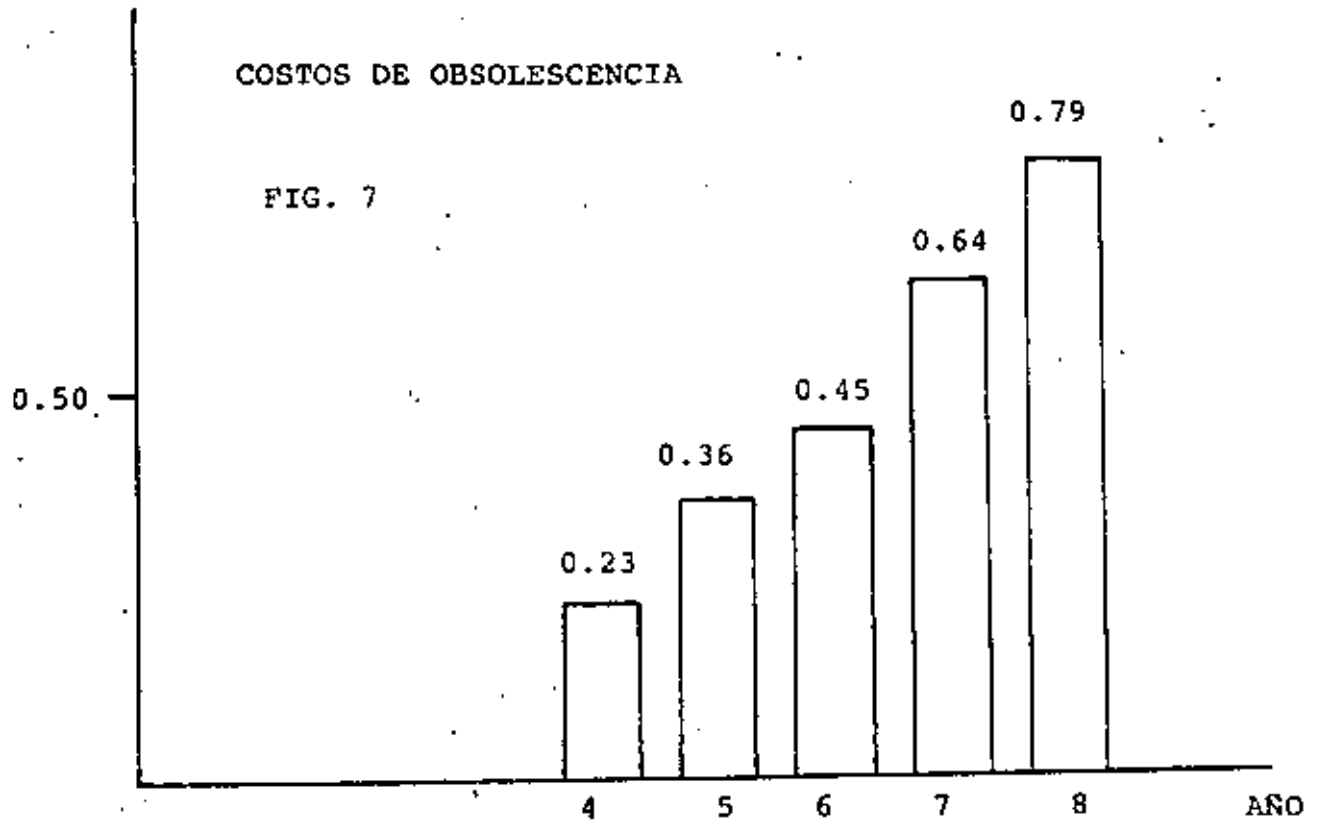
TABLA 10

S U M A R I O

Analizando el ejemplo, encontramos que algunos factores favorecen retener la máquina, mientras otros aconsejan canjearla cada año.

La tabla 11, muestra el resumen correspondiente de cada uno de los factores involucrados, mismos que se han graficado en la figura, 8.

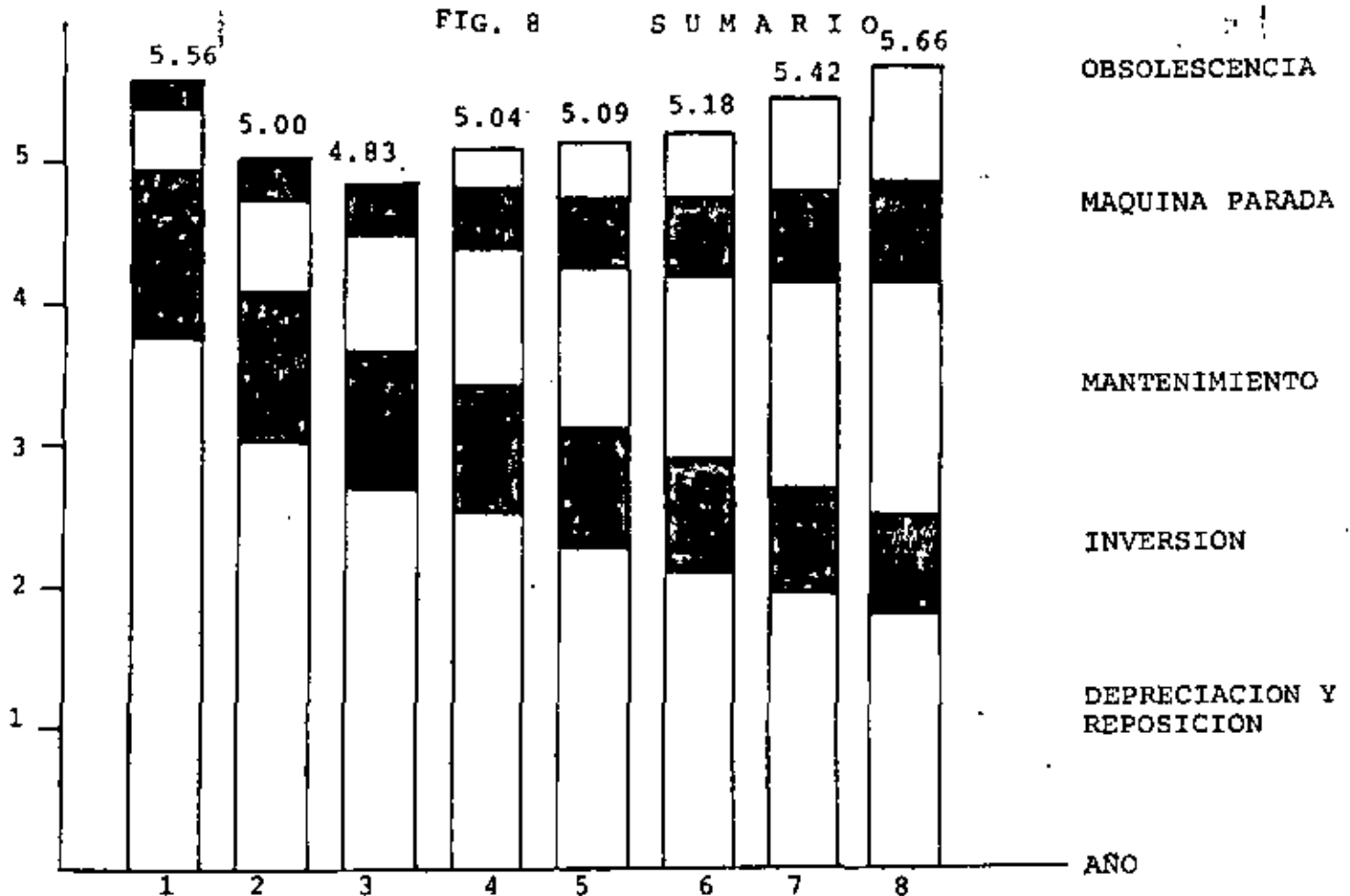
COSTO POR HORA ACUMULATIVA



SUMARIO DE COSTOS ACUMULATIVOS POR HORA

FACTORES	AÑO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION	\$ 3.73	\$ 3.00	\$ 2.67	\$ 2.50	\$ 2.27	\$ 2.11	\$ 1.96	\$ 1.83
COSTOS DE INVERSION	\$ 1.18	\$ 1.06	\$ 0.98	\$ 0.90	\$ 0.83	\$ 0.78	\$ 0.73	\$ 0.69
COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	\$ 0.47	\$ 0.67	\$ 0.84	\$ 1.00	\$ 1.16	\$ 1.31	\$ 1.49	\$ 1.67
COSTO POR TIEMPO PARADO DE LA MAQ.	\$ 0.18	\$ 0.27	\$ 0.34	\$ 0.41	\$ 0.47	\$ 0.53	\$ 0.60	\$ 0.68
COSTO DE OBSOLESCENCIA				\$ 0.23	\$ 0.36	\$ 0.45	\$ 0.64	\$ 0.79
TOTALES, COSTO-ACUMULATIVO POR HORA	\$ 5.56	\$ 5.00	\$ 4.83	\$ 5.04	\$ 5.09	\$ 5.18	\$ 5.42	\$ 5.66

FIG. 8 SUMARIO



De ésto último, derivamos las siguientes observaciones:

En base a los datos supuestos, el resumen indica que la máquina deberá ser canjeada al final del tercer año. Esto no significa sino una guía en la política a seguir, pues habrá casos - en que cambiar la máquina cada dos años sería más económico y - otros en que el período pueda extenderse a más de tres.

La tabla 12, muestra las pérdidas que ocasionaría el cambiar - la máquina antes o después del año de reposición.

Los costos de operación, si se considera conveniente, pueden - ser incluidos como un factor más dentro de análisis.

PERDIDAS OCASIONADAS POR REPONER LA MAQUINARIA
FUERA DEL MOMENTO OPORTUNO

AÑO DE REPOSICION	HORAS ACUMULADAS	COSTO ACUMULATIVO POR HORA	DIFERENCIA	PERDIDA
1er. AÑO	1,500 Hrs.	\$ 5.56	\$ 0.73	\$ 1,095
2o. AÑO	3,000 Hrs.	\$ 5.00	\$ 0.17	\$ 510
3er. AÑO	4,500 Hrs.	\$ 4.83	AÑO MAS ECONOMICO PARA REPONER LA MAQUINARIA	
4o. AÑO	6,000 Hrs.	\$ 5.04	\$ 0.21	\$ 1,260
5o. AÑO	7,500 Hrs.	\$ 5.09	\$ 0.26	\$ 1,950
6o. AÑO	9,000 Hrs.	\$ 5.18	\$ 0.35	\$ 3,150
7o. AÑO	10,500 Hrs.	\$ 5.42	\$ 0.59	\$ 6,195
8o. AÑO	12,000 Hrs.	\$ 5.66	\$ 0.83	\$ 9,960

TABLA 12

3.3.- Método de los costos actualizados

En los ejemplos anteriores, hemos omitido tomar en cuenta el tiempo en que se gasta el dinero; lo cual no es correcto si pensamos que en algunas ocasiones habremos de pedirlo prestado y en otras nos abstendremos de utilizarlo en otro campo de actividad económica; en ambos casos, es necesario considerar un interés.

Supongamos que el dinero gana una tasa de interés i , por año. Entonces, un peso invertido valdrá $(1+i)$ después de un año, $(1+i)^2$ después de dos años, y $(1+i)^n$ después de n años. De aquí deducimos que si tenemos que hacer un pago de un peso dentro de un período de tiempo de n años, equivaldría a pagar en la actualidad $(1+i)^{-n}$. Se dice entonces que el valor presente de un peso pagadero en n años es $(1+i)^{-n}$, o bien si $v=(1+i)^{-1}$, el valor presente es v^n .

Supongamos ahora que un equipo nuevo cuesta C , y que el valor de rescate al final del año n es S_n . Consideremos que el costo de operación durante el año n sea O_n y que se paga al principio del año. Si los costos ocurren durante el año pueden descontarse al principio del mismo. Se podría suponer que los costos ocurren en forma continua durante el año, en cuyo caso el descuento necesitaría la utilización del cálculo integral. Para la mayoría de los casos, se obtiene suficiente precisión suponiendo que los gastos se llevan a cabo a mitad del año.

Si reemplazamos el equipo al final del año K , el valor presente de todos los costos es:

$$C - v^k S_k + \sum_{n=0}^{k-1} v^n O_n$$

Un valor presente de P , es equivalente a pagos de X al principio de cada año durante los k años, de manera que:

$$P = X + v^1 X + \dots + v^{k-1} X$$

Desarrollando:
$$X = \frac{P(1-v)}{1-v^k}$$

Entonces, el valor presente de todos los costos durante la vida del camión, es equivalente a pagos anuales fijos de

$$X = \frac{[C - v^k S_k + \sum_{n=0}^{k-1} v^n O_n] (1-v)}{1-v^k}$$

Este cargo anual, habremos de minimizarlo para una selección conveniente del tiempo óptimo de reemplazo.

Ilustraremos este método a través del ejemplo que se muestra en la tabla 13.

Se ha supuesto un equipo con precio de adquisición de \$3000.00 Dlls. y valor de rescate de acuerdo a la columna 1. La columna 2, contiene los factores de actualización ($i = 10\%$), mismos que multiplicados por el valor de rescate de la columna 1, nos da el valor de rescate actualizado.

Los costos de operación, de operación actualizados y acumulados, se muestran en las columnas 4, 5 y 6 respectivamente.

La columna 7, es el valor presente de todos los costos y la 9, la serie de pagos fijos equivalente.

Siguiendo el mismo razonamiento que en el caso de los costos y promedios acumulados, la tabla 12 nos indica el 5o. año como el óptimo para reemplazar nuestra maquinaria.

La selección anterior, constituye la "táctica" a seguir; si dos o más equipos se analizan para comparar cuál es el mejor, la selección final será nuestra "estrategia" adecuada.

AÑO	S_k	v^n	$v^k S_k$	O	$v^n O_n$	$\sum v^n O_n$	VP	$1 - v^n$	X
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	2000	0.9091	1818.2	600	545.5	545.5	1727.3	0.0909	1727.3
2	1333	0.8264	1101.6	700	578.5	1124.0	3022.4	0.1736	1582.6
3	1000	0.7513	751.3	850	638.6	1762.6	4011.3	0.2487	1466.1
4	750	0.6830	512.3	950	648.9	2411.5	4899.2	0.3170	1404.8
5	500	0.6209	310.5	1100	683.0	3094.5	5784.0	0.3791	1386.9
6	300	0.5645	169.3	1200	677.4	3771.9	6602.6	0.4355	1378.1
7	300	0.5132	154.0	1600	821.1	4593.0	7439.0	0.4868	1389.1

$$v = \frac{1}{1.10} = 0.9090$$

$$X = \frac{[C - v^k S_k + \sum_{n=0}^{k-1} v^n O_n] (1 - v)}{1 - v^n}$$

$$1 - v = 1 - 0.9090 = 0.0909$$

$$i = 10\%$$

CONCLUSIONES

El problema de reemplazo de equipo, continúa siendo motivo de análisis cuidadosos y dinámicos.

Se han desarrollado modelos matemáticos más complicados que requieren cada vez mayor información, y en los cuales el auxilio de la computadora es imprescindible.

Sin embargo, debemos tener presente que la mayoría de las empresas no cuentan con la información necesaria para la implementación de dichos modelos matemáticos.

Se continúa asimismo, estudiando las repercusiones que tienen algunos fenómenos económicos como la inflación, sobre las políticas de reemplazo de equipo.

La adaptación y aceptación de este y otros fenómenos económicos, aunado al interés que las empresas demuestren hacia el estudio de este problema, redundará sin duda alguna, en resultados muy provechosos para la economía de las empresas y del país.





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: TERRACERIAS Y EXCAVACIONES

PRINCIPALES FACTORES EN LA SELECCION
DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

JUNIO, 1980



PRINCIPALES FACTORES EN LA SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

INTRODUCCION.- Durante el proceso de toma de decisiones para seleccionar de manera óptima el equipo de construcción, intervienen una serie de factores que, estando relacionados entre sí, nos obligan a un análisis cuidadoso y ponderado de cada uno de ellos.

En este período de selección, podemos distinguir claramente dos etapas: En la primera de ellas, habremos de seleccionar la máquina o conjunto de máquinas que desde el punto de vista técnico sean susceptibles de poder utilizarse. En este caso, los factores que deberán interesarnos son entre otros; volúmenes por ejecutar, calidad del material: (atacabilidad, propiedades volumétricas, estabilidad), geometría de la excavación, condiciones de la obra, etc.

Durante la segunda etapa, intervendrán importantemente factores tales como tipo de empresa, maquinaria con que cuenta, condiciones de mercado, costos de adquisición, operación y mantenimiento del equipo, rendimientos, precio de reventa etc.

Cuando desde el punto de vista técnico dos o más equipos nos resuelven el problema, el análisis económico inclinará nuestra decisión hacia el empleo de alguno de ellos. Trataremos en esta parte, a manera de recordatorio, los factores relacionados con la primera etapa de selección.

VOLUMENES POR EJECUTAR

Los volúmenes por ejecutar, combinados con el plazo para la terminación de la obra, nos definirán la producción requerida.

Dicha producción dependerá de la capacidad de las máquinas empleadas y del programa para su utilización.

En la cuantificación de los volúmenes de material por mover, así como de las distancias económicas de acarreo, interviene el concepto de "Curva Masa", misma que explicaremos a continuación:

Curva Masa.- Es una gráfica dibujada en ejes cartesianos, donde las ordenadas representan volúmenes acumulados de excavación o relleno, según la línea sea ascendente o descendente, y las abscisas el cadenamiento sobre el eje del trazo.

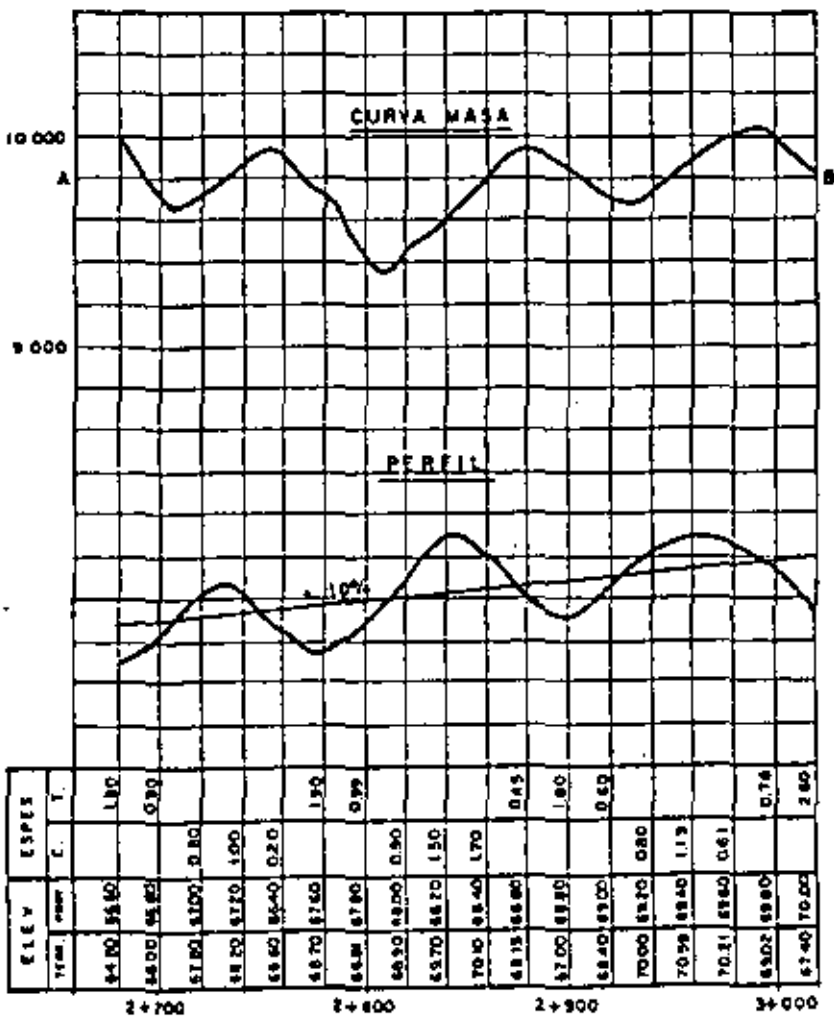
La curva masa nos permite determinar la distribución económica de los volúmenes excavados y calcular el costo para llevar a cabo dicha distribución. Cuando el trazo no está obligado, (ya que si lo está este método no es de utilidad), el único impedimento para compensar rellenos y excavaciones, será la calidad de los materiales.

La curva se dibuja junto con el perfil del trazo, ya que el cadenamiento debe ir coincidiendo.

En la figura se muestra la forma típica de ordenar los datos antes mencionados, así como la curva masa resultante.

CURVA MASA _____
 Camino _____
 De Km _____ a Km _____
 Residencia _____
 Da la hoja N.º _____ Componente _____
 Fecha _____ de 19____

ESTACION	ELEVACIONES		ESPEORES		AREAS		A1 - A2		SEMI-DI- TARDA	VOLUMEN		COSTE DE AUTO		VOLUMENES CAMBIADOS		SUMA ALGEBRAICA VOLS		ORDENADA CURVA MASA
	TIERRA	ROCA	CORTE	TIERRA	CORTE	TIERRA	CORTE	TIERRA		CORTE	TIERRA	CORTE	TIERRA	CORTE	TIERRA	TIERRA	TIERRA	
2+680	64.80	64.40		1.80		0.2												10 000
700	66.00	66.80		0.80		8.9		271	100		271						271	9 729
720	67.80	67.00	0.80		4.8		4.9	6.8	100	4.9	8.9	1.2	5.4	6.9			5.5	9 694
734	68.55	67.14	1.41		7.1		11.6		70	8.1	1	1.2	9.7			9.7		9 781
740	68.20	67.20	1.00		5.2		12.3		30	3.7		1.2	4.4			4.4		9 835
760	68.60	66.40	0.20		1.4		6.8		100	4.4		1.2	7.9			7.9		9 914
780	65.70	67.60		1.90		22.0	1.4	220	100	1.4	220	1.2	1.7	220			203	9 711
800	66.81	67.80		0.99		6.4		284	100		284			784			284	9 427
820	68.50	68.00	0.90		5.2		5.8	6.4	100	5.2	6.4	1.2	6.2	6.4			2	9 429
840	69.70	68.20	1.50		8.5		13.5		100	13.5		1.2	16.2			16.2		9 587
850	70.32	68.50	2.62		11.8		20.1		50	10.0		1.2	12.0			12.0		9 707
860	70.10	68.40	1.70		8.7		20.5		50	10.3		1.2	12.4			12.4		9 831
880	68.15	68.60		0.45		2.4	8.7	2.4	100	8.7	2.4	1.2	10.4	2.4		8.0		9 911
900	67.00	68.90		1.80		6.3		8.7	100		8.7			8.7			8.7	9 424
920	68.40	69.00		0.60		2.8		9.1	100		9.1			9.1			9.1	9 331
940	70.00	69.20	0.80		4.1		4.1	2.8	100	4.1	2.8	1.2	4.9	2.8		2.1		9 754
960	70.98	69.40	1.19		5.7		9.8		100	9.8		1.2	11.8			11.8		9 872
980	70.21	69.60	0.61		3.4		9.1		100	9.1		1.2	10.9			10.9		9 881
3+000	69.02	69.80		0.78		3.1	3.4	3.1	100	3.4	3.1	1.2	4.1	3.1		1.0		9 991
920	67.40	70.00		2.60		11.4		14.5	100		14.5			14.5			14.5	9 848



PROPIEDADES DE LA CURVA MASA:

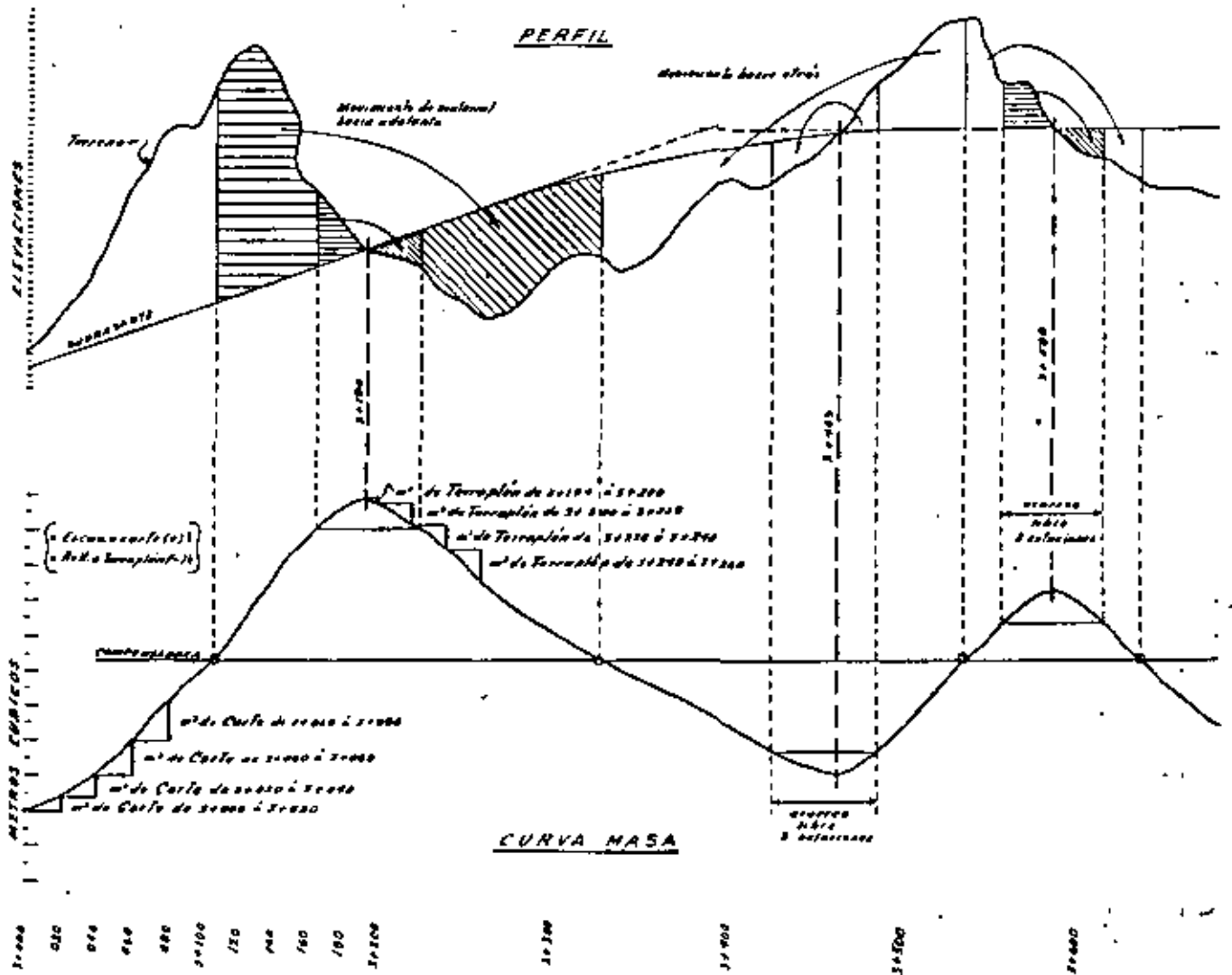
- 1).- Entre los límites de una excavación, la curva crece de izquierda a derecha: y decrece cuando hay terraplén.
- 2).- En las estaciones donde hay cambio de excavación a relleno (línea de paso), habrá un máximo, y viceversa; habrá un mínimo en los cambios de relleno a corte.
- 3).- Cualquier línea horizontal que corte a la curva -- masa, marcará puntos consecutivos entre los cuales habrá compensación, es decir, que entre ellos el volumen de corte iguala al de terraplén.
- 4).- La diferencia de ordenadas entre dos puntos, representará el volumen de terracería dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.
- 5).- Cuando la curva queda encima de la línea horizontal compensadora que se escoge para ejecutar la construcción, los acarrees de material se harán -- hacia adelante, y cuando la curva quede abajo, los acarrees serán hacia atrás.
- 6).- El área comprendida entre la curva masa y una horizontal cualquiera compensadora, es el producto de un volumen por una distancia, y nos representa el volumen por la longitud media de acarreo, lo que se expresa en metros cúbicos-estación (en éste caso,

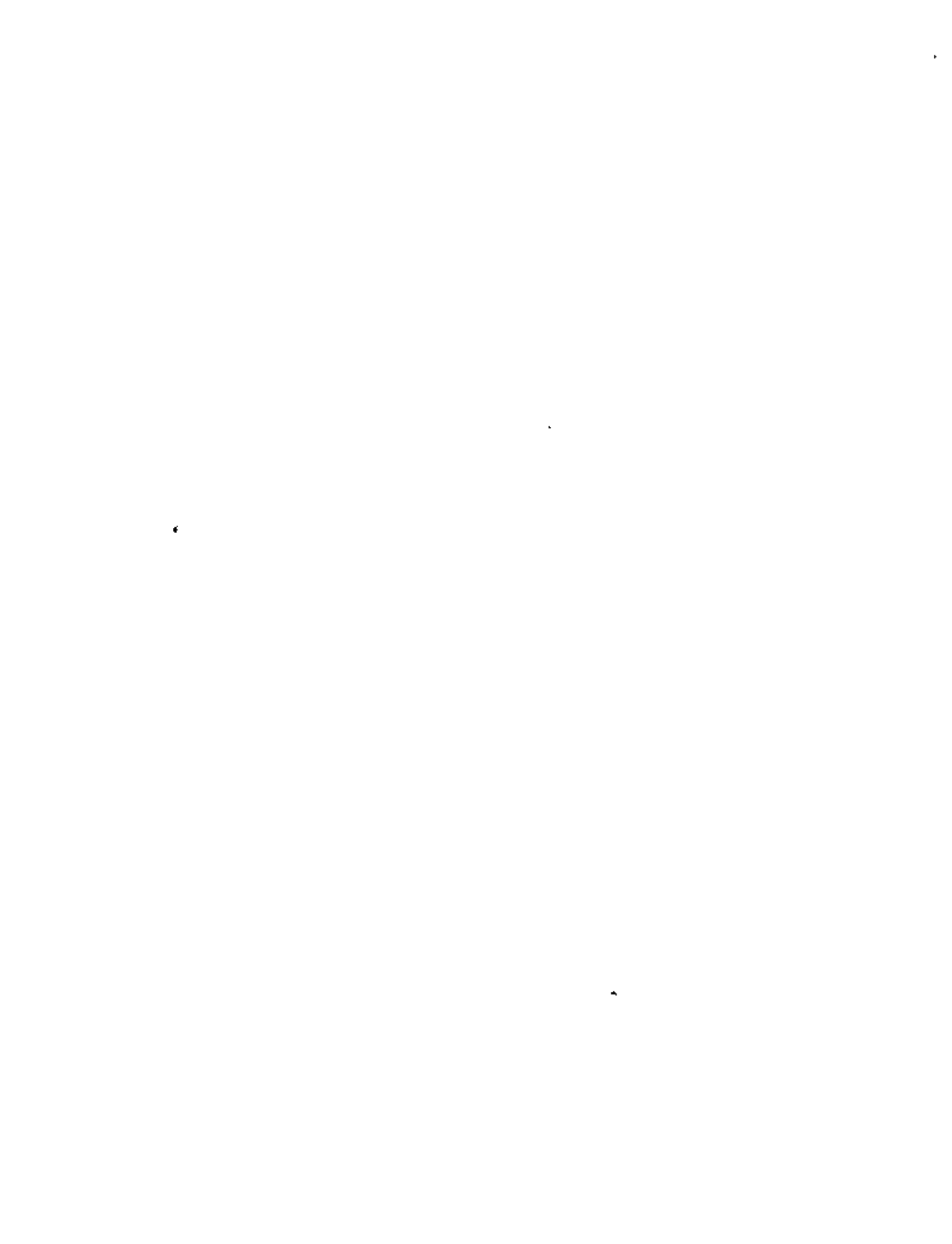
el término "estación" no se refiere a un punto, sino al tramo de 20 metros entre estaciones consecutivas cerradas) pues en el lenguaje de vías de comunicación se dice por ejemplo, que un punto dista de otro ocho estaciones, o sea 160 metros, con el fin de facilitar la nomenclatura y los cálculos.

Al estudiar un tramo, pueden trazarse varias compensadoras según resulte la curva masa obtenida, y entre una y otra quedarán tramos sin compensación (es evidente que las mejores compensadoras serán las que corten mayor número de veces a la curva). En los tramos sin compensar; si la curva asciende, habrá un volumen de excavación excedente sin posibilidad de emplearlo para rellenar, esto es, un desperdicio; si la curva desciende, indicará que hace falta material para terraplén, que no podemos obtener de la excavación; en este caso debe traerse material de otro lado o sea: efectuar un préstamo.

Tanto los volúmenes de desperdicio como los de préstamo, se miden en el dibujo.

Teniendo como datos los volúmenes de cortes y terraplenes, las diversas distancias entre ellos y los costos de acarreo, se puede resolver cual es la forma óptima de los movimientos para que tengan el mínimo costo.





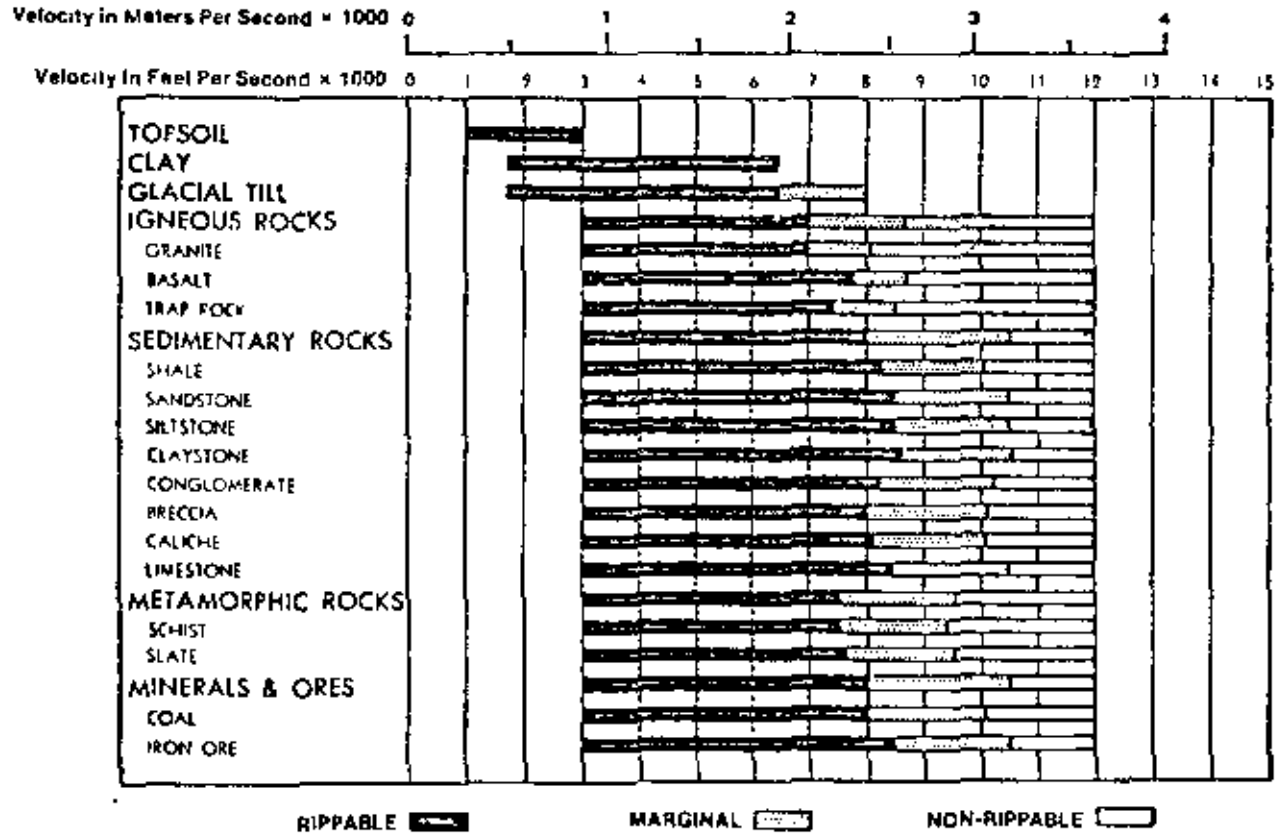
ATACABILIDAD:

Todo problema de movimiento de tierras, está condicionado esencialmente por la naturaleza del terreno por extraer, que determina entre otras cosas: el método de trabajo - por adoptar, el tipo de máquinas a emplear, el rendimiento de las máquinas elegidas, y por tanto, el precio del movimiento de tierras.

Desde el punto de vista de las posibilidades de extracción, se distinguen dos grandes categorías de terrenos: Los terrenos sueltos, y los rocosos. Los terrenos sueltos, son aquellos que pueden extraerse sin disgregación previa; los rocosos, deben sufrir antes de su extracción, una disgregación, realizada algunas veces mediante explosivos, y otras mediante la acción de mazas rompedoras. - A su vez, dentro de estas dos grandes categorías, se pueden establecer nuevas divisiones atendiendo a la consistencia y dureza del terreno.

En la literatura existente, se pueden encontrar diferentes clasificaciones de materiales en función de la mayor ó menor dificultad para excavarlos.

TYPICAL CHART OF
RIPPER PERFORMANCE AS RELATED TO
SEISMIC WAVE VELOCITIES



La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas por ejemplo contempla en sus Especificaciones -- Generales de Construcción la clasificación de los materiales para determinar la forma de pago.

En este sentido, se han realizado esfuerzos para tratar de definir de la mejor manera posible, la dificultad de extracción de los materiales, encontrándose que, a la fecha los mejores resultados se han logrado con la utilización de métodos geosísmicos que permiten elaborar gráficas de arabilidad como la que se muestra en la figura.

En otro orden de ideas, podemos señalar que la dificultad para excavar un material depende no solamente de su dureza, sino también de su formación estratigráfica, -- siendo las rocas en estratos gruesos y compactos más duros y difíciles de extraer, que las rocas que se encuentran en capas delgadas y fisurables.

MÉTODOS GEOSÍSMICOS PARA DETERMINAR LA ATACABILIDAD

Estos métodos, utilizan la velocidad de propagación de las ondas elásticas como parámetro característico de la naturaleza del terreno. Se llaman ondas elásticas o sísmicas, a aquellas que se transmiten cuando un punto del terreno sufre una sacudida.

Hay dos métodos: Método sísmico por reflexión, y método sísmico por refracción.

El primero, consiste en producir una sacudida en el suelo y medir el tiempo necesario para la propagación de la onda entre el punto en que ésta se ha producido y los captosres superficiales próximos a este punto, después de su reflexión entre dos capas del terreno de diferente naturaleza. Como captosres, se utilizan cierto número de sismógrafos.

Este método por reflexión, da resultados más exactos que el otro, pero exige que la sacudida se produzca a una profundidad considerable, siendo por tanto de utilidad en investigaciones petrolíferas; para estudios a pequeña profundidad, es más fácil el empleo del método sísmico por refracción, cuyo principio fundamental puede exponerse someramente como sigue:

Consideremos dos terrenos homogéneos horizontales separados por una superficie horizontal MN. Si se produce una sacudida en un punto O de la superficie, da lugar a un tren de ondas esféricas. Como en óptica, pueden considerarse rayos normales a las superficies de los puntos de ondas y que se propagan a una velocidad V_1 en el terreno superior de altura H, refractándose después en la línea de separación MN, y propagándose en el terreno inferior a una velocidad V_2 . Aquí, se hace la hipótesis de que V_2 , es superior a V_1 . Primeramente puede escribirse como en óptica:

$$\frac{\text{SEN } i_1}{\text{SEN } i_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

También como en óptica, hay un ángulo de incidencia límite tal que:

$$\text{SEN } i_0 = \frac{V_1}{V_2}, \text{ a partir del cual}$$

hay reflexión total, pero en este caso el fenómeno sísmico no obedece ya a las leyes de óptica, sino que parece que el rayo límite se desplazará en la superficie de contacto entre los dos medios, dando lugar en todos los puntos de ésta, a rayos en reflexión total como -- A'A, B'B, etc. Este fenómeno, demostrado por la experiencia, puede al parecer demostrarse matemáticamente.

Siendo así, el tiempo exigido por la onda directa para recorrer el trayecto $\overline{OA} = x$, es igual a:

$$t_1 = \frac{x}{v_1}$$

El tiempo invertido por el rayo que ha sufrido la reflexión total para recorrer el camino $\overline{OMA'A}$ vale:

$$t_2 = \frac{2\overline{OM}}{v_1} + \frac{\overline{MA'}}{v_2} = \frac{x}{v_2} + \frac{2H \cos i_0}{v_1}$$

Se comprueba que para:

$$x > 2H \sqrt{\frac{v_2 + v_1}{v_2 - v_1}} = x_0$$

Se tiene: $t_2 < t_1$

Es decir, que la onda refractada llega antes que la onda directa.

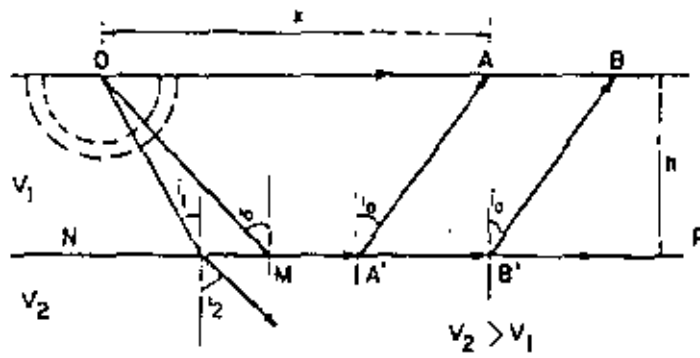
Para $x = x_0$ se tiene $t_1 = t_2$; de la relación precedente se obtiene:

$$H = \frac{x_0}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

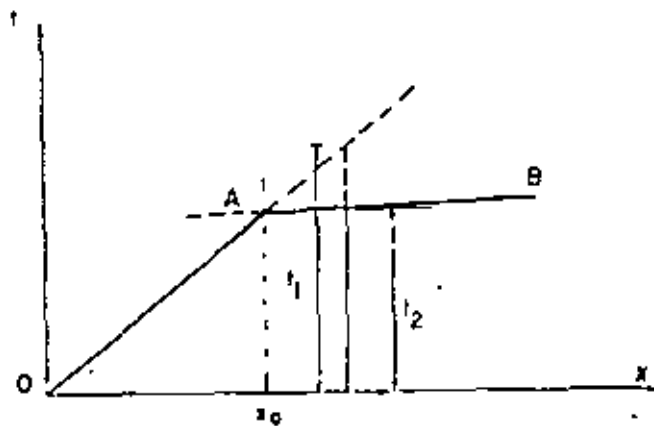
conociendo V_1 y V_2 y determinando experimentalmente x_0 , se puede obtener H .

Esta teoría, es aplicable a varias capas, entendiéndose que las velocidades de las diferentes capas crecen desde la superficie hacia abajo. El método operatorio, puede resumirse de la forma siguiente: Sobre una misma alineación, se dispone cierto número de sismógrafos y se provoca en un punto la perturbación inicial mediante una carga de explosivos. Se registran en una misma banda las ondas recibidas por los diferentes sismógrafos, así como el momento del impulso eléctrico que provoca la explosión para obtener el tiempo origen.

Se mide en los sismogramas el tiempo transcurrido hasta que el sismógrafo ha recibido la primera onda y se traza el gráfico de tiempos en función de las distancias de los sismógrafos a la perturbación inicial, gráfico que se aproxima mucho a una recta, ver figura anexa.



METODO SISMICO POR REFRACCION



GRAFICA DE LOS TIEMPOS DE PROPAGACION

La parte OA, corresponde para la primera onda a

$$\chi < \chi_0$$

La parte AB, corresponde para la primera onda percibida

a

$$\chi > \chi_0$$

Las dos curvas se cortan en A, que da χ_0 .

La pendiente de OA, da V_1

La pendiente de AB, da V_2

Se observa que las velocidades de propagación tienen - valores poco variables de un lugar a otro para una misma roca compacta, aumentando la velocidad con la profundidad.

ABUNDAMIENTO

Cuando un suelo se excava, acarrea y se coloca o cuando se fragmenta roca, sufre cambios considerables en su volumen. Debido a estos cambios es necesario especificar si el volumen se mide en estado natural, en estado suelto o en rellenos después de su colocación.

El volumen en banco, es el volumen del material medido "in situ", o sea en estado natural antes de su explotación. El volumen en estado suelto es el volumen del material después de que ha sido quitado de su estado natural y depositado en montones, camiones o escrepas. El volumen de relleno es el volumen del material después de que ha sido colocado y compactado.

El incremento del volumen del material debido a su explotación, se define como Abundamiento (A) y se expresa como porcentaje del volumen en banco. Los valores de abundamiento varían considerablemente para diferentes tipos de materiales. Para convertir los m^3 en banco a m^3 sueltos, la medida se aumenta en el porcentaje de Abundamiento.

$$A(\%) = \left[\frac{\text{Vol. Banco}}{\text{Vol. Suelto}} - 1 \right] 100$$

Debido a la dificultad de cuantificar los volúmenes en campo, se acostumbra obtener el Abundamiento en función de pesos volumétricos, que son de más fácil cuantificación. Dicho cálculo se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$A(\%) = \left[\frac{B-s}{s} \right] 100 = \left[\frac{B}{s} - 1 \right] 100$$

donde:

B = peso volumétrico en banco

s = peso volumétrico suelto

Ejemplo: Si tenemos un suelo con un peso volumétrico en banco de 1780 kg/m^3 y su peso volumétrico suelto es de 1630 kg/m^3 su abundamiento será de:

$$A(\%) = \left[\frac{1780}{1630} - 1 \right] 100 = 0.092 \times 100 = 9.2\%$$

FACTOR DE ABUNDAMIENTO

Por la dificultad de cubicar el material en banco, se acostumbra hacer la conversión en el papel, de m^3 sueltos que se están acarreado a m^3 en banco.

$$FA = \frac{1 \text{ m}^3 \text{ banco}}{1 \text{ m}^3 \text{ banco} + \% \text{ Abundamiento}}$$

ejemplo si el

abundamiento es del 25%

$$FA = \frac{1}{1 + 0.25} = \frac{1}{1.25} = 0.8 \text{ o } 80\%$$

REDUCCION VOLUMETRICA

Quando se coloca tierra en un relleno y se compacta con los métodos de construcción modernos, usualmente se tendrá un volumen menor que en su estado natural. Esta reducción en volumen es el resultado del incremento del peso volumétrico. Esta reducción del volumen a partir del volumen medido en banco se define como Reducción Volumétrica y se expresa como porcentaje de volumen original inalterado.

$$RV(\%) = \left[\frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en banco}} - 1 \right] \times 100$$

$$\text{Factor de Contracción (FC)} = \frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en banco}} \quad \text{ó}$$

$$\frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en m}^3 \text{ sueltos} \times FA}$$

$$\text{Porcentaje de Contracción } (\% C) = (1.00 - FC) \times 100$$

Debido a la dificultad de cuantificar los volúmenes en campo, se acostumbra obtener el coeficiente de Reducción Volumétrica en función de pesos volumétricos que son de más fácil cuantificación. Dicho cálculo se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$RV(\%) = \left[\frac{T - B}{T} \right] \cdot 100 = \left[1 - \frac{B}{T} \right] \cdot 100$$

donde:

T = peso volumétrico en terraplén

B = peso volumétrico en banco

Ejemplo : Si tenemos un suelo con un peso volumétrico en banco de 1630 kg/m^3 y su peso volumétrico en terraplén es de 1820 kg/m^3 su Reducción volumétrica será de:

$$RV(\%) = \left[1 - \frac{1630}{1820} \right] \cdot 100 = (0.1043) \cdot 100 = 10.43\%$$





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam

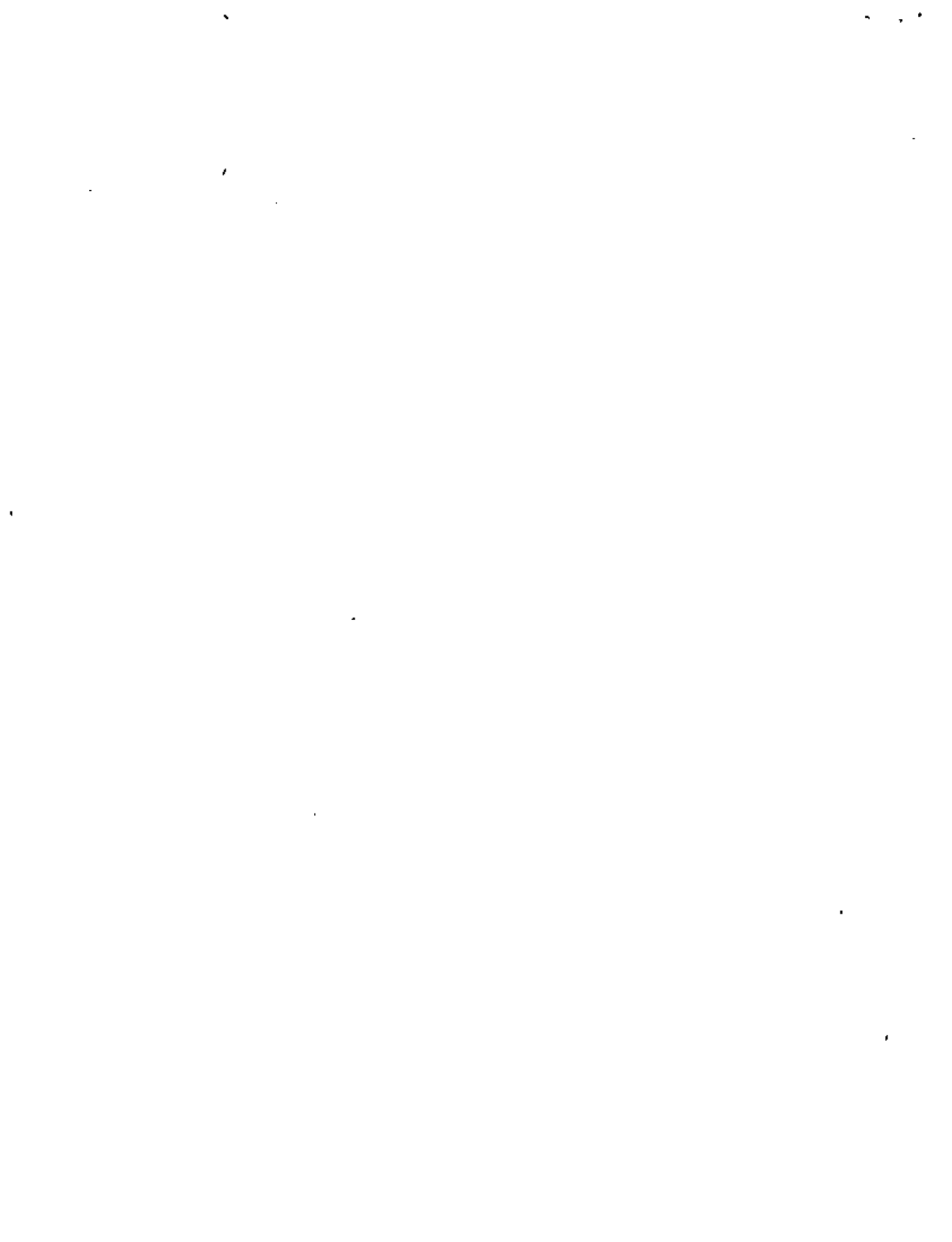


MOVIMIENTO DE TIERRAS: TERRACERIAS Y EXCAVACIONES

TALLER

ING. EMILIO GIL VALDIVIA

JUNIO, 1980



I N T R O D U C C I O N :

EL CASO GENERAL DE COSTOS.

EL CASO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

COSTO DIRECTO:

MATERIALES

OBRA DE MANO

MAQUINARIA.

COSTO HORARIO

VIDA ECONOMICA

RENDIMIENTO

COSTOS INDIRECTOS

ACTUALIZACION DE PRECIOS.



CASO GENERAL

COSTO = COSTO DIRECTO + COSTO INDIRECTO + UTILIDAD.

MATERIALES. DIRECTOS
(Materia prima, envases, etc.)

MATERIALES INDIRECTOS (AUXILIARES)
Obra de mano (proceso, administr. etc.)
Maquinaria.
Instalaciones (locales, oficinas, etc.)
Otros gastos Administrativos (papelería,
gas, luz, etc.)
Transportes
Financiamientos.
Publicidad, Mercadotecnia
Impuestos.
Etc.

CASO PARTICULAR DE LA CONSTRUCCION

COSTO = COSTO DIRECTO + COSTO INDIRECTO + UTILIDAD.

Materiales, M. O. y
Maquinaria que se pueden
identificar con un pro--
ducto.

Todos los gastos que por no poderse identifi
car con un solo producto deben prorratearse
a toda la obra y algunos a varias obras.

12.1. DEFINICION Y CONSIDERACIONES GENERALES

El costo de una unidad de obra se define como la suma de los costos parciales de cada uno de los elementos que intervienen en la realización de la obra unitaria; es decir, la suma de:

- Costo de los materiales.
- Costo de la obra de mano.
- Costo de la maquinaria y equipo.
- Costos derivados de otras partidas no involucradas, pero que incurren en el costo final.

$$\text{Costo} = \Sigma \text{costos parciales}$$

En nuestro país existe una Ley de Inspección de Contratos y Obras Públicas y Reglamento de Normas de Contratación y Ejecución de Obras Públicas. En Artículo 10 de la citada Ley, se especifica que los contratos deben formularse a base en precios unitarios. El precio unitario se basa en la unidad de obra, con unidad de medición y pago, e incluye el costo directo, el costo indirecto y la utilidad.

12.2 COSTOS HORARIOS DE LA MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION

Para el cargo por maquinaria y equipo en un costo de una unidad de obra, se fija el costo horario de la máquina en función de su vida económica y esta depende de la maquinaria en sí y de varios factores que influyen en ella; puesto que de máquina a máquina, de operador a operador, de lugar de trabajo a lugar de trabajo y del mantenimiento adecuado que se le dé dependerá su mayor o menor tiempo de *vida económica*.

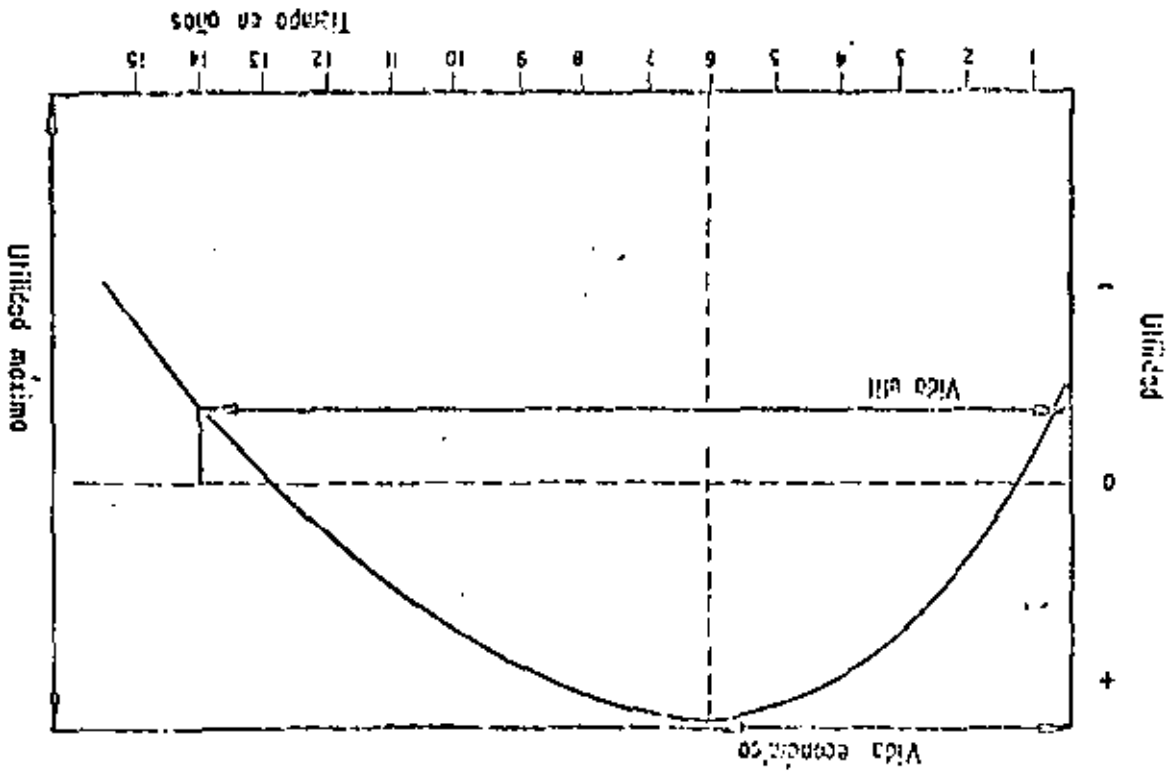
De datos estadísticos, cuyos valores han sido tomados de la experiencia de muchas compañías constructoras, se publicó el Libro Amarillo de la Asociación General de Contratistas de los Estados Unidos de América, libro que sirvió de base para que la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción de México, publicara el suyo, aportando experiencias y consideraciones de nuestro medio. Asimismo, algunas Secretarías y Dependencias oficiales han reunido datos estadísticos que les sirven de norma para la fijación de la vida económica de la maquinaria y equipo en los trabajos que llevan a cabo.

Los plazos que se establecen para la duración de la vida económica se apoyan en promedios de los valores obtenidos de la experiencia de otras personas, agrupaciones o Entidades, que han reunido información y que nos muestran índices estadísticos. Si el dueño de la maquinaria no tiene control e información directa y no lleva sus propias estadísticas de acuerdo con las condiciones en que trabaja, puede estar alejado de su realidad.

El costo directo de una máquina comprende:

- Mercado del equipo usado que fija el valor de rescate.
- Mantenimiento y reparación.
- Número de años de uso.
- Número de horas empleadas por año.
- Condiciones de trabajo.
- Valor de adquisición de la máquina.

12.2.1. Factores que influyen el costo horario.—De acuerdo con las bases y finca-
 mientos que se precisan en la Ley de Obras Públicas, los factores que afectan
 el costo horario de una máquina o equipo, son:



Representando una gráfica:

La Ley de Obras Públicas define la
 económica de la máquina, como el tiempo
 en el cual la máquina produce trabajo
 el mantenimiento adecuado.

(5)

Cargos Fijos: Depreciación, inversión, seguro, almacenamiento y reparación.

Cargos variables: Combustibles, lubricantes, llantas, gastos de operación.

(6)

1.3.1.1.- LA VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO.

El "Catálogo" de cargos fijos de la maquinaria de construcción ed. 1979, consigna cifras producto de la experiencia de nuestros constructores; las expresa en horas y sus valores son de los órdenes que muestran los ejemplos de la TABLA .

EJEMPLOS DE VIDA ECONOMICA DE MAQUINARIAS PARA CONSTRUCCION.	
(Del "Catálogo de Cargos Fijos de la Maquinaria", C.SIC, abril 1979).	
CIFRAS BAJAS	
Bombas de sumidero	2,200
Compactadores Neumáticos ("bailarinas")	2,800
Resoladoras para concreto, motor gasolina, 3 1/2 A 55	2,800
Carcenas para concreto	3,200
CIFRAS ALTAS	
Compresor estacionario de aire, baja presión, motor eléctrico, 60 a 2,100 cfm	14,000
Grúas hidráulicas, autopropulsadas, diesel o gasolina ("patos") 20 a 45 Ton.	14,400
Planta mezcladora central de concreto	15,300
CIFRAS TIPICAS	
Tractores de oruga, s, diesel, servo-trans. o convertidor de torsión,	
20 a 50 HP al volante	4,000
60 a 150 HP al volante	7,000
160 y más HP AL VOLANTE	9,000

12.3. CARGOS FIJOS

- 12.3.1. Cargo por depreciación.—Es el que resulta por la disminución del valor original de la maquinaria como consecuencia de su uso y desgaste durante el tiempo de su vida económica. El método que se emplea para determinarlo es el lineal en función de las horas que se tomen como vida económica. De ello, resulta:

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$

En donde:

D = Cargo por depreciación.

V_a = Valor inicial de la máquina.

V_r = Valor de rescate.

V_e = Vida económica de la máquina en horas de trabajo.

- 12.3.2. Cargo por inversión.—Es el cargo que resulta por los intereses del capital invertido en la maquinaria. Según los lineamientos generales relativos, la integración de los precios unitarios, para la contratación de obras públicas, se tiene para este cargo:

$$I = \frac{(V_a + V_r)}{2 H_a} i$$

En la que i, representa la tasa de interés anual, expresada como fracción.

H_a, representa el número de horas efectivas trabajadas por el equipo durante el año.

- 12.3.3. Cargo por seguro.—Es el cargo que cubre los riesgos a que quede estar sometida la maquinaria y se expresa:

$$S = \frac{(V_a + V_r)}{2 H_a} s$$

En donde:

S = Cargo anual por seguro.

s = Prima anual, expresada como fracción.

12.3.4. Cargo por almacenamiento.--Es el que resulta por el cuidado, vigilancia y previsión de la maquinaria en los periodos inactivos y durante su vida económica, se representa:

$$A = K_a \cdot D$$

En donde:

A = Cargo por almacenamiento.

K_a = Coeficiente estimado de los costos que resulten y que se relacionen con el cargo de depreciación D.

12.3.5. Cargo por mantenimiento y reparación.--Es el que se genera de las erogaciones para conservar la maquinaria en buenas condiciones, con el objeto de mantener en ellas, durante su vida económica, un rendimiento normal. Se distinguen dos tipos: mantenimiento menor y mantenimiento mayor. El primero se lleva a cabo en el lugar mismo de trabajo, es continuo y comprende ajustes menores, pequeños cambios de partes y repuestos, cambios de aceite, cambios de filtros, lubricación, etc. El segundo, que sólo puede efectuarse en talleres especializados y requieren suspensión de trabajo, incluyen: ajuste del motor, de la transmisión, cambios de repuestos grandes como flechas y baleros, tránsito del equipo, etc. En ambos casos intervienen el valor de las partes o repuestos y el de la obra de mano. Este cargo está representado por:

$$T = Q \cdot D$$

En donde Q = coeficiente variable, dependiente del tipo de maquinaria y de las características del trabajo. Su valor se deduce de datos estadísticos, propios o ajenos. Incluye el mantenimiento mayor y el menor, y está íntimamente relacionado con el cargo de depreciación.

12.4. CARGOS VARIABLES

12.4.1. Cargo por combustible.--Es el gasto derivado del consumo necesario de gasolina, diesel o electricidad --según el caso--, para que las máquinas puedan desempeñar su trabajo. Está representado por:

$$E = C P_c$$

En donde:

C = cantidad de combustible consumida por hora efectiva de trabajo en lit/hr.

P_c = Precio del combustible por litro.

12.4.2. Cargo por lubricantes.--Está representado por:

$$L = a \cdot P \dots$$

y se deriva de las erogaciones por consumo y cambios periódicos de aceite realizados en la máquina.

a = representa la cantidad en litros de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo, de acuerdo con las condiciones medias de operación. Se determina por la capacidad del recipiente, los tiempos entre cambios sucesivos de aceite, la potencia del motor, el factor de operación de la máquina y un coeficiente fijado por la experiencia; así como de consumos diarios que se presenten.

Pl = Precio de los aceites

12.4.3. Cargo por llantas. - Si para el cálculo de la depreciación se dedujo del valor de adquisición el de las llantas; este cargo se calculará como sigue:

$$Ll = \frac{VII}{Hv}$$

donde:

Ll = Cargo horario por llantas, en hora efectiva de trabajo.

VII = Valor de adquisición de las llantas.

Hv = vida económica de las llantas, en horas. Si, como sucede en algunos casos, se calcula el valor de Ll en función del recorrido por la máquina en una hora, entonces Hv se toma en kilómetros.

12.4.4. Cargo por operación. - Este cargo se deriva de los salarios y bonificaciones que se pagan al operador de la máquina, a los ayudantes y peones que intervienen exclusivamente en la operación de la máquina, y se representa por:

$$Op = \frac{So}{H}$$

Donde:

Op. = Cargo horario por operación.

So = Salario por turno de personal que opera la máquina, e involucra todas las prestaciones del salario base.

H = Horas efectivas, dentro del turno de operación de la máquina.

12.5. EJEMPLO DE CALCULO

En el cuadro siguiente se glosa todo lo relativo al costo horario de una máquina, mediante un ejemplo numérico.

1.1.2.- RENDIMIENTO Y COSTO

(11)

El segundo elemento indispensable para determinar el costo de los trabajos por concepto de mano de obra, una vez precisada la erogación - correspondiente al tiempo que los trabajadores dedican, es la cantidad de obra que producen en ese tiempo; o su inversa: la cantidad de tiempo que invierten para producir un número dado de unidades de obra.

Las relaciones que interesa cuantificar son:

$$\text{COSTO/UNIDAD DE OBRA} = \frac{\text{Costo de Mano de obra/}}{\text{Unidad de tiempo}} \div \frac{\text{Unidades de Obra producidas/}}{\text{Unidad de Tiempo}}$$

o bien

$$\text{COSTO/UNIDAD DE OBRA} = \frac{\text{Costo de Mano de Obra/}}{\text{Unidad de tiempo}} \text{ POR } \frac{\text{Núm. de Unidades de Tiempo/}}{\text{Unidad de Obra.}}$$

ejemplificando:

$$\text{COSTO EXCAVACION/M3} = \frac{\$ 2,870/\text{Jornada Cuadrilla}}{30 \text{ M3/ Jornada Cuadrilla}} = \$ 95.70/\text{M3.}$$

o bien

$$= \$ 2,870/\text{JC} \times 0.033 \text{ JC/M3} = \$ 95.70/\text{M3.}$$

12.7. RENDIMIENTO DEL EQUIPO

Toda máquina debe llenar las condiciones fundamentales para la que fue diseñada. Su adquisición y selección debe ser consecuencia del estudio de necesidades que tengamos; además, debe apoyarse en la experiencia de hombres que las han trabajado.

El éxito o fracaso en la operación de las máquinas depende de la correcta aplicación que se les dé dentro del trabajo que han de realizar. Para obtener de ellas máximo rendimiento, deben conocerse sus características, así como la forma de aplicarlas, conocer sus capacidades, y de la continua selección de los factores que pueden influir en el rendimiento de una máquina (físicos, mecánicos y humanos--), es aprovecharlas en su más alto rendimiento. De igual modo, y para obtener buen rendimiento, el equipo con que se cuenta debe ser adaptado a las necesidades del trabajo. La capacidad o el rendimiento teórico de toda máquina o equipo se ve afectado por los dos factores siguientes:

- Coeficiente de eficacia.
- Coeficiente de utilización.

12.7.1. Coeficiente de eficacia. El valor del coeficiente de eficacia de las máquinas es función de varios factores.

- a) Imposibilidad de ser operada en forma continua y a velocidad máxima constante.
- b) Tiempos destinados a engrase y al abastecimiento de combustible.
- c) Tiempos variables, según el equipo, empleados en la revisión de partes pequeñas: tornillos, bandas, cables, etc.
- d) La fatiga del operador.

(13)

De estos factores se desprende que el tiempo de operación nunca es de 60 minutos, sino que varía entre 50 y 40; de ahí que el coeficiente de eficacia óptimo, será:

$$C_o = \frac{50 \text{ min.}}{60 \text{ min.}} = 0.83$$

y el coeficiente de eficacia normal:

$$C_n = \frac{40 \text{ min.}}{60 \text{ min.}} = 0.66$$

12.7.2. Coeficiente de utilización. Este coeficiente es función de las condiciones del trabajo y de la organización de la obra. En la tabla siguiente se listan sus valores.

TABLA 48

Condiciones del trabajo	Organización de la Obra			
	Excelente	Buena	Mediana	Mala
Excelentes	0.84	0.81	0.78	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

Los valores anotados explican las diferencias de rendimiento y justifican la definición del coeficiente de utilización del equipo.

Este coeficiente depende únicamente de las condiciones del trabajo y de la organización; es decir que depende del trabajo, de quien lo organiza, de quien lo vigila y del mantenimiento del equipo. En detalle, pueden mencionarse como puntos determinantes de este coeficiente, los siguientes:

Por las condiciones del trabajo

- Naturaleza del terreno.
- Condiciones del suelo y condiciones meteorológicas: terreno seco y drenado, terreno húmedo y mal drenado, clima cálido, frío, lluvia, vientos.
- Topografía y tamaño de la obra, accesibilidad, acarreos, dificultad de maniobras, etc.
- El ritmo de trabajo obligado, por tener un tiempo mínimo impuesto en la realización de la obra.

- Experiencia del personal y del manejo del trabajo.
- La selección, cuidado y mantenimiento del equipo.
- La concepción, la ejecución, la dirección y la coordinación de todas las operaciones que afectan el rendimiento.

12.7.3. Relación de coeficientes. En el cuadro siguiente se relacionan los coeficientes de eficiencia y de utilización de las máquinas.

TABLA 49

	Organización de la Obra			
	Excelente	Buena	Mediana	Mala
Coefficiente de utilización de la máquina	0.83 0.66	0.83 0.66	0.83 0.66	0.83 0.66
Condiciones del trabajo:				
Excelentes	0.70 0.56	0.67 0.53	0.63 0.50	0.58 0.46
Buenas	0.65 0.52	0.62 0.50	0.59 0.47	0.54 0.43
Medianas	0.60 0.48	0.57 0.46	0.54 0.43	0.50 0.40
Malas	0.52 0.42	0.51 0.40	0.47 0.38	0.43 0.35

Como puede apreciarse, el cuadro anterior da valores de rendimiento que van de 0.35 a 0.70. Sólo la experiencia y el conocimiento de las condiciones en las que ha de realizarse la obra nos podrá ubicar en el punto exacto del trabajo y en el valor de los coeficientes.

El analista, para determinar rendimientos, puede utilizar alguno de los tres métodos siguientes:

- a).- El Inductivo. En este método se aprovechan los datos derivados de la experiencia de trabajos similares; datos que pueden modificarse a sentimiento para emplearlos en la obra por presentarse.

- b).- El Deductivo. En este método no se toma en cuenta la experiencia. En él, sólo se interpretan los lineamientos técnicos señalados en los manuales, y el analista se sujeta a las normas relativas.

- c).- El Integrativo. Este método, el más recomendable, porque auna la técnica con la experiencia.

Como corolario, puede afirmarse que el analista de precios, que no tenga experiencia en trabajos de construcción, difícilmente podrá interpretar en forma clara y debida los lineamientos que se señalan en los manuales técnicos; y menos podrá fijar la producción de una máquina para cada caso particular que se presente.

En la determinación de los precios unitarios no debe olvidarse que existe una estrecha correlación entre el equipo y el sistema constructivo; por ello, encontrar el punto óptimo en el rendimiento de las diferentes máquinas que operan en un trabajo bajo el sistema constructivo seleccionado, es poder determinar el precio mínimo dentro de las especificaciones normativas.

12.8.- COSTOS UNITARIOS

(16)

12.8.1.- Definiciones.- El costo de una unidad de trabajo es el resultado de dividir el total gastado entre la correspondiente obra - producida. De esta definición se deriva la importancia de conocer el rendimiento real en la operación del equipo, para poder así valorar debidamente, tanto el presupuesto relativo como el número de máquinas necesarias para llevar a cabo, dentro del tiempo que se fije, la realización de la obra. Así mismo, el costo unitario de una obra determinada debe ser fiel reflejo de lo que para ella se especifique. Para estar dentro de esta especificación debe tomarse en cuenta lo que en ella se establece en cuanto a definición, ejecución, medición y base para el pago.

2.- COSTOS INDIRECTOS.

Se acostumbra denominar así a los gastos generales producidos por la necesidad de una organización técnica y administrativa que haga posible a la empresa realizar las obras y trabajos que constituyen su producción.

Son erogaciones reales, inmediatas o diferidas, que en la contabilidad de la empresa están consignadas en partidas y cifras concretas; para efecto de análisis y operación de costos, es costumbre evaluarlas y relacionar su importe global con el Costo Directo, expresándolas como un factor o como un porcentaje de este último.

La coordinación en la empresa entre el área contable que fundamentalmente registra y clasifica, y el área de costos que estima, evalúa, presupone, debe partir de un objetivo conocimiento, por parte de cada una, de los criterios y metas de la obra.

La rutina de tratar los indirectos como un factor, propicia una no muy clara identificación de estos por parte del analista y, lo que es igualmente delicado, por parte del área de producción.

Debe tenerse la idea muy presente de que son erogaciones, tan reales y efectivas como las que constituyen los Directos, que gravan los costos de las obras y los resultados de la empresa y que, sólo por razones de facilidad de cálculo, se conviene en expresar mediante su relación con los importes de los Costos Directos; pero que deben ser evaluadas e identificadas tan precisamente como estos últimos.

Tabla 8 ENUMERACION DE LOS GASTOS GENERALES MAS FRECUENTES DE LA CALPIFSA CONSTRUCTORA.

	Admin. Central	Admin. de Obra
	X De posible aplicación	-- No aplicables
9.3.1. Honorarios, sueldos y prestaciones.		
1. Personal directivo	X	--
2. Personal técnico	X	X
3. Personal administrativo	X	X
4. Personal en tránsito	--	X
5. Cuota patronal de Seguro Social e impuesto adicional sobre remuneraciones pagadas para ítems 1 a 4	X	X
6. Pasajes y viáticos	X	X
7. Consultores y Asesores	X	--
8. Estudios e investigaciones	X	--
9.3.2. Depreciación, mantenimiento y rentas.		
1. Edificios y locales	X	X
2. Campamentos	--	X
3. Talleres	--	X
4. Bodegas	--	X
5. Instalaciones generales	--	X
6. Muebles y enseres	X	X
9.3.3. Servicios		
1. Depreciación o renta y operación y vehículos	X	X
2. Laboratorio de campo	--	X
9.3.4. Fletes y Acarreos.		
1. De campamentos	--	X
2. De equipo de construcción	--	X
3. De plantas y elementos para instalaciones	--	X
4. De mobiliario	--	X
9.3.5. Gastos de Oficina.		
1. Papelería y útiles de escritorio	X	X
2. Correos, telégrafos, telegramos, radio	X	X
3. Situación de fondos	--	X
4. Copias y duplicados	X	X
5. Luz, gas y otros consumos	X	X
6. Gastos de concursos	X	--
9.3.6. Fianzas y Financiamientos.		
1. Primas por fianzas.	X	--
2. Intereses por financiamientos.	X	--
9.3.7. Trabajos previos y auxiliares.		
1. Construcción y conservación de caminos de acceso	--	X
2. Montajes y desmantelamientos de equipo, cuando así proceda	--	X

Fuente: "Bases y Normas Generales para la Contratación y Ejecución de las Obras Públicas" México 1970.

(19)

4.5.- CARGOS POR UTILIDAD

La utilidad quedará representada por un porcentaje sobre la suma de los cargos directos más indirectos de dicho concepto.

Dentro de este cargo queda incluido el Impuesto Sobre la Renta que por Ley debe pagar el contratista.

La utilidad neta, real, que queda a la empresa después de tomar en cuenta todas las erogaciones correspondientes a costos directos e indirectos; después de impuestos, es la que le permite cumplir con su función que implica en el campo de lo económico y en el campo de lo social, supervivencia y mejoramiento; continuidad y desarrollo.

10.- ACTUALIZACION DE PRECIOS.

29

Las variaciones de los costos que sirven de base para la integración de los precios de las obras, hicieron que la Cámara solicitara y obtuviera del Sector Público la inclusión en los contratos de obra, de una cláusula de ajuste que permitiera la actualización de los precios.

Las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y del Patrimonio Nacional giraron con fecha 3 de septiembre de 1975 circular a "Dependencias del Gobierno Federal, Organismos Descentralizados y Empresas de Participación Estatal que realizan obra pública", en la que se autoriza -- aplicar la Cláusula de Ajuste cuyo texto conocen ya los constructores -- pero que se cita aquí con carácter de memorándum:

PRIMERA.- Cuando los costos que sirvieron de base para calcular los precios unitarios del presente contrato, hayan sufrido variaciones -- originadas en incrementos en los precios de materiales, salarios, equipos y demás factores que integren dichos costos que impliquen un aumento superior al 5% de valor total de la obra aun no ejecutada y amparada por este contrato, el CONTRATISTA podrá solicitar por escrito a la DEPENDENCIA el ajuste de los precios unitarios proporcionando los elementos justificativos de su dicho.

Con base en la solicitud que presente el CONTRATISTA, la DEPENDENCIA llevará a cabo los estudios necesarios para determinar la procedencia de la petición, en la inteligencia de que dicha solicitud sólo se rá considerada cuando los conceptos de obra que sean fundamentales estén realizándose conforme al programa de trabajo vigente en la fecha de la solicitud, es decir, que no exista en ellos, demora imputable al CONTRATISTA.

(2)

De considerar procedente la petición del CONTRATISTA, después de haber evaluado los razonamientos y elementos probatorios que éste haya -- presentado, la DEPENDENCIA ajustará los precios unitarios, los aplicará a los conceptos de obra que conforme a programa se ejecuten a partir de la fecha de presentación de la solicitud del CONTRATISTA e informará a la Secretaría del Patrimonio Nacional los términos de dicho ajuste.

Si los costos que sirvieron de base para calcular los precios -- unitarios del presente contrato han sufrido variaciones originadas en disminución de los precios de materiales, salarios, equipos y demás factores que integran dichos costos, que impliquen una reducción superior al 5% -- del valor de la obra aun no ejecutada, el contratista acepta que la DEPENdencia, oyéndolo, para lo cual le concederá un plazo de 30 días a fin de que manifieste lo que a su derecho convenga, ajuste los precios unitarios como corresponda. Los nuevos precios se aplicarán a la obra que se ejecute a partir de la fecha de la notificación. La DEPENDENCIA informará - en su oportunidad a la Secretaría del Patrimonio Nacional los términos -- del ajuste.

Diversos mecanismos de aplicación de esta cláusula han sido establecidos por las Dependencias Organismos y Empresas; la Cámara propugna de manera permanente la unificación de procedimientos, y publicará en breve proposiciones concretas y resultados de estudios tendientes a esa finalidad. El material que aquí se presenta es un adelanto de esos trabajos.

10.2.- METODOS APROXIMADOS.

La calificación de aproximados se refiere a que se utilizan en ellos parámetros promedio que reflejan características, también promedio, de determinado tipo de obra.

Los ejemplos de la TABLA 15 ilustran lo anterior. La determinación de los incrementos de costo, I, requiere que las partes contratantes convengan en aceptar una fuente autorizada que proporcione los índices de variación; los componentes de estos índices y las proporciones en que intervienen, se fijarían también de común acuerdo con base en análisis de las obras del tipo de que se trata.

10.3.- METODOS EXACTOS.

Los mismos criterios que se enuncian en la Cláusula de Ajuste pueden ser seguidos de manera estricta para tomar en cuenta cuando así resulta necesario y factible, todos los elementos que contribuyen en la variación del precio.

10.3.1.- AJUSTE PRECIO POR PRECIO.

Los análisis de precios unitarios de un contrato o de un tabulador pueden ser recalculados uno a uno conservando rendimientos y factores originales y reemplazando los costos de salarios, materiales, equipo, que hayan sufrido variación.

En el caso particular de la actualización de tabuladores es de especial importancia, dada la aplicación general que se hace de los mismos, mantener sin modificación los parámetros. La aplicación de porcentajes globales de incremento distorsiona los tabuladores ya que las modificaciones de costos afectan diferencialmente a los diversos precios tabulados.

Rehacer análisis de contratos o de tabuladores precio por precio es procedimiento lento y sujeto a múltiples posibilidades de error. Aún cuando se empleen procedimientos computarizados, la mera actualización es laboriosa, y siendo tan numerosas las cifras sobre las cuales hay que tomar decisión, los acuerdos y aceptaciones consumen lapsos prolongados y se producen frecuentes situaciones conflictivas.

10.3.2.- AJUSTE GLOBAL DE LA OBRA POR EJECUTAR.

También tomando en cuenta la totalidad de las variables involucradas, la estructura de costos de la obra, todos los insumos y sus respectivas variaciones de costo, más aplicación de los mismos en el tiempo y las condiciones de avance de la obra, se pueden calcular en forma sistemática actualizaciones en los términos precisos que establece la Cláusula de Ajuste vigente para los contratos de obra pública.

Se considera preferible no modificar los precios originalmente convenidos sino continuar su aplicación en todas las estimaciones parciales, preparando estimaciones bis o adicionales que detallen los ajustes correspondientes a lo largo del desarrollo de la obra.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS; EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

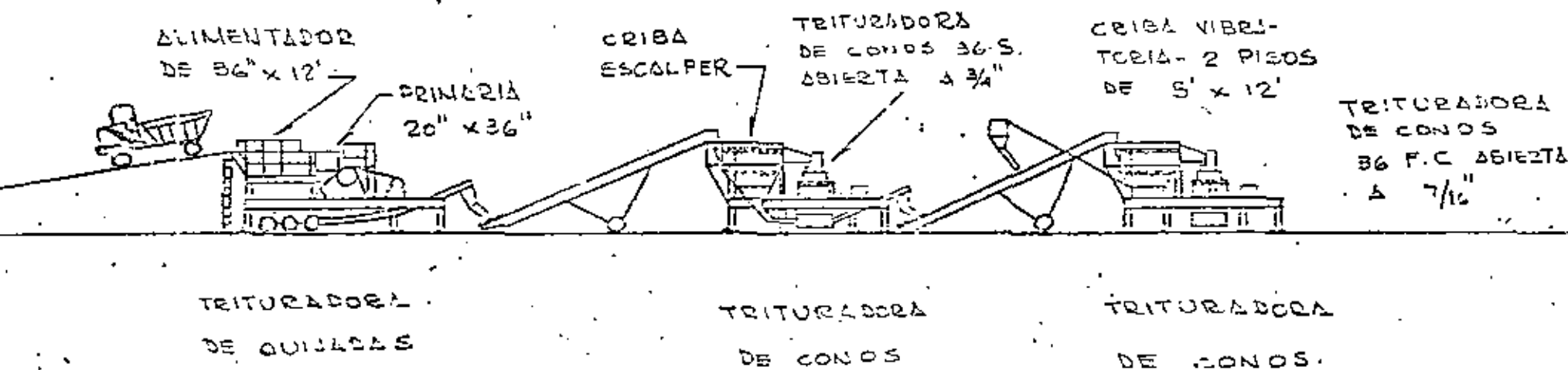
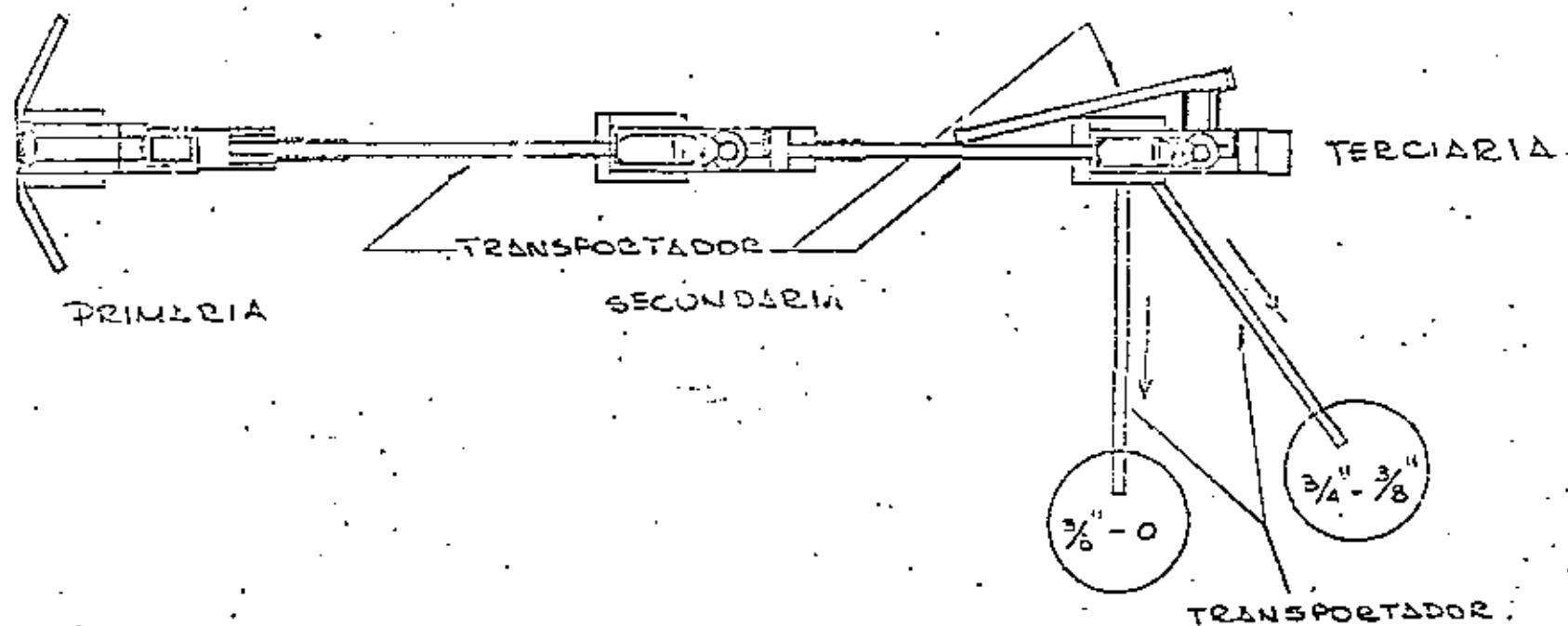
CONTROL

ING. JOSE CARREÑO ROMANI

JUNIO, 1980



INSTALACION PORTATIL



PRODUCCION REAL ESPERADA

90 TON. CORTAS.

$$\begin{aligned}
 90 \text{ Ton. C.} &= 0,454 \times 2000 \times 90 \\
 &= 81720 \text{ kg} \\
 &= 81,72 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

a) HORARIA :

$$P_h = \frac{81,72 \text{ ton/hr.}}{1,5 \text{ ton/m}^3} \times 0,70 = 38 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

b) MENSUAL :

$$\begin{aligned}
 P_m &= 38 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}} \times 15,5 \frac{\text{Hr}}{\text{Dfa}} \times 25 \frac{\text{Día}}{\text{Mes}} = \\
 &= 14725 \text{ M}^3/\text{mes}
 \end{aligned}$$

c) DIARIA :

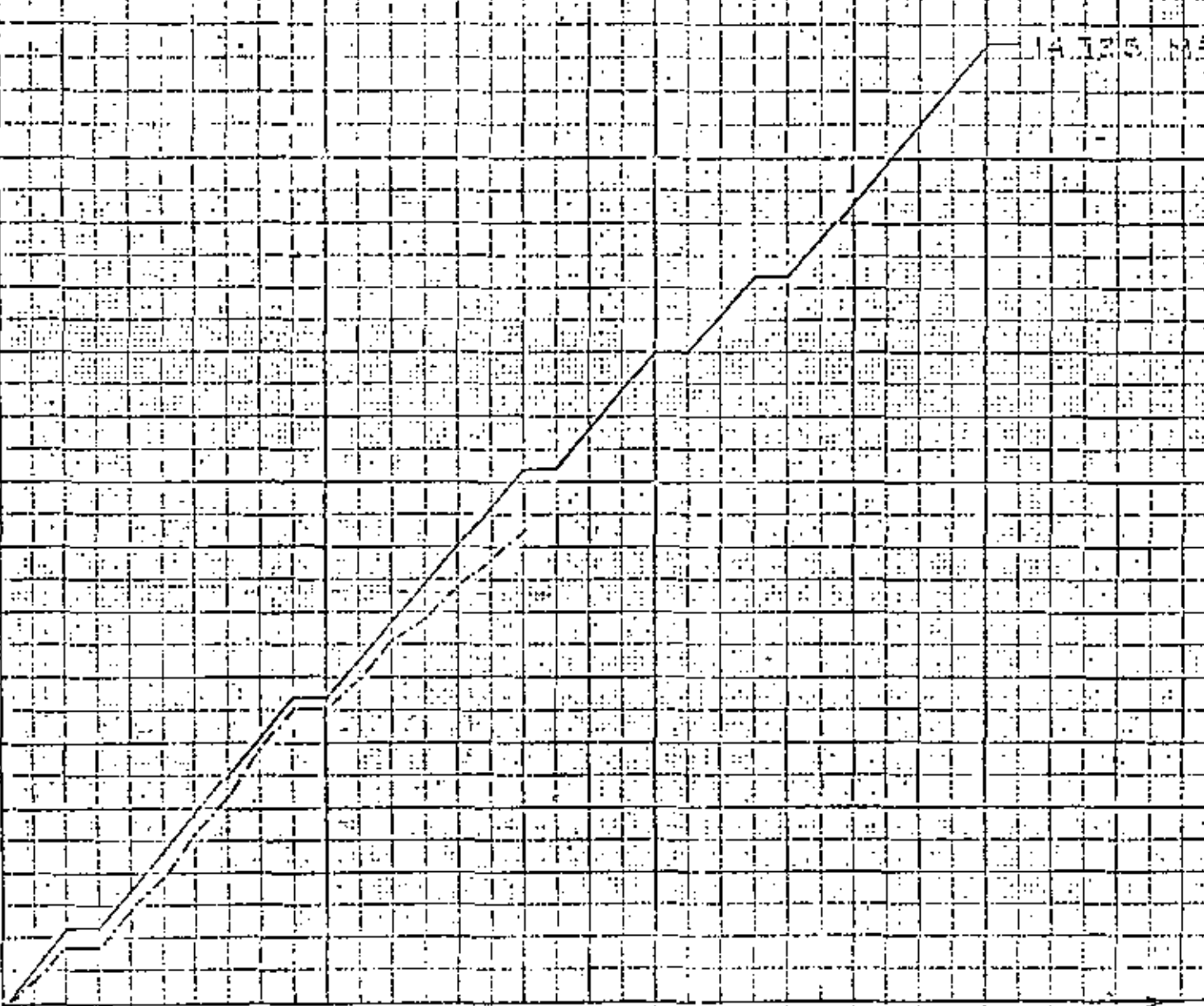
$$P_d = \frac{14725 \text{ M}^3/\text{mes}}{25 \text{ Día/mes}} = 589 \text{ M}^3/\text{día}$$

MATERIALS LABORATORY

NES: M0270-3.4

Reduction

5.00
4.50
4.00
3.50
3.00
2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00



4.75

D/20 (mm)
NES

②

INFORME DIARIO DE PRODUCCION DE AGREGADOS

OBRA : 28

FECHA: VIER. -15-III-74

TIEMPO TEORICO OPERACION : 15:30 HRS.

TIEMPO REAL DE OPERACION : 7:20 HRS.

NUMERO DE DEMORAS : 8

EFICIENCIA : 47.5 %

PRODUCCION REAL : 400 M³

CAUSA DE DEMORAS	HORAS PERDIDAS	% EFIC. PERDIDA
FALTA DE MATERIAL	0:30	3.2 %
PIEDRAS ATORADAS	2:00	12.9
REPARACION PLANTA LUZ	1:10	7.5
REPARACION TRIPLE	1:30	9.7
SOLDANDO MALLA	1:10	7.5
FALTA ENERGIA ELECT.	0:35	3.7
REPARACION CRIBA	0:40	4.3
FALTA DE MATERIAL	0:35	3.7
TOTAL	8:10	52.5 %

INFORME DE PRODUCCION SEMANAL

OBRA : 28

PERIODO DEL : 11-III-74 AL 16-III-74

PRODUCCION ESPERADA : 3534 M³

PRODUCCION OBTENIDA : 2600 M³

EFICIENCIA : 51.2 %

DIAS	PRODUCCION EN M ³	% EFICIENCIA
LUNES	500 M ³	59.0 %
MARTES	525	62.0
MIERCOLES	300	35.5
JUEVES	425	50.2
VIERNES	400	47.4
SABADO	450	53.1
TOTAL	2600 M ³	51.2 %

CAUSA DE DEMORES	% HRS. PERDIDAS
FALTA DE MATERIAL	2.1
PIEDRAS ATORADAS	23.1
REPARACION PLANTA DE LUZ	5.2
REPARACION TRIPLE	6.1
SOLDANDO MALLA	5.2
FALTA ENERGIA ELECT	1.4
REPARACION CRIBA	1.8
REPARACION VIBRADOR	3.5
REPARACION MOTOR	0.4
	47.8



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TALLER

ING. FELIPE LOO GOMEZ

JUNIO, 1980



P A R T E I

A PARTIR DE LOS DATOS GENERALES DE UN -
TRACTOR DB Y DE UNA MOTOESCREPA TS-14B,
DETERMINE LOS COSTOS HORARIOS.



MOTOESCREPA MARCA TEREX TS-14B DE 14 yd³

- a) Costo total de la máquina \$ 5'519,241.00
- b) Valor de las llantas
4 X \$ 77,175.49 308,701.96
- c) Vida económica: 12000 Hr
2000 Hr/año
- d) Valor de rescate 15%
- e) Intereses 14%
- f) Seguros 2%
- g) Almacenaje 1%
- h) Mantenimiento 0 = 0.8
- i) Vida económica llantas = 2800 Hr.
- j) 2 Motores diesel de 144 HP cada uno
- k) Diesel \$ 0.65/L
- l) Capacidad del cárter 14.4 L/cada motor
Cambios cada 100 horas
Aceite = \$ 10.50/L (motor)
- m) Mecanismos hidráulicos
Aceite = \$ 12.00/L 0.3 Litro/Hora
- n) Grasa = 12.00/kg 0.15 Kilo/Hora
- o) Operador
Salario base \$ 166.90
Factor de salario 1.5986
Horas por turno 5

Formulario para el análisis del costo directo hora-máquina.

CONSTRUCTORA: _____	Máquina: _____ Modelo: _____ Datos Adic.: _____	Hoja No. _____ Cálculo: _____ Revisó: _____ Fecha: _____
OBRAS: _____		

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ _____	Fecha colocación: _____
Equipos adicionales: _____	Vida económica (Ve): _____ años
_____	Horas por año (Ha): _____ hr/año
Valor inicial (Vi): \$ _____	Motor: _____ cc _____ HP
Valor residual (Vr): _____ % = \$ _____	Factor operación: _____
Tasa interés (i): _____ %	Potencia operación: _____ HP op
Prima seguros (s): _____ %	Coefficiente eficiencia (e): _____
	Factor mantenimiento (G): _____

I- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	$D = \frac{V_o - V_r}{V_e}$	= _____	= \$ _____
b) Inversión:	$I = \frac{V_o + V_r}{2 Ha}$	= _____	= \$ _____
c) Seguros:	$S = \frac{V_o + V_r}{2 Ha}$	= _____	= \$ _____
d) Almacenaje:	A = KD	= _____	= \$ _____
e) Mantenimiento:	M = QD	= _____	= \$ _____

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ _____

II- CONSUMOS.

a) Combustible: E = w P _c			
Diesel: E = 0.20 x _____ HP op x \$ _____ /ll.			= \$ _____
Gasolina: E = 0.24 x _____ HP op x \$ _____ /ll.			= \$ _____
b) Otras fuentes de energía: _____			= \$ _____
c) Lubricantes: L = 0 P _l			
Capacidad cárter: E = _____ litros			
Cambios aceite: t = _____ horas			
w = C/t = $\begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$ x _____ HP op = _____ ll/hr.			
L = _____ ll/hr x \$ _____ /ll			= \$ _____
d) Llantas: $L = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas)			
Vida económica: Hv = _____ horas			
L = _____ \$ /horas			= \$ _____

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ _____

III- OPERACION.

Salarios: S	
operador: \$ _____	

Sal/tiempo-prom: \$ _____	
Horas/turno-prom: (H)	
H = H horas x _____ (factor rendimiento) = _____ horas	
Operaciones Op = $\frac{S}{H}$ = \$ _____ /horas	

SUMA OPERACION POR HORA \$ _____

COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD) \$ _____

CONSTRUCTORA: _____ _____ OBRA: _____	Máquina: _____ Modelo: _____ Datos Adic.: _____	Hoja No. _____ Calculo: _____ Revisó: _____ Fecha: _____
---	---	---

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ _____ Equipo adicional: _____ Valor inicial (Vo): \$ _____ Valor rescate (Vr): _____ % = } _____ Tasa interés (i): _____ % Prima seguros (s): _____ %	Fecha colocación: _____ Vida económica (Ve): _____ años Horas por año (Ha): _____ hr/año Motor: _____ de _____ HP Factor operación: _____ Potencia operación: _____ HP Coeficiente almacenaje (K): _____ Factor mantenimiento (Q): _____
---	---

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:	D = $\frac{V_o - V_r}{V_e}$	= _____	x \$ _____	= \$ _____
b) Inversión:	I = $\frac{V_o + V_r}{2 H_a}$	= _____	x _____	= _____
c) Seguros:	S = $\frac{V_o + V_r}{2 H_a}$	x _____	x _____	= _____
d) Almacenaje:	A = KD	x _____	x _____	= _____
e) Mantenimiento:	M = QD	x _____	x _____	= _____

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ _____

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: E = a Pc	Diesel: E = 0.20 x _____ HP. op. x \$ _____ /ll.	x \$ _____	= \$ _____
	Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x \$ _____ /ll.	x _____	= _____
b) Otras fuentes de energía:	_____ = _____		
c) Lubricantes: L = a Pc	Capacidad cárter: C = _____ litros	Cambios aceite: f = _____ horas	a = $\frac{C}{f} + \frac{0.0035}{0.0030}$ x _____ lit/op. = _____ ll/hr
	∴ L = _____ ll/M x \$ _____ /ll.		
d) Montajes: LI = $\frac{V_{ll} \text{ (valor montajes)}}{H_v \text{ (vida económica)}}$	Vida económica: H _v = _____ horas	∴ LI = _____ \$ / hora	

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ _____

III.- OPERACION.

Salarios: S	operador: \$ _____	_____	_____
Sal/turno-prom: \$ _____	Horas/turno-prom: (H)	H = B horas x _____ (factor rendimiento) = _____ horas	
∴ Operación: O = $\frac{S}{H}$		= _____ \$ / hora	

SUMA OPERACION POR HORA \$ _____

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMO) \$ _____

P A R T E II

A partir de los datos del proyecto geométrico (perfil y curva masa), analice los rendimientos de un sistema: TRACTOR EMPUJABLE MOTODESCREPAS, con el propósito de determinar los costos unitarios directos de excavación y acarreos.

- Se usaran: Tractor D8
- Motodescargas TS-11B
- Transitara sobre un camino sin revestir debiendo considerar los siguientes factores:

Resistencia por pendiente = $10 \text{ Kg} \times \text{Ton.} \times 1\%$

Resistencia al rodamiento { $15 \text{ Kg} \times \text{Ton.} \times 2.5 \text{ cm. penetración.}$

 { $20 \text{ Kg} \times \text{Ton. (deformaciones internas).}$

Coefficiente de Tracción = 0.45

Peso de la máquina en las ruedas motrices = 55%

FACTOR DE VELOCIDAD = 0.65

EFICIENCIA = 35 Min/Hora.

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR = 800 M.

TIEMPOS FIJOS = 1.5 Min.

- El material a emplear en el camino es un limo arcilloso cuyas características son:

- PESO VOLUMETRICO EN BANCO = 1640 Kg/m³.
- PESO VOLUMETRICO SUELTO = 1260 Kg/m³.
- PESO VOLUMETRICO MAXIMO = 1890 Kg/m³.
- HUMEDAD OPTIMA = 18%
- HUMEDAD NATURAL = 10%

- Los terraplenes se compactarán al 90% de su peso volumetrico máximo.

- En general los terraplenes se construirán con el producto de las excavaciones, de acuerdo con el diagrama de masas, excepto los indicados con (A) y (B), para cuyos casos se tiene lo siguiente:

PRESTAMO (A).- Ubicado en una franja de 20 m paralela al eje del camino, a una distancia de 40 a 60 m., medida transversalmente desde el eje del camino.

PRESTAMO (B).- Ubicado en una área de 200 X 200 m., a 520 m de centro de extensión a centro del tipo.

P R E G U N T A S :

- 1.- TIEMPO DEL CICLO OPTIMO
- 2.- TIEMPO DEL CICLO MAS DESFAVORABLE
- 3.- SELECCION DEL RENDIMIENTO PARA ESTABLECER EL COSTO POR ACARREO (M³-11m)
- 4.- EQUIPO REQUERIDO PARA REALIZAR ESTE TRABAJO (EXCAVACION Y ACARREO), EN 90 DIAS HABILÉS - CON TURNOS DE 8 HORAS.

BOWL

Two identical and interchangeable hydraulic cylinders are used to operate the scraper bowl. The bowl cylinders are connected to the bowl through levers and linkage.

Bowl cylinder bore and stroke9.17" x 18.22" (232.8 mm x 462.8 mm)

APRON

Full floating type with large opening for easy ejection. The apron cylinder is connected to the apron by a 1/2" cable 14' long.

Apron cylinder bore and stroke9.17" x 24.97" (232.9 mm x 634.2 mm)

EJECTION

Positive roll-out type ejection actuated by a single acting hydraulic cylinder. Apron and ejector cylinders are identical.

Ejector cylinder bore and stroke9.17" x 24.97" (232.9 mm x 634.2 mm)

HYDRAULIC SYSTEM

Hydraulic system is full flow filtered and has one reservoir with one tandem pump for steering and scraper controls.

Scraper Bowl Control Pump

Type Gear
Drive Gear
Capacity @ 2100 RPM 82 GPM (198.0 liters/min)
@ 1800 psi 1500 psi (105.5 kg/cm²)

System Pressure @ 1500 RPM 1500 psi (105.5 kg/cm²)

SERVICE DATA

	U. S. Gal.	(Lit.)
Water cooling system	10 gals.	(39.7)
Fuel tank	80 gals.	(302.8)
Crankcase (dry fill)	3.8 gals.	(14.4)
Transmission and Converter	8 gals.	(27.2)
Drive Axle	4.6 gals.	(17.4)

DIMENSIONS

Wheelbase—Drive to Scraper Axle	23'- 2"	(7061 mm)
Length—Overall	39'- 7"	(12060 mm)
Width—Overall	11'- 3 1/2"	(3442 mm)
Height—Max.	10'- 4"	(3150 mm)
Apron Opening	8'-10 1/2"	(2696 mm)
Width of Cutting Edge	9'- 8 1/2"	(2908 mm)
Width of Cut	9'-10"	(2997 mm)
Depth of Cut (Max)	1'- 2"	(356 mm)
Depth of Spread (Max)	2'- 4"	(711 mm)
Clearance—Under Drive Axle	1'-11"	(584 mm)

Clearance—Under Bowl 1'-11" (584 mm)

Non-Stop 180° Turning Width for

vehicle clearance 33'- 0" (10068 mm)

WEIGHTS

NET WEIGHT DISTRIBUTION

		kg.
Drive Axle	55.2%	29,175 lbs. (13234)
Scraper Axle	44.8%	23,626 lbs. (10713)
Total		52,800 lbs. (23950)

PAYLOAD 47,000 lbs. (21315)

GROSS WEIGHT DISTRIBUTION

Drive Axle	49.6%	45,503 lbs. (20642)
Scraper Axle	50.4%	50,147 lbs. (22737)
Total		95,650 lbs. (43269)

STANDARD EQUIPMENT

(Tractor and Scraper)

Dry T-Type Air Cleaners, Full Flow Hydraulic Filtration, Engine Oil Pressure Gauges, Engine Temperature Gauges, Converter Oil Temperature Gauges, Clutch Pressure Gauges, Ammeter, Air Restriction Gauges, Meters, Maintenance and Test Manuals.

Tractor Only: Tachometer, Hourmeter, Air Pressure Gauge, Air Horn, Air Suspension Seat.

Scraper Only: MUDMUD Differential.

NOTE: Standard equipment conforms to SAE Code J185 Access Egress.

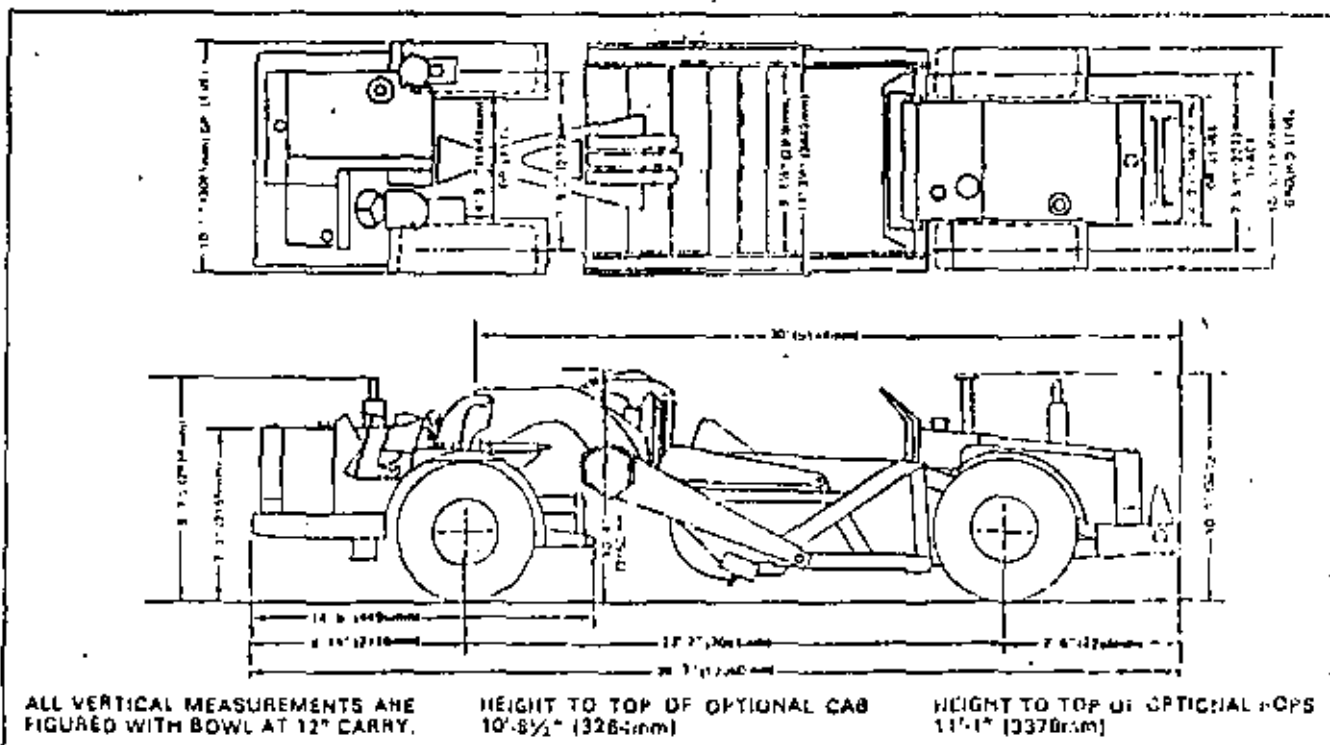
OPTIONAL EQUIPMENT

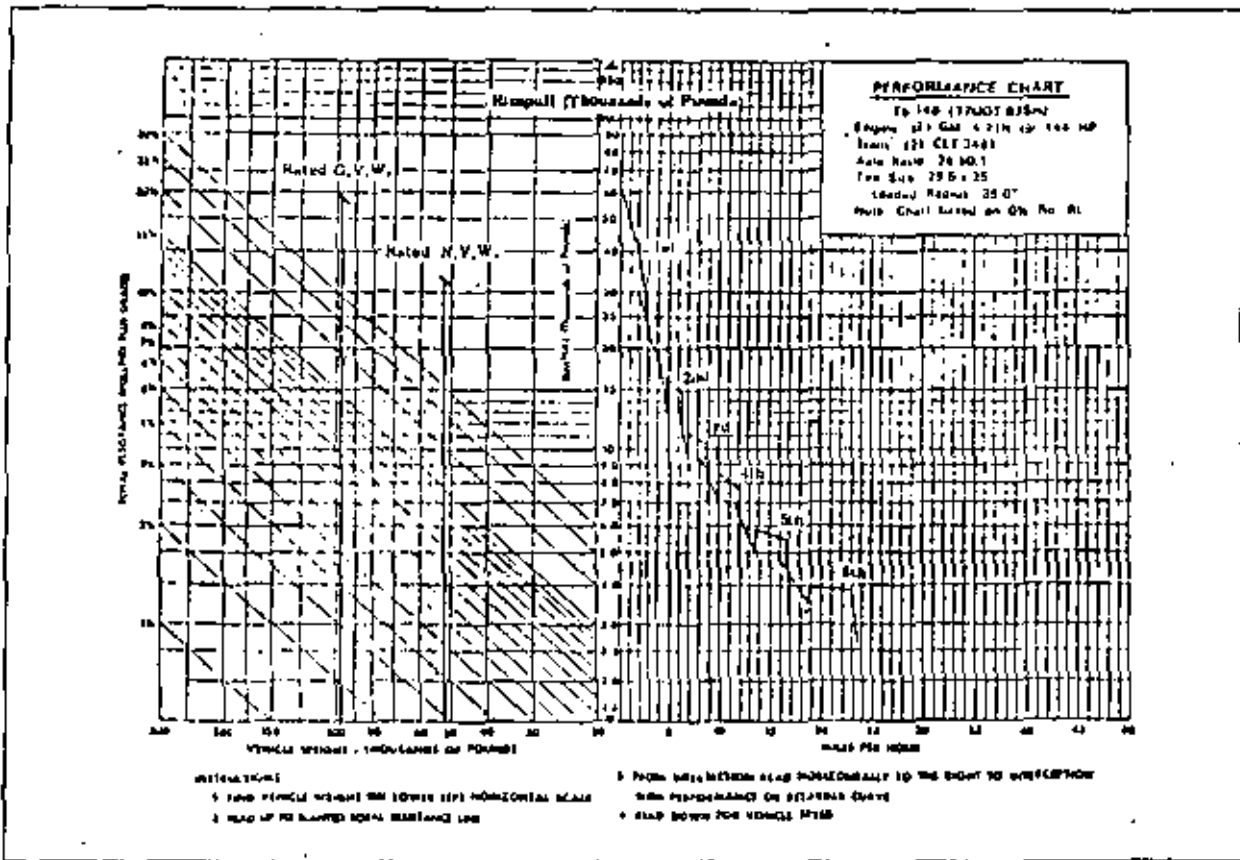
OPTIONS TO HELP USER COMPLY WITH OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ACT, Emergency and Parking Brake System (SAE J318B) Includes Individual Tractor Wheel Brake Control, Fenders, Full Width Tractor and Scraper (SAE J212) Includes Steps and Grab Handles (SAE J185), Canopy, Roll-Over Protective Structure (SAE J320A) with its own optional Cab Seat Belt (SAE J386), Reverse Alarm (SAE J384).

OTHER OPTIONS: Security Kit, Brake Drum Guards, Cab, Windshield and Wiper, Cab Defroster and Heater, Canopy, Buson, Nonunion Seat, Cold Start Kit, Twin Hitch, Roller Push Block, Severe Application Kit, Heavy Duty Side Cutters, Spillguard Extension, Downshift Inhibitor, 25.5x26 XRD Inflation Tires, Apron Cable Roller.

CONVERSION CHART

1 mile	= 1.609 kilometers	1 U.S. Gal.	= 3.785 liters
1 foot	= 30.48 centimeters	1 coolant	= 2.2 lbs. (approx.)
1 inch	= 2.54 centimeters	1 lb.	= 4.536 kilograms
1 sq. ft.	= 0.929 sq. meters	1 sq. in.	= 6.452 sq. centimeters
1 U.S. Gal.	= 8.33 imp. gals.	1 cu. ft.	= 0.133 cu. meters
1 U.S. Gal.	= 3.785 liters	1 cu. yd.	= 7.646 cu. meters
1 diesel fuel	= 7.3 lbs. (approx.)	1 cu. yd.	= 0.765 cu. meters



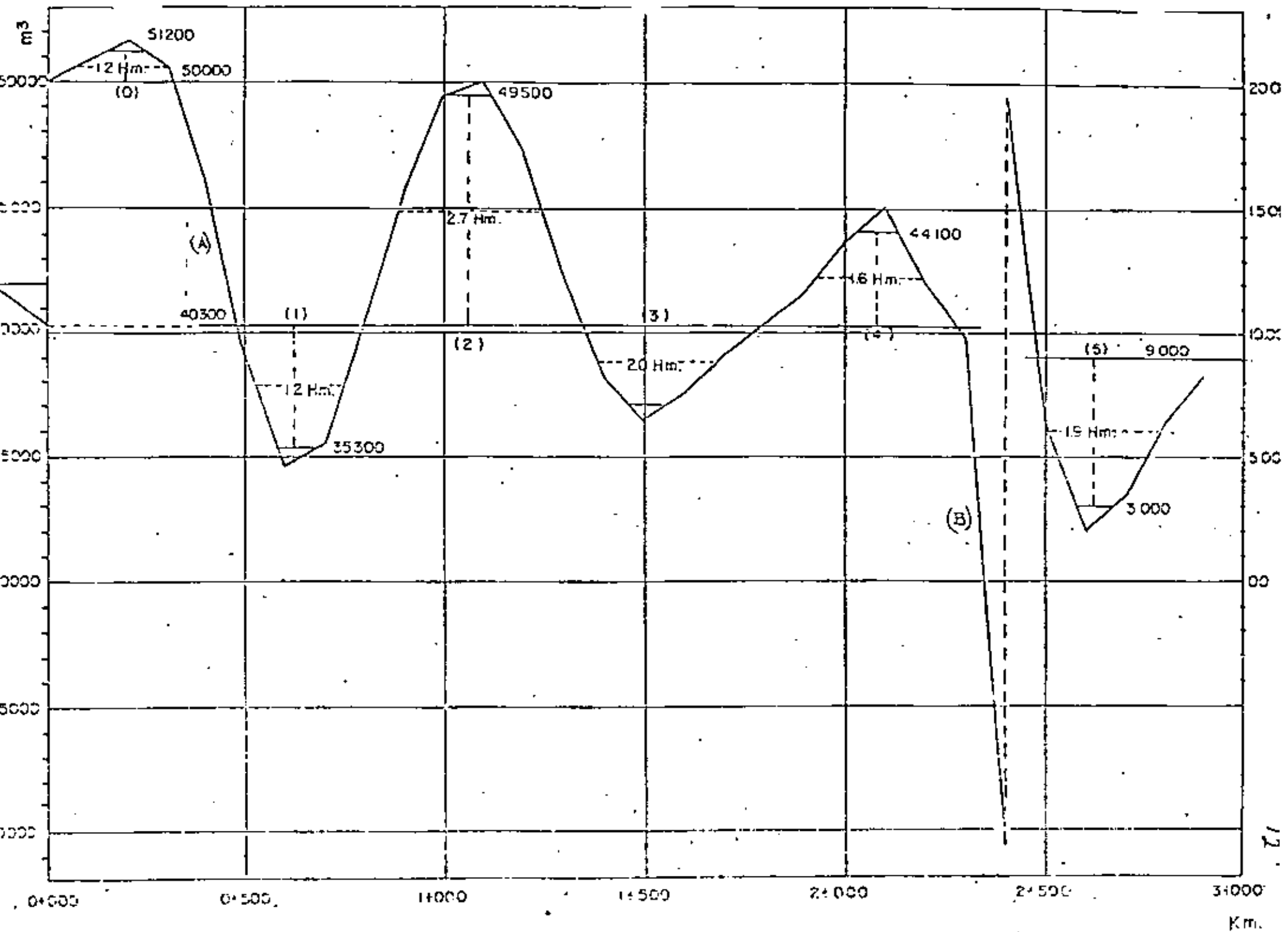


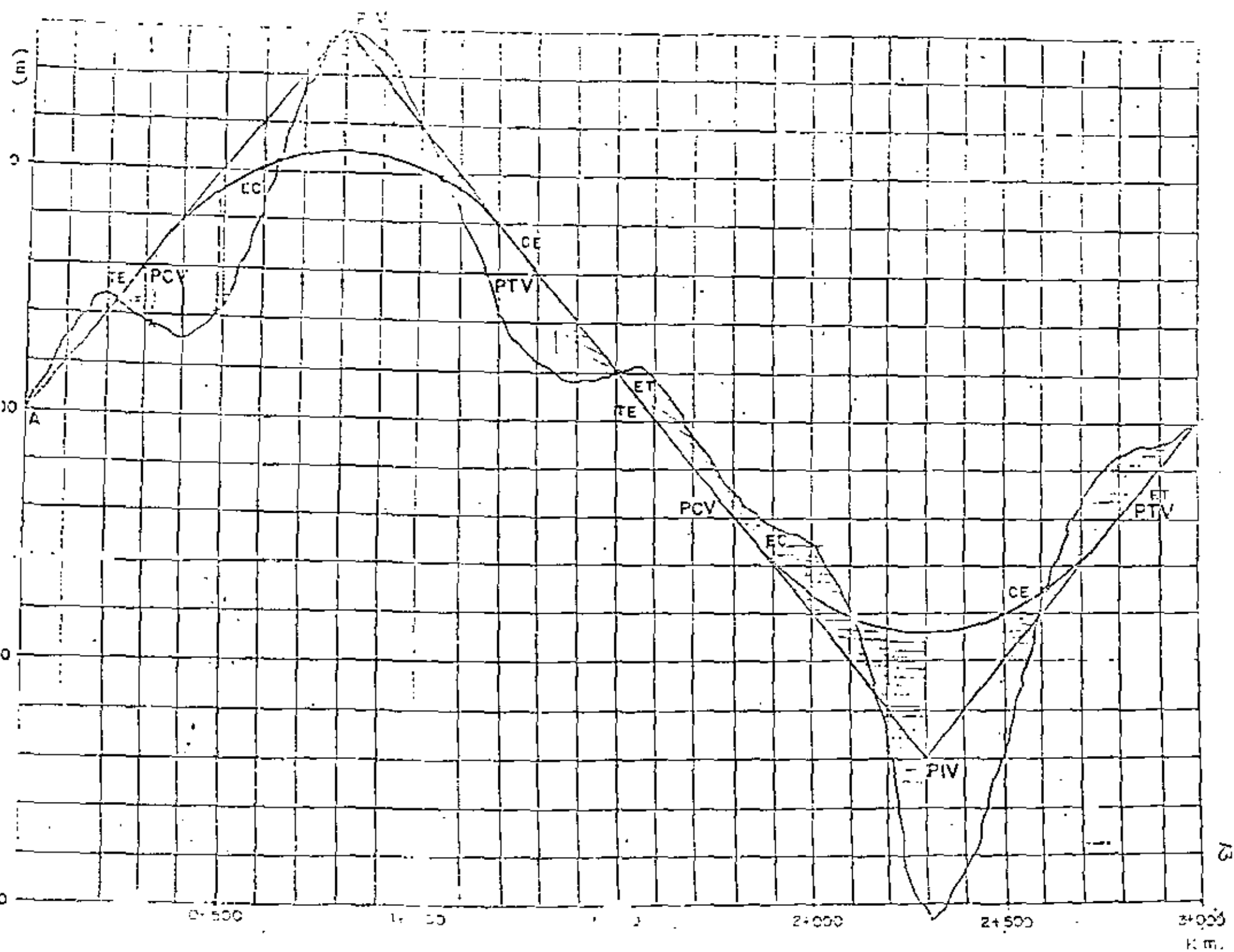
TEREX, Division of General Motors, Hudson, Ohio, U.S.A. 44236
 General Motors Scotland Limited, Lanarkshire, Scotland
 Diesel Division, General Motors of Canada Limited, London, Ontario

12.00

SCRAPERS TEREX
 Reproductions Distributed by Equipment Guide-Book Company, Palo Alto, California 94303

EGPG-50







How to speed your scraper runs

THE OWNERS of earthmoving scrapers know how difficult it is to keep these costly machines working 100% of the time. But few realize that the stoppages add up to serious production loss because few have taken the trouble to chart them. That is why so much interest has been stirred up by a stop-watch study of scrapers reported by researchers J.P. Clements and R.J. Dillman of the U.S. Federal Highway Administration.

The study shows that if you get 69% of full production during good-weather days, you are just matching the average of 11 representative U.S. highway construction contractors whose operations were analyzed.

The 43 scrapers they ran included sizes from 16 to 41 m³ payload capacity. The types were single-engine, twin-engine, elevating and push-pull.

Of the 31% of lost production, nearly half (13%) was due to minor delays (under 15 min). These delays occurred continually on all projects, and though there were many causes nearly half the total lost time was due to waits for the push-loading tractor to connect. The other 18% of lost time was for major delays (over 15 min); here the two chief causes were job shut downs and repairs.

What researchers found

Here are further overall findings.

missed or transferred caused major delays.

Providing Some Answers

The Federal Highway Administration report also draws these conclusions:

- Ripping of hard-packed dry soil as well as rocky material importantly reduces scraper loading time. Ripping also lessens strain and wear.

- Follow the manufacturer's suggestions and always load downhill if it is feasible; it speeds loading and saves energy. Also load in the direction of the haul-out, to eliminate turning with loads. Load in the haul-out direction even when the load path is slightly or moderately uphill. But never load on *too steep* an upgrade. Use judgement here.

- Always wait for the pusher before starting to load, whether with a single-engine or a twin-engine scraper. This saves scraper strain. The operator's wait time can be spent making quick inspection, filling out reports, reading instructions—things that otherwise would take up his productive time.

If you can, have a fulltime supervisor in the loading pit. He can more than earn his wages by eliminating delay and confusion, and by foreseeing trouble in time to prevent it.

Having a supervisor on the grade also can improve job efficiency.

- The best pusher-scraper balance for top production doesn't always mean lowest production cost. Try to minimize both pusher waits and scraper waits.

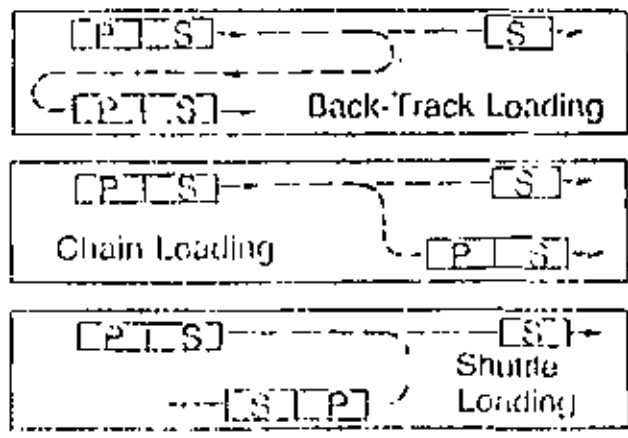
- The quantity of supervisory and managerial personnel is an important intangible factor in achieving high scraper production. Lack of good work planning, poor communications between supervisors and operators, and availability of skilled, trained operators have a very adverse effect.

World Construction adds a footnote to these findings by observing that even some of the largest and most successful U.S. earthmoving contractors admit they could get higher efficiency out of their scraper fleets. The common practice of assuming a 50-min production hour when estimating job costs reflects an attitude of fatalism in the battle to achieve near-100% productivity.

The better earthmoving firms consistently produce 10 to 20% more from their scrapers—a margin far exceeding traditional profit margins. They do it by providing superior management at all levels, by attracting better operators and directing them more closely, by keeping equipment fleets modern, and by requiring "all-out" good maintenance.

As one contractor expressed it, "Our scrapers are mechanical marvels, but they are only as good as we are." □

The detailed report this review is based upon is available, on request, from the Federal Highway Administration, Region 15, Demonstration Projects Division, 1000 North Glebe Road, Arlington, Virginia, 22201 U.S.A. Ask for report DP-PC-920.



P - Pusher S - Scraper

LOADING METHODS: The back-track method of push-loading was the most commonly observed and offered the advantage of always being able to load in the direction of the haul. Chain-loading was occasionally combined with the back-track method when excavation was conducted in a long cut. It was the most economical method to use when possible, but cut areas were usually limited in length. Shuttle loading was the method least frequently observed. In this instance, one pusher served two separate scraper fleets—each hauling in the opposite direction. In most instances, however, hauling was limited from one cut area to one fill area and favored back-track loading.

Causes of Pusher Minor Delays

Minor Delay	Percent of Minor Delay Time	Percent of Minor Delay Time (WFS Delay Excluded)
Wait for scraper (WFS)	85.0	—
Ripping and trimming	3.4	22.8
Personnel inefficiencies	3.0	20.1
Pusher maintenance and repair	2.4	16.3
Maintain cut area	1.4	9.3
Supervisory instructions	1.2	7.8
Personal (Drink water, etc.)	1.2	7.7
Scraper or pusher stuck while loading	0.9	6.0
Traffic (contractor and public)	0.5	3.4
Change sites	0.3	2.1
Maneuver into position	0.3	1.9
Start late-quit early	0.3	1.9
Change operators	0.1	0.7
TOTAL:	100.0	100.0

MINOR DELAYS were classified as those delays of less than 15 minutes duration, but they accounted for nearly half of all production delay time and were considered most avoidable. The "wait for scraper" delays accounted for most of the lost time.

How do they match your own experience?

- Push-loading time was about the same for twin-engine as for single-engine scrapers. The rear engine of the twin scraper seemed to be of little help during loading because of pusher uplift on rear tires, lessening traction.

- Tandem pushers shortened loading time to 0.70 min, compared with 0.82 min average for single-engine scrapers.

- At the dumping site, scrapers cycled faster and ran less chance of getting stuck if they dumped *before* turning around. By doing this, scrapers also spread more evenly, lessening the effort required to lay out and compact the material.

- Single-engine scrapers dumped more slowly than twin-engine machines. Bigger scrapers took longer to dump than smaller ones.

- Turning was faster on fills (0.21 min average) than in the loading pits (0.30 min) because of less congested conditions. Also, in the cut the operators tended to slow down because they anticipated waiting for the pusher.

- On the haul roads twin-engine scrapers traveled faster than singles, but size of scraper made no difference.

- The time required to accelerate to and decelerate from top haul speed was important in measuring cycle time, particularly on short runs.

- The well-known influence of haul road smoothness, hardness and

grades was again proved, but without precise data on the range of conditions observed.

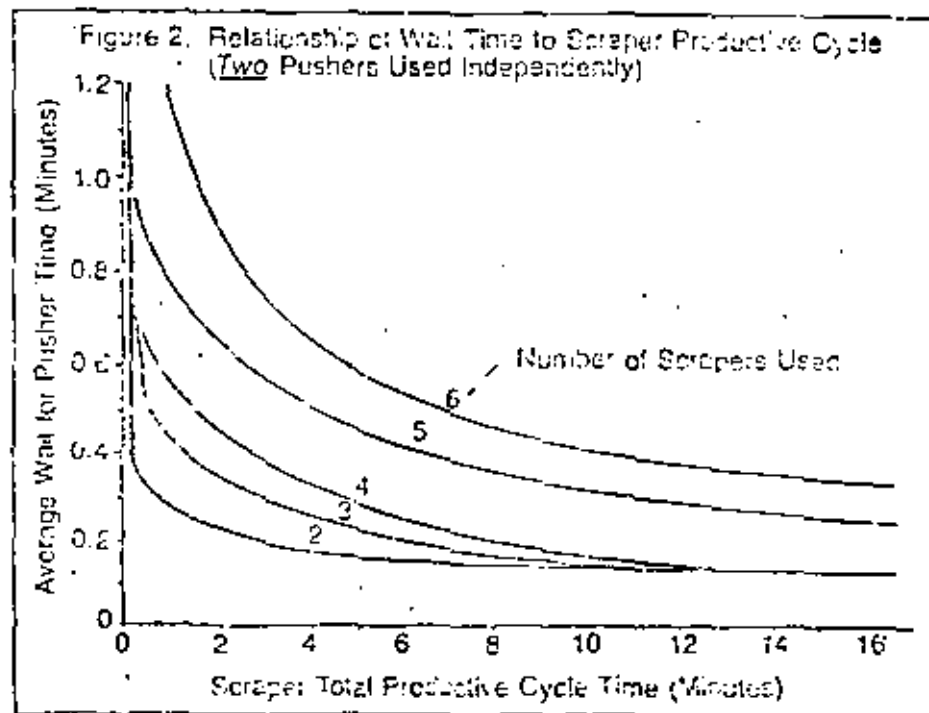
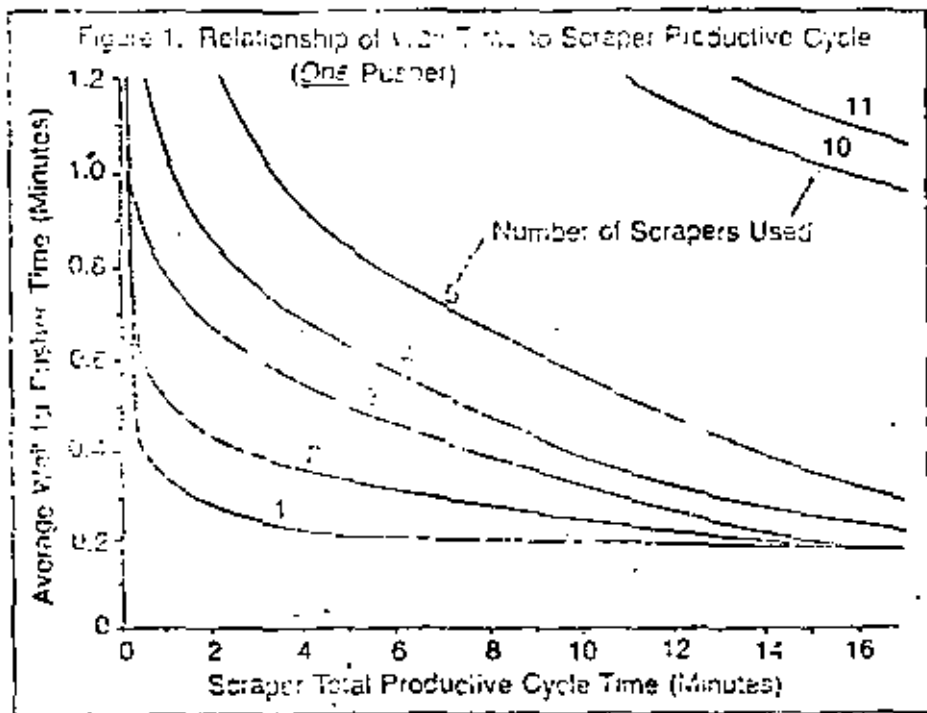
- Pusher delays always occurred, whatever the haul distance and ratio of loaders to scrapers.

- Minor delays, which added up so impressively, often were for conditions peculiar to the day's operation: maneuvering into position, getting stuck while loading or unloading, trimming, finishing, or cleaning up. Other minor delays were incurred in refueling, greasing or oil-changing during work time, pusher/maintenance, and pin blems in spreading and compaction. Minor repairs to scrapers and support equipment also consumed time.

- Human inefficiencies accounted for many minor delays: starting late and quitting early; stopping for drinking water; instructions from supervisors; illness; and labor shortages.

- Time was lost during vehicle travel: stopping to remove physical obstructions such as rocks; stopping or slowing because of poor or impassable haul roads; waiting for blasting; waiting for vehicular traffic on highways which scrapers had to cross; and major equipment relocation carried out within the project.

- Major scraper delays in contrast with minor ones, weren't regular or consistent among the projects observed. Repairs accounted for 67% of this lost time; repair delays were greater for older machines. Shut-downs where workers were dis-



AVERAGE WAIT TIMES, as the curves in these two charts show, tend to approach a minimum as productive cycle times increase. Some time was consumed by the pattern in maneuvering into position behind the scraper, and, usually, pushers were often used to perform other functions such as backing out spots, loading material, etc. which also resulted in additional wait time. Thus, it is also possible to the wait time by the "surfer" to the "in" group rather than a "span" down, throughout the work. Hence, several scrapers often arrived a "hand-off" position of wait time to follow.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS

TALLER

(SOLUCION)

ING. FELIPE LOO GOMEZ

JUNIO, 1980



CONCURSO:

TRACTOR SOBRE ORUGAS MARCA CATERPIL-
 LLAR MODELO D-8 CON CUCHILLA

DATOS GENERALES

TRACTOR S/ORUGAS D-8 C/CUCHILLA		\$ 3,934,390.30
EQUIPO AUXILIAR		\$ <u>485,097.60</u>
CUCHILLA PARA D-8		\$ 4,419,487.90
	VALOR ADQUISICION	\$ 4,419,487.90
VIDA ECONOMICA		
12,000 hrs.	2,000 hrs/año	
VAIOR DE RESCATE	20%	<u>883,897.58</u>
	- VALOR NETO	\$ 3,535,590.32

CARGOS FIJOS

DEPRECIACION	\$ 3,535,590.32	12,000 HRS.TOTALES =	294.63/HR.
INTERESES	<u>\$ 4,419,487.90 + \$ 883,897.58</u>	X 0.140 = \$	185.62/HR.
	2.00 X 2,000 HRS/AÑO		
SEGURO	<u>\$ 4,419,487.90 + \$ 883,897.58</u>	X .020 = \$	26.52/HR.
	2.00 X 2,000 HRS/AÑO		
ALMACENAJE	\$ 294.63/HR	X .01	2.95/HR.
MANTENIMIENTO	\$ 294.63/HR	X 1.00	<u>294.63/HR.</u>
	SUMA CARGOS FIJOS	\$	804.35/HR.

CONSUMOS

DIESEL

\$ 0.65/LITRO X 45 29.25/HR.

MOTOR DIESEL DE 300 HP
300 HP X 0.20 X 0.75 = 45 LT/HR

ACEITE MOTOR DIESEL

\$ 10.50/LITRO X \$ 1.13 LTRO/HR. 11.94/HR.

CAPACIDAD DEL CARTER=33.12 LT.
33.1/100+0.00358X300HPX0.75=1.137LT/HR.

GRASAS

\$ 12.00/KG X \$ 0.15 KG /HR. 1.80/HR.

SUMA DE CONSUMOS \$ 42.99/HR.

OPERACION

OPERADOR TRACTOR DE ORUGAS

\$ 276.00/ 5.00 HRS/TURNO = 55.20/HR.

\$172.65X1.5986=\$276.00/TURNO

SUMA OPERACION 55.20/HR.

RESUMEN

CARGOS FIJOS

\$ 804.35

CONSUMOS

\$ 42.99

OPERACION

\$ 55.20

COSTO HORARIO \$+902.54/HR.

CONCURSO:

MOTOESCREPA MARCA TEREX MODELO TS-14 B DE 14 Y D3 DE CAPACIDAD

DATOS GENERALES

MOTOESCREPA TEREX MOD TS-14B		\$ 5,519,241.00
TOTAL MAQUINA Y EQUIPO		\$ 5,519,241.00
VALOR DE LLANTAS		
4 LLANTA 29.5X25-28	\$ 77,175.49	\$ <u>308,701.96</u>
VALOR ADQUISICION		\$ 5,210,539.04

VIDA ECONOMICA 12,000 HRS. 2,000 HRS/AÑO

VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS 2,800 HRS.

VALOR RESCATE	15%	\$ <u>781,580.86</u>
VALOR NETO		\$ 4,428,958.18

CARGOS FIJOS

DEPRECIACION	\$ 4,428,958.18/	12,000.00 HRS.TOTALES	369.08/HR.
INTERESES	\$ <u>5,210,539.04</u> + \$ <u>781,580.86</u>	2.00 X 2,000 HRS/AÑO X 0.140 =	\$ 209.72/HR
SEGURO	\$ <u>5,210,539.04</u> + \$ <u>781,580.86</u>	2.00 X 2,000 HRS/AÑO X 0.020 =	\$ 29.96/HR.
ALMACENAJE	\$ 369.08/HR	X 0.01	3.69/HR.
MANTENIMIENTO	\$ 369.08/HR	X 0.80	<u>295.26/HR</u>
SUMA CARGOS FIJOS			\$ 907.71/HR.

CONSUMOS

LLANTAS	\$	308,701.96/	2,800.00 HRS. TOTALES	=	110.25/HR.
DIESEL		2X144X0.75X0.2=43.2 LITRO/HR.			
	\$	0.65/LITRO	X 43.2 LITRO-HR.	\$	28.08/HR.
2 MOTORES SIESEL DE 144 HP C/UNO					
ACEITE MOTOR DIESEL					
	\$	10.50/LITRO	X \$ 1.06 LTO/HR.	\$	11.14/HR.
CAPACIDAD DEL CARTER=14.4 L/MOTOR					
28.8/100+0.00358X288HPX0.75=1.061LT-HR					
ACEITE MECANISMOS HIDRAULICOS					
	\$	12.00/LITRO	X \$ 0.30 LTO/HR.	\$	3.60/HR.
GRASAS					
	\$	12.00/KG	X \$ 0.15 KG /HR	\$	<u>1.80/HR.</u>
			SUMA DE CONSUMOS	\$	154.87/HR.

OPERACION

OPERADOR MOTOESCREGA					
	\$	266.80/	5.00 HRS/TURNO	=	53.36/HR.
	\$	166.90X1.5986=	266.80/TURNO		
			SUMA OPERACION	\$	<u>53.36/HR.</u>

RESUMEN

CARGOS FIJOS	\$	907.71			
CONSUMOS	\$	154.87			
OPERACION	\$	<u>53.36</u>			
	\$		COSTO HORARIO	\$	<u>1,115.94/HR</u>

RESUMEN DE DATOS

TERRAPLEN	VOLUMEN SUELTO	DISTANCIA	PENDIENTE
(0)	$\frac{51,200 - 50,000}{0.77} = 1558$	140 m.	+ 2%
(1)	$\frac{40,300 - 35,300}{0.77} = 6494$	140 m.	- 3%
(2)	$\frac{49,500 - 40,300}{0.77} = 11,948$	290 m.	- 3%
(3)	$\frac{40,300 - 37,100}{0.77} = 4156$	220 m.	+ 2%
(4)	$\frac{44,100 - 40,300}{0.77} = 4935$	180 m.	- 5%
(5)	$\frac{9,000 - 3,000}{0.77} = 7792$	210 m.	- 6%
(A)	$\frac{50,000 - 40,300}{0.77} = 12597$	50 m.	- 2%
(B)	$\frac{40,300 - 9,000}{0.77} = 40,649$	520 m.	- 5%

VOLUMEN

TOTAL = 90,129 M3 SUELTOS.

- I.- Peso de la máquina vacía = 24 toneladas 6
 Peso de la máquina cargada = 24 + 15 m³ X 1.26 Ton/m³.
 P. Maq. cargada = 42.9 Ton.

- II.- Resistencia al rodamiento
 Camino sin revestir - 7.5cm de penetración
 $15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45 \text{ Kg por tonelada.}$
 Fricciones internas = 20 Kg por tonelada
 Resistencia al Rodamiento = 45 + 20
 RR = 65 Kg X Ton.

- III.- Resistencia por pendiente
 10 Kg por tonelada por 1%

<u>TRAMO</u>	<u>IDA</u>	<u>REGRESO</u>
(0)	+ 2 x 10 = 20	- 2 x 10 = - 20
(1)	- 3 x 10 = -30	+ 3 x 10 = 30
(2)	- 3 x 10 = -30	+ 3 x 10 = 30
(3)	+ 2 x 10 = 20	- 2 x 10 = 20
(4)	- 5 x 10 = - 50	5 x 10 = 50
(5)	- 6 x 10 = - 60	+ 6 x 10 = 60
(A)	- 2 x 10 = -20	+ 2 x 10 = 20
(B)	- 5 x 10 = -50	+ 5 x 10 = 50

IV.- RESISTENCIA TOTAL (R.R ± R.P) P.T.

7

TRAMO	IDA CARGADA	REGRESO VACIA
(0)	$(65 + 20) 42.9 = 3646.5$	$(65 - 20) 24 = 1080$
1	$(65 - 30) 42.9 = 1501.5$	$(65 + 30) 24 = 2280$
2	$(65 - 30) 42.9 = 1501.5$	$(65 + 30) 24 = 2280$
3	$(65 + 20) 42.9 = 3646.5$	$(65 - 20) 24 = 1080$
4	$(65 - 50) 42.9 = 643.5$	$(65 + 50) 24 = 2760$
5	$(65 - 60) 42.9 = 212.5$	$(65 + 60) 24 = 3000$
(A)	$(65 - 20) 42.9 = 1930.5$	$(65 + 20) 24 = 2040$
(B)	$(65 - 50) 42.9 = 643.5$	$(65 + 50) 24 = 2760$

V.- CORRECCION POR ALTITUD

NO HAY POR SER MENOR DE 1,500'

VI.- VELOCIDAD NOMINAL X FACTOR VEL = VEL MEDIA

TRAMO	IDA CARGADA	REGRESO VACIA
(0)	$14 \times 0.65 = 9.1$	$37. \times 0.65 = 24.0$
(1)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$26 \times 0.65 = 16.9$
(2)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$26 \times 0.65 = 16.9$
(3)	$14 \times 0.65 = 9.1$	$37 \times 0.65 = 24.0$
(4)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$20 \times 0.65 = 13.0$
(5)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$18 \times 0.65 = 11.7$
(A)	$28 \times 0.65 = 18.2$	$27 \times 0.65 = 17.6$
(B)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$20 \times 0.65 = 13.0$

VII.-

TIEMPO DE ACARREO.-

8

TRAMO	DISTANCIA	I D A		R E G R E S O	
		VEL.	TIEMPO	VEL.	TIEMPO
(0)	140 m	9.1	0.92	24	0.35
(1)	140	24	0.35	16.9	0.50
(2)	290	24	0.72	16.9	1.03
(3)	220	9.1	1.45	24.0	0.55
(4)	180	24	0.45	13.0	0.83
(5)	210	24	0.52	11.7	1.07
(A)	*200	18	0.67	17.6	0.68
(B)	520	24	1.30	13.0	2.40

VIII.-

TIEMPOS DE CICLO.-

TRAMO	DISTANCIA	T I E M P O S			
		FIJO	IDA	REGRESO	T O T A L
(0)	140	1.5	0.92	0.35	2.77
(1)	140	1.5	0.35	0.50	2.35
(2)	290	1.5	0.72	1.03	3.25
(3)	220	1.5	1.45	0.55	3.50
(4)	180	1.5	0.45	0.83	2.78
(5)	210	1.5	0.52	1.07	3.09
(A)	200	1.5	0.67	0.68	2.85
(B)	520	1.5	1.30	2.40	5.20

Se utiliza tractor D8 con placa amortiguadora hasta para una velocidad de 8 Km/hr. y prácticamente no tiene pérdida durante el acomodo para empuje.

Las maniobras, impulso y retorno las realiza según datos observados en: 1.6 min. Buena Eficiencia
2.4 min. Regular Eficiencia

Tomaremos para nuestro ejemplo un ciclo del tractor igual a 2.3 min.

TRAMO	CICLO MOTOESCREPA	CICLO TRACTOR	DIF.	NUMERO MOTOESCREPAS
(0)	2.77	2.3	0.47	1.2
(1)	2.35	2.3	0.05	<u>1.0</u> ←
(2)	3.25	2.3	0.95	1.4
(3)	3.50	2.3	1.20	<u>1.5</u> *
(4)	2.78	2.3	0.48	1.2
(5)	3.09	2.3	0.79	1.3
(A)	2.85	2.3	0.55	1.2
(B)	5.20	2.3	0.60	2.2

X.- ANALISIS DE CICLOS OPTIMO Y MAS DESFAVORABLE.

COSTO HONORARIOS

Tractor	-----	\$ 902.54/Hr.
Motoescropa	----	\$1115.94/Hr.

Dados los costos honorarios analizados resulta mas -
conveniente tener tiempos de espera de tractor que de
motoescropa.

En estas condiciones el ciclo correspondiente al tramo
(3) es el que tendria mayor tiempo de espera de --
tractor y por lo tanto el más defavorable.

Por lo que respecta al ciclo correspondiente al tramo
(1), es el que prácticamente no tiene tiempos de espe_
ra o demoras, por lo tanto es el óptimo.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: TERRACERIAS Y EXCAVACIONES

TALLER

ING. FELIPE LOO GOMEZ

JUNIO, 1980

2

1

1

DATOS :

SE USARAN MOTOESCROPAS CAT. 621 CAPACIDAD 4-20 yd³
10.7-15.3 m³

POTENCIA 300 H.P.

VELOCIDAD MAXIMA 50 H.P.

DESO DE LA MOTOESCOPA (VACIA) = 25,600 Kg.

CARGA SOBRE EL EJE DE TRACCION = 53%

SE USARA TRACTOR EMPUJADOR DB-K

CAMINO SIN REVESTIR.

EL MATERIAL ES ARCILLO LIMOSO

SE CONSIDERARAN LOS SIGUIENTES FACTORES:

RESISTENCIA DE RODAMIENTO = 0.05

FACTOR DE VELOCIDAD = 0.7

EFICIENCIA = 45 min/Hora

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR = 600 M.

TEMPOS FIJOS DE 1.5 min

RESISTENCIA POR PENDIENTE = 10 Kg x ton x 1%

RESISTENCIA AL RODAMIENTO { 15 Kg x ton x 2.5cm penetración
20 Kg x ton (deformación e interna)

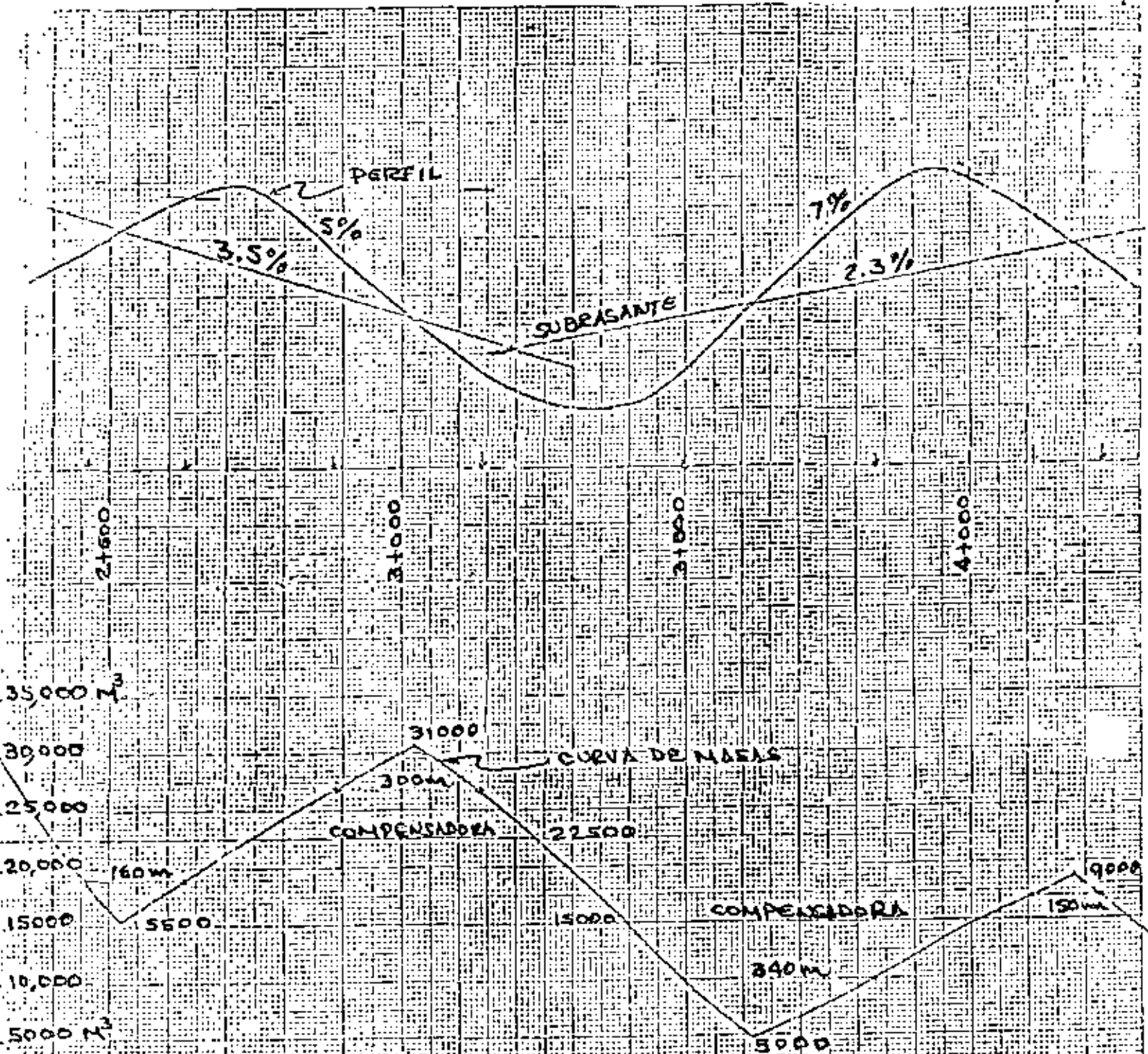
PREGUNTAS:

1.- TIEMPO DEL CICLO

2.- RENDIMIENTO DE UNA MOTOESCOPA POR HORA

3.- EQUIPO REQUERIDO PARA REALIZAR ESTE TRABAJO EN 7 dias
HABILES CON TURNOS DE 8 HORAS.

4.- DETERMINAR EL COSTO UNITARIO DIRECTO DE M³ DE
MATERIAL EXCAVADO.



MATERIAL ARCILLO LIMOSO

PESO VOLUMETRICO SUELTO = 890 Kg/m^3

PESO VOLUMETRICO EN BANCO = 1150 Kg/m^3

LOS PRESTAMOS LATERALES ESTAN RESTRINGIDOS A UNA FRANJA DE 40 A 60 M. MEDIDA TRANSVERSALMENTE DESDE EL EJE DEL CAMINO

LOS DEPOSITOS PARA MATERIAL A DESFERDICIO ESTAN LOCALIZADOS A 760 M. A LA DERECHA DEL KM. 21600

Directorio de Alumnos del Curso Movimiento de Tierras: Excavaciones y Terracerías 1980.

1. Jaime Andrade Ramirez
ICA
Minerfa 145
México 18, D.F.
516.04.60 Ext. 347
Reforma Nte. 630-1302
México 3 D F
529.90.80 Ext. 1302
2. Leoncio Angulo Valenzuela
José Ma. Iglesias 10-7
México 1, D F
3. Guillermo Amezcua Gómez
S A H O P
Morelia, Mich.
2.61.55
Orión 3562
La Calma
Guadalajara, Jal.
22.79.04
4. Manuel Guillermo Banda Rosas
Ingenieros Civiles Asociados
Jefe de Obra
Minerfa 145
México 18 D F
516.04.60
A. González 1127
Los Quintos, Culiacán
2.71.37
5. Miguel Angel Cabrera Jaimes
ICA
Minerfa 145
México 18 D F
Lerdo de Tejada Ote. 3
Zitacuaro, Mich.
3.09.46
6. Ecio Calderón Trejo
Ministerio de Transporte y Comunicaciones
Hoyada de Milla
Mérida, Venezuela.
7. Ismael A. Carballido Silva
SAHOP
Calzada Galván 450 Sur
Colima, Col.
2.59.10
Rfo. Eufrates 1465
Col. Olímpica
Guadalajara, Jal.
18.53.79
8. Jorge Castañeda Flores
SAHOP
Universidad y Xola
México 12 DF
19.14.58
Av. Arbolillo 34
Villa Coapa
ZP 22
594.78.39
9. José Javier Chávez Cibrian
ICA
Minerfa 145
México 18, D.F.
Reforma Nte. 630 - 1302
México 3 DF
529.90.80 Ext. 1302

10. Manuel Clavijo Urrutía
Conterra S A
Patriotismo 334-5°
México 18, D.F.
277 58 44
11. Fausto Cumplido Fuentes
Ingenieros y Arquitectos SA
Minerfa 145
México 18 DF
12. Noe Dorado Rodríguez
SAHOP
Calzada Galván Sur 450
Colima, Col.
2 59 10
Calle Burgos 2424
Sta. Mónica
Guadalaja, Jal.
24 39 87
13. Enrique Dowing La Riva
Ministerio de Transporte y
Comunicaciones
Av. M.O.P. Guanare Portuguesa
Venezuela
14. Jorge García Rojas
S A R H
Sn. Antonio Abad 32
México DF
Holbein 185-203
México 18 DF
563 97.10
15. Enrique González Navarro
16. Gerardo Guadarrama Espinosa
Ingenieros y Arquitectos S.A.
Minerfa 145
México 18, DF
Av. Sur 20 # 273
Col. A.Oriental
ZP 9
558.74.77
17. Heriberto Lagunes Cardona
CODEUR
Fernando Alba Ixtlisochitl 175
México 9, D.F.
542.70.75
Pachuca 149-404
México 11 DF
553.14.09
18. José A. Lerma Méndez
Ingenieros y Arquitectos SA
Naranjos 110 "A"
Tampico, Tampico
3 57 83
Calle López 504 "A"
Tampico, Tampico
2 92 54
- Moisés Lozano Hernández
SAHOP
Zarco y Humbolt
Monterrey, N.L.
42 92 34
Rayón 2604
Col. Bella Vista
Monterrey, N.L.

20. María Eugenia Malanco Castañeda
S A R H
Sierra Gorda 23
México 10, D.F.
520.58.50
Av. Constituyentes 820 Pte.
Toluca, Méx.
5 59. 31
21. José Luis Martínez
SAHOP
Dir. Gral. de Carr. Fed.
México 12 DF
530.22.33
Progreso y 5 de Mayo
Pochutla, Ox.
22. Hugo Martínez de los Santos
S A H O P
Xola y Ave. Universidad
México 12 DF
530.01.54
Morelos 23 A
Oaxaca, Oax.
23. Donaciano Maxines Nájera
I C A
Minería 145
México 18 DF
Callejón de los Limones 5
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
24. José Luis Méndez
25. Víctor Hugo Nares Salcedo
S A H O P
Av. Universidad y Xola
México 12 DF
Tabachines 72 A
Guanajuato, Gto.
2 22 92
26. Adrián Noriega Modrow
I C A
Minería 145
México 18, DF
Calle 12 # 151
Col. Guadalupe
México 14 DF
3 92 13 31
27. Mario Olguín Azpeitia
Comisión de Vialidad y
Transporte Urbano
Av. Juárez No. 42 Edif. B, 1º
México 1, D.F.
535.10.11 Ext. 215
Morelia 113-1
México 7 DF
525 05 78
28. Filiberto Ortíz Galindo
Ingeniería y Puertos, S.A.
Minería 145
México 18, D.F.
Juan de Dios Arías 165-3
Col. Asturias
México 8, D.F.
5 30. 75. 60
29. Arturo Palacios Castillejos
I C A S A.
Minería 145
México, D.F.
Limones 5
Col. Xamaypak
Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas

30. Miguel Adalberto Quintana Vega
Comisión de Vialidad y Transporte
Urbano
Av. Juárez No. 42 B 1º Piso
México I, D.F.
585.10.11
Valle del Loira 63-4
Valle de Aragón
Estado de México
31. Héctor Revilla Martínez
Ministerio de Transportes y Comunicaciones
M T C
Venezuela
32. Jorge Ríos Botello
33. Cirilo Ribera
34. Enrique Jesús Romero Santamaría
Subdirección de Investigación y
Desarrollo Experimental
Sierra Gorda 23.
México 10, D.F.
5 20.73.07
Sor Juana Inés de la Cruz 196
México 4 DF
541. 34 64
35. Refugio Salgado Mireles
Ingenieros y Arquitectos SA
Minería 145
México 18 DF
Guillermo Prieto 421
Cda. Camargo, Chih.
2 17 61
36. J. Alejandro Sánchez Sturcke
Scorpión S.A.
Patriotismo
México , DF
277 58 44
37. Alfredo Skewes Varela
Constructora MUJUSA
M. A. de Quevedo 50-103
México 20, DF
548 96 73
Calle 2 # 36-4
FOVISSSTE Coapa
México 21 DF
532 52 93
38. Enrique Torrs Salazar
Zaragoza 15
Iguala, Gro.
39. Mario Antonio Trujillo Lozano
Ingeniería y Puertos S A
Minería 145 Edif. 5 P.B.
México 18 DF
516.04.60 Ext.182.
Colima 219-E
México 7 DF
514. 21. 10
40. Salvador Vargas Bocanegra
Bolaños Construcciones y
Urbanizaciones
Alicantes 21 A
Puebla, Pue.

41. Teodoro Ventura Vargas
S A R H
Sierra Gorda 23
México 10, DF
520.27.58
Calle Central Edif. 31-14 U.FOVISSSTE
México 21, DF
6 77 40 55
42. Francisco Javier Villa Adame
Universidad Autónoma de Guerrero
Escuela de Ingeniería
Av. Casa de la Juventud s/n
Chilpancingo, Gro.
Zaragoza 51-A
Chilpancingo, Gro.
2 42 02
43. Jesús Vizcarra Soto
ICA
Minería 145
México 18 DF
Callejón de los Limones 5
Tuxtla, Gtz. Chiapas
44. José Rubén Zerñeño Arriola
Universidad Autónoma de Guerrero
Ciudad Universitaria
Chilpancingo, Gro.
2 27 41

