

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL  
III CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION  
MODULO I, MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS  
DEL 22 AL 26 DE JUNIO DE 1992.

ING. LUIS ARTURO TAPIA  
PROFESOR ASOCIADO A, TIEMPO COMPLETO  
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM  
TEL. 550 00 40, 550 52 15 EXT. 3724

ING. RAFAEL ABURTO VALDEZ  
DIRECTOR GENERAL  
GRUPO INFRAM  
AV. COYACAN No. 187B, 11c. PISO, COL. ACADIAS, 03240, MEXICO  
D.F., TEL. 524 66 46 y 5 24 55 83

ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ  
GERENTE GENERAL  
COMPEXA, S.A. DE C.V.  
CRUZ DEL SUR No. 61, COL. PRADO CHURUBUSCO, C.P. 04230,  
DELEG. COYACAN, TEL. 582 64 20

ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA  
GERENTE TECNICO  
DIVISION BIENES DE CAPITAL, GRUPO ICA  
GUSTAVO BAZ 4881, BARRIENTOS, TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO  
TEL. 565 46 38, 390 13 81

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA  
VICEPRESIDENTE FUNDACION ICA  
MINERIA 145, EDIFICIO CENTRAL, PISO 3, MEXICO, D.F.  
TEL. 272 99 91 EXT. 3000 , 559 17 69 y 515 03 17

ING. SALVADOR MEJIA GALINDO  
GERENTE GENERAL  
VALME CONSTRUCCION  
TEL. 554 64 17

ING. FEDERICO ALDARAZ LOZANO  
DIRECTOR GENERAL  
GRUPO INGENIERIA INTEGRAL, S.A. DE C.V.  
ANA MA. MIER No. 10, MEXICO, D.F., COL. DEL VALLE, DELEG. B.  
JUAREZ, C.P. 03100, TEL. 543 52 02, 687 11 99 y 536 37 70

ING. ANDRES BENTON CUELLAR  
DIRECTOR DE MAQUINARIA DEL GRUPO ICA  
MINERIA 145, COL. ESCANDON MEXICO D.F.  
TEL. 872 23 83 (905) 4018957

ING. ESTEBAN FIGUEROA PALACIOS



**CURSOS ABIERTOS****III CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION****PRIMER MODULO****MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS**

Del 22 al 26 de junio de 1992

FECHA	HORARIO	T E M A	EXPOSITOR
Lunes 22	8:30 a 10:00	INTRODUCCION	
	10:00 a 14:00	GEOLOGIA	Ing. Luis Arturo Tapia
	14:00 a 16:00	COMIDA	
	16:00 a 20:00	TRACTORES MOTOESCREPAS Y TRACTORES	Ing. Rafael Aburto V.
Martes 23	9:00 a 10:30	CARGADORES	Ing. Luis Candelas
	10:30 a 12:00	RETROEXCAVADORES	
	12:00 a 14:00	OTROS EQUIPOS	
	14:00 a 16:00	COMIDA	
	16:00 a 18:30	CONTROL	Ing. Ernesto Mendoza
	18:30 a 20:00	REEMPLAZO DE EQUIPOS	
Miércoles 24	9:30 a 15:00	TECNICAS DE PRODUCCION DE AGREGADOS	Ing. Pedro Luis Benítez
	15:00 a 16:30	COMIDA	
	16:30 a 18:30	RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION METODOS DE SELECCION DE EQUIPOS	Ing. Fernando Favela Lozoya
Jueves 25	9:00 a 12:00	CUIDADO DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION	Ing. Vicente Saiso Sempere
	12:00 a 15:00	COMPACTACION	Ing. Federico Alcaraz Lozano
	15:00 a 16:00	COMIDA	
	16:00 a 20:00	EXPLOTACION DE ROCAS	Ing. Federico Alcaraz Lozano
Viernes 26	9:00 a 15:00	VISITA A LAS INSTALACIONES DE LA COMPAÑIA EQUIPOS NACIONALES,S.A.	
	16:00 a 20:00	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	Ing. Esteban Figueroa Palacios

1954

1954

1954


1954

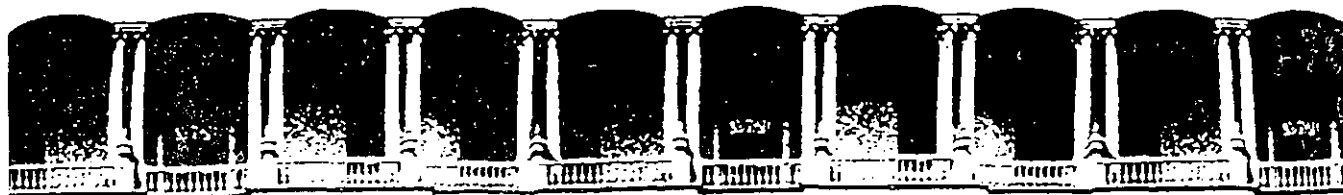

1954


1954

1954

1954





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

**CURSOS ABIERTOS**

**III CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION**

PRIMER MODULO:

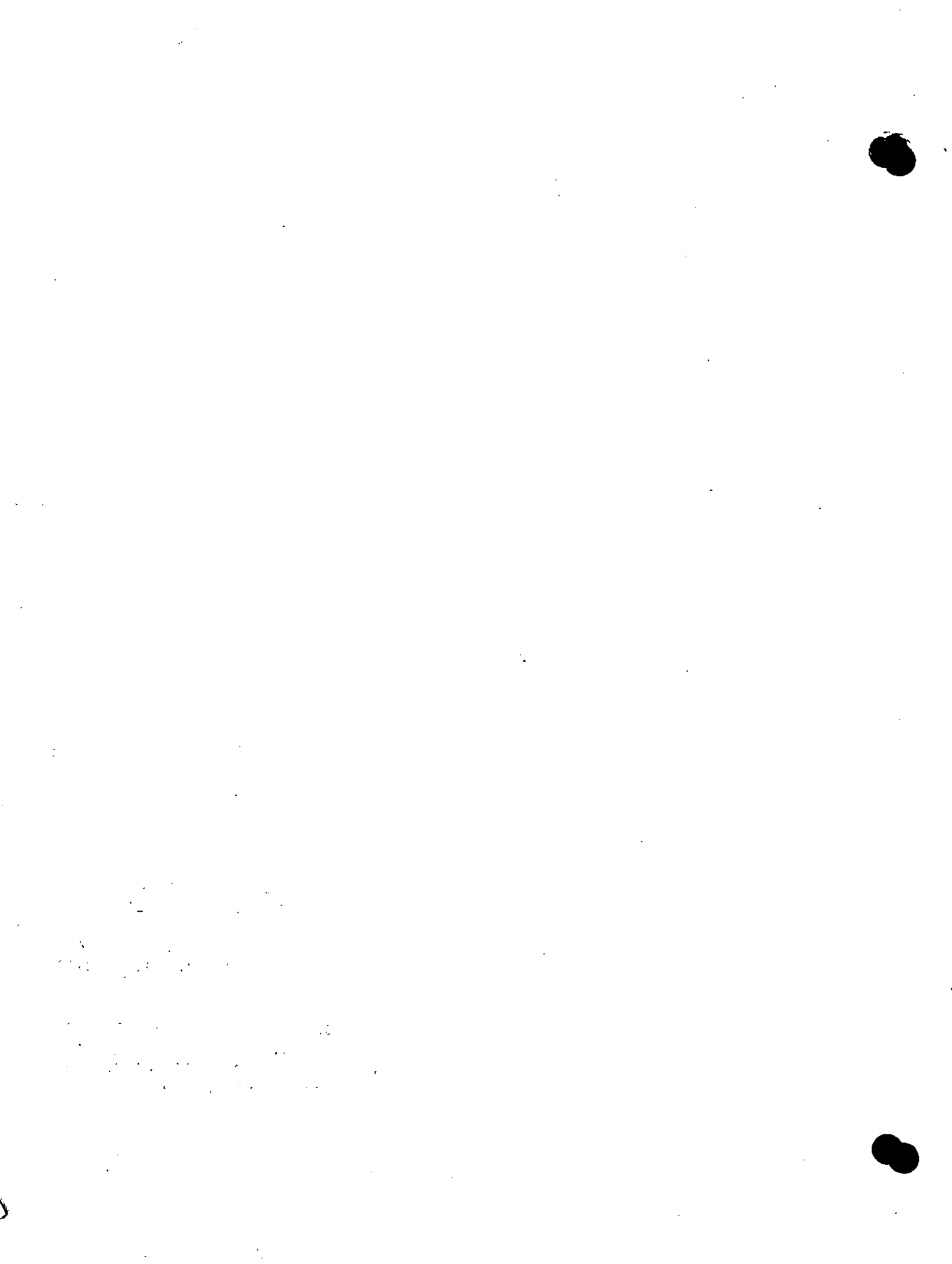
**MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS**

Del Del 22 de junio al 17 de julio de 1992

COMPACTACION EN EL CAMPO

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

JUNIO - 1992



## COMPACTACION

### I. INTRODUCCION

La palabra "compactación" resulta de sustantivar el Adjetivo "compacto", que deriva del latín "compactus", participio pasivo de "compingere" que quiere decir unir, juntar.

Desde tiempos antiguos se ha reconocido la conveniencia de compactar los terraplenes de los caminos. Los métodos primitivos incluían llevar borregos de un lado para otro del terraplén y arrastrar con caballos --- aplanadoras pesadas de madera.

Hasta hace pocos años se podía contar con la compactación hecha por las unidades de transporte y por aplanadoras casuales, junto con los --- asentamientos naturales, para estabilizar los terraplenes, de modo que - retuvieran su forma y soportaran las cargas que se colocaran sobre ellos.

En los últimos quince años ha habido un gran progreso en la ciencia de la compactación de los suelos. Los estudios de laboratorio han resuelto muchos problemas del comportamiento del suelo, y los fabricantes han diseñado una amplia variedad de equipo para producir el máximo de compactación con el máximo de economía.

La compactación de los suelos debe ajustarse de la forma más adecuada, ya que, a excepción de unas correctas características de drenaje, es el factor que tiene mayor influencia en las condiciones funcionales de cualquier obra civil, como pueden ser terraplenes, sub-bases, bases y -- superficies de rodamiento.

Se desprende de lo anterior, que la vida útil de una obra, en la que interviene la compactación, dependerá en gran parte del grado de compactación especificado, el cual deberá ser estrictamente controlado.

La realización de proyectos cada vez más ambiciosos y de programas - más agresivos ha originado una intensa y constante evolución del equipo de compactación.

Se ha introducido mejoras, tales como: poderosos sistemas hidráulicos, sensores electrónicos confiables, diseños más funcionales, mayor -- 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 tipo de material, han obligado a los fabricantes de equipo de compactación a diseñar máquinas compactadoras capaces de balancear al tiro con la compactación, para evitar interferencia de actividades y pérdida de tiempo, lo que da por resultado un proyecto antieconómico.

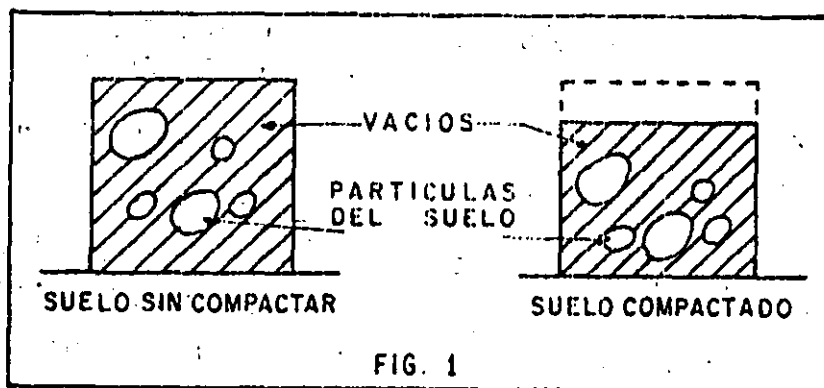
## II. COMPACTACION

### 2.1. DEFINICION

En la terminología de Mecánica de Suelos, la reducción de los vacíos de un suelo recibe varios nombres: Consolidación, Compactación, Densificación, etc., existen ligeras diferencias en el significado de los dos primeros.

Consolidación, se usa para la reducción de vacíos, relativamente lenta, debida a la aplicación de una carga estática, usualmente acompañada de expulsión de agua del suelo, por ejemplo, la reducción de vacíos en el suelo bajo un edificio.

El término compactación se usa para la reducción de vacíos, más o menos rápida, producida por medios mecánicos durante el proceso de construcción. (Fig. 1).



Al reducirse los vacíos del suelo hay un incremento del peso volumétrico del material, de donde se puede dar la siguiente definición.

Compactación: Es el aumento artificial, por medios mecánicos, del peso volumétrico de un suelo, esto se logra a costa de la reducción de los vacíos del mismo al conseguir un mejor acomodo de las partículas que los forman mediante la expulsión de aire y/o agua del material.

## 2.2. PROPOSITO E IMPORTANCIA.

La compactación mejora las características de un suelo en lo que se refiere a:

- a) Resistencia mecánica
- b) Resistencia a los asentamientos bajo cargas futuras.
- c) Impermeabilidad.

Entre las obras que requieren compactación se pueden señalar como más importantes las carreteras, las aeropistas y las presas de tierra.

Estas estructuras deberán ser capaces de soportar su propio peso y el peso de las cargas super-impuestas. Si falla, el costo de la reparación puede ser muy elevado.

Desde el punto de vista del constructor el problema es: obtener la densidad especificada por el diseñador. Obtenida esta densidad se asegura que la resistencia a futuros asentamientos y la impermeabilidad sean las supuestas por el diseñador, sin embargo, la obtención de la densidad de diseño no necesariamente asegura la resistencia mecánica supuesta, ya que ésta depende, en muchos suelos, de la humedad a la cual fue compactado. Es necesario entonces que la compactación sea efectuada a la humedad especificada; especialmente para suelos cohesivos.

Se hace notar que compactar a mayores grados del especificado no es conveniente, es decir, compactar más, puede resultar perjudicial al proyecto.

La falla de algunas obras han obligado a que las especificaciones de compactación sean cada vez más estrictas: las tolerancias en más o en menos, del grado de compactación especificado, son generalmente fijadas desde el inicio de la obra.

## 2.3. PRUEBAS DE COMPACTACION

En la construcción de terraplenes sería ideal poder medir la resistencia del suelo para determinar cuando se ha alcanzado la resis-

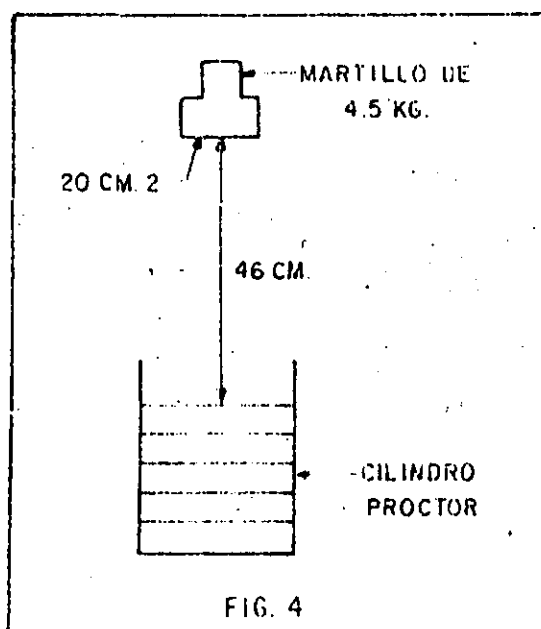
es decir el constructor debe obtener un peso volumétrico seco mínimo de  $1729 \text{ kg/m}^3$  en ese material.

La razón de la existencia de un peso volumétrico máximo es que a todos los suelos, al incrementarse su humedad, se les proporciona un medio lubricante entre sus partículas que permite un cierto acomodo de estas cuando se sujetan a un cierto trabajo de compactación. Si se sigue aumentando la humedad, con el mismo trabajo de compactación, se llega a obtener un mejor acomodo de sus partículas y en consecuencia un mayor peso volumétrico, si se aumenta más la humedad todavía, el agua empieza a ocupar el espacio que deberían ocupar las partículas del suelo y por lo tanto comienza a bajar el peso volumétrico del material, para el mismo trabajo de compactación.

Por lo tanto, si se aumenta o disminuye la humedad será necesario aumentar el trabajo del equipo de compactación, lo que, en general, no es económico.

B) Proctor Modificada: Conforme fueron aumentando las cargas sobre las terracerías por el uso de camiones y aeroplanos cada vez más pesados, se vió la necesidad de desarrollar mayores densidades y resistencias en muchos materiales usando mayor trabajo de compactación. Por esta razón se desarrolló la prueba Proctor modificada.

Para esta prueba se usa el mismo proctor, pero el material se compacta en 5 capas con un martillo de 4.5 kg y cayendo de una altura de 46 cm, dando 25 golpes por capa (Fig. 4).



En todos los aspectos las dos pruebas son semejantes, únicamente el trabajo de compactación se ha incrementado aproximadamente 4.5 veces.

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

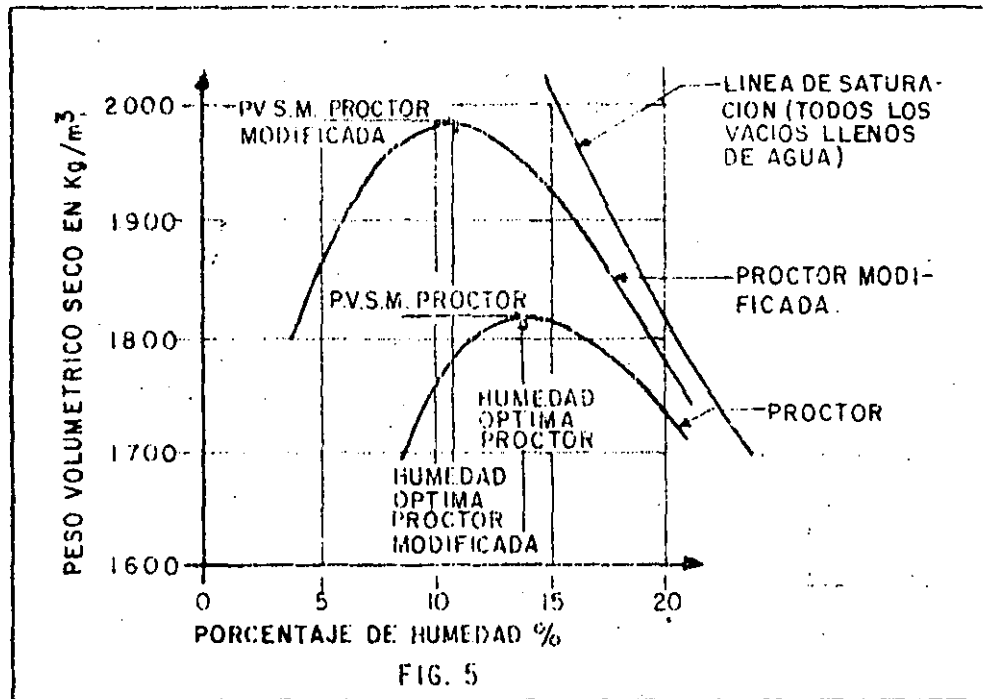


FIG. 5

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 evitar 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 3" de altura con el fondo perforado. Cada capa se pica 25 veces con una varilla de 5/8" (1.9 cm) de diámetro por 30 cm de longitud con punta de bala.
- e) Sobre la última capa se coloca una placa circular ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, y se mete el molde en una prensa de 30 Ton.
- f) Se aplica la carga gradualmente de tal manera que en cinco minutos se alcance una presión de 140.6 kg/cm<sup>2</sup>. 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/m<sup>3</sup>, y el diseñador ha pedido el 95% Porter, en la obra tendremos que alcanzar un peso volumétrico seco de:  $0.95 \times 2,000 = 1,900 \text{ kg/m}^3$ .



## 2.4. METODOS DE CONTROL

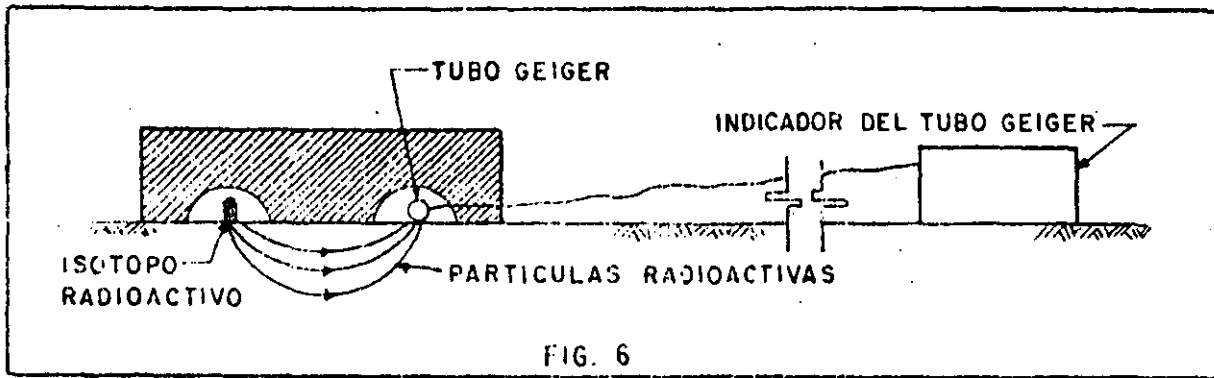
Para medir en la obra si se ha alcanzado el peso volumétrico especificado hay varios métodos:

- A) Medida física de peso y volumen
- B) Mediciones nucleares
- C) Otros

A) Medida Física de Peso y Volumen: En cualquiera de los métodos existentes el principal problema radica en la determinación de la humedad para poder calcular el peso volumétrico seco en función del peso volumétrico húmedo que es el que se obtiene en las pruebas de campo. Normalmente se calienta una parte del material hasta secarlo y por diferencia se obtiene la humedad, pero este método es lento y peligroso porque en algunos suelos se altera el peso con el calentamiento, debido a la evaporación de partes orgánicas principalmente. Nunca debe llegarse a la calcinación que también puede alterar el peso. Este método consiste en:

- a) Se excava un agujero de 10 a 15 cm de diámetro, o un cuadrado de 15 cm por lado, a la misma profundidad de la capa por probar.
- b) El material excavado es cuidadosamente recogido y pesado. Se seca para determinar la humedad y el peso volumétrico seco.
- c) El volumen del agujero es medido. El método usado generalmente es llenándolo con una arena de peso volumétrico constante.
- d) Conocidos el peso seco de la muestra y el volumen del agujero, se calcula el peso volumétrico seco de la muestra, que debe ser igual o mayor que el peso volumétrico seco especificado.

B) Prueba de medición Nuclear: Para evitar el tiempo y costo -- que significa la prueba anterior se han ideado varios métodos, uno de ellos es el Método Nuclear, que consiste en un bloque de plomo que contiene un isótopo y un tubo Geiger (Fig. 6).

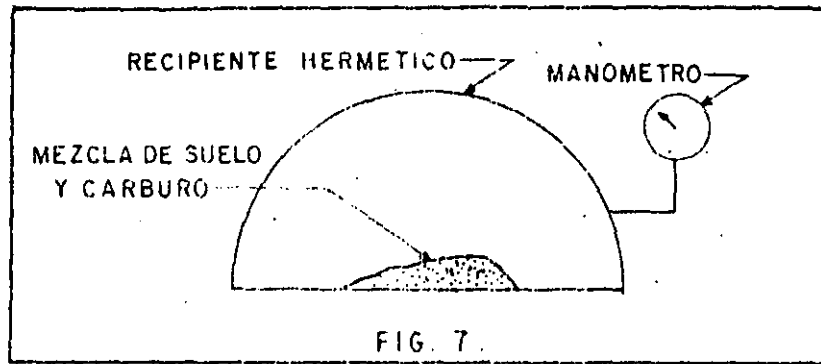


El bloque de plomo se coloca sobre la capa a probar, el número de partículas que llegan al tubo Geiger está en función de la masa del material que tienen que atravesar, es decir, es función del peso volumétrico, entonces la medida del indicador debe compararse con otra medida hecha en una capa que tenga el peso volumétrico especificado.

Estos aparatos necesitan frecuentemente calibración, no siempre hay una indicación clara cuando el aparato no funciona bien y su exactitud varía con el tipo de suelo.

Estas desventajas, sin embargo son despreciables por los constructores en grandes trabajos de terracerías, pues el aparato le permite asegurar que una cierta capa ha sido compactada, con un alto grado de confiabilidad, prosiguiendo el trabajo de inmediato con la siguiente capa.

C) Otros: Como el problema principal es la determinación de la humedad se han desarrollado últimamente algunos métodos entre los que destaca principalmente el denominado "Speedy" (Fig. 7), que consiste en colocar un peso conocido de suelo mezclado con carburo de calcio dentro de un recipiente hermético provisto de un manómetro. El carburo reacciona con la humedad del suelo, produciendo gas acetileno y por lo tanto una presión que es registrada en el manómetro el que se puede inclusive graduar en gramos de agua, determinándose rápidamente de esta manera el porcentaje de humedad, y así poder calcular su peso volumétrico seco.



### III. TRABAJO DEL EQUIPO DE COMPACTACION

Para comprender mejor la transmisión de los esfuerzos de compresión en un suelo, consideremos una placa rígida, circular, de área "A", colocada sobre un suelo, a la que se aplica una carga "L", dando una presión de contacto "p" (Fig. 8).

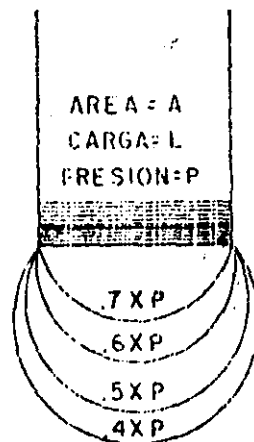
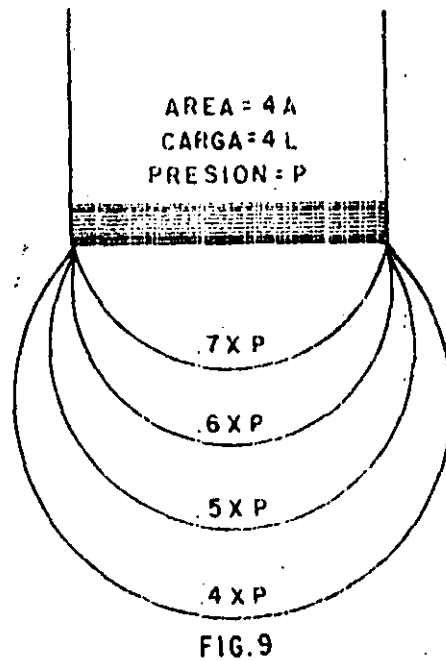


FIG. 8

En el suelo se desarrollan presiones, si unimos los puntos de -- igual presión, obtendremos suficientes llamadas bulbos de presión.

Obsérvese lo siguiente:

- a) Si aumenta el tamaño de la placa pero la presión permanece -- constante, incrementando la carga: la profundidad del bulbo -- de presión aumenta (Fig. 9).



- 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.

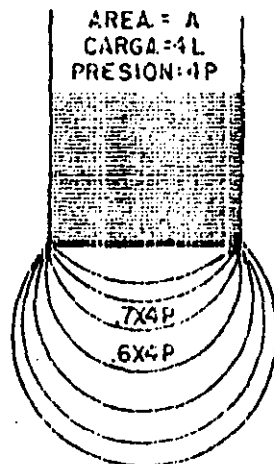


FIG. 10

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

de (a) y (b) se deduce que es necesario controlar el espesor de las capas para tener suficiente presión en el suelo para obtener la compactación deseada.

De (b) se deduce que no podemos aumentar significativamente el espesor de la capa de compactación simplemente lastrando excesivamente el equipo.

De (a) se deduce que para aumentar el espesor de la capa, debemos cambiar el equipo por otro que tenga mayor superficie de contacto, aún que la presión permanezca constante.

La teoría de los bulbos de presión fue desarrollada por Boussinesq para un medio elástico. Para fines prácticos todos los suelos son elásticos y la teoría es razonablemente cierta aún para suelos granulares.

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

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

### 3.1. COMPACTACION POR PRESION ESTATICA.

Este principio se basa en la aplicación de pesos más o menos grandes sobre la superficie del suelo.

La acción de este principio de compactación es de arriba hacia abajo, es decir, las capas superiores alcanzan primero mayores densidades que las de abajo.

Este principio de compactación tiene dos inconvenientes en la obtención de una rápida densificación:

A) Su Acción de Arriba hacia Abajo: El inconveniente de que la parte superior se compacte primero que la de abajo, es que el esfuerzo compactivo debe atravesar la parte ya compactada, para poder compactar la inferior. Se consume por lo tanto mayor energía de compactación.

También suele suceder que las características granulométricas -- del material varíen, debido a la sobrecompactación de la porción superior de la capa; dicha sobrecompactación o exceso de energía compactiva produce una fragmentación de partículas.

B) Fomentar la resistencia de la fricción interna del material, durante la compactación: definiendo como fricción interna a la resistencia de las partículas de un suelo para deslizarse dentro de la masa del mismo, se puede juzgar este segundo inconveniente.

Si llamamos (F) a la fuerza aplicada por el compactador y (n) al coeficiente de fricción interna del material, se puede deducir la reacción (R) de las partículas para deslizarse dentro de la masa de suelo.

$$R = nF$$

A mayor fuerza aplicada mayor la reacción de la fricción interna del material, aquí es donde el papel que juega el agua resulta muy importante, ya que, tendrá efectos lubricantes entre las partículas reduciendo (n) y por consecuencia a (R).

### 3.2. COMPACTACIÓN POR IMPACTO

La compactación por medio de impacto se logra aplicando repetidamente una fuerza sobre el suelo, con alta amplitud y baja frecuencia.

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

### 3.3. COMPACTACION POR VIBRACION

Este principio de compactación es el que últimamente ha tenido mayor desarrollo y prácticamente ha invadido todos los materiales por compactar.

En la mayoría de los tipos de material, la compactación dinámica o vibratoria, supera en eficiencia a los compactadores estáticos.

Como en la compactación por presión estática, en este tipo de compactación también se aplica una cierta presión, pero al mismo tiempo se somete al material a rápidas y fuertes vibraciones, entre 700 y 4,000, dependiendo del compactador.

Debido a las vibraciones producidas por el equipo sobre el material, la fricción interna de éste, desaparece momentáneamente, propiciando el acomodo de las partículas.

Esto se puede demostrar mediante el experimento de girar un palote de álabes dentro de un recipiente que contenga arena o grava, primero en estado estático y luego colocando el recipiente sobre una placa vibratoria. (Fig. 10 A).

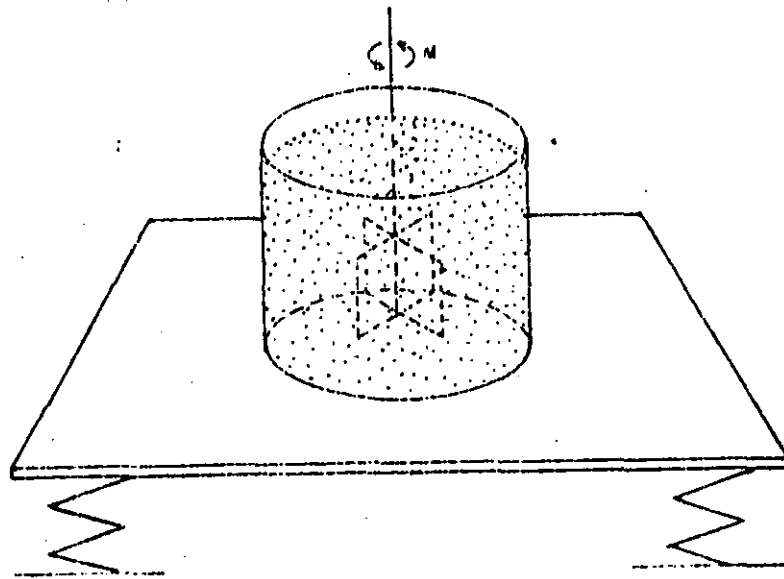


FIG. 10-A DISPOSITIVO PARA MEDIR EL MOMENTO DE RESISTENCIA

La vibración multiplica la movilidad interna del material en forma contundente; en suelos de granulometría gruesa la movilidad dinámica es de 10 a 30 veces mayor que la movilidad estática.

La experiencia sueca nos proporciona la siguiente tabla:

Material	Contenido de agua %	Momento Resistivo (kg-cm)	
		En reposo	Con vibraciones
Grava	0	1700	40
Arena	10	600	45
Limo	12	150	25

La compactación por vibración tiene un efecto de penetración como el sonido, el cual también es dinámico, pero tiene una frecuencia mayor y audible; este tipo de compactación evita los efectos de arco y disminuye la fricción interna del material permitiendo que las fuerzas compactivas trabajen a mayor profundidad y a mayor 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, y a veces imposibles, de obtener con compactadores estáticos.
- b) Permite el uso de compactadores más pequeños
- c) Se puede trabajar sobre capas de mayor espesor
- d) Permite hacer más rápidos por el menor número de pasadas
- e) Por las razones anteriores los costos de compactación resultan menores.



### 3.4. COMPACTACION POR AMASAMIENTO

Amasar en este caso puede confundirse con exprimir, es decir - el efecto de una pata de cabra al penetrar en un material ejerce presión hacia todos lados, obligando al agua y/o al aire a salir por la superficie.

La compactación por este principio se lleva a cabo de abajo -- hacia arriba; es decir, las capas inferiores se densifican primero y las superiores posteriormente. Por esto se dice que un rodillo pata de cabra emerge o sale cuando el material se encuentra compactado -- debidamente.

Los rodillos pata de cabra se emplean fundamentalmente en materiales cohesivos; en cambio su efectividad es casi nula en materiales granulares.

### 3.5. COMPACTACION CON AYUDA DE ENZIMAS

Mediante la adición de productos enzimáticos en el agua de compactación, se ha pretendido obtener, en combinación con algún otro -- esfuerzo compactador mecánico, la densificación más rápida de los -- materiales.

Una enzima es: "Cierta 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, lo que trae por consecuencia -- que las partículas del suelo se agrupen y se transformen en una masa compacta y firme.

Se hace hincapié en que el agregar productos enzimáticos al -- agua de compactación no densificará al material tratado, sino que es necesario aplicar esfuerzo compactivo adicional: es decir, se usará algún equipo compactador y agua con enzimas, con lo cual puede reducirse el tiempo de compactación.

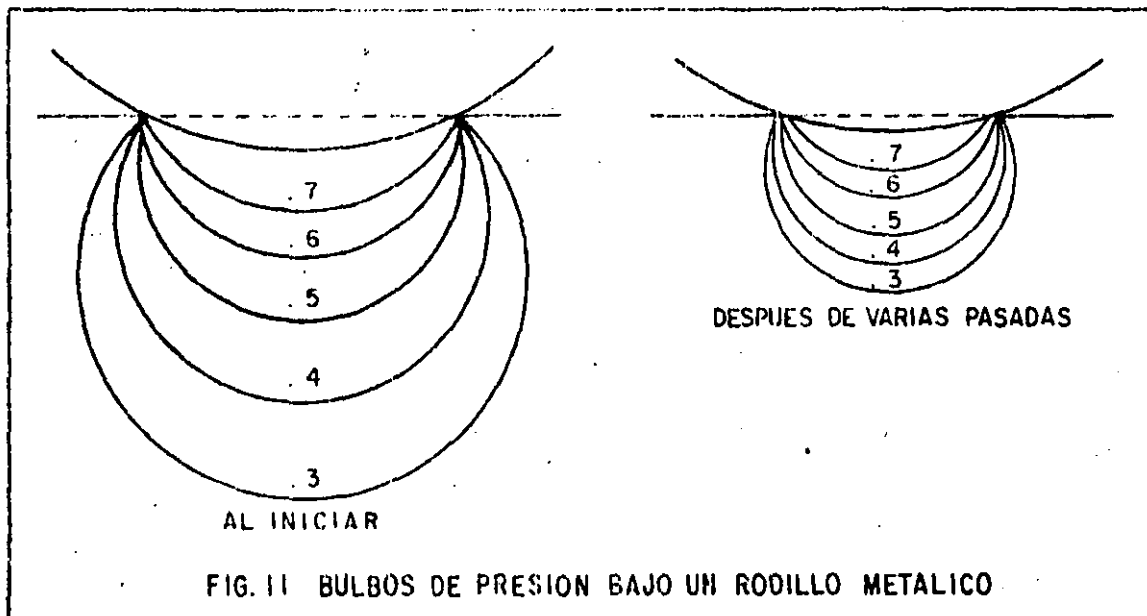
## IV. EQUIPO DE COMPACTACION

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

#### 4.1. RODILLOS METALICOS

Un rodillo metálico utiliza solamente presión con un mínimo de amasamiento en materiales plásticos.

Cuando estos rodillos inician la compactación de una capa el área de contacto es más o menos ancha y se forma un bulbo de presión de una cierta profundidad. Conforme avanza la compactación el ancho del área de contacto se reduce, y por lo tanto también se reduce la profundidad del bulbo de presión y aumentan los esfuerzos de compresión en la cercanía de la superficie (Fig. 11). Estos esfuerzos son con frecuencia suficientes para triturar los agregados en materiales granulares, e invariablemente causan la formación de una costra en la superficie de la capa (encarpetamiento).



Si a esto se agrega la costumbre de hacer riegos adicionales durante la compactación, para compensar la evaporación, en una capa en donde la penetración del agua es difícil por la misma compacidad del material, llegaremos a un estado de estratificación de la humedad, en este momento la formación de la costra es inevitable.

También es costumbre más o menos generalizada, el sobre las - trar estos equipos cuando no se está obteniendo la compactación, para aumentar la penetración y la profundidad del bulbo de presión, es to generalmente tiene como consecuencia el sobre esforzar la superfi - cie.

Un rodillo metálico, no compacta pequeñas áreas bajas o suaves, debido a que la rigidez de la rueda las puentea, estas áreas suaves se presentan con frecuencia en terracerías debido a la irregularidad de la capa.

Dentro de este grupo se puede hacer la división siguiente:

A) Planchas Tandem.- Son aquellas que tienen dos o tres rodillos metálicos paralelos. Los rodillos son generalmente huecos para ser lastrados con agua y/o arena. Tienen generalmente dos números por nomenclatura. El primero es el peso de la máquina sin lastre y el segundo es el peso de la máquina lastrada totalmente (Fig. 12).

B) Planchas de Tres Ruedas.- Son quizás de más antiguo diseño; estas planchas tienen dos ruedas traseras paralelas y una rueda de lantera; las ruedas pueden ser huecas para ser lastradas o formadas por placas de acero roladas con atiesadores (Fig. 13).

Las planchas tandem, a pesar de que son generalmente de menor peso que las de tres rodillos, suelen tener mayor compresión por centímetro lineal de generatriz que las de tres rodillos, por tener menor superficie de contacto con el material.

Tanto las planchas tandem como las de tres rodillos, tienen bajas velocidades de operación y poca seguridad al compactar las orillas de terraplenes altos.

Son efectivas en todos los suelos, pero, por los inconvenientes mencionados y su bajo rendimiento hacen que su uso se limite a trabajos pequeños o al armado de una capa al inicio de la compactación.

Resumiendo, puede decirse que estas máquinas por su lentitud y poca profundidad, han perdido terreno en la compactación de grandes movimientos de tierra; también en algunas aplicaciones específicas que tienen estos equipos como la compactación de carpetas asfálticas, van siendo desplazados por otras máquinas compactadoras.

#### 4.2. RODILLOS NEUMATICOS

Los rodillos neumáticos son muy eficientes y a menudo esenciales para la compactación de sub-bases, bases y carpetas, sus bulbos de presión son semejantes a los de los rodillos metálicos, pero el área de contacto permanece constante por lo que no se produce el efecto de reducción del bulbo. Por otra parte, el efecto de puenteo del rodillo metálico, sobre zonas suaves, se elimina con llantas de suspensión independiente.

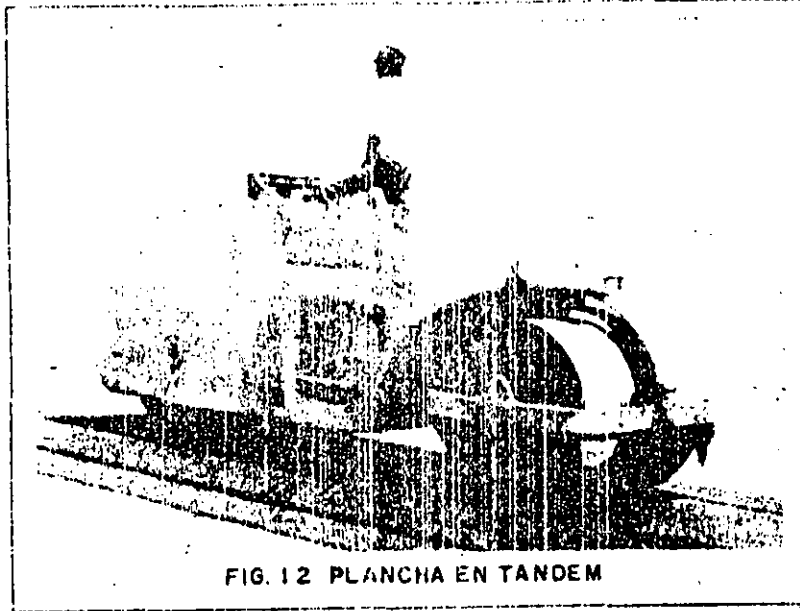


FIG. 12 PLANCHA EN TANDEM

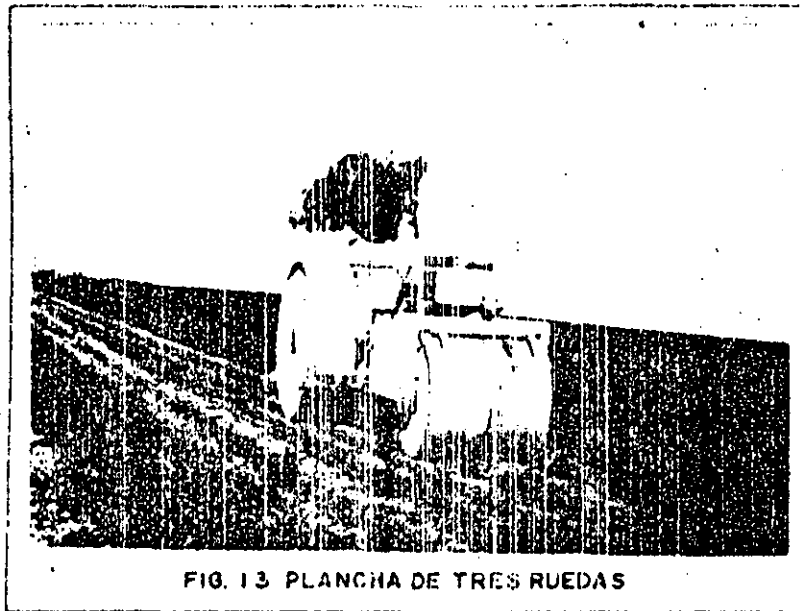


FIG. 13 PLANCHA DE TRES RUEDAS

Estos compactadores pueden ser jalados o autopropulsados.

Se pueden dividir conforme al tamaño de sus llantas en:

- A) De llantas pequeñas
- B) De llantas grandes

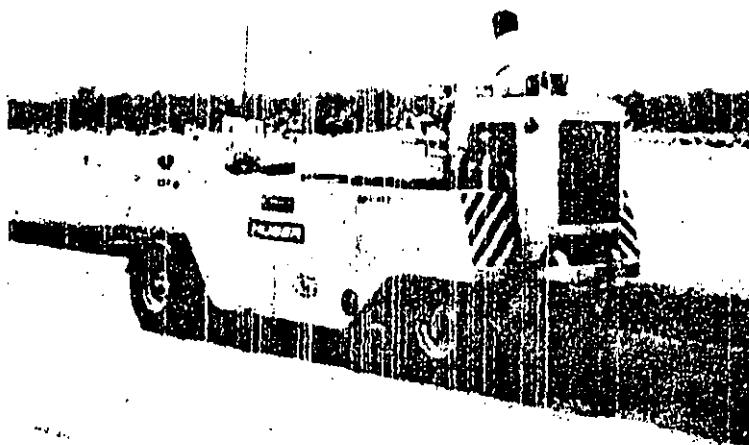


FIG. 14

A) DE LLANTAS PEQUEÑAS.- Generalmente tienen dos ejes en tandem y el número de llantas puede variar entre 7 y 13. El arreglo de las llantas es tal que las traseras traslapan con las delanteras - - (Fig. 14 A).

Algunos de estos compactadores tienen montadas sus ruedas en forma tal que oscilan o "bailan" al rodar, lo que aumenta su efecto de amasamiento.

Estos compactadores proporcionan una presión de contacto semejante a la proporcionada por equipos de mayor peso y llantas grandes, tienen mayor maniobrabilidad, no empujan mucho material adelante de ellos, tienen poca profundidad de acción y poca flotación en materiales sueltos. Tienen una buena acción de secado y cierran la textura del material de la capa.

B) DE LLANTAS GRANDES.- Son generalmente arrastrados por tractor y pesan de 15 a 50 Ton. Tienen 4 ó 6 llantas en un mismo eje, -

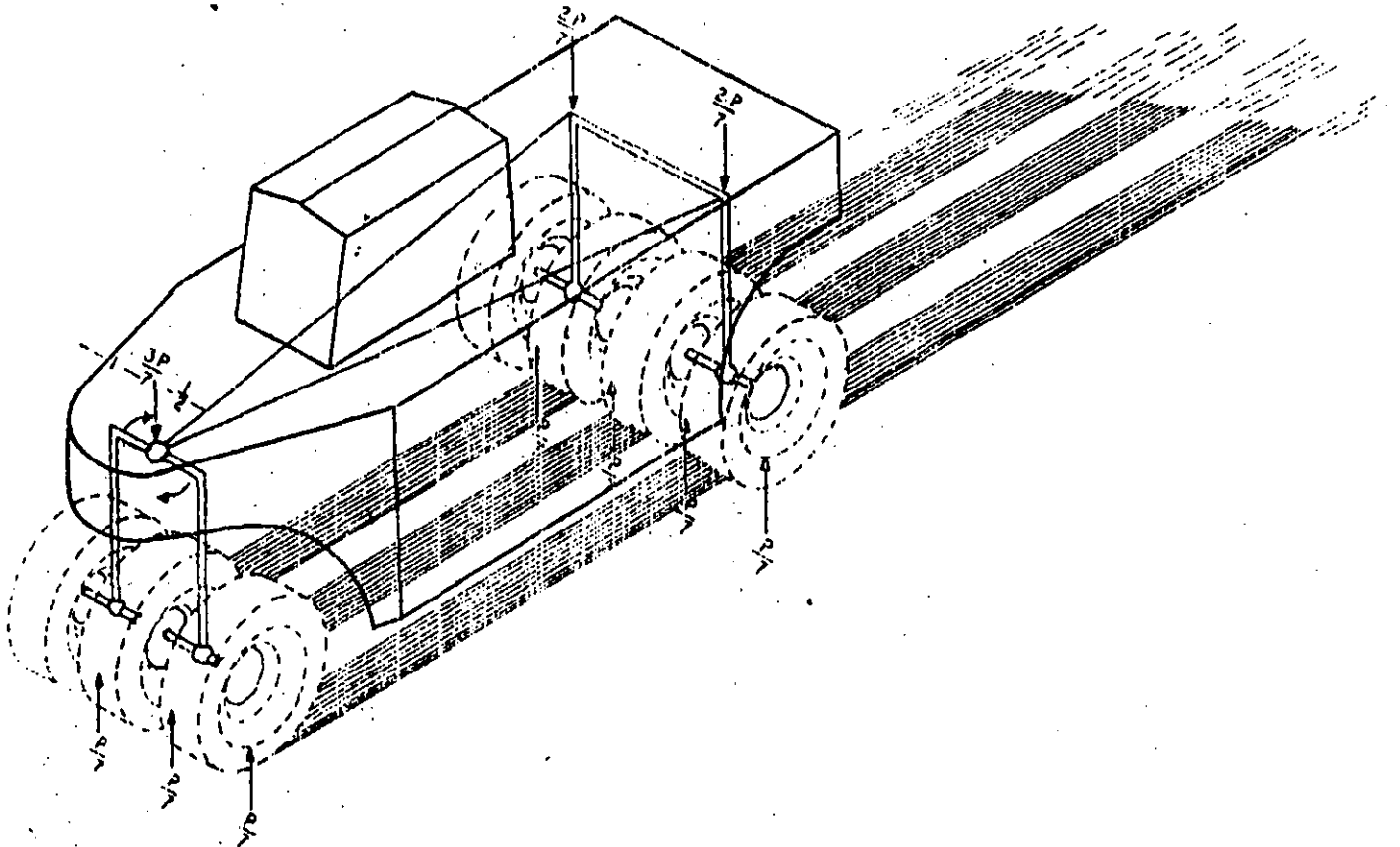


Fig. 14-A

además son difíciles de maniobrar y de transportar, por lo que están siendo desplazados por otros equipos más ligeros y versátiles.

Los factores más importantes que intervienen en este tipo de compactadores son:

a) Peso total.- Dependiendo del número total de llantas y del sistema de suspensión del compactador se puede conocer el peso o fuerza aplicada por llanta. A mayor peso total, mayor carga por llanta, en caso de tratarse de una suspensión isostática.

b) La presión de inflado es importante, pero está ligada íntimamente a la carga de la llanta. Si "W" es el peso del compactador, y "p" es la presión de contacto (Fig. 15):

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

Si aumentamos la presión sin aumentar la carga (Fig. 17) disminuimos la profundidad del bulbo de presión, y podemos llegar a encarpetar la capa. Esto puede ser eficiente si la capa es delgada como suele serlo en bases y sub-bases y carpetas.

Si aumentamos el peso y la presión (Fig. 18), estamos aumentando la presión efectiva sobre la capa y por lo tanto el trabajo de compactación sobre la capa, sin embargo esto nos puede disminuir la vida útil de las llantas y del equipo, y aumentará la tendencia al rebote.

En el concepto moderno de un compactador neumático la carga sobre la llanta y la presión de inflado, deben ser las adecuadas para dar la presión de contacto suficiente para ejercer el esfuerzo requerido de compactación (es aconsejable no alejarse mucho de las recomendaciones del fabricante).

Por la razón anterior los fabricantes de equipo progresistas han provisto a sus máquinas, con implementos para variar rápidamente la presión de inflado de sus equipos.

Las presiones de inflado usuales son del orden de 50 psi, para compactadores pequeños (hasta 10 Ton) y pueden llegar hasta 80 psi en compactadores grandes (de 10 a 60 Ton).

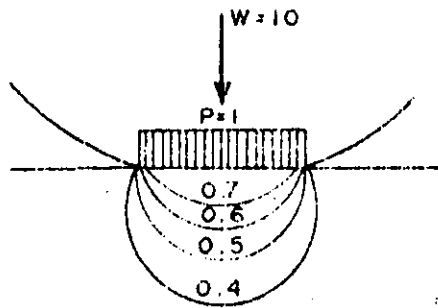


FIG. 15

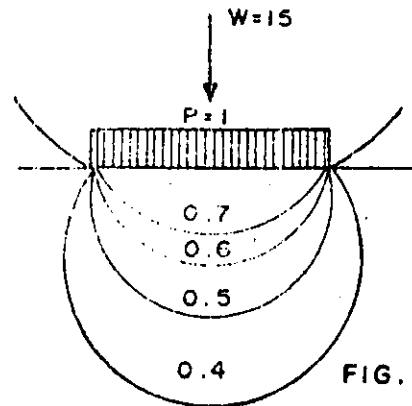


FIG. 16

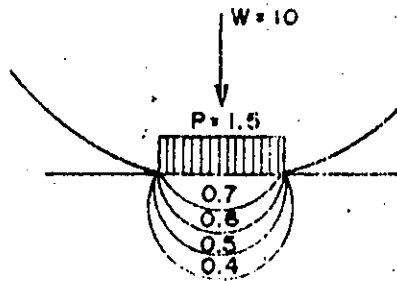


FIG. 17

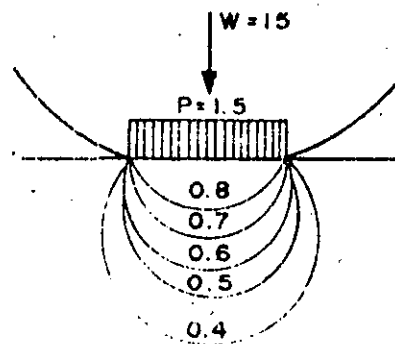


FIG. 18

La presión de inflado no es igual a la de contacto ya que interviene (en mucho) la rigidez de la llanta inflada.

Tienen aplicaciones especializadas como la compactación del terreno natural en aeropuertos (grandes extensiones, terreno plano, alto grado de compactación, fácil acceso, etc), tienen gran utilidad para sellar las capas superiores, con lo que se logra una buena impermeabilidad.



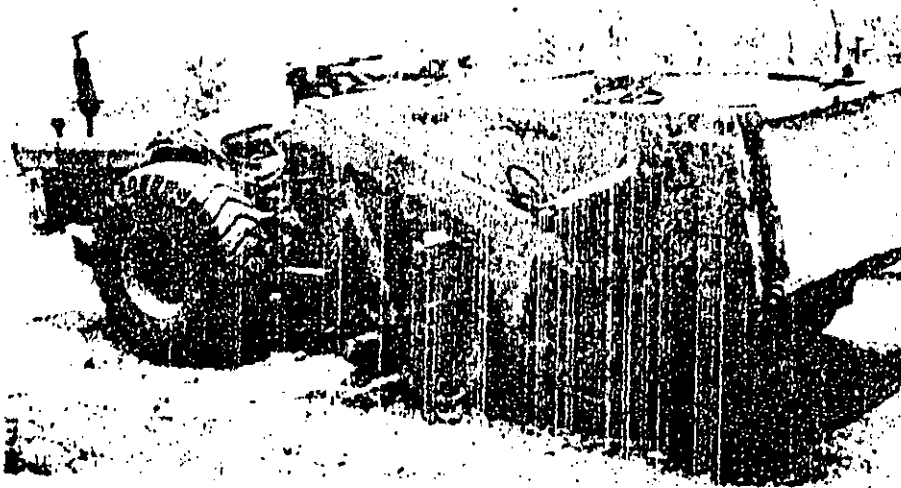


FIG. 19 COMBINACION DE RODILLOS METALICO Y NEUMATICO (DUO-FACTOR)

#### 4.3. RODILLOS PATA DE CABRA.

Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcillas donde la estratigráfica debe ser eliminada, - como en el corazón impermeable de una presa. Debido a la pequeña -- área de contacto de una pata y al alto peso de éstos equipos el bulbo de presión es intenso y poco profundo. La compactación se consigue por penetración y amasamiento más que por efecto del bulbo de -- presión (Fig. 20).

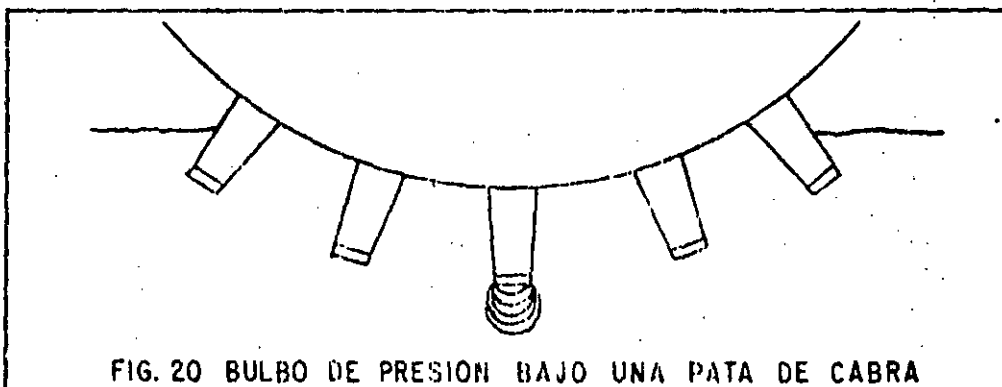


FIG. 20 BULBO DE PRESION BAJO UNA PATA DE CABRA

Los rodillos pata de cabra son lentos, tienen una gran resistencia al rodamiento, por lo que consumen mucha potencia. Este equipo es todavía pedido en especificaciones algunas veces, pero su uso está declinando debido a los altos costos que tienen, usualmente, por unidad de volumen compactado (Fig 21).

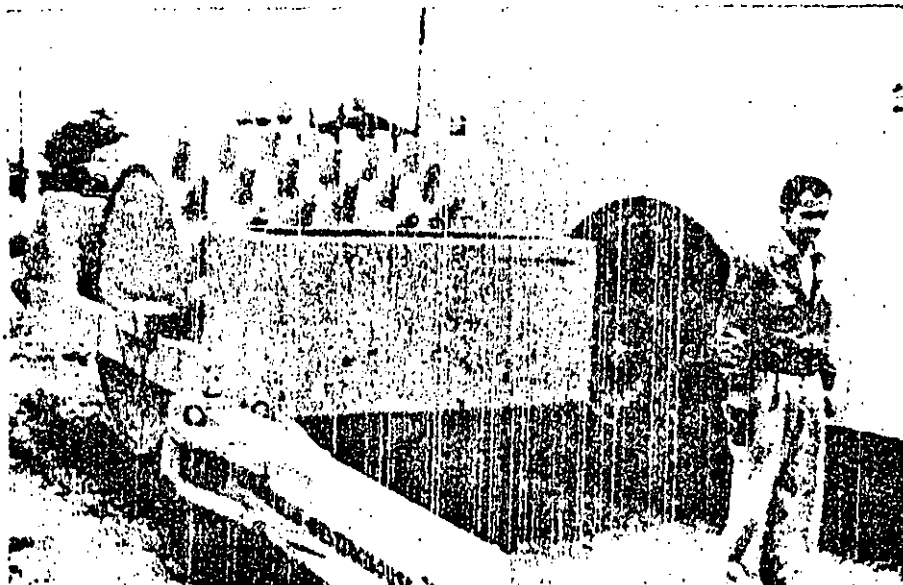
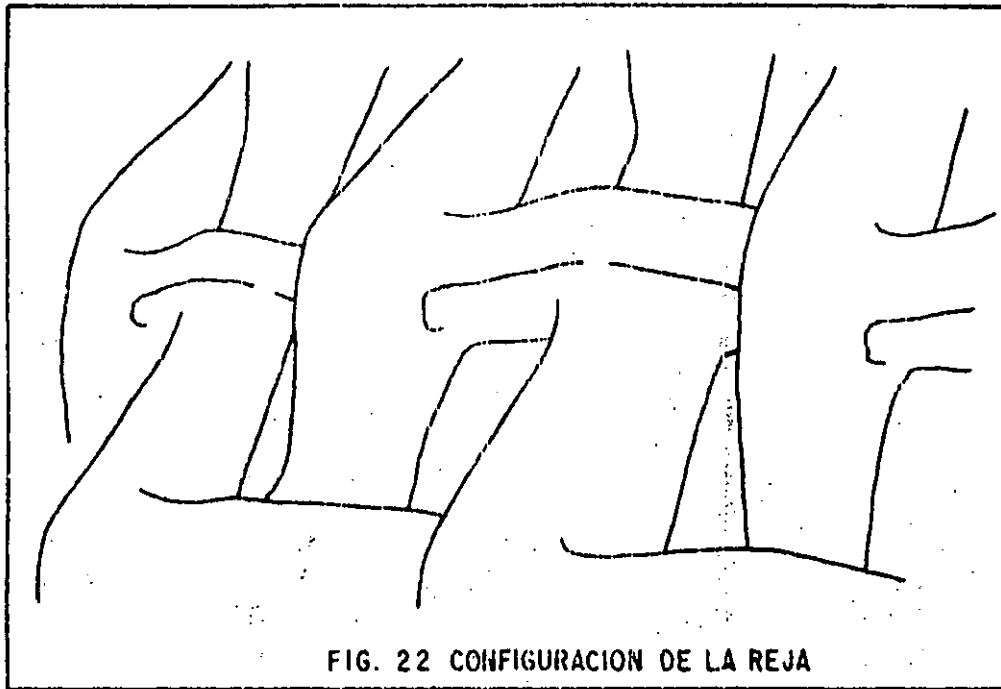


Fig. 21 RODILLO PATA DE CABRA

#### 4.4. RODILLO DE REJA

Este compactador fue desarrollado originalmente para disgregar y compactar rocas poco resistentes a la compresión, como rocas sedimentarias y algunas metamórficas, para hacer caminos de penetración transitables todo el año, para esto el rodillo transita sobre la roca suelta en el camino, rompiéndola y produciendo finos que llenan los vacíos formando una superficie suelta y estable. Como una guía; la roca que se puede escarificar también se puede disgregar.

Al ser usado este equipo se encontró que era capaz de compactar a alta velocidad una gran variedad de suelos. Los puntos altos de la reja producen efecto de impacto, y cuando es remolcado a alta velocidad, produce efecto de vibración, efectivo en materiales granulares. El perfil alternado alto y bajo de la rejilla produce efecto de amasamiento por lo que este rodillo también es eficiente en materiales plásticos. Desafortunadamente, como los materiales plásticos suelen ser pegajosos, se atascan de material los huecos de la reja y se reduce la eficiencia (Fig. 22).



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

#### 4.5. RODILLO DE IMPACTO (TAMPING ROLLER)

A causa de los problemas de limpieza del rodillo de reja, se diseñó un nuevo rodillo usando los mismos principios: el rodillo de impacto. Este es un rodillo metálico, en el que se han fijado unas salientes en forma aproximada de una pirámide rectangular truncada. (Fig. 23).

Estas pirámides no son de la misma altura pues hay unas más altas que otras, siguiendo el modelo de puntos altos y bajos del rodillo de reja, esto dá las mismas ventajas, pudiéndose limpiar fácilmente por medio de dientes sujetos a un marco.

Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incrementa con la penetración, ajustándose automáticamente la presión a la resistencia del suelo compactado (Fig. 24).

El diseño contempla también una fácil entrada y salida a la capa, lo que disminuye la resistencia al rodamiento.

Estos rodillos han probado ser muy eficientes y eliminan estratificación en los terraplenes, esto es importante en corazones impermeables de presas.

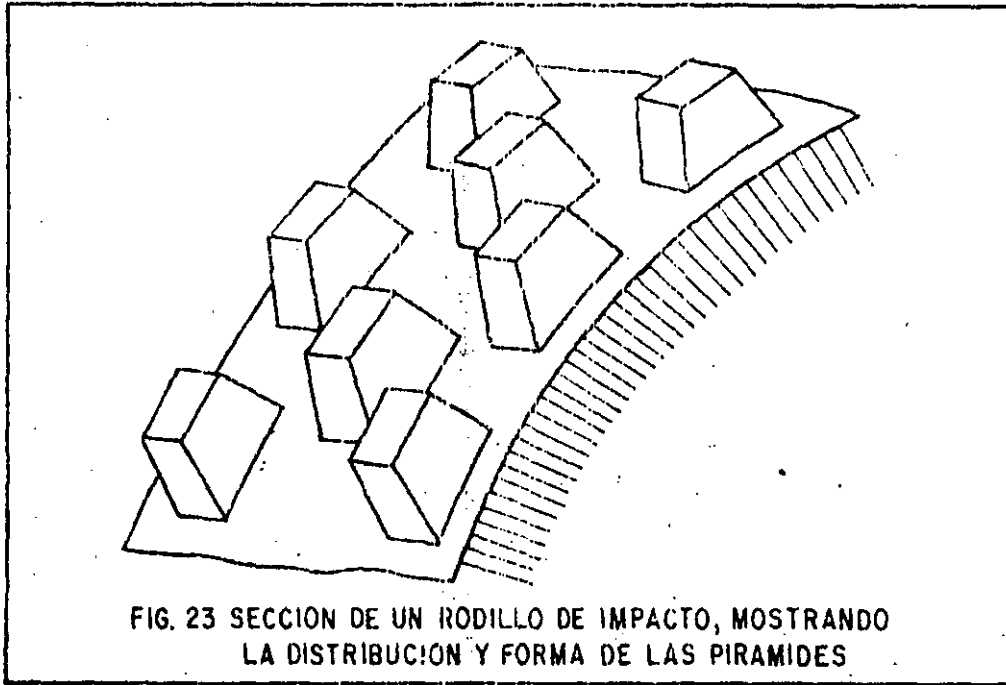


FIG. 23 SECCION DE UN RODILLO DE IMPACTO, MOSTRANDO LA DISTRIBUCION Y FORMA DE LAS PIRAMIDES

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.

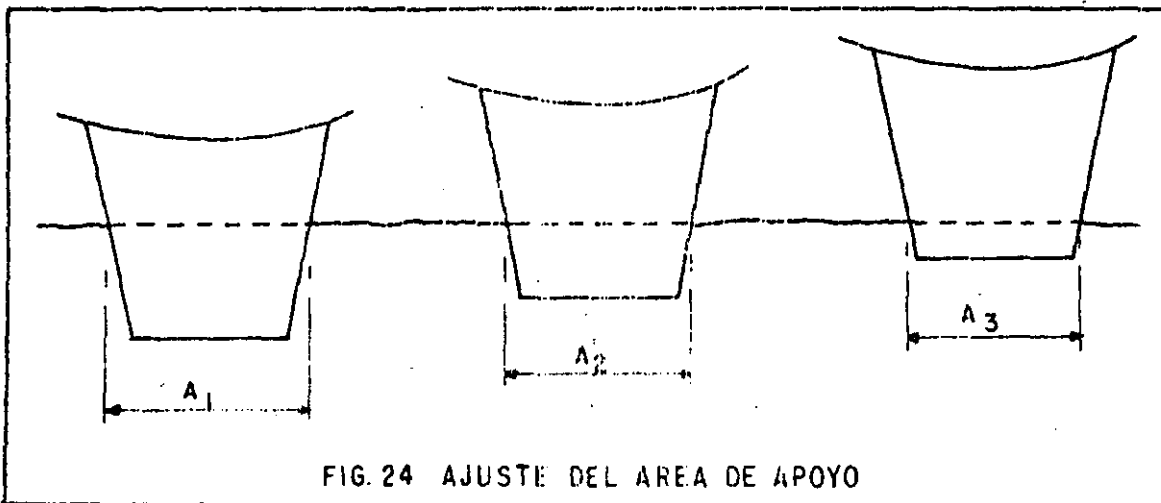


FIG. 24 AJUSTE DEL AREA DE APOYO

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).

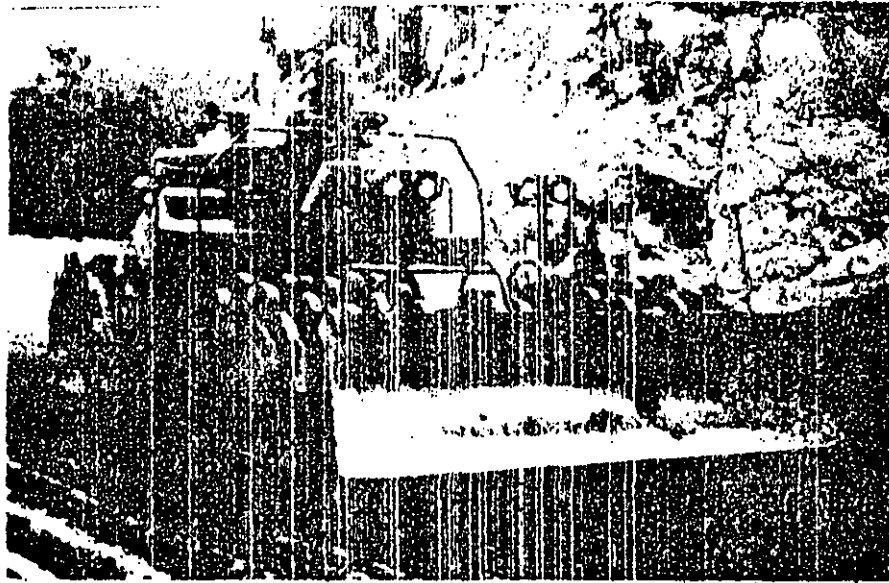


FIG. 25 RODILLO DE IMPACTO ( TAMPING - ROLLER )

#### 4.6. RODILLOS VIBRATORIOS

Estos rodillos funcionan disminuyendo temporalmente la fricción interna del suelo. Como en los suelos granulares (gravas y arenas) - su resistencia depende principalmente de la fricción interna (en los suelos plásticos depende de la cohesión), la eficiencia de estos rodillos está casi limitada a suelos granulares.

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

Estos rodillos pueden producir un gran trabajo de compactación en relación a su peso estático ya que la principal fuente de trabajo es la fuerza dinámica de compactación (Fig. 26).

Buscando extender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado rodillos pata de cabra vibratorios, en los que la fuerza y la amplitud de la vibración se han aumentado, y se ha disminuido la frecuencia. Con el mismo objeto se han acoplado dos rodillos vibratorios, - "fuera de fase", a un marco rígido para obtener efecto de amasamiento.

Estos rodillos se clasifican por su tamaño, pequeños hasta -- 9,000 kg de fuerza dinámica y grandes de más de 9,000, pudiendo llegar hasta 20,000 kg o más. Los grandes pueden llegar a sobreesforzar suelos débiles por lo que hay que manejarlos con cuidado.

Todos los vibradores deben de manejarse a velocidades de 2.5 a 5 km/h. Velocidades mayores no incrementan la producción, y con frecuencia no se obtiene la compactación.

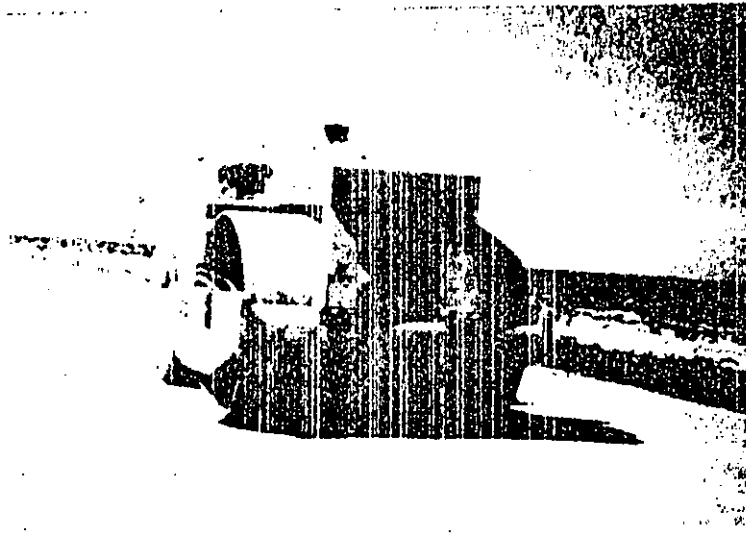


FIG. 26 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

#### V. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPACTACION

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

- 5.1) CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL
- 5.2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL
- 5.3) NUMERO DE PASADAS DEL EQUIPO
- 5.4) PESO DEL COMPACTADOR
- 5.5) PRESION DE CONTACTO
- 5.6) VELOCIDAD DEL EQUIPO COMPACTADOR
- 5.7) ESPESOR DE CAPA

5.1) CONTENIDO DE HUMEDAD. El agua tiene en el proceso de compactación, el papel de lubricante entre las partículas del material. Una falta de humedad exigirá mayor esfuerzo compactivo, así como también lo exigiría un exceso de la misma.

Debe recordarse que todo material tiene un contenido óptimo de humedad, para el cual se obtiene, bajo una cierta energía de compactación, una densidad máxima.

El agua, entonces, facilita el trabajo de compactación.

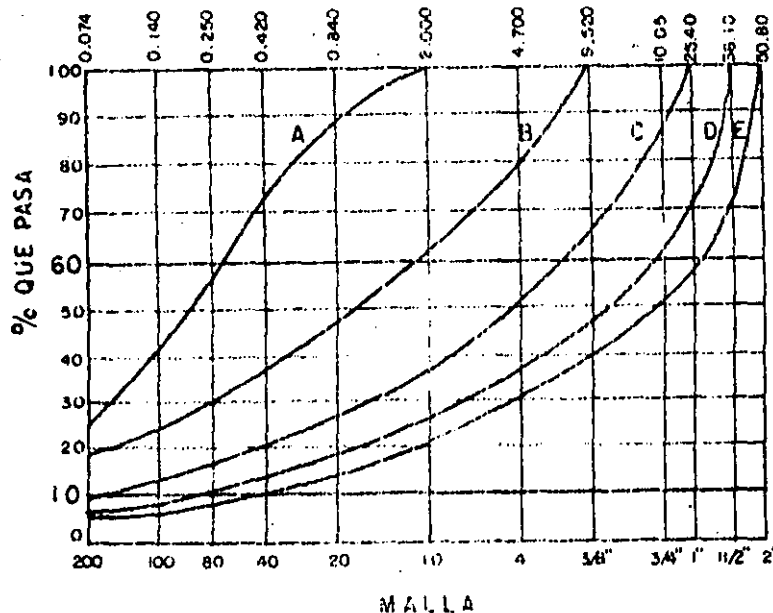
5.2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL: Para la obtención de una eficiente compactación es necesario, que haya partículas de varios tamaños en el material por compactar, ya que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados entre partículas de mayor tamaño.

Un suelo que contiene un tamaño muy uniforme de partículas -- (mal graduado), será difícilmente compactado. En cambio un suelo -- con amplia gama de tamaños (bien graduado), se compacta mejor ya -- que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados -- entre las partículas de mayor tamaño.

Por lo que es muy importante considerar el Coeficiente de Uniformidad de Lars Forssblad, que es la relación entre el  $D_{60}$  y el  $D_{10}$ .

### COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu) DE LARS FORSSBLAD

#### GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

FIG. 27

En donde:

El  $D_{60}$  : Es el tamaño de la malla por el que pasa el 60% del material.

El  $D_{10}$  : Es el tamaño de la malla por el que pasa el 10% del material.

Si el  $C_u > 7$ , se tiene un excelente suelo (bien graduado) para compactar. Con amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

Si el  $7 > C_u > 3$ , se tienen suelos, que presentan ciertos problemas para la compactación, los que podemos eliminar mejorando la granulometría y así obtener buenos resultados.

Si el  $C_u < 3$ , se tiene un pésimo suelo (mal graduado) para compactar.

Por ejemplo en la gráfica de composición granulométrica, podemos observar de la curva (B), el  $D_{60}$  corresponde al material que pasa la malla de 1 1/2, tamaño igual a 19.05 mm y el  $D_{10}$  corresponde al material que pasa por la malla 80, tamaño igual a 0.250 mm. Si calculamos el coeficiente de uniformidad tenemos que:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{19.05 \text{ mm}}{0.250 \text{ mm}} = 76.2$$

lo que nos indica que es un excelente suelo para compactar, porque tiene una amplia gama de tamaños.

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

5.3) NUMERO DE PASADAS. El número de pasadas que un equipo deba dar sobre un material dependerá de (Fig. 28):

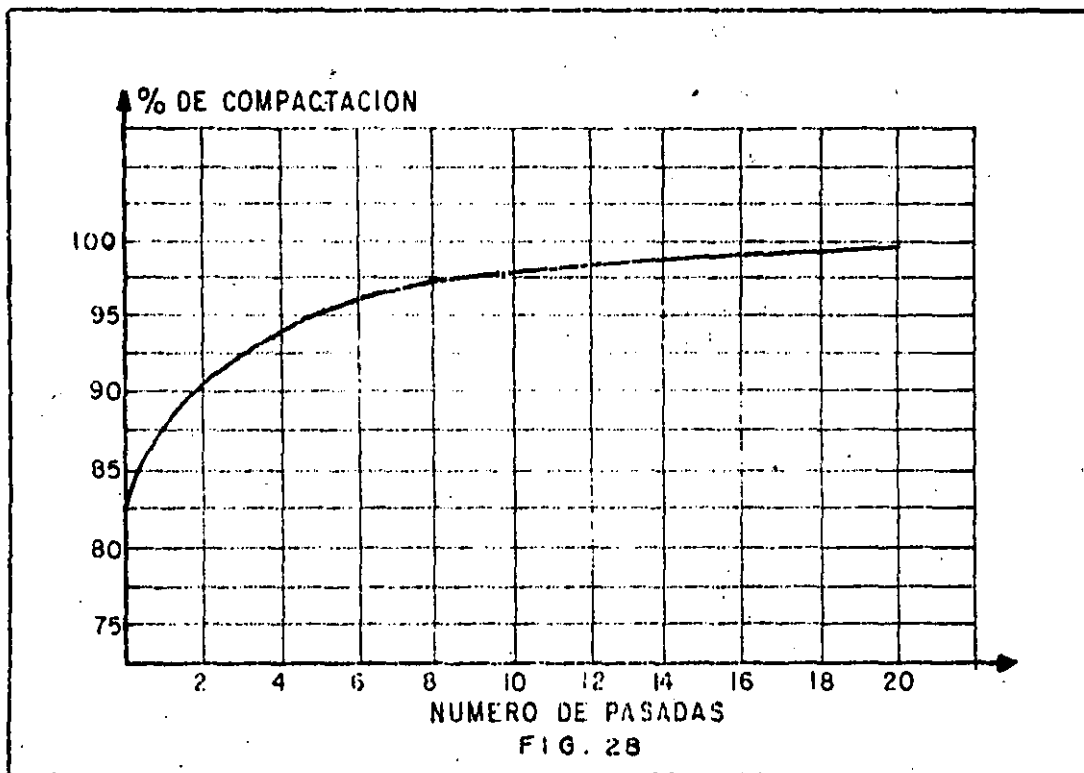
- A) Tipo de compactador
- B) Tipo de material



- C) Contenido de humedad
- D) Forma en que aplique la presión al material
- E) Maniobrabilidad del equipo

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

5.5) PRESION DE CONTACTO. Más que el peso del compactador importa la presión de contacto; ésta depende de:



- A) Tipo de material
- B) Estado del material (Suelto o Semisuelto)
- C) Area expuesta por el compactador
- D) Presión de inflado en el caso de un equipo sobre neumáticos

- E) Peso del compactador
- F) Temperatura del material tratándose de mezclas asfálticas.

Los fabricantes de equipo de compactación se han preocupado por que sus máquinas ejerzan presiones de contacto uniformes, lo cual han logrado mediante suspensiones isostáticas.

Es necesario hacer hincapié, que resulta de mayor importancia la presión de contacto de un compactador, que el peso mismo.

Por ejemplo un compactador muy pesado necesita de un mayor número de llantas o de llantas más grandes, con lo cual, el área de contacto entre el compactador y el material se incrementa, resultando la presión de contacto, similar a la de un compactador normal con menos llantas o llantas menores.

#### 5.6) VELOCIDADES DE OPERACION

De la velocidad de translación del compactador y del número de pasadas dependerá, principalmente la producción. La velocidad estará entre los siguientes valores:

##### 5.6.1. Rodillos Metálicos y Patas de Cabra

Son lentos por naturaleza, entre más rápido mejor, limitados sólo por la seguridad. 5 km por hora es un buen máximo.

##### 5.6.2. Rodillos de Reja o de Impacto

Entre más rápido mejor, limitado sólo por la seguridad, normalmente de 10 a 20 km por hora.

##### 5.6.3. Rodillos Neumáticos

Entre más rápido mejor, excepto que haya rebotes, lo que puede ocasionar ondulación de la capa, compactación dispareja y desgaste -- acelerado del equipo. Normal de 4 a 8 km por hora.

##### 5.6.4. Rodillos Vibratorios.

La máxima eficiencia se obtiene entre 3 y 5 km por hora, a velocidades mayores la eficiencia baja rápidamente y se puede llegar a no obtener la compactación.

## VI. SELECCION DE COMPACTADORES EN CUANTO A SU FUNCION

La selección de compactadores más adecuado no siempre es sencilla, ya que depende de muchos factores: tipo de suelo, tipo de trabajo, método de movimiento de tierras, compatibilidad de trabajo, etc., en la selección final deben hacerse intervenir, cuando menos, los factores mencionados. Es frecuente y muy eficiente el uso de varios equipos que combinen los diferentes efectos de compactación.

Los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para esta selección son:

- 6.1. Tipo de Material
- 6.2. Tamaño de la Obra
- 6.3. Requerimientos especiales

### 6.1. TIPO DE MATERIAL

En la figura 29 se muestra en los renglones 4 y 5 los diferentes materiales y su respectivo tamaño en mm. En el renglón 3 se clasifican en cohesivos, semicohesivos y no cohesivos. (los más finos son cohesivos y los granulares no cohesivos) en los renglones 1 y 2 se indica su uso más frecuente:

- 1) Sub-bases, bases y carpetas: siempre materiales no cohesivos (arenas y gravas).
- 2) Terracerías: normalmente materiales cohesivos y semicohesivos, a veces no cohesivos.

En el renglón 6: la compactación por presión estática (rodillos metálicos y neumáticos) es aplicable a todos los suelos. Limitación: bajo rendimiento, excepto en los compactadores neumáticos grandes.

En el renglón 7: la compactación por amasamiento (rodillo pata de cabra estática y pata de cabra vibratoria) es útil para suelos cohesivos y semicohesivos (arcillas, limos y algo en arenas limosas). Limitación: alto costo de pata de cabra estática.

En el renglón 8: la compactación por impacto (rodillo de impacto y rodillo de reja) aplicable a toda clase de suelos, pero el mal acabado que dan a la capa sólo permite aplicarlos en terracerías, normalmente arcillas y limos, a veces arenas. Limitación: el rodillo de reja se atasca con los materiales cohesivos y hay que parar frecuente

mente a limpiarlo, sin embargo es un excelente disgregador, por lo que el rodillo de raja es extraordinario en terracerías que necesi-  
tan disgregado.

En el renglón 9: la compactación por vibración (rodillo liso vibratorio) es aplicable en suelos no cohesivos (arenas y gravas) y a veces algunos semicohesivos (arenas limosas).

Conclusiones: (Fig. 29)

- a) Para suelos cohesivos se debe preferir pata de cabra vibratoria o rodillo de impacto. (Línea A).
- b) Para suelos no cohesivos se debe preferir rodillo liso vibratorio. (Línea B).
- c) Para todos los suelos: rodillo neumático
- d) Las mejores combinaciones son:

Para suelos cohesivos: Todos los equipos, por si mismos, combinan diferentes esfuerzos de compactación, por lo que no hay que combinar equipos (Línea A).

Para suelos no cohesivos: Neumático y rodillo vibratorio (Línea B, Fig. 29).

## 6.2. TAMAÑO DE OBRA.

Dependiendo del tamaño de la obra y habiendo ya seleccionado el tipo de compactador adecuado para el material por compactar, se puede determinar el número de compactadores necesarios para cumplir con el plazo estipulado.

## 6.3. REQUERIMIENTOS ESPECIALES.

Existen casos en que por requerimientos especiales es necesario decidirse por un determinado tipo de compactador, como cuando las especificaciones solicitan un compactador que no estratifique el terraplén (corazones arcillosos), esto nos haría seleccionar una pata de cabra vibratoria o un rodillo de impacto.

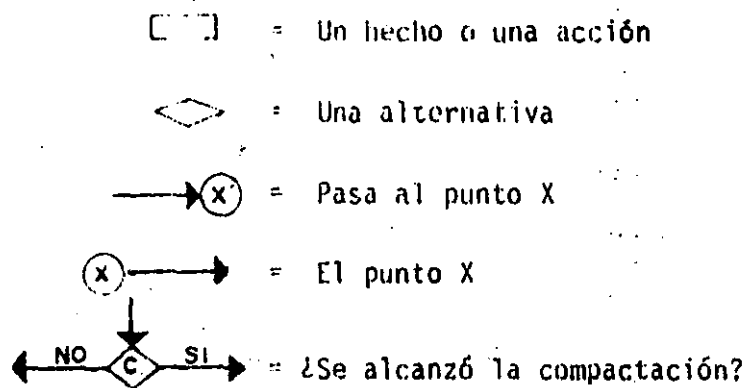
Debemos tener en mente que, en construcción pesada, la inversión en equipo es cuantiosa y que éste se adquiere usualmente fuera del país, por lo que es muy importante pesar cuidadosamente todas las posibilidades para poder escoger la máquina más eficiente; esto es: la menor inversión posible al más bajo costo unitario en el mínimo tiempo realizable.

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

¿Qué hacer cuando el control nos indica una falla?

Esta pregunta la vamos a contestar por medio de diagramas lógicos, que siguen a continuación, en los que intenta, en forma general, mostrar un camino lógico para un análisis formal.

En estos diagramas se usan los siguientes símbolos:



## VIII. SELECCION DEL EQUIPO DE COMPACTACION EN CUANTO AL RENDIMIENTO Y AL COSTO DE LA COMPACTACION

### 8.1. RENDIMIENTO

Para determinar la producción horaria de un equipo de compactación se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- A) Ancho compactado por la máquina = A
- B) Velocidad de operación = V
- C) Espesor de capa = E
- D) Número de pasadas para obtener la compactación especificada = N

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

# SELECCION DE EQUIPO

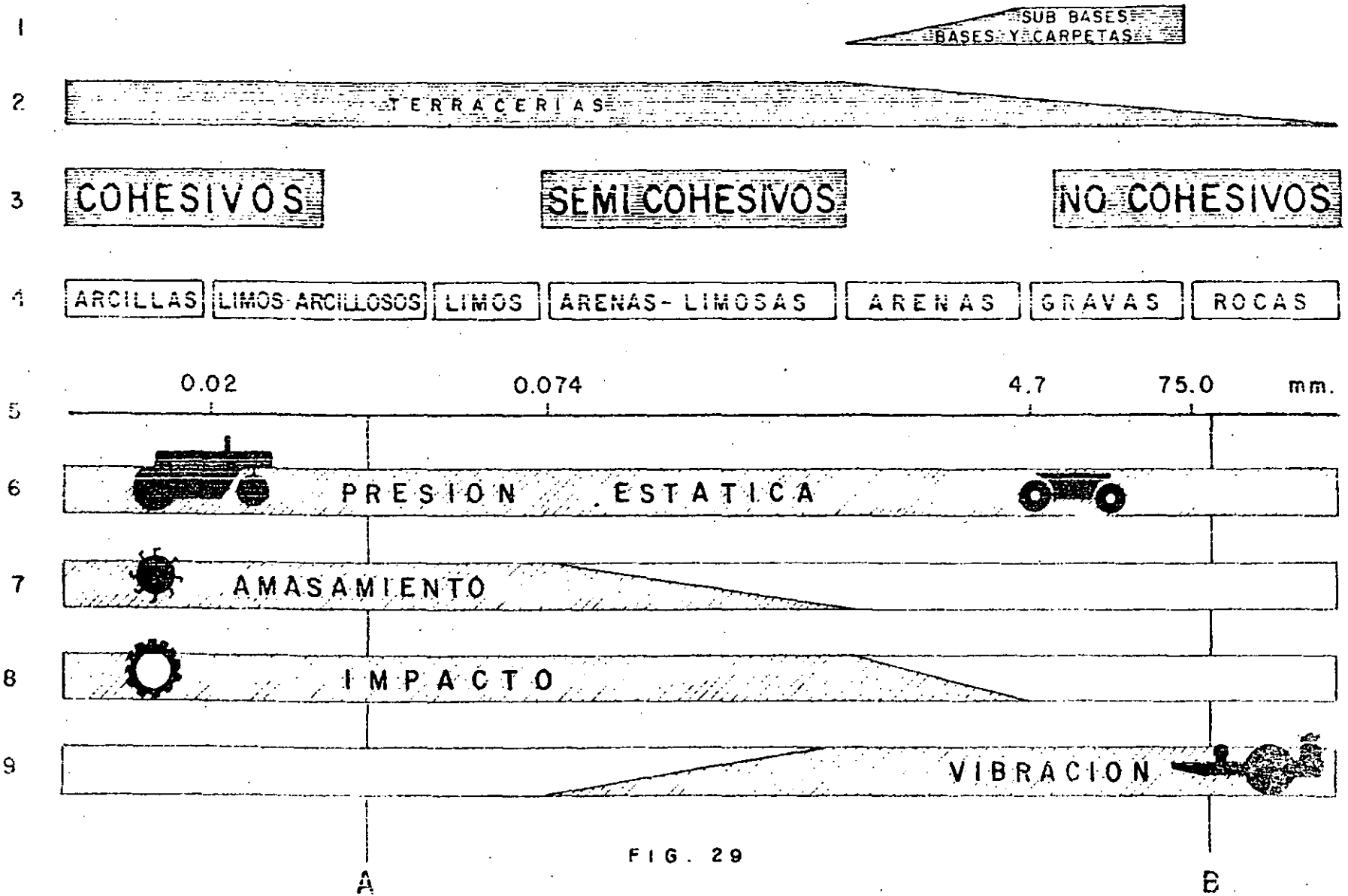
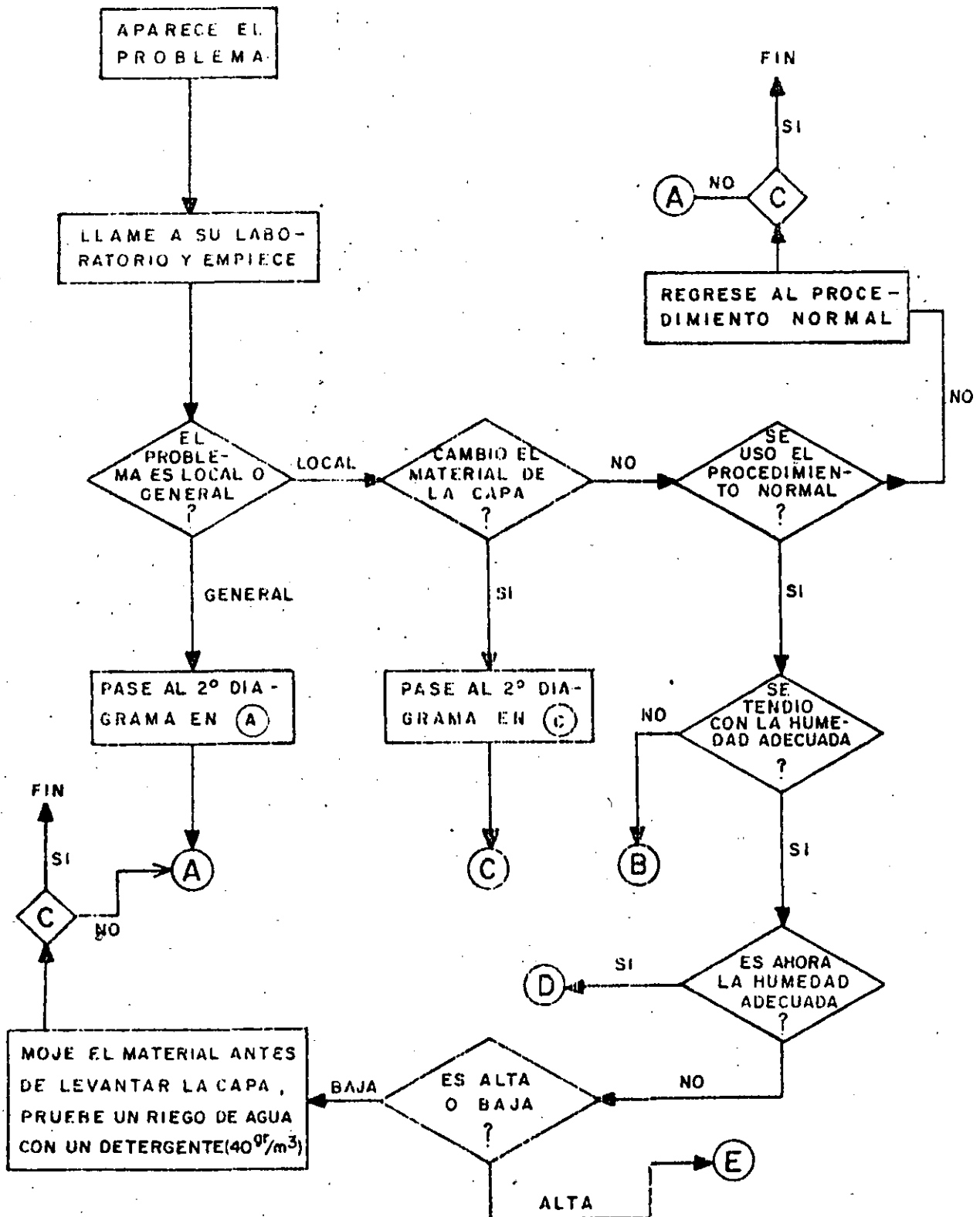
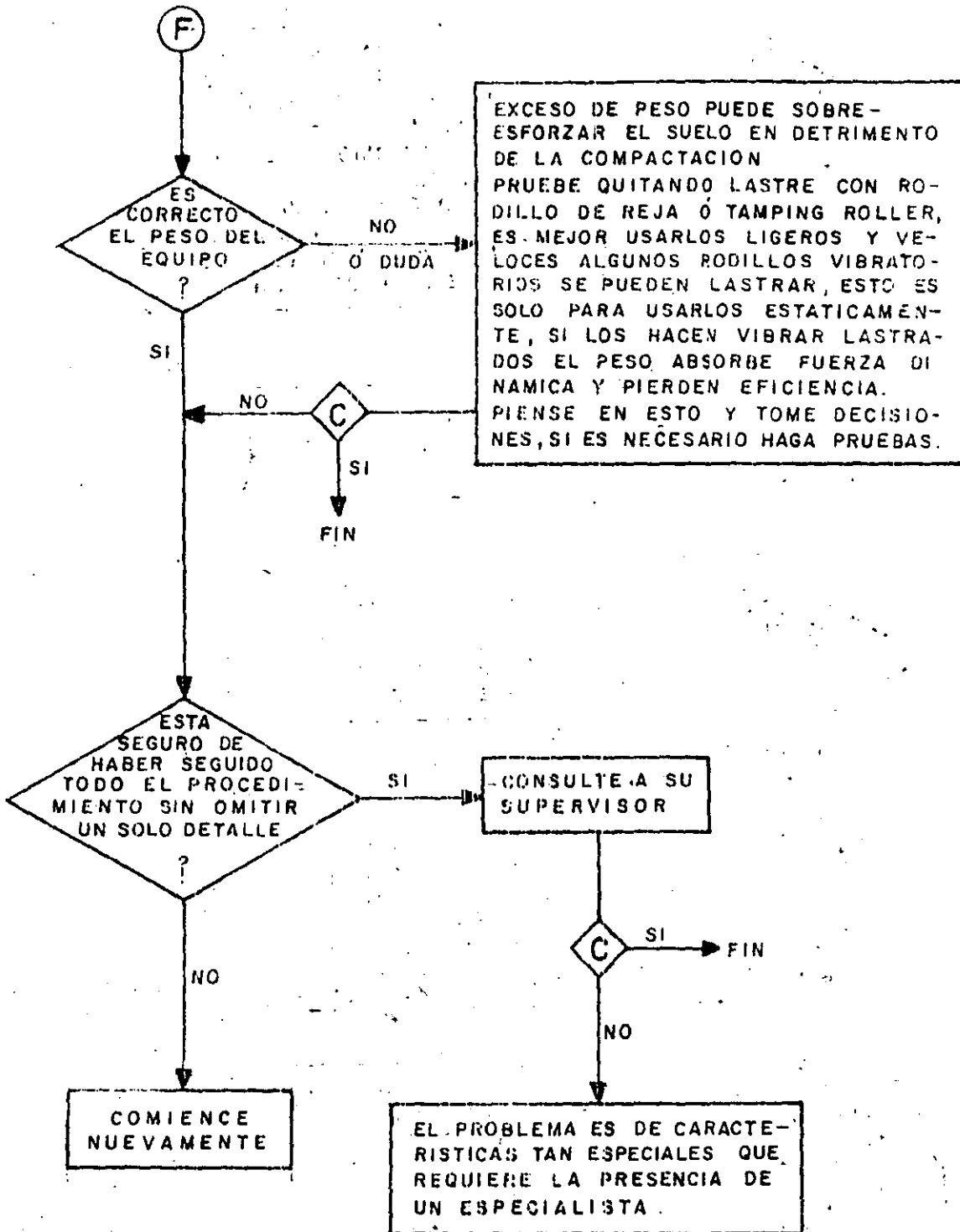


FIG. 29

# PRIMER DIAGRAMA







La fórmula puede escribirse:

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

P = Producción horaria (m<sup>3</sup>/h)

A = Ancho compactado por la máquina (m)

V = Velocidad (km/h)

E = Espesor de capa (cm)

N = Número de pasadas

10 = Factor de conversión

C = Eficiencia (0.6 a 0.8)

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

El número de pasadas depende de la energía que el equipo puede proporcionar al suelo:

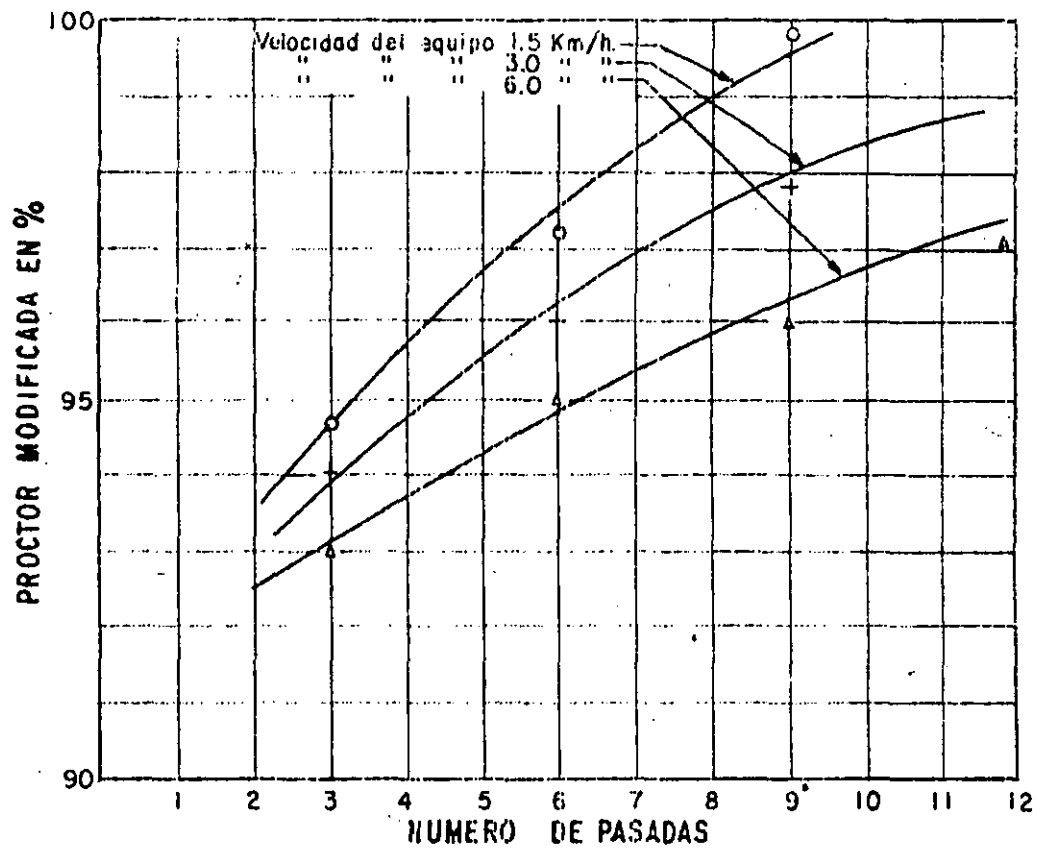
EJEMPLOS TÍPICOS:

EQUIPO	PROFUNDIDAD DE LA CAPA (CM)	No. DE PASADAS	
		PARA 90%	PARA 95%
RODILLO METALICO	10 A 20	7 A 9	10 A 12
NEUMATICO LIGERO	15 A 20	5 A 6	8 A 9
NEUMATICO PESADO	HASTA 70	4 A 5	6 A 8
RODILLO DE IMPACTO	20 A 30	5 A 6	6 A 8
RODILLO DE REJA	20 A 25	6 A 7	7 A 9
PATA DE CABRA VIBRATORIA	20 A 30	3 A 5	6 A 7
LISO VIBRATORIO	20 A 30	VER GRAFICA SIGUIENTE	

Conociendo la capacidad de producción de un compactador y para conocer el costo del (m<sup>3</sup>) compactado es necesario determinar el costo horario del equipo.

8.2. COSTOS

Para la determinación del costo horario del equipo de compactación se siguen los mismo pasos que se siguen para la determinación -



RELACION ENTRE EL GRADO DE COMPACTACION Y NUMERO DE PASADAS  
Equipo liso-vibrotorio

de cualquier otro costo horario de equipo de construcción.

Es decir se deben obtener:

A) Cargos fijos.

Depreciación

Intereses

Seguros

Almacenaje

Mantenimiento

B) Consumos

Combustibles

Lubricantes

Llantas

C) Operación

D) Transporte

Sumando.

A) Cargos fijos

B) Consumos

C) Operación

D) Transporte

COSTO HORARIO

Determinado el costo horario del equipo y conociendo la producción del mismo, para un cierto grado de compactación, se puede obtener el costo por (m ) compactado:

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

### 8.3. EJEMPLOS

#### Ejemplo (1)

Si tiene por ejemplo un material compuesto por un 30% limo y 70% arena. Consideramos que se trata de un material granular y por lo tanto un compactador vibratorio es el indicado.

Se analizarán las siguientes alternativas:

- 1.- Rodillo liso vibratorio arrastrado por tractor agrícola
- 2.- Rodillo sencillo liso vibratorio autopropulsado
- 3.- Rodillo doble (Tandem) vibratorio autopropulsado

#### 1.- Determinación de costos horario

##### 1. Rodillo liso arrastrado por tractor agrícola.

Precio de adquisición rodillo \$ 1'100,000.00

Precio de adquisición del tractor 840,000.00

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

Cargos fijos	\$ 612.00
Consumos	36.00
Operación	72.00
	<hr/>
	\$ 720.00

2.- Rodillo sencillo vibratorio autopropulsado

Precio de adquisición \$ 2'400,000.00

Se considera también una vida útil de 8000 horas y un valor de rescate de cero:

Cargos fijos	\$ 672.00
Consumos	36.00
Operación	72.00
	-----
	\$ 780.00/hora

3.- Rodillo Tandem vibratorio autopropulsado

Precio de adquisición \$ 4'300,000.00

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

Cargos fijos	\$ 1,150.00
Consumos	52.00
Operación	72.00
	-----
	\$ 1,274.00

II.- Determinación de producciones horarias

I. Rodillo arrastrado por tractor agrícola.

Ancho	= 1.50 m
Velocidad	= 4 km/h
Espesor	= 20 cm (suelos)
Número de pasadas	= 4 para 95%

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 0.7 \times 10}{4} \times 0.75$$

$$P = 157 \text{ m}^3/\text{hora}$$

2. Rodillo autopropulsado

Ancho = 2.14 m

Velocidad = 4.5 km/h

Espesor = 20 m (suelos)

Número de pasadas = 4 para 95%

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

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

$$P = \frac{2.14 \times 4.5 \times 20 \times 10 \times 0.7}{4} \times 0.75$$

$$P = 253 \text{ m}^3/\text{hora}$$

3. Rodillo vibratorio Tandem autopropulsado

Ancho = 1.50

Velocidad = 4 km/h

Espesor = 20 cm (suelos)

Número de pasadas = 2 (por ser dos rodillos)

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{2} \times 0.75$$

$$P = 315 \text{ m}^3/\text{hora}$$

III. Determinación de costo de compactación.

	COSTO HORARIO	PRODUCCION	COSTO X m <sup>3</sup>
Caso 1	\$ 720.00/h	157 m <sup>3</sup> /h	\$ 4.59/m <sup>3</sup>
Caso 2	\$ 780.00/h	253 m <sup>3</sup> /h	\$ 3.08/m <sup>3</sup>
Caso 3	\$ 1,274.00/h	315 m <sup>3</sup> /h	\$ 4.36/m <sup>3</sup>

Se hace notar que a pesar de que la diferencia de valor de adquisición entre los casos (1) y (3) es de 280% aproximadamente, se obtiene un ahorro en el caso (3), del costo de compactación, cercano al 10%.

Suponiendo que se contara con un compactador de impacto auto-propulsado, con un costo horario de \$ 1,240.00 y se tratara de compactar el material granular del ejemplo, se obtiene:

Producción horaria:

$$\text{Ancho} = 1.94 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad} = 9 \text{ km/hora}$$

$$\text{Espesor} = 20 \text{ cm (suelos)}$$

$$\text{Número de pasadas} = 3 \text{ pasadas (contando sus cuatro rodillos)}$$

$$\text{Coeficientes de reducción} = 0.7$$

$$\text{PRODUCCION} = \frac{1.94 \times 9 \times 20 \times 10 \times 0.7}{8} \times 0.8$$

$$\text{PRODUCCION} = 244 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{COSTO POR COMPACTACION} = \frac{\$ 1,240.00/\text{h}}{244 \text{ m}^3/\text{h}} = \$ 5.08$$

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



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

#### E J E M P L O (2)

Material por compactar: Arena bien graduada

Volumen por compactar: 300 m<sup>3</sup> compactados/hora

Compactación al 95%

Eficiencia 70%

#### A) Plancha Tandem

Ancho rodillos = 1.20

Velocidad máxima de desplazamiento: 2 km/h

Número de pasadas para obtener el 95% de compactación = 11

Espesor compacto de capa = 12 cm.

Costo horario = \$ 400.00/h

#### B) Rodillo Vibratorio Autopropulsado

Ancho rodillo = 1.50

Velocidad máxima de desplazamiento = 4 km/h

Número de pasadas para obtener el 95% de compactación = 4

Espesor compacto de capa = 25 cm

Costo horario = \$ 1,000.00/hora

## PREGUNTAS

- 1.- ¿Cuántas planchas tandem son necesarias para compactar 300 m<sup>3</sup> compactos por hora?
- 2.- ¿Cuántos rodillos vibratorios son necesarios para compactar 300 m<sup>3</sup> compactos por hora?
- 3.- ¿Cuál equipo proporcionará una compactación más económica?

Se determinará primero las producciones horarias de los equipos.

### A) Plancha Tandem

$$P = \frac{1.20 \times 2 \times 12 \times 10}{11} \times 0.70$$

$$P = 13.3 \text{ m}^3/\text{h (compactos)}$$

### B) Rodillo Vibratorio

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 25 \times 10}{4} \times 0.70$$

$$P = 262 \text{ m}^3/\text{h (compactos)}$$

RES P U E S T A S :

1.- Se necesitan tantas planchas como:

$$\frac{300}{18.3} = 16 + = 17 \text{ planchas}$$

Se pueden utilizar 16 unidades, pero con utilización óptima -- que frecuentemente resulta difícil de obtener.

Se necesitan usar 17 unidades, lo cual es totalmente impractico.

2.- Los rodillos vibratorios necesarios son:

$$\frac{300 \text{ m}^3/\text{h}}{262 \text{ m}^3/\text{h}} = 1.14 + = 2 \text{ rodillos}$$

3.- Determinación del costo de compactación:

A) Planchas Tandem (6 - 8 Tons)

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

$$\text{Costo} = \frac{\$ 400.00/\text{h}}{18.3} = \$ 21.85/\text{m}^3$$

Costo que es muy elevado !!

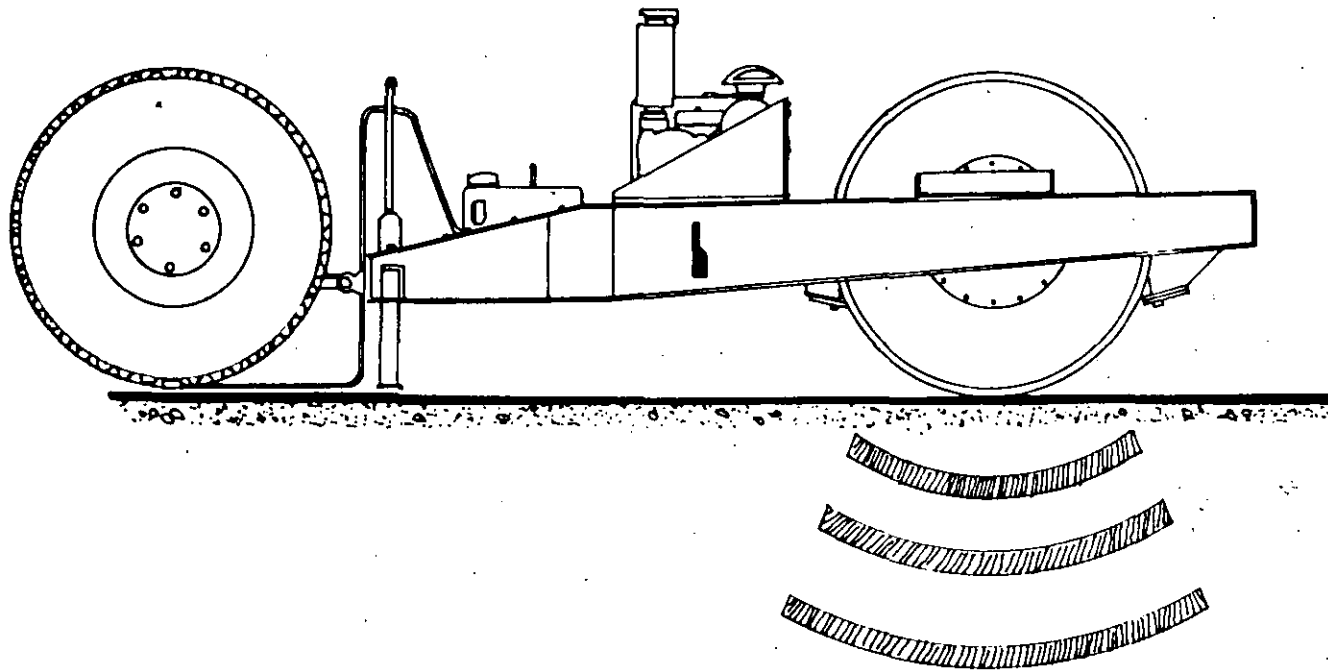
B) Rodillos Vibratorios

$$\text{Costo} = \frac{\$ 1,000.00/\text{h}}{262 \text{ m}^3/\text{h}} = \$ 3.82/\text{m}^3$$

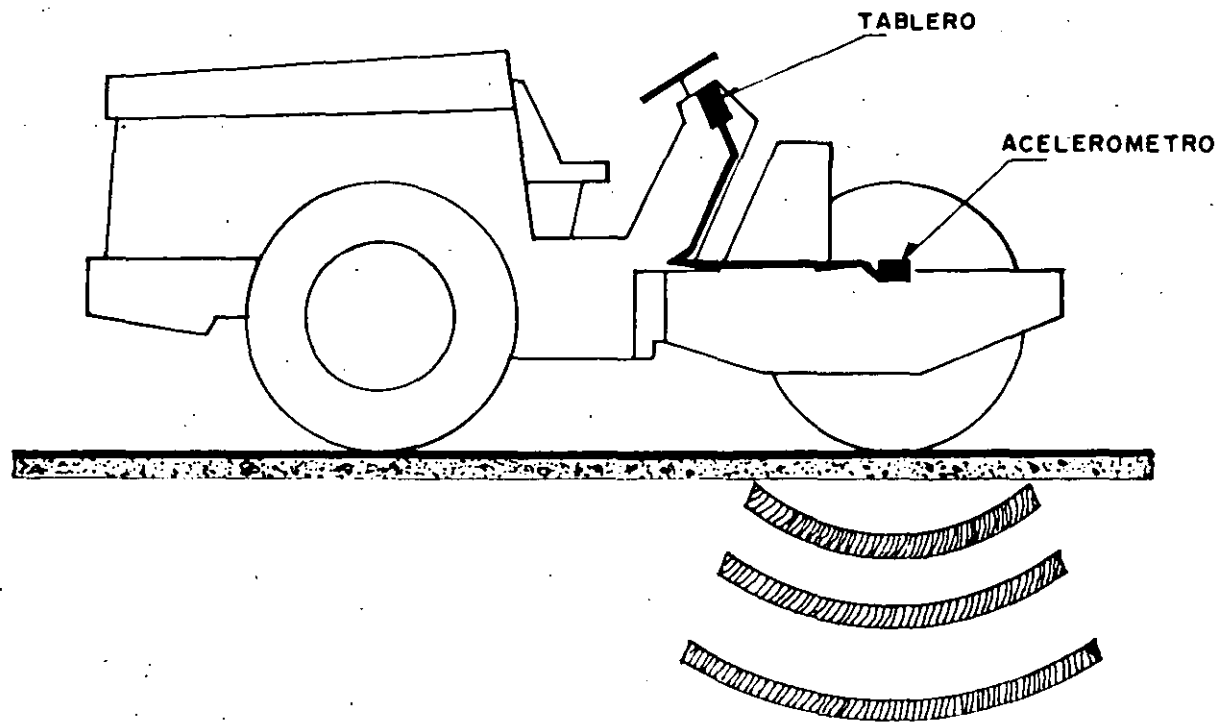
Que es un costo razonable.

## IX. CONCLUSIONES

- 9.1. La forma de mejorar los elementos mecánicos en un suelo es la compactación.
- 9.2. Los efectos más importantes que produce una buena compactación en un suelo son: Resistencia mecánica, minimización de asentamientos y reducción de la permeabilidad.
- 9.3. El factor de mayor importancia para dar una compactación óptima en un suelo, es el contenido de humedad del material.
- 9.4. Los esfuerzos de compactación pueden transmitirse al suelo por la combinación de uno o más de los siguientes efectos: Presión estática, impacto, vibración y amasamiento.
- 9.5. El compactador que deba usarse dependerá básicamente del tipo de suelo que se quiera compactar (Fig. 29).
- 9.6. La selección de compactadores deberá hacerse con mucho cuidado y tratando de hacer intervenir las variables ya que de esto dependerá el éxito económico y funcional de la compactación.
- 9.7. De un buen control depende que la compactación se lleve a cabo correctamente.

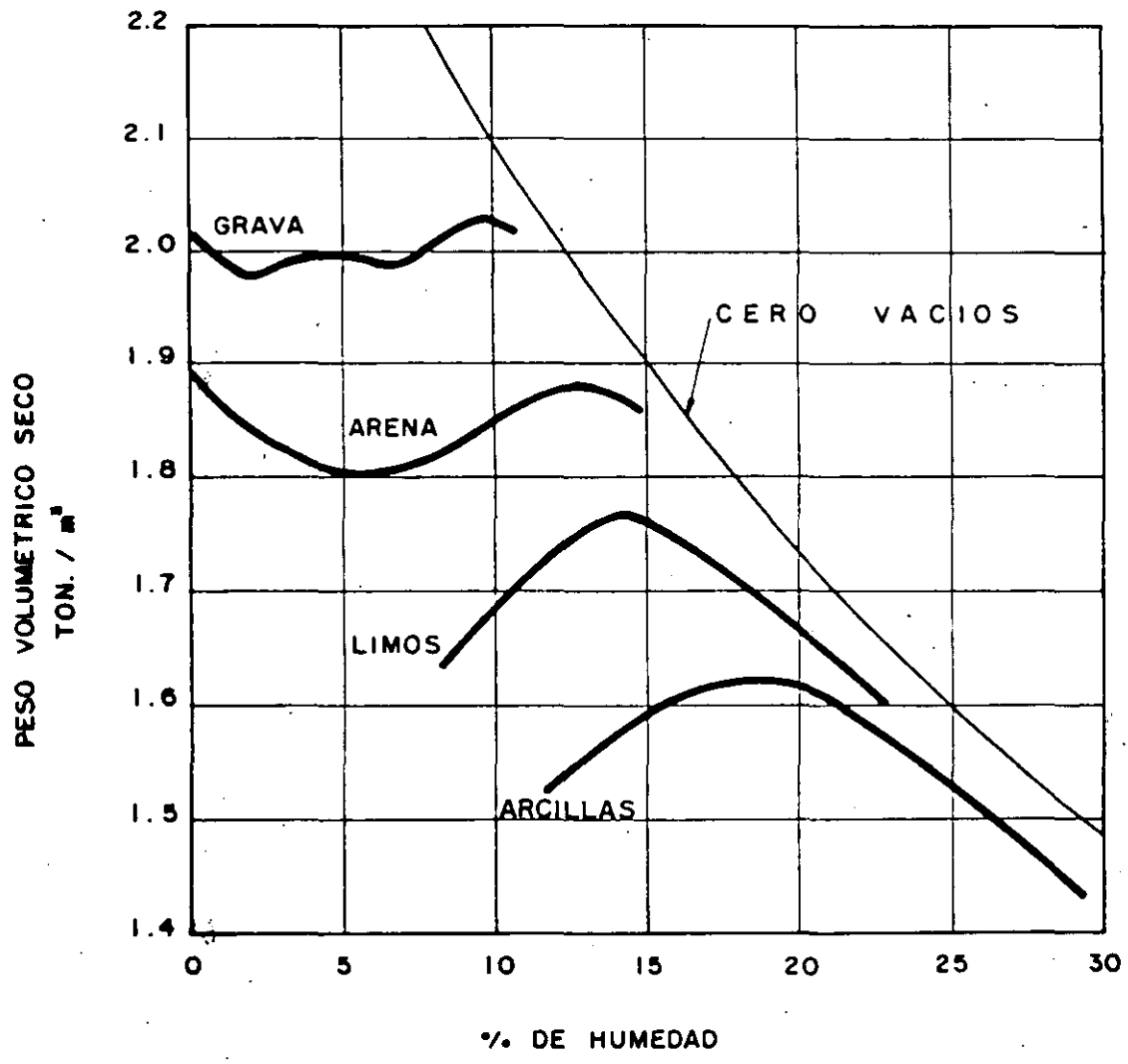


RODILLO VIBRATORIO.



MEDIDA DE LA ACELERACION EN FUNCION DE LA ELASTICIDAD DEL SUELO .

298



CURVAS DE COMPACTACION PARA DIFERENTES CLASES DE SUELO



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

***CURSOS ABIERTOS***

***II CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION***

*Del 22 de Junio al 17 de Julio*

***MODULO I***

***MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS***

***SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION  
DESARROLLO DE UN PROBLEMA***

***ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA***

***PALACIO DE MINERIA***

***JUNIO***

***1992***



EL GERENTE DE UNA EMPRESA PIDE AL SUPERINTENDENTE QUE ANALI  
CE EL EQUIPO MÁS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE  
TIERRAS.

SE TRATA DE MOVER 800,000 M<sup>3</sup>, DE UN BANCO DE PRESTAMO A UN-  
TIRADERO.

LA EMPRESA CUENTA CON 6 MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y 2 CARGA-  
DORES MICHIGAN DE 3½ YD<sup>3</sup>, LOS DOS TIPOS DE MAQUINAS EN PER-  
FECTAS CONDICIONES.

EL GERENTE INDICA AL SUPERINTENDENTE QUE LA EMPRESA NO ESTA  
EN POSIBILIDADES DE ADQUIRIR MAS ACTIVO FIJO.

LA LONGITUD DE ACARREO ES DE 370 METROS.

CÁLCULO DEL COSTO POR M<sup>3</sup> DE ACARREO EN MOTOESCREPA TEREX TS-14

## DATOS:

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMÉTRICO EN BANCO	1,600 KG/M <sup>3</sup>
ALTITUD S.N.M.	2,000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECÍPROCO 0.8
CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA	15 M <sup>3</sup>
PESO DE LA MÁQUINA VACÍA	24.1 TON.
PESO DE LA MÁQUINA CARGADA	$24.1 + 1.6 \times 0.8 \times 15 = 43.3$ TON.
COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA *	\$ 218,330.75
(VER LA SIGUIENTE HOJA)	
MOTOESCREPA DE TIRO Y EMPUJE	

\* NOTA: EL COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA QUE SE ANEXA, ES DE UNA MAQUINARIA EQUIVALENTE (MODELO TS-14B), YA QUE LA -- QUE POSEE LA EMPRESA NO EXISTE ACTUALMENTE EN EL --- MERCADO, Y POR LO TANTO NO SE PUEDE COTIZAR.

CONSTRUCTORA:	Máquina: <u>Motoescropa</u>	Hoja No. <u>1/1</u>
	Modelo: <u>Terex TS-14B 14Yd<sup>3</sup></u>	Calculo: <u>OEMJ</u>
OBRA:	Detos Adic. <u>Capac. colmada</u>	Revisó: <u>FFL</u>
	<u>15 m<sup>3</sup></u>	Fecha: <u>Junio, 1989</u>

**DATOS GENERALES.**

Precio adquisición:	\$ <u>954'512.650</u>	Fecha colocada:	<u>Mayo, 1989</u>
Equipo adicional:	<u>(-) Llantas 45'467,100</u>	Vida económica (Ve):	<u>6</u> años
Valor inicial (Vo):	\$ <u>909'045,550</u>	Horas por año (Ho):	<u>2,000</u> hr/año
Valor rescate (Vr):	<u>20</u> % = \$ <u>181'809,110</u>	Motor:	<u>Diesel</u> de <u>288</u> HP.
Tasa interés (i):	<u>24</u> %	Factor operación:	<u>0.75</u>
Prima seguros (s):	<u>2</u> %	Potencia operación:	<u>216</u> HP.op.
		Factor mantenimiento (Q):	<u>0.70</u>

**I.- CARGOS FIJOS.**

a) Depreciación:	$D = \frac{V_o - V_r}{V_e}$	$= \frac{909'045,550 - 181'809,110}{12,000}$	$= 60,603.04$
b) Inversión:	$I = \frac{V_o + V_r}{2 Ho}$	$= \frac{1,090'854,660}{2(2,000)}$	$0.24 = 65,451.27$
c) Seguros:	$S = \frac{V_o + V_r}{2 Ho}$	$= \frac{1,090'854,660}{2(2,000)}$	$0.02 = 5,454.27$
d) Mantenimiento:	$M = QD$	$= 0.70 (60,603.04)$	$= 42,422.13$
<b>SUMA CARGOS FIJOS POR HORA</b>			<b>\$ 173,930.91</b>

**II - CONSUMOS.**

a) Combustible: E = e Pc			
Diesel:	$E = 0.154 \times 216$ HP.op.	$= 33.264$	$\times \$425.65/lt. = \$13,919.78$
Gasolina:	$E =$		
b) Otras fuentes de energía:			
c) Lubricantes: L = a Pc			
Capacidad corte:	<u>C = 28.8</u> litros		
Cambios aceite:	<u>t = 100</u> horas		
a: C/t + 0.0035	$= \frac{28.8}{100} + 0.0035$	$= 0.2915$	
	$\times 216$ HP.op.	$= 63.0$	
	$\times 1.044$ lt/hr.		
$\therefore L = 63.0 \times 1.044$ lt/hr			$= 65.772$
			$\times 2,877.69$
			$= 3,004.21$
d) Llantas: $L_l = \frac{V_l}{H_v}$ (valor llantas)			
			(vida económica)
Vida económica: $H_v = 2,000$ horas			
$\therefore L_l = \frac{45'467.100}{2,000}$ horas			$= 22,733.55$
<b>SUMA CONSUMOS POR HORA</b>			<b>\$ 39,657.54</b>

**III.- OPERACION.**

Salaris: S			
operador: de 1 a <u>\$ salario base x F.S.R.</u>			
Sal/turno-prom: \$	<u>23,711.50</u>		
Horas/turno-prom.: (H)			
M: 8 horas	<u>0.625</u> (factor rendimiento)	$= 5.0$ horas	
Operación: O = $\frac{S}{H}$	$= \frac{23,711.50}{5}$		$= 4,742.30$
<b>SUMA OPERACION POR HORA</b>			<b>\$ 4,742.30</b>

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 218,330.75**

QUINCE DÍAS DESPUÉS, EL SUPERINTENDENTE LLEGA CON EL GERENTE A PLANTEARLE LA SOLUCIÓN Y SE ENCUENTRA CON QUE EL GERENTE LE ENVÍA LOS CARGADORES, A PESAR DE LA DEMOSTRACIÓN DE LA BONDAD DE USO DE LAS MOTOESCREPAS Y EL FUERTE AHORRO EN DINERO. A INSISTENCIA DEL SUPERINTENDENTE, EL GERENTE CONFIESA QUE SE COMPROMETIÓ A RENTAR LAS MOTOESCREPAS, QUE LE SIGNIFICAN UNA GANANCIA INTERESANTE PUES OBTENDRÁN \$ 2'000,000 MENSUALES NETOS POR CADA MOTOESCREPA.

EL SUPERINTENDENTE QUE CREE EN LA TOMA DE DECISIONES CUANTITATIVA OBTIENE DEL GERENTE LOS SIGUIENTES DATOS:

GANANCIA NETA DE MOESCREPA/MES. = \$ 2'000,000

TIEMPO DE EJECUCIÓN: 2 CARGS. X 6 HRS. X 2 TURNOS X 25 DÍAS X 55  
216M<sup>3</sup>/HR X 0.75 = 97,200 M<sup>3</sup>/MES

$$\frac{800,000}{97,200} = 8.2 \text{ MESES}$$

GANANCIA TOTAL = 8.2 X 6 X 2'000,000 = \$ 98'760,000.00

$$\text{GANANCIA/M}^3 = \frac{\$ 98'760,000}{800,000} = \$ 123.45$$

TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LA UTILIDAD DE LA RENTA Y RESTANDO AL COSTO DEL CARGADOR + CAMIONES \$ 123.45/M<sup>3</sup> TENDREMOS COMO COSTO NETO: \$ 1,694.92 - \$ 123.45 = \$ 1,571.47/M<sup>3</sup>

LAS ALTERNATIVAS SERÍAN ASÍ:

	\$/M3
A) MOTOESCREPAS	1,418.65
B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	1,694.92
C) IGUAL A: "B", PERO RENTANDO MOTOESCREPAS PROPIAS	1,571.47

EL SUPERINTENDENTE VA CON EL GERENTE A DEMOSTRARLE QUE SU DECISIÓN ES MALA. SIN EMBARGO, EL GERENTE LE DICE QUE DESCONFÍA DE SU CÁLCULO DE DURACIÓN DE LA OBRA, PUES NO HA CONSIDERADO TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA.

EL SUPERINTENDENTE ANALIZA CON DIFERENTES FACTORES SU TIEMPO DE EJECUCIÓN.

TIEMPOS DE EJECUCION PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA DE LA ALTERNATIVA (C)

No. DE HORAS TRABAJADAS	F A C T O R EFICIENCIA	COSTO REAL	TIEMPO DE EJECUCION ( M E S E S )
300	0.75	1,571.47	8.23
* 250	0.75	1,546.87	9.87
200	0.75	1,509.82	12.34
150	0.75	1,448.02	16.46
140	0.75	1,430.32	17.64

\* CONSIDERANDO 50 HORAS DE TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA, EL TIEMPO DE -- EJECUCIÓN SE CALCULA COMO SIGUE:

$$\text{PRODUCCIÓN} = 2 \times 250 \times 162 = 81,000 \text{ M}^3/\text{MES}$$

$$\text{TIEMPO DE EJECUCIÓN} = \frac{800,000 \text{ M}^3}{81,000 \text{ M}^3/\text{MES}} = 9.87 \text{ MESES}$$

GANANCIA POR RENTA DE MOTOESCREPAS:

$$9.87 \times 6 \times 2'000,000 = \$118'440,000.00$$

$$\text{GANANCIA} = \frac{118'440,000.00}{800,000} = \$148.05$$

COSTO NETO:

$$\$ 1,694.92 - \$ 148.05 = \$ 1,546.87/\text{M}^3$$

ESTO ES UN EJEMPLO DE ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

PARA QUE CONVenga EL ALQUILER NECESITA TARDARSE 18.7 MESES O -  
SEA 10.47 MESES O EL 127.2% MÁS DEL TIEMPO PLANEADO.

EL GERENTE DUDA PERO CASI CON SEGURIDAD SE INCLINARÁ POR SU DE  
CISIÓN ORIGINAL.

POR OTRO LADO, AL SUPERINTENDENTE SE LE OCURRE QUE YA QUE ESTÁ  
OBLIGADO A OCUPAR CAMIONES, ¿QUÉ SUCEDE SI COMPRA LA EMPRESA -  
CAMIONES?

Y HACE EL SIGUIENTE ANÁLISIS:

CALCULO CON CAMIONES DE LA EMPRESA

DATOS:

MATERIAL	LIMO ARENOSO
PESO VOLUMÉTRICO	1,600 KG/M <sup>3</sup>
ALTITUD S.N.M.	2,000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECÍPROCO 0.8
CAPACIDAD DEL CAMIÓN	6 M <sup>3</sup>
COSTO DIRECTO HORA-CAMIÓN	\$ 42,433.66
VELOCIDAD PROMEDIO DE IDA	15 KM/H
VELOCIDAD PROMEDIO DE REGRESO	20 KM/H

TIEMPO DEL CICLO:

$$\text{DE IDA} \quad T = \frac{370 \times 60}{15,000} = 1.5 \text{ MIN.}$$

$$\text{DE REGRESO:} \quad T = \frac{370 \times 60}{20,000} = 1.1 \text{ MIN.}$$

$$\text{T O T A L} \quad = 2.6 \text{ MIN.}$$



CONSTRUCTORA:	Máquina: <u>Camion de volteo</u>	Hoja No. <u>1/1</u>
	Modelo: <u>F-600</u>	Calculo: <u>OEMI</u>
OBRA:	Datos Adic.:	Revisó: <u>FFL</u>
		Fecha: <u>Junio, 1989</u>

## DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 88'487,890  
 Equipo adicional:  
 (-) Llantas 2'482,116  
 Valor inicial (Vo): \$ 86'005,774  
 Valor rescate (Vr): 20 % = \$ 17'201,154.80  
 Tasa interes (i): 24 %  
 Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: Mayo, 1989  
 Vida económica (Ve): 5 años  
 Horas por año (Ha): 2,000 hr/año  
 Motor: Gasolina de        HP.  
 Factor operación:         
 Potencia operación: 150 HP.op.  
 Factor mantenimiento (Q): 0.80

## I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:  $D = \frac{Vo - Vr}{Ve} = \frac{68'804,619.20}{10,000} = \$ 6,880.46$   
 b) Inversión:  $I = \frac{Vo + Vr}{2 Ha} = \frac{103'206,928.80}{2(2,000)} \cdot 0.24 = 6,192.41$   
 c) Seguros:  $S = \frac{Vo + Vr}{2 Ha} = \frac{103'206,928.80}{2(2,000)} \cdot 0.02 = 516.03$   
 d) Mantenimiento:  $M = QD = 0.80 (6,880.46) = 5,504.37$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 19,093.27

## II.- CONSUMOS.

a) Combustible:  $E = e Pc$   
 Diesel:  $E = \quad \times \quad \text{HP. op.} \times \quad \$/\text{lit.} = \$$   
 Gasolina:  $E = 0.2271 \times 150 \text{ HP. op.} \times \$480/\text{lit.} = 16,351.20$   
 b) Otras fuentes de energía:  $\quad =$   
 c) Lubricantes:  $L = e Pc$   
 Capacidad cárter:  $C = 6.6$  litros  
 Cambios aceites:  $\tau = 100$  horas  
 $a = C/\tau + 0.0035 \times 150 \text{ HP. op.} = 0.591 \text{ lit/hr.}$   
 $\therefore L = 0.591 \text{ lit/hr} \times \$2,877.60/\text{lit.} = 1,700.66$   
 d) Llantas:  $LI = \frac{VII (\text{valor llantas})}{Hv (\text{vida económica})}$   
 Vida económica:  $Hv = 2,000$  horas  
 $\therefore LI = \frac{\$2'482,116}{2,000 \text{ horas}} = 1,241.06$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 19,292.92

## III.- OPERACION.

Salarios: S  
 operador: de \$         
 camión de la: Salario base x F.S.R.  
 Sol/turno-prom: \$ 22,665.81  
 Horas/turno-prom.: (H)  
 $H = 8 \text{ horas} \times 0.7 (\text{factor rendimiento}) = 5.6 \text{ horas}$   
 Operación:  $O = \frac{S}{H} = \frac{\$22,665.81}{5.6 \text{ horas}} = \$4,047.47$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 4,047.47

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 42,433.66

TIEMPO DEL CICLO DEL CARGADOR:  $\frac{35 \text{ SEG.}}{60 \text{ SEG.}} = 0.58 \text{ MIN.}$

PARA CARGAR UN CAMIÓN DE 6 M<sup>3</sup> SON NECESARIOS 3 CICLOS DE OPERACIÓN DEL CARGADOR: ES DECIR, SON NECESARIOS:  
 $0.58 \text{ MIN.} \times 3 = 1.74 \text{ MIN.}$  PARA CARGAR 6.0 M<sup>3</sup>.

TIEMPO DE DESCARGA = 30 SEG. = 0.5 MIN.

TIEMPO TOTAL DEL CICLO DEL CAMIÓN =  $2.6 + 1.74 + 0.5 = 4.84 \text{ MIN.}$

NÚMERO DE VIAJES POR HORA =  $\frac{60 \times 0.75}{4.84} = \frac{45}{4.84} = 9.3 \text{ VIAJES}$

VOLUMEN POR HORA =  $9.3 \times 6.0 = 55.8 \text{ M}^3$

COSTO POR M<sup>3</sup> =  $\frac{\$ 42,433.66}{55.8 \times 0.8} = \$ 950.57/\text{M}^3$

CÁLCULO PARA OBTENER EL NÚMERO DE CAMIONES:

PRODUCCIÓN DEL CARGADOR  $216 \times 0.75 = 162 \text{ M}^3$ .

No. DE CAMIONES =  $\frac{162}{55.8 \times 0.8} = \frac{162}{44.64} = 3.62 \text{ — — } \rightarrow 4 \text{ CAMIONES}$

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES:

$$4/3.62 = 1.10$$

$$\text{COSTO DE ACARREO: } \$ 950.57 \times 1.10 = \$ 1,045.63$$

$$\text{COSTO DE CARGA POR M3} = \frac{\$ 102,452}{162} = \$ 632.42$$

$$\text{ACARREO} = \$ 1,045.63$$

+

$$\text{CARGA} = \underline{\$ 632.42}$$

$$\text{TOTAL} = \$ 1,678.05/\text{M3}$$

HACIENDO EL ANÁLISIS CON 3 CAMIONES, PARA COMPARAR EL COSTO EN EL CASO DE LA ESPERA DEL CARGADOR.

$$\text{PRODUCCIÓN DEL CARGADOR} = 44.64\text{M3}/\text{HR} \times 3 \text{ CAMIONES} = 133.92 \text{ M3}/\text{HR}$$

$$\text{COSTO DE CARGA} = \frac{\$ 102,452}{133.92} = \$ 765.02/\text{M3}$$

$$\text{ACARREO} = \$ 950.57$$

$$\text{CARGA} = \underline{\$ 765.02}$$

$$\text{TOTAL} = \$ 1,715.59/\text{M3}$$

COMO EL COSTO TOTAL AL UTILIZAR 4 CAMIONES ES MENOR QUE CUANDO SE UTILIZAN 3, ENTONCES UTILIZAREMOS 4

LE RESULTAN ASI LAS SIGUIENTES ALTERNATIVAS:

	\$/M3
A) MOTOESCREPAS	1,418.65
B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	1,694.92
C) IGUAL A: B) RENTANDO MOTOESCREPAS	1,571.47
D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS	1,678.05
E) IGUAL A: D) RENTANDO MOTOESCREPAS	1,554.60

EL SUPERINTENDENTE LLEVA ESTOS DATOS AL GERENTE, QUIEN LE RESPONDE QUE NO PUEDE COMPRAR LOS CAMIONES, PORQUE LE PARECE QUE NO VA A PODER USARLOS DESPUES. EL SUPERINTENDENTE QUE TRATA DE USAR SUS CONOCIMIENTOS EN ESTADÍSTICA, ANALIZA LOS DATOS DE CAMIONES QUE USO LA EMPRESA Y SE ENCUENTRA CON QUE EL TOTAL DE CAMIONES SE HA USADO EN LA SIGUIENTE FORMA:

No. CAMIONES	VENDIDOS AL FINAL DEL AÑO	PROBABILIDAD
20	1	0.26
27	2	0.34
16	3	0.20
8	4	0.10
8	5	0.10
79		1.00

ENCUENTRA TAMBIÉN QUE SE HAN VENDIDO EN LA FORMA SIGUIENTE:

AÑO DE VENTA	% VALOR DE ADQUISICION
1	50
2	35
3	25
4	20
5	10

CON ESTO ENCUENTRA LOS VALORES DE DEPRECIACIÓN REAL POR HORA - DEL CAMIÓN.

SI SE VENDE AL FINAL DEL AÑO	VALOR DEPRECIADO	No. HORAS	DEPRECIACION POR HORA
1	\$ 43'002,887	2000	\$ 21,501.44
* 2	\$ 55'903,753	4000	\$ 13,975.94
3	\$ 64'504,330	6000	\$ 10,750.72
4	\$ 68'804,619	8000	\$ 8,600.58
5	\$ 77'405,196	10000	\$ 7,740.52

$$* \$86'005,774 \times 0.65 = \$ 55'903,753$$

## VALOR ESPERADO DEL COSTO DE HORA-MÁQUINA

AÑO	COSTO/HORA	COSTO ACARREO	PROBABILIDAD	
1	\$57,054.64	\$ 1,278.10	.26	\$ 332.31
* 2	\$49,529.14	\$ 1,109.52	.34	\$ 377.24
3	\$46,303.92	\$ 1,037.27	.20	\$ 207.45
4	\$44,153.78	\$ 989.11	.10	\$ 98.91
5	\$43,293.72	\$ 969.84	.10	\$ 96.88
VALOR ESPERADO				\$ 1,112.89

\* COSTO HORARIO - DEPRECIACIÓN TEÓRICA + DEPRECIACIÓN REAL

$$42,433.66 - 6,880.46 + 13,975.94 = \$ 49,529.14$$

$$\text{COSTO ACARREO} = \$ 49,529.14 / 55.8 (0.8) = \$ 1,109.52$$

$$\text{COSTO ESPERADO DEL ACARREO} = \$ 1,112.89$$

COSTO DE LA CARGA (CARGA -

OCIOSA) .. =+ 765.02 (VER PÁGINA 17)

\$ 1,877.91

- UT. MOTOESCREPAS

- 123.45 (VER PÁGINA 10)

\$ 1,754.46/M3

EL COSTO POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, SERÍA:

$$\$ 1,112.89 \times 1.10 = \$ 1,224.18$$

$$\text{COSTO DE LA CARGA POR M}^3 = \$ \frac{102,452}{162} = \$ 632.42$$

$$\text{ACARREO} = \$ 1,224.18$$

$$\text{CARGA} = \underline{632.42}$$

$$\text{TOTAL} = \$ 1,856.60/\text{M}^3$$

⇒ ESTO ES MÁS BARATO QUE MANTENER  
ESPERANDO AL CARGADOR POR FALTA  
DE CAMIONES.

LAS ALTERNATIVAS SON:

	\$/M <sup>3</sup>
A) MOTOESCREPAS	1,418.65
B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	1,694.92
C) IGUAL A: B) RENTANDO MOTOESCREPAS	1,571.47
*D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS DE USO)	1,678.05
*E) IGUAL A: D) RENTANDO MOTOESCREPAS	1,554.60
F) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADÍSTICO)	1,856.60
G) IGUAL A: F) RENTANDO MOTOESCREPAS	1,733.15
* CONDICIONADOS	



EN ESTE CASO PARTICULAR, NO ES ACEPTABLE LA COMPRA DE CAMIONES-  
PROPIOS (DE ACUERDO AL ANÁLISIS HECHO POR USO ESTADÍSTICO DE --  
CAMIONES DE LA EMPRESA), YA QUE EL COSTO ESPERADO DE CAMIONES -  
DE LA EMPRESA HA DADO UN VALOR MÁS ALTO QUE CON CAMIONES -----  
ALQUILADOS.

EL SUPERINTENDENTE SIGUE CON LA PLANEACIÓN DE SU TRABAJO Y ----  
PIENSA SI NO PODRÍA PAVIMENTAR EL CAMINO Y ASÍ PODER INCREMENTAR-  
LA VELOCIDAD Y DISMINUIR LA INVERSIÓN EN LA COMPRA DE 8 CAMIONES.

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO PAVIMENTADO (5 AÑOS DE USO)

VELOCIDAD DE IDA = 20 KM/H

VELOCIDAD DE REGRESO = 35 KM/H

$$\text{DE IDA: } T = \frac{370 \times 60}{20,000} = 1.11 \text{ MIN.}$$

$$\text{DE REGRESO: } T = \frac{370 \times 60}{35,000} = 0.63 \text{ MIN}$$

TOTAL = 1.74 MIN.

TIEMPO TOTAL DEL CICLO = 1.74 + 1.74 + 0.5 = 3.98 MIN.

$$\text{NÚMERO DE VIAJES POR HORA: } \frac{45}{3.98} = 11.30$$

VOLUMEN POR HORA 11.30 x 6 = 67.80

$$\text{COSTO POR M}^3 = \frac{\$42,433.66}{67.80 \times 0.8} = \$ 782.33$$

$$\text{NÚMERO DE CAMIONES} = \frac{\text{PRODUCCIÓN DEL CARGADOR}}{\text{VOL. POR HORA X COEF. DE ABUNDAMIENTO}}$$

$$\frac{162 \text{ M}^3}{54.24} = 2.98 = 3 \text{ CAMIONES}$$

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES:

$$\frac{3}{2.98} = 1.006$$

COSTO DEL ACARREO = \$782.33 x 1.006 = \$ 787.02

COSTO DE LA CARGA = \$  $\frac{102,452}{162}$  = \$ 632.42

ACARREO	= \$ 787.02
CARGA	= \$ <u>632.42</u>
T O T A L	= \$1,419.44/M3

HACIENDO EL ANÁLISIS CON 2 CAMIONES, PARA COMPARAR EL COSTO EN EL CASO DE LA ESPERA DEL CARGADOR.

PRODUCCIÓN DEL CARGADOR = 44.64 x 2 CAMIONES = 89.28

COSTO DE LA CARGA  $\frac{\$ 102,452}{89.28}$  = \$ 1,147.54

ACARREO	= \$ 782.33
CARGA	= \$ <u>1,147.54</u>
TOTAL	= \$1,929.87/M3

COMO EL COSTO AL UTILIZAR 3 CAMIONES ES MENOR QUE CUANDO SE UTILIZAN 2, ENTONCES UTILIZAREMOS 3.

## RENTANDO MOTOESCREPAS

ACARREO + CARGA = \$ 1,419.44 (VER PÁG. 25)  
 - UT. MOTOESCREPA 123.45 (VER PÁG. 10)  
 TOTAL = \$ 1,295.99/M<sup>3</sup>

AL COTIZAR EL PAVIMENTO ENCUENTRA QUE UNA EMPRESA QUE SE DEDI-  
 CA A ESTE TIPO DE TRABAJO LE PLANTEA UN PRESUPUESTO DE -----  
 \$ 81'000,000.00

EL COSTO POR M<sup>3</sup> ES DE :

$$\frac{81'000,000}{800,000} = \$ 101.25/M^3$$

EL COSTO TOTAL ES :

$$\begin{array}{r} \$ 1,295.99 \\ + \$ \quad 101.25 \\ \hline \$ 1,397.24/M^3 \end{array}$$

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO PAVIMENTADO (USO ESTADÍSTICO)

VALOR ESPERADO DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO (USO ESTADÍSTICO)

$$\begin{aligned}
 & \$ 57,054.64 (0.26) + \$ 49,529.14 (.34) + \\
 & + \$ 46,303.92 (0.20) + \$ 44,153.78 (0.1) + \\
 & + \$ 43,293.72 (0.1) = \$ 49,679.65
 \end{aligned}$$

COSTO M<sup>3</sup> PARA USO ESTADÍSTICO:

$$= \frac{\$ 49,679.65}{67.80 \times 0.8} = \$ 915.92$$

$$= \$ 915.92/\text{M}^3$$

Y AFECTANDO POR EL VALOR DE COSTO POR ESPERA DE CAMIONES

$$\$ 915.92 \times 1.006 = \$ 921.42$$

COSTO DEL ACARREO MÁS CARGA

ACARREO	=	\$ 921.42
CARGA	=	<u>632.42 *</u>
		\$ 1,553.84
- UT. MOTOESCREPAS	-	<u>\$ 123.45</u>
		\$ 1,430.39/M3
+ COSTO DEL CAMINO		<u>\$ 101.25</u>
COSTO TOTAL		<u><u>\$ 1,531.64/M3</u></u>

SI TRABAJA OCIOSO EL CARGADOR:

ACARREO	=	\$ 915.92
CARGA	=	<u>\$ 1,147.54 *</u>
T O T A L	=	\$ 2,063.46

COMO EL COSTO AL UTILIZAR 3 CAMIONES ES MENOR QUE AL UTILIZAR 2 CAMIONES, SE UTILIZARAN 3 CAMIONES.

\* VER PÁGINA 25

## LAS ALTERNATIVAS SON:

	\$/M3
A) MOTOESCREPAS	1,418.65
B) CARGADOR Y CAMIÓN ALQUILADO	1,694.92
C) IGUAL A: B) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS	1,571.47
D) CARGADOS Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS DE USO)	1,678.05
E) IGUAL A: D) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS	1,554.60
F) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADÍSTICO)	1,856.60
G) IGUAL A: F) RENTANDO MOTOESCREPAS	1,733.15
H) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS DE USO,) PAVIMENTADO EL CAMINO Y RENTANDO MOTOESCREPAS	1,397.24
I) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADÍSTICO) RENTANDO MOTOESCREPAS Y PAVIMENTADO EL CAMINO	1,531.64

EL SUPERINTENDENTE MUESTRA SUS ALTERNATIVAS AL GERENTE, DICIENDOLE  
QUE ES CLARO QUE LE CONVIENE PAVIMENTAR EL CAMINO.

EL GERENTE LE DICE QUE SI BIEN LOS DATOS DEMUESTRAN LA BONDAD DE-  
LA PAVIMENTACION, EL NO ESTA DE ACUERDO EN INVERTIR, AL INICIAR -  
LA OBRA, \$ 81'000,000.00 QUE NO RECUPERARA SINO HASTA LA -----  
TERMINACION DEL TRABAJO, PUES ASI REZA EN EL CONTRATO.

EL SUPERINTENDENTE CONSIDERA QUE SI HAY DIFERENCIA EN LOS -----  
SISTEMAS DE EGRESO, POR LO QUE DECIDE REALIZAR UN ESTUDIO DE ----  
VALOR ACTUALIZADO.

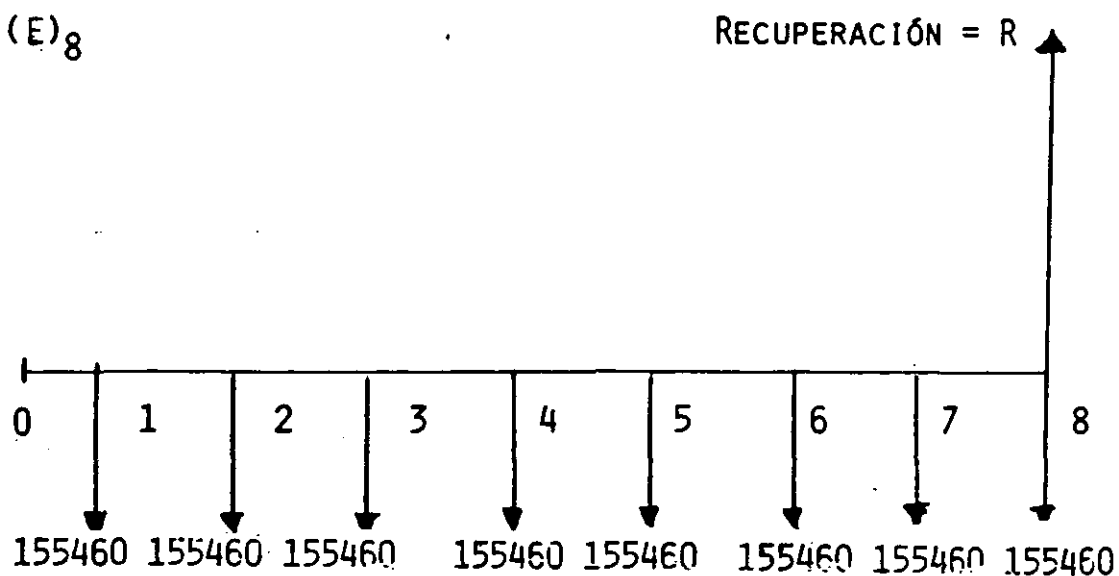


HACE UNA COMPARACION ENTRE LAS ALTERNATIVAS (E) Y (H) HACIENDO USO DEL METODO DE VALOR ACTUALIZADO.

COMO LA RECUPERACIÓN ES AL FINAL Y ES LA MISMA EN EL TIEMPO Y EN SU VALOR, NO LA CONSIDERA PARA FINES DE COMPARACION.

SUPONE QUE LA OBRA DURARA 8 MESES Y QUE LOS EGRESOS POR COSTO DIRECTO SERAN LINEALES; LE RESULTAN ASI LAS SIGUIENTES GRÁFICAS DE INGRESOS-EGRESOS:

CASO (E)<sub>8</sub>

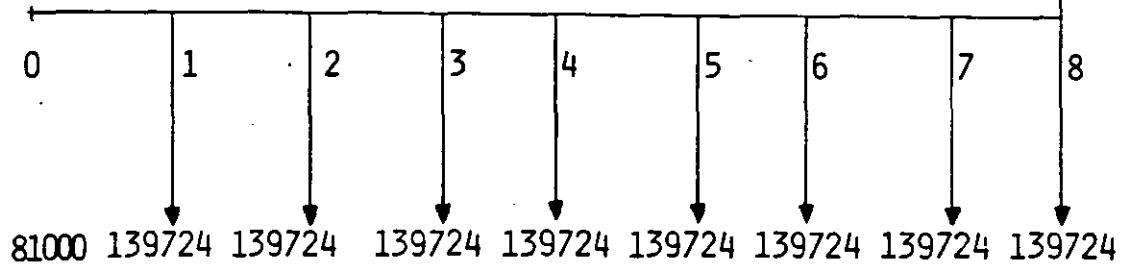


EN MILES DE PESOS

$$\text{COSTO/MES} = \frac{1,554,60 \times 800,000}{8} = \$ 155'460,000.00$$

CASO (H)<sub>8</sub>

RECUPERACIÓN = R



$$\text{COSTO/MES} = \frac{1,397.24 \times 800,000}{8} = \$ 139'724,000.00$$

EL SUPERINTENDENTE SUPONE UNA TASA DE INTERÉS MÍNIMA ACEPTABLE DE 3% MENSUAL. USANDO LA FÓRMULA (A) SE OBTIENEN LOS SIGUIENTES VALORES ACTUALIZADOS:

CASO (E)<sub>8</sub> INTERES 3%

VALOR PRESENTE DE UNA SERIE UNIFORME DE FLUJO EFECTIVO.

$$\$155'460,000 \times 7.0196 = \$1,091'267,000$$

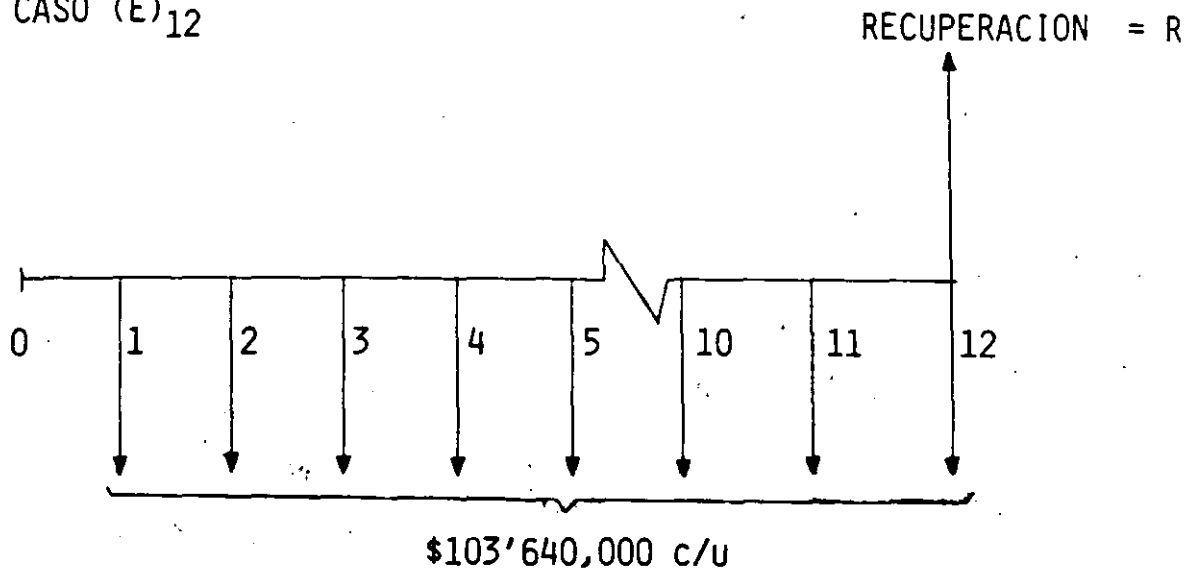
$$P = A \frac{(1+i)^N - 1}{i (1+i)^N} \quad (A)$$

CASO (H)<sub>8</sub> INTERÉS 3%

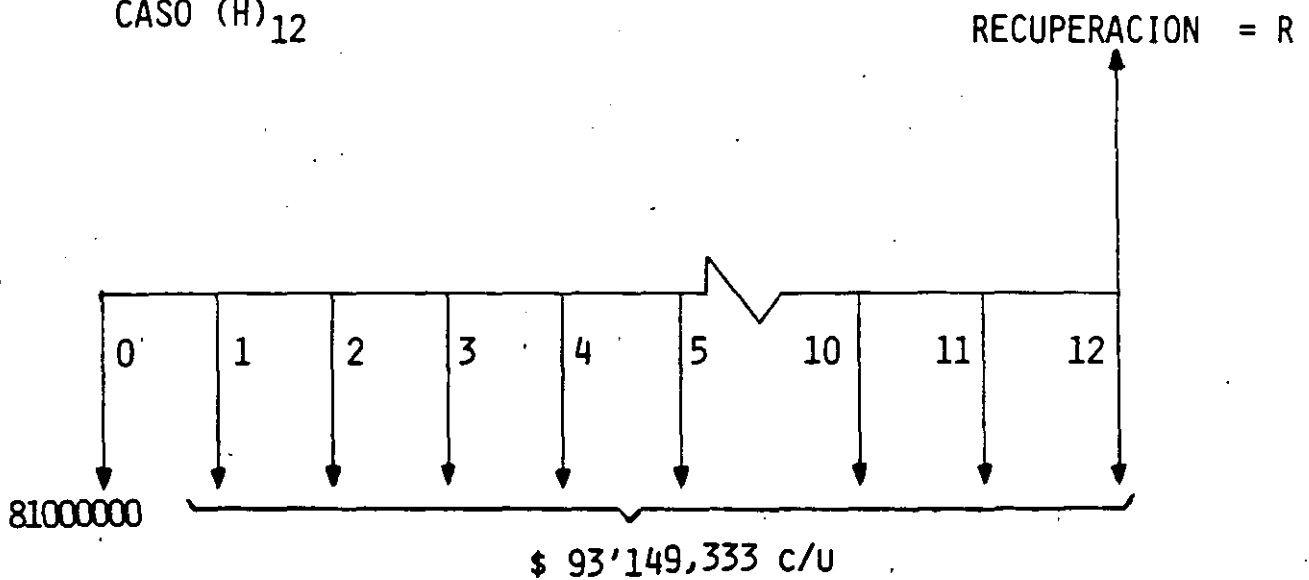
$$81'000,000 + (139'724,000 \times 7.0196) = \$1,061'806,500$$

LE CONVIENE SELECCIONAR LA ALTERNATIVA DE COSTO ACTUALIZADO MÍNIMO, QUE ES LA (H)

EL GERENTE LE RECUERDA QUE ÉL PIENSA QUE SE VA A TARDAR 12 MESES EN EL TRABAJO. EL SUPERINTENDENTE SUPONE LOS 12 MESES Y OBTIENE LO SIGUIENTE:

CASO (E)<sub>12</sub>

$$\text{COSTO/MES} = \frac{\$ 1,554.60 \times 800,000}{12} = \$ 103'640,000$$

CASO (H)<sub>12</sub>

$$\text{COSTO/MES} = \frac{\$ 1,397.24 \times 800,000}{12} = \$ 93'149,333$$

SUPONIENDO EL MISMO INTERES Y COMO EN EL CASO ANTERIOR QUE GASTOS Y RECUPERACIONES SE VERIFICAN AL FIN DE MES, Y USANDO LA FORMULA (A) DE VALOR PRESENTE-DE UNA SERIE UNIFORME DE FLUJO DE EFECTIVO OBTENDREMOS:

CASO (E)<sub>12</sub> 3% MENSUAL

$$\$ 103'640,000 \times 9.9540 = \$ 1,031'632,500$$

CASO (H)<sub>12</sub> 3% MENSUAL

$$81'000,000 + (93'149,333 \times 9.9540) = \$ 1,008'208.460$$

LE SIGUE CONVINIENDO SELECCIONAR LA ALTERNATIVA (H)

EL GERENTE LE PIDE QUE EN VISTA DE QUE LAS CONDICIONES DE LA-----  
EMPRESA NO SON MUY BUENAS, LE ANALICE QUE SUCEDERIA SI SE OBLIGA  
A PAGAR 5% DE INTERES MENSUAL.

EN EL CURSO DE DURACION 8 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES AC-  
TUALIZADOS:

CASO (E)<sub>8</sub> INTERES 5% MENSUAL

$$\$ 155'460,000 \times 6.4632 = \$ 1,004'769,000$$

CASO (H)<sub>8</sub> INTERES 5% MENSUAL

$$81'000,000 + (139'724,000 \times 6.4632) = \$ 984'064,150$$

EN EL CASO DE DURACION 12 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES:

CASO (E)<sub>12</sub> INTERES 5% MENSUAL

$$103'640,000 \times 8.8632 = \$ 918'582,040$$

CASO (H)<sub>12</sub> INTERES 5% MENSUAL

$$81'000,000 + (93'149,333 \times 8.8632) = \$ 906'601,160$$

CON TODOS ESTOS DATOS EL SUPERINTENDENTE HACE LA SIGUIENTE TABLA:

## COSTO ACTUALIZADO

	CASO E	CASO H	E - H
DURACION 8 MESES INTERES 3%	\$1,091'267,000	\$1,061'806,500	\$ 29'460,500
DURACION 8 MESES INTERES 5%	\$1,004'769,000	\$ 984'064,150	\$ 20'704,850
DURACION 12 MESES INTERES 3%	\$1,031'632,500	\$1,008'208,460	\$ 23'424,040
DURACION 12 MESES INTERES 5%	\$ 918'582,040	\$ 906'601,160	\$ 11'980,880

LA DIFERENCIA  $E - H$  ES SIEMPRE POSITIVA EN TODOS LOS -----

CASOS QUE SE ANALIZARON, POR LO QUE CONVIENE LA SOLUCION (H) -

PUESTO QUE EL COSTO ACTUALIZADO ES MENOR.

PODEMOS DECIR QUE LA SALIDA ES POCO SENSIBLE A LOS CAMBIOS EN -

TIEMPO E INTERES, DENTRO DE LOS RANGOS ESTUDIADOS. PODREMOS --

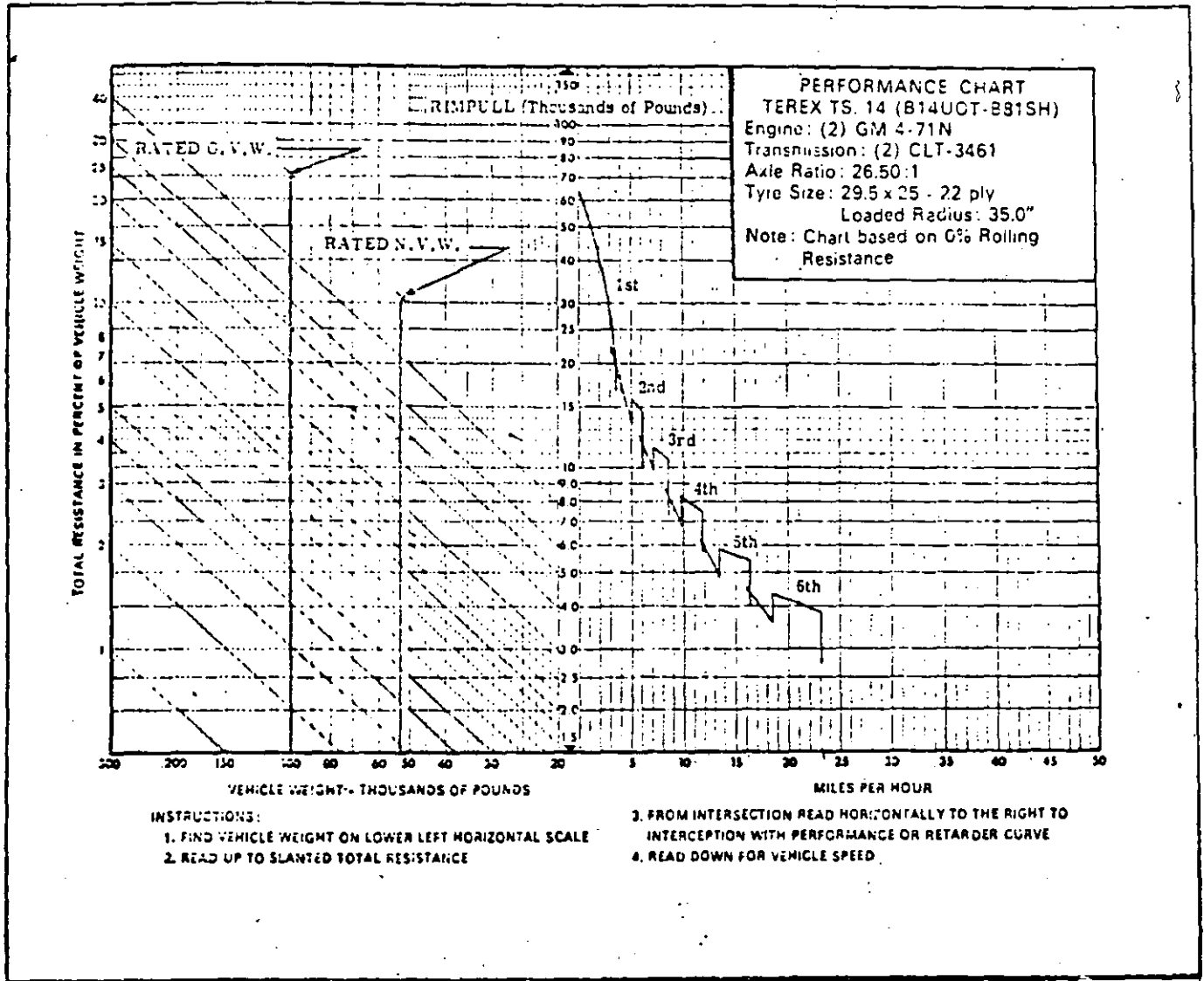
PUES CON UNA CONFIANZA RAZONABLE PROCEDER A PAVIMENTAR EL -----

CAMINO.

### ¡A T E N C I O N !

AL SIMPLIFICAR LA SOLUCION DEL PROBLEMA SOLO SE HAN CONSIDERADO-

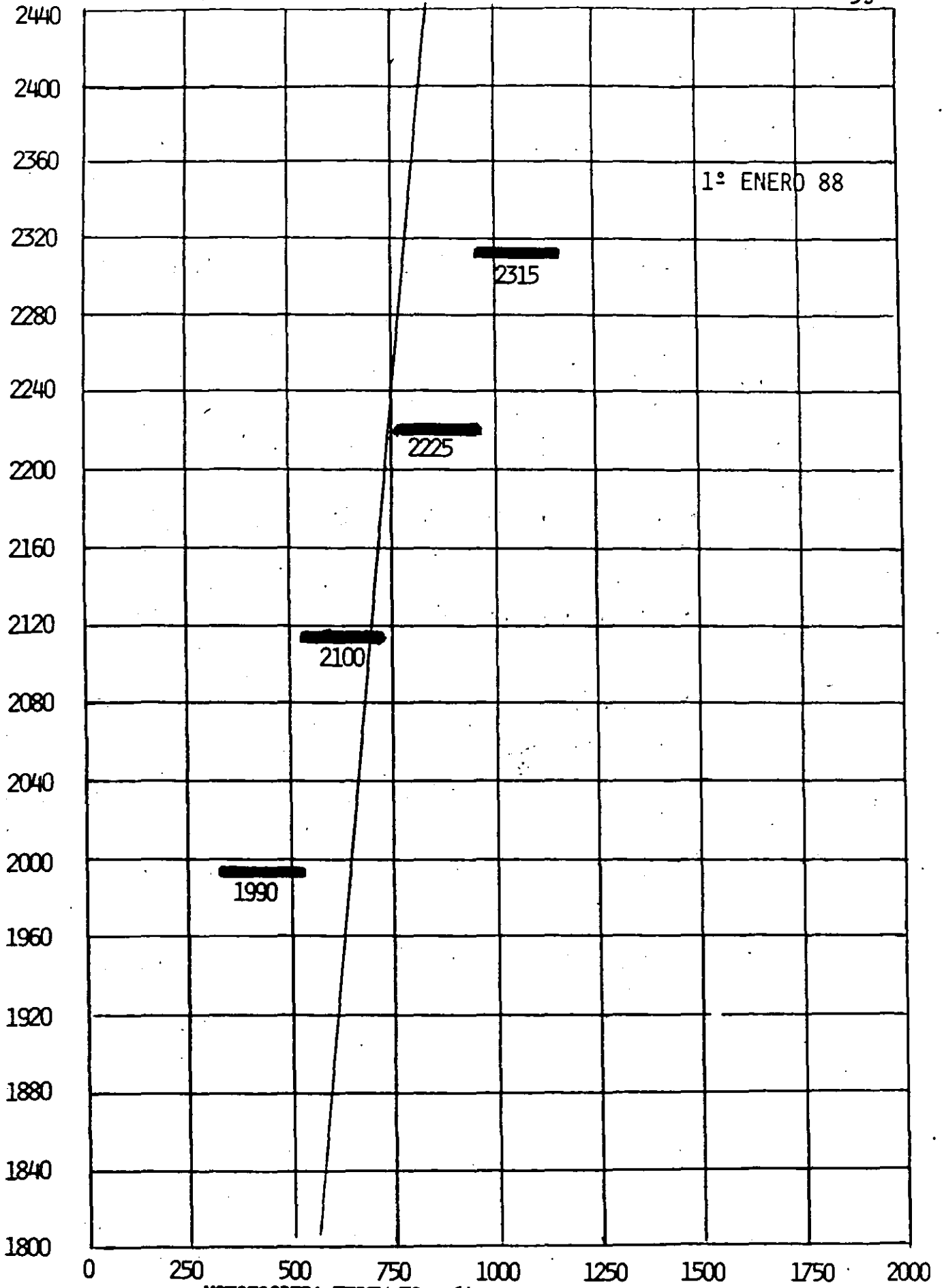
DECISIONES A NIVEL DE COSTO DIRECTO.



FACTORES DE EFICIENCIA PARA LAS CONDICIONES DE OBRA Y DE  
ADMINISTRACION

CONDICIONES DE OBRA	CONDICIONES DE ADMINISTRACION			
	EXCELENTE	BUENA	MEDIANA	MALA
EXCELENTE .....	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENAS .....	0.78	0.75	0.71	0.65
MEDIANAS .....	0.72	0.69	0.65	0.60
MALAS .....	0.63	0.61	0.57	0.52





— MOTOESCREPA TEREK TS - 14  
— CARGADOR FRONTAL 3 1/2 YD<sup>3</sup> Y CAMIONES PROPIOS.

HABIENDO EVALUADO LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS EN LA -  
SELECCION TECNICA Y ECONOMICA DEL EQUIPO A UTILIZAR, -  
AHORA PASAREMOS A ANALIZAR LOS FLUJOS DE INGRESOS Y -  
EGRESOS A LO LARGO DE LA OBRA A EJECUTAR, PARA LO - -  
CUAL PRIMERAMENTE DESGLOSAREMOS EL PRECIO UNITARIO --  
POR M<sup>3</sup> DE MATERIAL ACARREADO CON MOTOESCREPA -----  
TEREX TS-14 Y POSTERIORMENTE, HACIENDO USO DE LA TASA  
INTERNA DE RETORNO (TIR), OBTENER UN PARAMETRO DE - -  
COMPARACION PARA DEFINIR SI EL TRABAJO ES RENTABLE O-  
NO.

## DETERMINACION DEL PRECIO

1.- CON BASE EN EL COSTO DIRECTO OBTENIDO DEL CONCEPTO :

## ACARREO EN MOTOESCREPA TS-14

SE DETERMINARÁN LOS PORCENTAJES DE COSTO CORRESPONDIENTES  
A CADA UNO DE LOS INSUMOS QUE LO CONFORMAN,

- MANO DE OBRA

- MATERIALES

- MAQUINARIA :

- DEPRECIACIÓN

- INVERSIÓN

- SEGUROS

- REFACCIONES/MANTENIMIENTO.

2.- EL COSTO DIRECTO OBTENIDO ES:

\$ 1,418.65/M<sup>3</sup><sub>b</sub>

3.- EL COSTO HORARIO DE LA MOTOESCREPA ES:

- DEPRECIACIÓN	\$ 60,603.04
- INVERSIÓN	65,451.27
- SEGUROS	5,454.27
- MANTENIMIENTO	<u>42,422.13</u>

A) TOTAL CARGOS FIJOS \$ 173,930.91/HR.

B) CONSUMOS (MATERIALES) 39,657.54/HR.

C) OPERACIÓN (MANO DE OBRA) 4,742.30/HR.

COSTO HORARIO \$ 218,330.75/HR.

4.- EXPRESAREMOS ESTOS IMPORTES EN PORCIENTO (%)  
DEL COSTO HORARIO:

A).-CARGOS FIJOS

(MAQUINARIA)	% DE PARTICIPACIÓN EN EL COSTO.
- DEPRECIACIÓN \$ <u>60,603.04/HR.</u> 218,330.75/HR.	x100 = 27.7574%
- INVERSIÓN \$ <u>65,451.27/HR.</u> 218,330.75/HR.	x100 = 29.9780
- SEGUROS \$ <u>5,454.27/HR.</u> 218,330.75/HR.	x100 = 2.4982
- MANTENIMIENTO \$ <u>42,422.13/HR.</u> (REFACCIONES) 218,330.75/HR.	x100 = <u>19.4302</u>
TOTAL MAQUINARIA	79.6638%

B).- CONSUMOS  
(MATERIALES)

$$\frac{\$ 39,657.54/HR.}{218,330.75/HR.} \times 100 = 18.1640\%$$

C).- OPERACIÓN  
(MANO DE OBRA)

$$\frac{\$ 4,742.30/HR.}{218,330.75/HR.} \times 100 = \frac{2.1722\%}{100.000\%}$$

5.- APLICANDO ESTOS PORCENTAJES AL COSTO DIRECTO, OBTENEMOS:

A.- MAQUINARIA.

- DEPRECIACIÓN	\$ 1,418.65/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> x 0.277574 =	\$ 393.78/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> .
- INVERSIÓN	\$ 1,418.65/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> x 0.299780 =	\$ 425.28/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> .
- SEGUROS	\$ 1,418.65/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> x 0.024982 =	\$ 35.44/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> .
- MANTENIMIENTO (REFACCIONES)	\$ 1,418.65/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> x 0.194302 =	\$ 275.65/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> .
		<hr/>
		\$1,130.15/M <sup>3</sup> <sub>b</sub> .

B.- CONSUMOS (MATERIALES)

$$\text{\$ } 1,418.65 \times 0.181640 = \text{\$ } 257.68 \text{ M}^3_{\text{b.}}$$

C.- OPERACIÓN (MANO DE OBRA)

$$\text{\$ } 1,418.65 \times 0.021722 = \text{\$ } 30.82 \text{ M}^3_{\text{b.}}$$

---


$$\text{\$ } 1,418.65/\text{M}^3_{\text{b.}}$$

6.- DIVIDIENDO EL MANTENIMIENTO EN MANO DE OBRA Y MATERIALES  
(REFACCIONES) QUEDA:

72% MATERIALES	198.47
28% MANO DE OBRA	<u>77.18</u>
	275.65

A.- MAQUINARIA:

DEPRECIACIÓN	393.78
INVERSIÓN	425.28
SEGUROS	<u>35.44</u>

\$ 854.50

B.- CONSUMOS:

A).- COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES	257.68
B).- REFACCIONES	<u>198.47</u>

\$ 456.15

C.- MANO DE OBRA:

A).- OPERACIÓN	30.82
B).- MANO DE OBRA- MANTENIMIENTO.	<u>77.18</u>

\$ 108.00

\$1418.65/M<sup>3</sup><sub>b</sub>

7.- PARA DETERMINAR EL PRECIO UNITARIO DE ESTE CONCEPTO SE CONSIDERARÁ LO SIGUIENTE:

A.- FACTOR DE COSTO INDIRECTO 26%

B.- FACTOR DE UTILIDAD 10%

COSTO INDIRECTO  $0.26 \times 1418.65 = 368.85$

UTILIDAD  $0.10 \times 1418.65 = 141.87$

INDIRECTOS (2 MESES COBRO).

DEPRECIACIÓN	4.10
INVERSIÓN	113.71
SEGUROS	.51
CONSUMOS	117.75
MANO DE OBRA	<u>132.78</u>
	368.85



R E S U M E N

	CONSUMOS	MANO DE OBRA	SEGUROS	DEPRECIACION	INVERSION	TOTAL
COSTO DIRECTO	456.15	108.0	35.44	393.78	425.28	1418.65
COSTO INDIRECTO	117.75	132.78	.51	4.10	113.71	368.85
UTILIDAD						141.87
PRECIO UNITARIO						1929.37

SUMAS COSTOS TOTALES

573.9

240.78

35.95

397.88

538.99

LÓS DOS INDICADORES QUE DETERMINAN SI ES CONVENIENTE REALIZAR UN PROYECTO SON:

1.- EL ÍNDICE DE RENTABILIDAD

$$I.R. = \frac{\sum B}{\sum C} \quad 1.0; \text{ ES DECIR QUE}$$

$$\sum B \quad C$$

2.- LA TASA INTERNA DE RETORNO :

T.I.R. .- ES LA TASA A LA CUAL LA DIFERENCIA ENTRE BENEFICIOS Y COSTOS ES CERO; ES DECIR:

$$\sum B - \sum C = 0$$

COMO ACTUALIZAR EL FLUJO DE EFECTIVO:

SE ADAPTA EL FLUJO A LA FORMA SIGUIENTE:

$$B_1 \frac{1}{(1+i)^1} + B_2 \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + B_n \frac{1}{(1+i)^n} = \sum_{J=1}^n B_J \frac{1}{(1+i)^J}$$

$$C_1 \frac{1}{(1+i)^1} + C_2 \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + C_n \frac{1}{(1+i)^n} = \sum_{J=1}^n C_J \frac{1}{(1+i)^J}$$

---


$$\sum B - \sum C$$

ASÍ SE PUEDE OBTENER LA DIFERENCIA.

PODEMOS OBSERVAR QUE EN AMBAS SUMATORIAS APARECE UN FACTOR  $\frac{1}{(1+i)^J}$

A ESTE SE LE DENOMINA "FACTOR DE ACTUALIZACIÓN"  $f_a$ , DE TAL MANERA QUE CONVIENE OBTENER ESTOS FACTORES ANTES DE EFECTUAR LA SUMARIZACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS.

CÓMO SE CALCULA LA T. I. R.

SE ACTUALIZA EL FLUJO, CONSIDERANDO UNA TASA CUALQUIERA

SE ACTUALIZA, CONSIDERANDO UNA TASA MAYOR:

SI CRECE EL MONTO ACTUALIZADO, ENTONCES SE CONSIDERA --  
UNA TASA MENOR A LA QUE EN LA PRIMERA ACTUALIZACION SE-  
TOMÓ.

SI DECRECE, SE PROPONE UNA TASA MAYOR.

EN EL MOMENTO EN QUE PASE DE (+) A (-) SE PUEDE -----  
INTERPOLAR LOS VALORES PARA ESTIMAR LA T. I. R.

HACIENDO USO DEL INDICADOR TASA INTERNA DE RETORNO - -  
(TIR) Y CON LOS DATOS DEL PROBLEMA ORIGINAL, -----  
CONCENTRADOS EN EL CUADRO RESUMEN DE LA PAG. 47, SE --  
PROCEDE A ELABORAR LOS CUADROS DE INGRESOS Y EGRESOS - -  
RECORDANDO DOS COSAS:

- LA DURACION TOTAL DE LA OBRA ES DE 8 MESES.

- SE TENDRA UN ANTICIPO EL CUAL SE IRA -----

DESCONTANDO DE LAS ESTIMACIONES EN FORMA - -

PROPORCIONAL.

E G R E S O S

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
DEPRECIACION	39.788	39.788	39.788	39.788	39.788	39.788	39.788	39.788					318.304
SEGURO	3.595	3.595	3.595	3.595	3.595	3.595	3.595	3.595					28.760
CONSUMOS	57.390	57.390	57.390	57.390	57.390	57.390	57.390	57.390					459.120
MANO DE OBRA	24.078	24.078	24.078	24.078	24.078	24.078	24.078	24.078					192.624
COSTO EQUIPO	1323.000								(-) 1004.696				318.304
DEP. (-)	(-) 39.788	(-) 39.788	(-) 39.788	(-) 39.788	(-) 39.788	(-) 39.788	(-) 39.788	(-) 39.788					(-) 318.304
ALMACEN	10.000						(-) 5,000	(-) 5,000					0
EGRESOS/MES	1418.063	85.063	85.063	85.063	85.063	85.063	80.063	80.063	(-) 1004.696				998.808
EGRESOS ACUMULADOS	1418.063	1503.126	1588.189	1673.252	1758.315	1843.378	1923.441	2003.504	998.808				

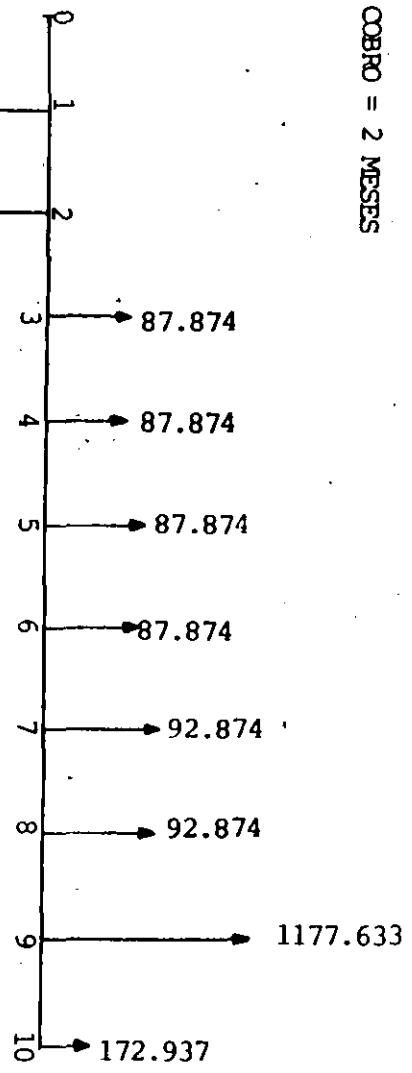


FLUJOS DE EFECTIVO

CASO BASE

ANTICIPO \$ 160 x 10<sup>6</sup>

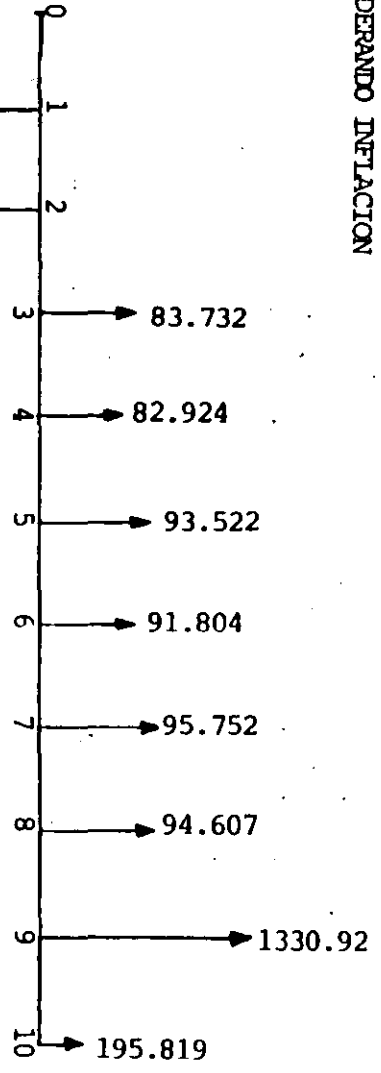
VEL. COBRO = 2 MESES



TASA INTERNA DE RETORNO = 5.02%

CASO BASE

CONSIDERANDO INFLACION



TASA INTERNA DE RETORNO = 5.97%



E G R E S O S

	ENE 1	FEB 2	MAR 3	ABR 4	MAY 5	JUN 6	JUL 7	AGO 8	SEPT 9	OCT 10	NOV 11	DIC 12	M
<b>SUMA EGRESOS</b>	118.063	85.063	85.063	85.063	85.063	85.063	80.063	80.063	(-) 1004.696				998.808
<b>INFLACION</b>	2.1	1.6	1.1	0.9	0.7	1.9	1.7	1.3	1.0	0.8	0.7		
<b>Mes</b>													
<b>Acum.</b>	2.1	3.73	4.87	5.82	6.56	8.58	10.43	11.86	12.98	13.88	14.68		
<b>EGRESOS VAL. CORR.</b>	447.84	88.236	89.205	90.013	90.643	92.361	88.413	89.558	(-) 1135.105				941.164
<b>EGRESOS V.C. ACUM.</b>	447.84	536.07	625.28	715.29	805.93	898.29	986.71	1076.26	941.16				



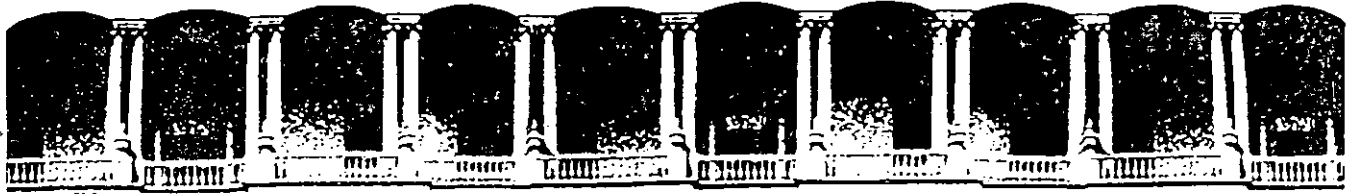

FINALMENTE Y CON EL OBJETO DE VER CUAN SENSIBLE ES EL PROYECTO A CIERTOS CAMBIOS, SE PRESENTAN LAS T.I.R. - BAJO LAS CONDICIONES SIGUIENTES:

- VARIANDO EL MONTO DEL ANTICIPO

- VARIANDO LA VELOCIDAD DE COBRO

CONDICION	T.I.R.
CASO BASE SIN ANTICIPO	4.62%
CASO BASE CON ANTICIPO DE \$ 80 x 10 <sup>6</sup>	4.82%
CASO BASE CON ANTICIPO DE \$160 x 10 <sup>6</sup>	5.02%
CASO BASE CON ANTICIPO DE \$240 x 10 <sup>6</sup>	5.24%

CONDICION	T.I.R.
CASO BASE CON VEL. COBRO DE 1 MES	5.71%
CASO BASE CON VEL. COBRO DE 2 MESES	5.02%
CASO BASE CON VEL. COBRO DE 3 MESES	4.49%



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

***CURSOS ABIERTOS***

*II CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION*

*Del 22 de Junio al 17 de Julio*

*MODULO I*

*MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS*

*CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS*

*ING. VICENTE SAISO SEMPERE*

*PALACIO DE MINERIA*

*JUNIO*

*1992*

# MANTENIMIENTO DE EQUIPO

## 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 TRAVÉS 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.

- 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 -----

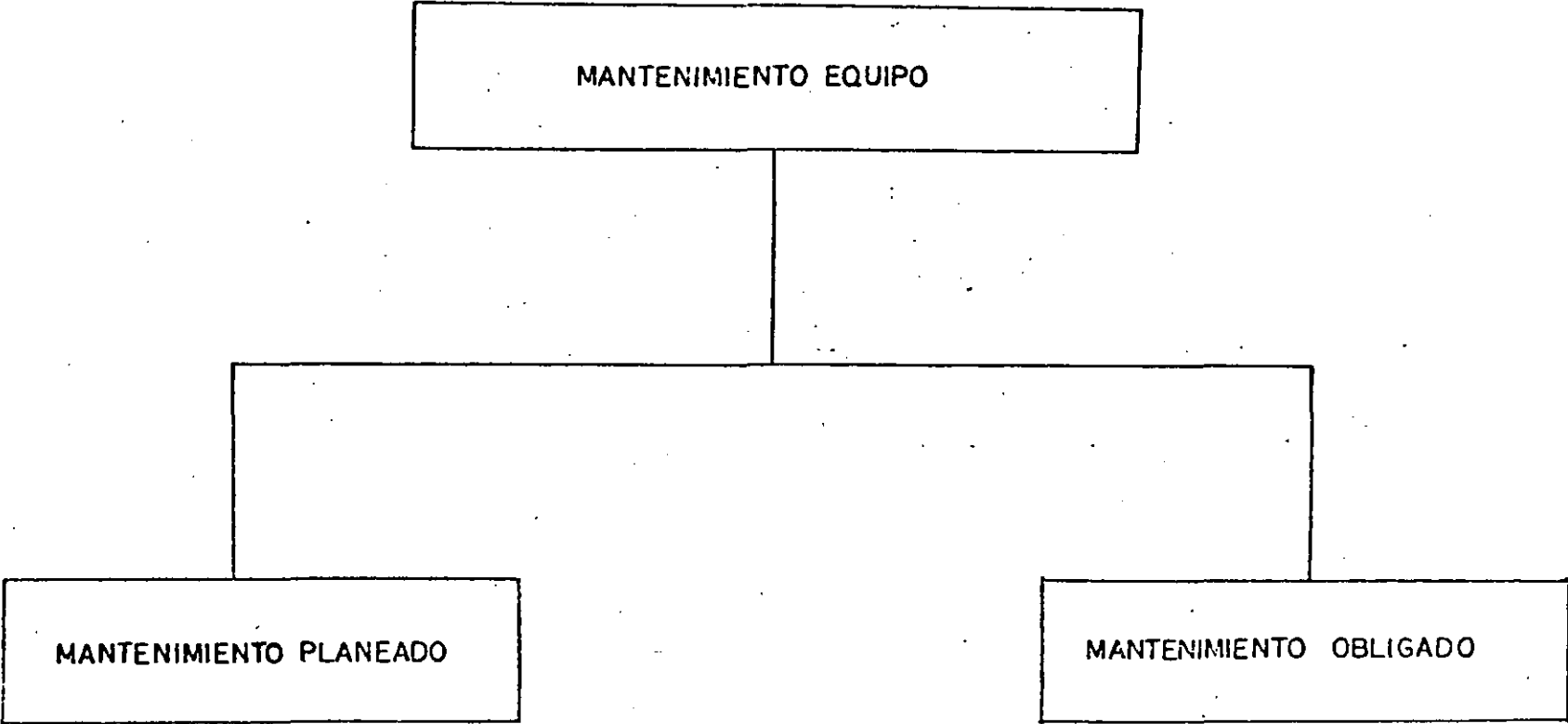


ESTRUCTURAS DEL MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO EQUIPO

MANTENIMIENTO PLANEADO

MANTENIMIENTO OBLIGADO



# 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.

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

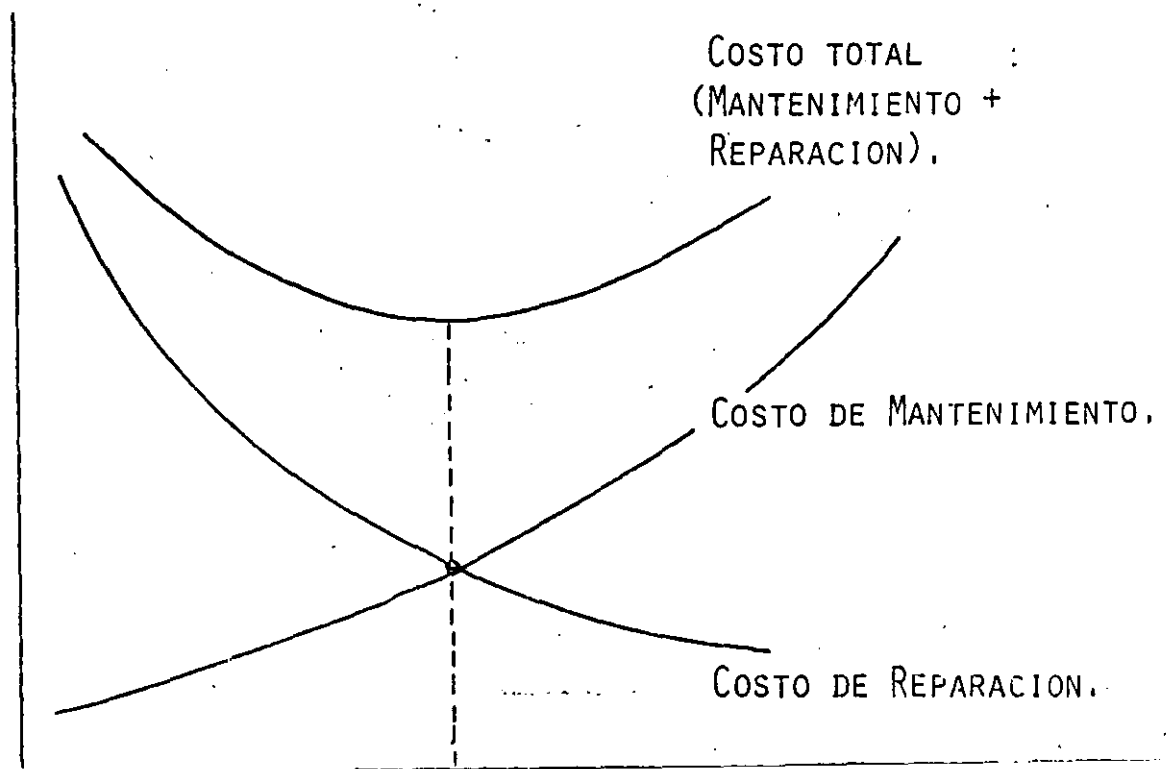
UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO ORIENTADO HACIA ESTE OBJETIVO TRATARA DE MAXIMIZAR PRODUCCION Y MINIMIZAR COSTO.

- 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 FRENTES 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,<br>BOMBAS, CARRETES TAMBORES.  |
| SOLDADURA.                      | - | SOLDADORAS,<br>EQUIPO DE CORTE,<br>EQUIPO DE TRAZO.   |
| FUNDICION Y FORJA<br>(HERRERIA) | - | FRAGUA, AFILADORAS.   |
| ELECTRICIDAD                    | - | PROBADOR DE ARMADURAS,<br>CARGADOR DE BATERIAS.   |
| MAQUINAS HERRA-<br>MIENTAS.     | - | TORNO, TALADRO,<br>FRESADORA, ROSCADORA.  |
| MOVIL                           | - | EQUIPO DE LIEMPIEZA,<br>EQUIPO DE LUBRICACION Y ENGRASE,<br>TALLER MOVIL,<br>SOLDADORAS,<br>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.  
=====

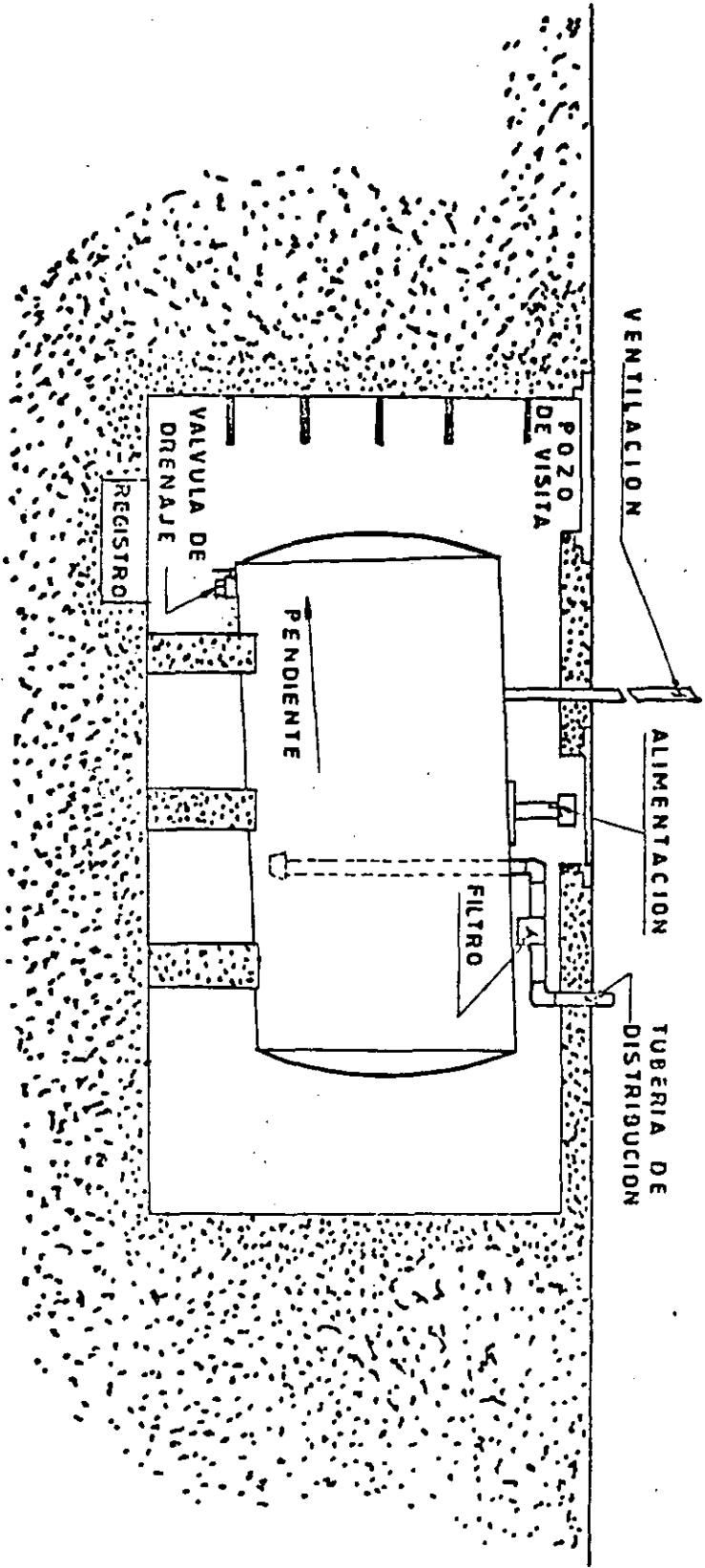
SE CONSIDERA BASICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE LOS MOTORES.

SE REQUIERE:

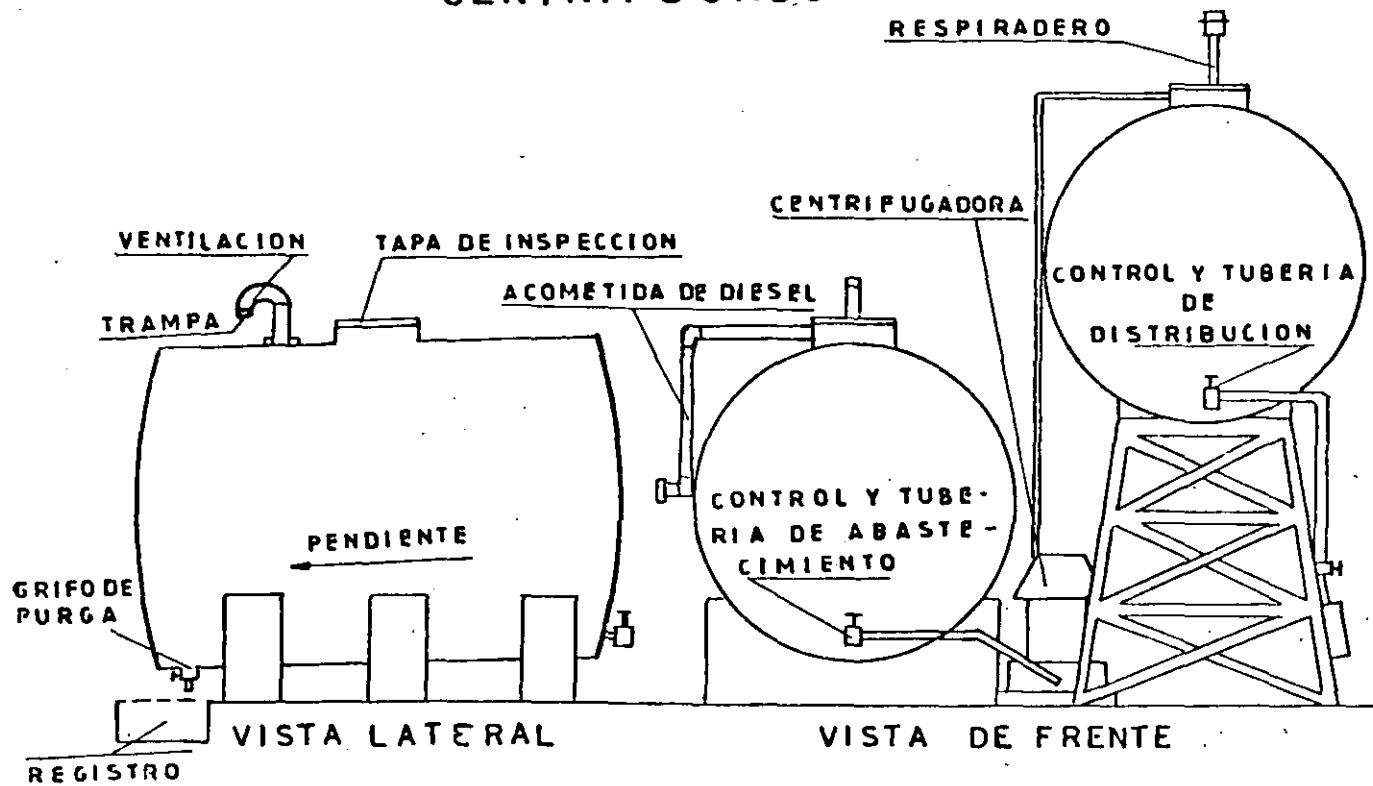
- TANQUE PARA RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.
- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE CENTRIFUGADO O FILTRADO.
- CENTRIFUGADORA O FILTROS.

LOS TANQUES DEBEN TENER INCLINACION PARA ASENTAMIENTOS Y LIMPIEZA PERIODICA.

# INSTALACION SUBTERRANEA



# INSTALACION DE COMBUSTIBLE DIESEL CENTRIFUGADO



## ORGANIZACION

18

### 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.

RECURSOS COMPLEMENTARIOS.

AQUI CONSIDERAMOS LOS RECURSOS EXTERNOS QUE SE ENCUENTRAN A DISPOSICION DE USUARIOS DE EQUIPO O CONSUMIDORES DE CIERTOS 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 E PECIFICACIONES 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 MAQUINERIA, PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO, PARA DETERMINAR EL INTERES DE LA MAQUINERIA EN EL PROYECTO.

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.

- 0.- 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 REVOLVENCIA ADECUADA DE ALMACEN.
- 
- 1.- HISTORIA DE LA MAQUINA. PARA TENER UN COMPORTAMIENTO MECANICO Y ECONOMICO DE LA VIDA UT DEL EQUIPO.  
PARA ANALIZAR LA CONVENIENCIA DE LA UTILIZACION Y PRODUCTIVIDAD LOS EQUIPOS.
- 
- 2.- ORDENES DE TRABAJO. PARA CONTROLAR TIEMPOS, COSTOS Y ACTIVIDADES EN LAS REPARACIONES O EN EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.
- 
- 3.- REQUISICIONES. PARA CONTROLAR PIEZAS QUE SE REPONEN AL EQUIPO.  
PARA CONTROLAR TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO.  
PARA CONTROLAR COSTOS DE MANTENIMIENTO.
- 
- 4.- 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.
- 
- 5.- NUMERO DE FALLAS. PARA EVALUAR LA VIDA DE LA MAQUINA Y SUS CONJUNTOS.  
PARA INVESTIGAR LA CAUSA.  
PARA LLEVAR ESTADISTICAS DEL COMPORTAMIENTO Y ESTABLLECER PROGRAMA
- 
- 6.- TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS. PARA DETERMINAR EL TIEMPO PROMEDIO DE ENTRE FALLAS ENTRE FALLAS.



V.- TEMAS ESPECIFICOS.

B) LIMPIEZA, LUBRICACION, CONTROL DE ACEITES.

- LIMPIEZA COMO FACTOR DE MANTENIMIENTO.

A) PROGRAMAS DE LIMPIEZA, FRECUENCIA, TIPO DE LIMPIEZA, LUGAR - DONDE SE REALIZA.

B) EQUIPOS DE LIMPIEZA, CARACTERISTICAS, COSTO, COMO EQUIPO INDEPENDIENTE Y COMO EQUIPO COMPLEMENTARIO.

C) OPERACION, - SE MENOSPRECIA LA ACTIVIDAD, CONTRATACION Y ENTRENAMIENTO.

- 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  
=====D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS.1º HUMANOS.

- PREPARACION.
- COMUNICACION.

2º LOCALIZACION.

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

3º TIPO DE TRABAJO.

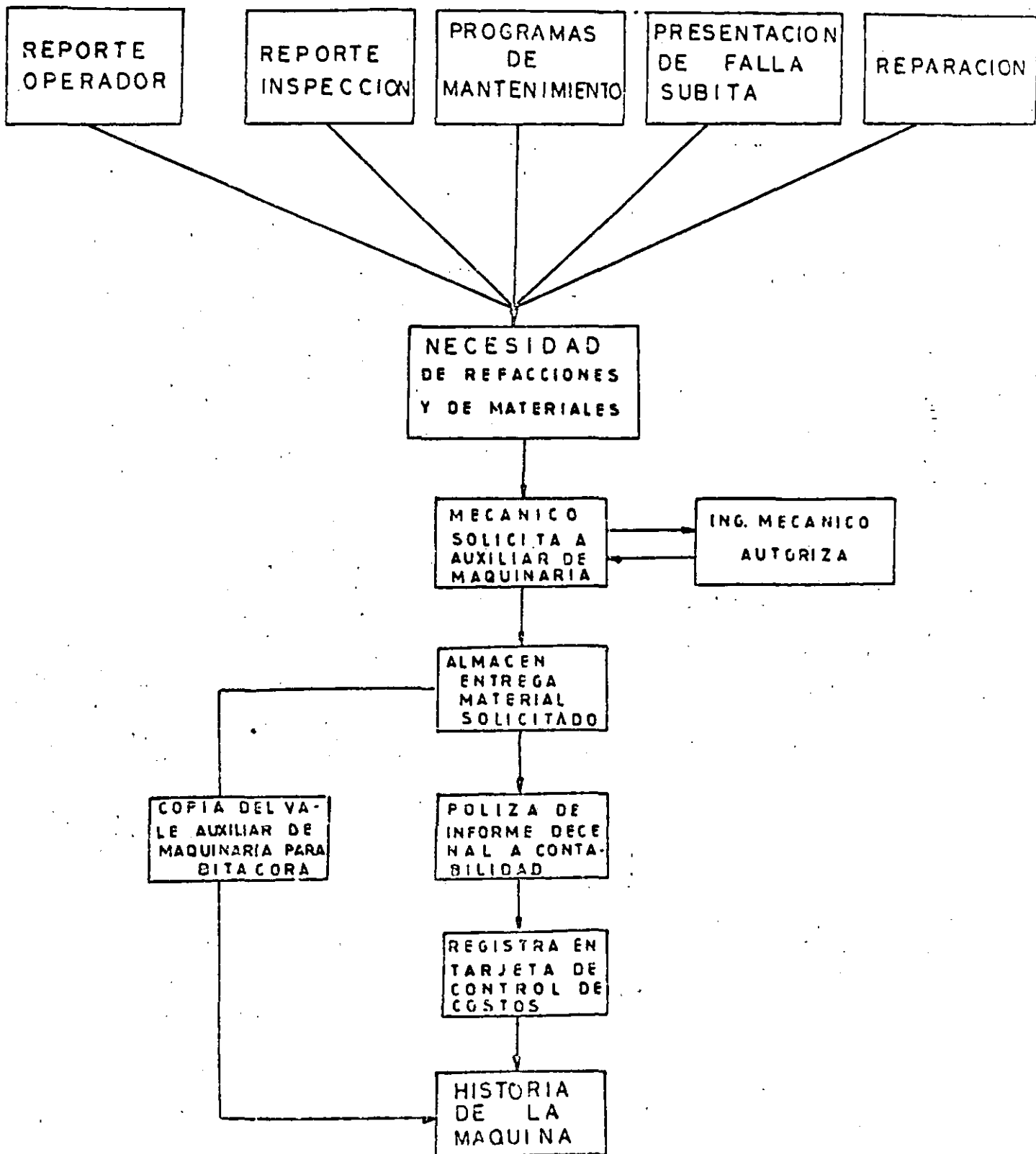
- RITMO MUY ACELERADO ( A PRESION ).
- FECHAS DE TERMINACION AGRESIVAS.
- NECESIDAD DE ALTOS PROCENTAJES DE UTILIZACION.

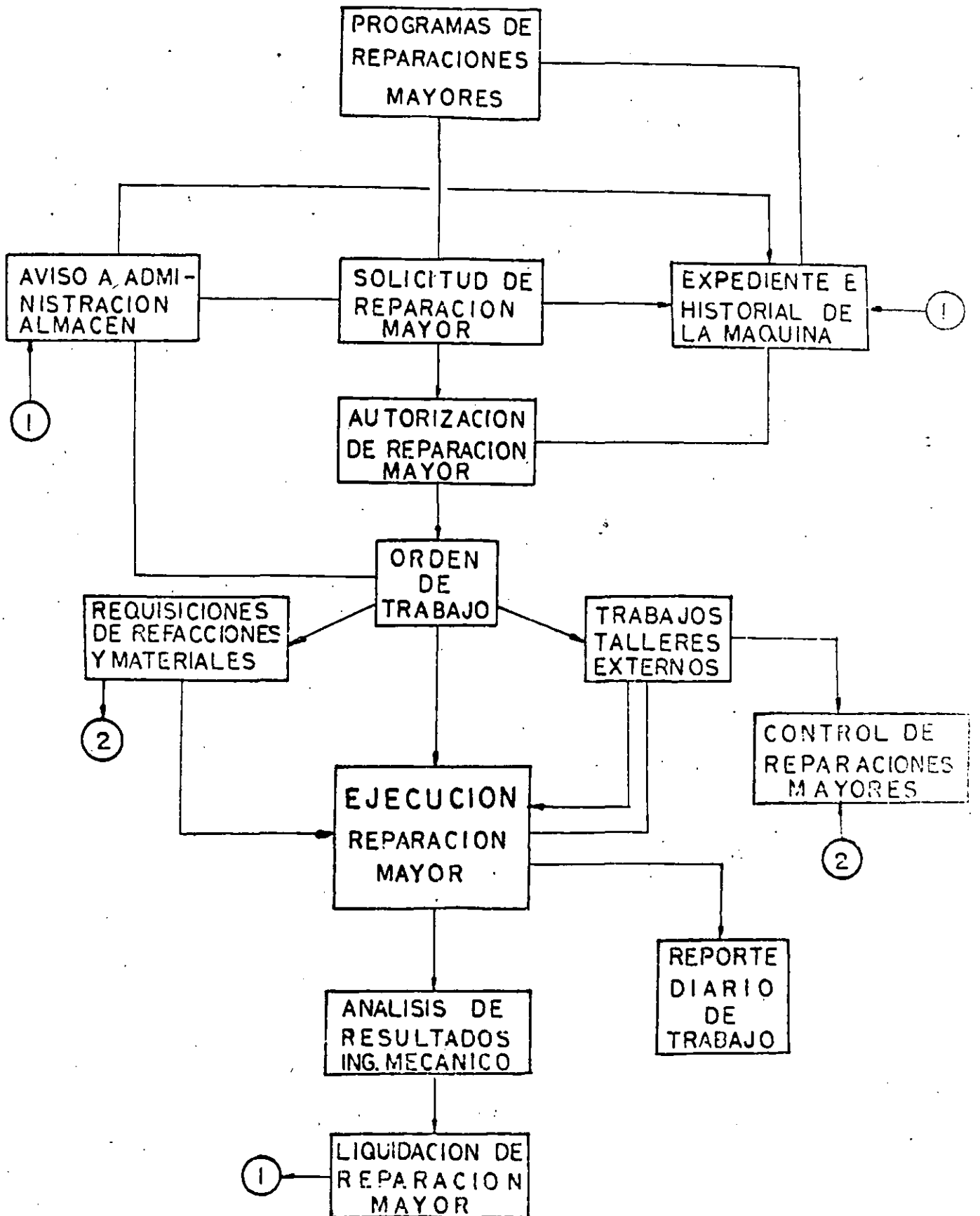
4º INSTALACIONES.

- MOVILES.
- RUDIMENTARIAS.
- DE BAJO COSTO.

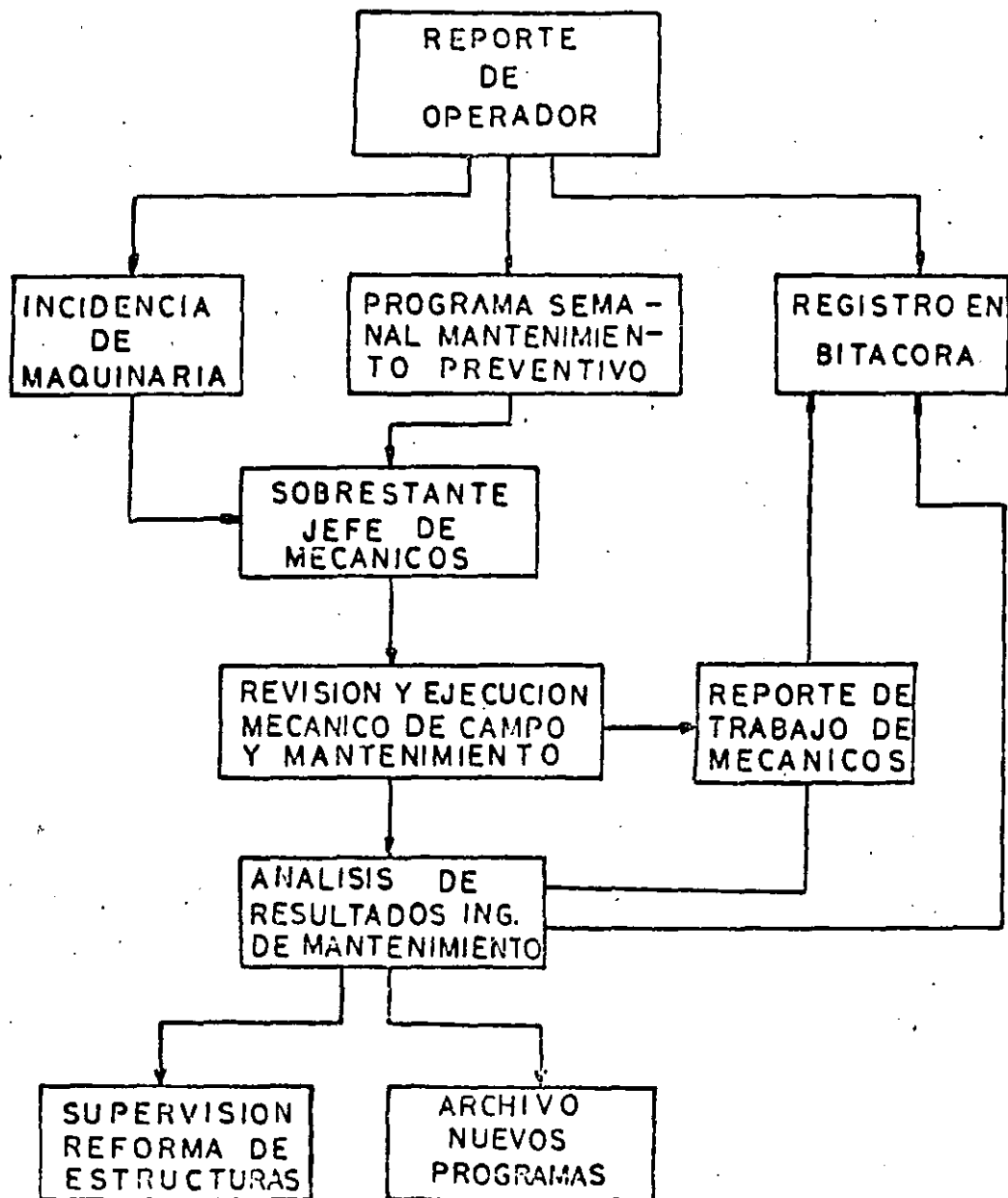
# DIAGRAMA DE FLUJO

## VALES DE SALIDA DE ALMACEN

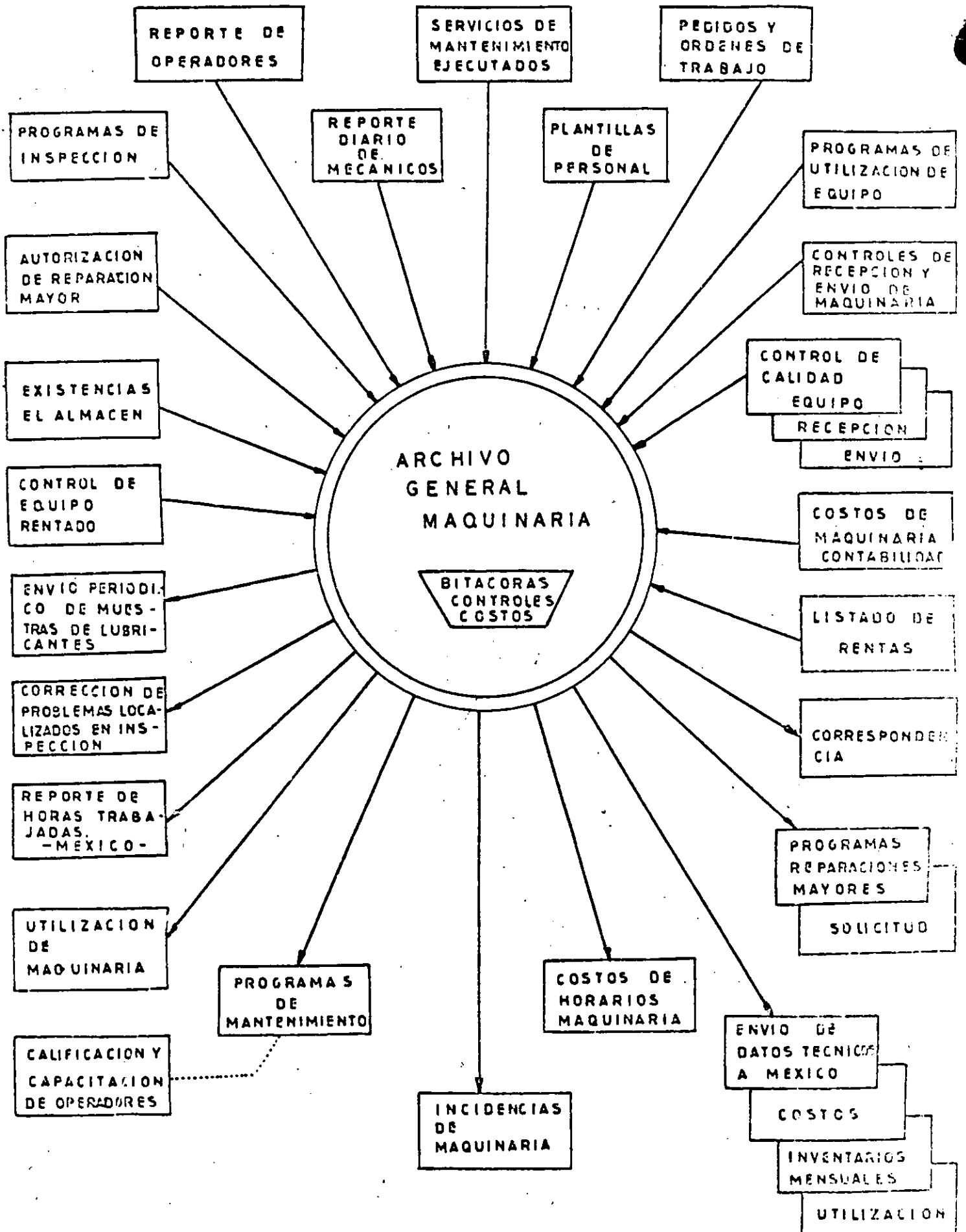




# DIAGRAMA DE FLUJO REPORTE DE OPERADORES



# DIAGRAMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO



## 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 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 reedituen 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 grótescos en relación a las formas de contratación para operadores de maquinaria pesada.

Por tanto hay que recalcar en que es de suma importancia que la empresa sepa los requisitos que debe reunir una persona para cubrir un puesto.

## 3.- EXAMEN PREVIO.

El método más sencillo para seleccionar al personal es que basados en la descripción del puesto elaboremos un exámen de conocimientos para determinar si los candidatos reúnen un mínimo de conocimientos. Es muy posible que con la aplicación de estos exámenes previos podamos mejorar en un alto porcentaje nuestros sistemas de contratación y seleccionar más atinadamente a los futuros técnicos y obreros.

Por desgracia hay poco material al respecto y por tanto dificultad en contar con él.



La capacitación deberá entonces ser planeada para que sea útil y apoyarse en el sistema escolar, que se lleva el 25 % de los impuestos que pagamos y que por tanto por conveniencia propia debemos cuidar.

~~El 80% de los activos de las empresas constructoras~~ lo constituyen las ~~máquinas y equipos~~, ya sean pesados o ligeros y por tanto representan el renglón más importante en inversiones -- que tienen las constructoras. Es ilógico que esa inversión, -- que además es el pilar de la producción de la empresa no cuente con el personal seleccionado y capacitado para que se encargue de su operación y mantenimiento.

La mayoría de las empresas de construcción no se preocupan -- por cuidar su equipo sino hasta que ya tienen entre sus manos 15 ó 20 máquinas y una inversión que sobrepasa los \$ 20 millones de pesos. Entonces se dan cuenta que tienen una inversión altísima y que nunca han cuidado su productividad y mantenimiento. Para ello deciden que lo mejor es contratar a una persona, de preferencia ingeniero mecánico, que tenga experiencia en éste trabajo y al cual le van a confiar la labor de -- que en corto plazo haga que toda esa maquinaria quede en perfectas condiciones, sin tomar en cuenta que:

1. ~~Hay muy poco personal especializado~~ en ese campo y por -- tanto será difícil encontrarlo.
2. Que las ~~máquinas~~ que le quieren entregar a esa persona ~~no tienen historia escrita~~ de los cuidados, reparaciones y uso, y que por tanto no será posible en poco tiempo enterarse de cual es el comportamiento que se puede esperar de ellos.
3. Que esa persona ~~no puede cambiar la mentalidad de todo el~~ personal de la empresa que por años ha descuidado las máquinas y que por tanto la solución del problema no se reduce a contratar un ingeniero, sino que deberán estructurarse un conjunto de políticas que permitan que permitan que la acción con la maquinaria sea positiva.
4. Que al crear el ~~Departamento de Maquinaria~~, automáticamente se generan ~~problemas de autoridad~~ con los superintendentes de obra que deberán preverse, y que solo con un programa bien estructurado, su difusión adecuada y el convencimiento a los superintendentes para que actúen apoyando la nueva estructura, podrán obtener resultados positivos.

Alguien puede decir, todo esto se ve muy fácil, pero a la hora de ponerlo en práctica es muy difícil, porque no se cuenta con el personal idóneo. El que diga esto tiene razón, si partimos de la base del elemento humano con que contamos y los sistemas arcaicos de contratación que usamos, pero si cambiamos esto los resultados serán espectaculares.

~~Para seleccionar al personal tanto mecánico como de operación~~ deberemos tomar en cuenta los siguientes factores que son los que mayor influencia tienen en la problemática del equipo:

- 1) La maquinaria de construcción tiene una ~~tecnología compleja y sofisticada~~ y por tanto debe hacerse cargo de ella personal con una ~~escolaridad y conocimientos~~ acordes a complejidad.
- 2) La ~~productividad~~, combinada con el ~~cuidado de la máquina~~ solo pueden lograrse con ~~personal capacitado y responsable~~.
- 3) La ~~mínima escolaridad~~ que debiera requerirse, pues es la que permitirá la comprensión de los problemas es ~~la secundaria~~, ~~tanto para mecánicos como operadores y la preparatoria~~ ~~para sobrestantes y otros niveles similares~~.
- 4) Por lo general el personal que tiene estos niveles de escolaridad, ~~no se interesa en estos trabajos~~ debido a que tienen un ~~bajo prestigio social~~ y sobre todo porque desconoce -- las posibilidades de ingresos que se pueden lograr.

Por ello es tarea inaplazable el llevar a cabo una campaña -- permanente para prestigiar socialmente estos trabajos y pugnar por contratar a las personas que tengan la escolaridad adecuada.

Para seleccionar al personal deberan además hacerse exámenes previos por escrito y luego pruebas en el trabajo con la supervisión del Intendente de Maquinaria, que deberá poder vetar operadores cuando vea que su forma de trabajar es nociva al equipo.

En cuanto a la capacitación, lo ideal es formular programas sencillos que, se puedan exponer previamente al inicio del -- trabajo y que sean recalcados durante el trabajo mismo por un instructor, que les mostrará las formas de trabajo, de usar -- las herramientas y equipos y supervisará el trabajo individual.

En una obra con maquinaria no debe escatimarse un sueldo y -- por ello es que se recomienda ~~que las constructoras tengan~~ ~~instructores en el trabajo~~, que según la magnitud de las --

obras puede estar de planta en una, o servir a varias obras de la empresa.

Así mismo deberá haber un supervisor que certifique la operación de las maquinas y de los talleres de las obras y valore la calidad de trabajo de todos.

El personal mecánico y obrero deberá estar participando en -- cursos de capacitación en la empresa o fuera, así como todo el demás personal.

Se considera que hay 3 niveles de trabajo, el obrero, el técnico y el especialista:

- 1° El obrero deberá tener de 100 a 150 horas al año de cursos de capacitación o actualizaciones.
- 2° El técnico, como ingenieros o administradores, tendrá hasta 15% de su tiempo de trabajo ocupado en cursos.
- 3° El especialista puede llegar a tener hasta el 80% de su tiempo en estudio, porque cuando se le necesite resolverá problemas de gran envergadura.

Como se verá la labor que tenemos por delante no es fácil, -- pues implica entre otras cosas hacer cambios en las estructuras de trabajo y dedicar tiempo a promover entre personas que actualmente no se interesan en la maquinaria, el que cambien su actitud mental, esto puede ser una tarea que rendirá frutos a largo plazo, pero para México y para la Industria de la Construcción el tomar cartas en el asunto es ya inaplazable, -- pues si no el déficit de personal calificado crecerá en la medida en que crezca la industria.

De inmediato las medidas más adecuadas serán las de tener supervisores e instructores y el tratar que en el área de maquinaria el personal tenga como mínimo la primaria terminada, -- que aunque este nivel de escolaridad no es el ideal por lo menos es un nivel mejor que los que en la actualidad tenemos.

## I N T R O D U C C I O N

Tratar de exponer ó explicar todo lo concerniente a "MANTENIMIENTO" en un resúmen como el presente es tarea muy difícil, y temeraria, quizás hasta imposible por los grandes alcances que el tema tiene y las derivaciones que de él emanan.

Por lo tanto, al tratar éste tópicó, lo haremos concretamente sobre el "Mantenimiento de la Maquinaria y Equipo de Construcción" en todos sus aspectos. (Maquinaria Mayor, Menor y Vehículos, Etc.).- Tratando de lograr interesar a todos los que en forma directa o indirecta se ven involucrados en las múltiples actividades de la Maquinaria y Equipos de Construcción - en LA IMPORTANCIA ACTUAL DEL MANTENIMIENTO.

Al fijar nuestra atención en la Maquinaria, nos daremos cuenta de ciertos "Síntomas de degradación" de sus componentes y de los factores que incrementan la importancia y necesidad del Mantenimiento. En consecuencia de lo anterior, al conocer los factores que se deban controlar, éstos se convierten en los OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.

Es importante anticipar que el Mantenimiento tiene un COSTO - que se debe analizar buscando el equilibrio con los COSTOS DE OPERACION. Esto quiere decir que el Mantenimiento, requiere CONTROL Y PLANEACION, con diferentes técnicas de aplicación y programación.

Otra consecuencia del Mantenimiento es la instalación, operación y Administración de Talleres de reparación y reconstrucción, así como las instalaciones de apoyo necesarias como las de lubricación, almacenes, etc. En fin, sería muy largo discutir o tan solo mencionar todas las operaciones ligadas con éste tema, tales como la medición del tiempo, y la eficiencia del mantenimiento, control de trabajos, clasificaciones, motivaciones y reportes; por lo tanto esperamos que quienes asisten a éste curso puedan posteriormente motivados por las dudas o curiosidad que de éste se desprendan, puedan hacer un estudio más concienzudo de los diferentes aspectos que el Mantenimiento involucra.

Agregaremos por último, que las actividades del Mantenimiento son "dinámicas"; es decir que están en constante cambio, y lo que es posible que alguna o algunas de las cosas que en el

## I.- MANTENIMIENTO EN GENERAL

## 1. GENERALIDADES

Con la introducción de la Maquinaria Pesada dentro de los métodos modernos de Construcción, ha sido necesario catalogar ciertas actividades involucradas íntimamente al uso y aprovechamiento del equipo; éstas actividades se conocen generalmente como:

MANTENIMIENTO:

Se denomina mantenimiento, a aquella serie de actividades que dirigida por una persona o grupo de personas, tiene como fin lograr y asegurar el aprovechamiento más ventajoso de las máquinas y equipo que otros elementos de una organización necesitan para el desempeño de sus funciones y obtener la óptima recuperación de la inversión. Esta inversión puede ser maquinaria, materiales o mano de obra.

Visto el mantenimiento como se definió anteriormente, se entiende que debe ser una función integral o parte muy importante de cualquier organización pues maneja una fase de las operaciones de dicha organización.

El campo de acción de las actividades de mantenimiento difiere en la práctica para cada tipo de actividad y de empresa y es influenciado por el tamaño de la empresa y la política de la misma.

No obstante, es posible agrupar las principales actividades y clasificarlas en la siguiente forma:

- A. Funciones primarias, que son la justificación misma del mantenimiento y ....
- B. Funciones secundarias, que son aquellas que por conveniencia, experiencias anteriores, ó porque no hay otra división lógica dentro de la empresa, se delegar también en el departamento de servicio o mantenimiento.

Para los fines que nos ocupan analizaremos únicamente las funciones primarias que podemos agrupar en la siguiente forma:

## FUNCIONES PRIMARIAS:



~~1. Mantenimiento del equipo y maquinaria de la empresa.~~

- ~~a) Mantenimiento preventivo~~
- b) Mantenimiento predictivo
- c) Mantenimiento correctivo.- Reparaciones menores y reparaciones mayores.
- d) Mantenimiento por conjuntos o componentes.

- 2. Lubricación e inspección del equipo
- 3. Servicios de generación y distribución
- 4. Reforma al equipo existente
- 5. Nuevas instalaciones de equipos

C. Administración de servicio

- a) Control de equipo
- b) Recuperación
- c) Control de personal, etc.
- d) Programas

MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Entendemos por "Mantenimiento Preventivo". Todas las operaciones de ajuste, comprobación, reemplazo de partes o conjuntos, lubricación y limpieza, que como rutina y a intervalos - definidos, son necesarios para asegurar al usuario que la maquinaria y equipo que necesita están en condiciones apropiadas para su uso inmediato.

También se dice que "MANTENIMIENTO PREVENTIVO" es la serie de actividades cuyo fin es evitar el desgaste excesivo o prematuro que hacen necesarias las reparaciones costosas y originan los tiempos muertos.

Por lo anterior se deduce que el Mantenimiento Preventivo logra considerables ahorros y baja los costos de operación.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

La característica principal de éste tipo de mantenimiento es-

que es teórico, es decir es la planeación del mantenimiento, - es más una filosofía que un método de trabajo; se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para - dar tiempo a corregir sin perjuicio al servicio.

Se basa en el análisis estadístico de vidas útiles, de piezas y conjuntos; el análisis físico de piezas de desgaste; el análisis de laboratorio y diagnóstico de campo.

Este mantenimiento predictivo nos proporciona: el Programa de Mantenimiento Preventivo; pronóstico de cambios y reposiciones; datos para el reemplazo económico. Esto significa pues que con el Mantenimiento Predictivo de aplicarse adecuadamente se han acabado los siguientes problemas:

- a) Sustituir en forma rutinaria partes costosas sólo para estar del lado seguro.
- b) Adivinar qué tiempo le quedan de vida a baleros, aislamientos, recipientes, engranes, motores, transmisiones, - etc.
- c) Suspender el servicio fuera del programa por fallas imprevistas.

#### MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este es el mantenimiento realizado después de la falla, ya sea por síntomas claros y avanzados ó por falla total. Es el mantenimiento fuera de programa y origina cargas de trabajo - incontrolables que causan actividad intensa y lapsos sin trabajo; su ejecución inmediata es imperativa, es decir nos obliga al pago de horas extras, se interrumpe el servicio y la producción, hay necesidad de comprar todos los materiales en un momento dado. En resumen son las consecuencias lógicas -- cuando se sufre un accidente inesperado.

Esta forma de aplicar mantenimiento impide el diagnóstico - exacto de las causas que provocaron la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono; por desconocimiento de manejo, por tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación, por desgaste natural, etc.

Son muchos los aspectos negativos que trae consigo éste sistema y sólo debe aplicarse como emergencia.

#### MANTENIMIENTO POR CONJUNTOS O COMPONENTES.

## Métodos de Mantenimiento Predictivo.

Ya mencionamos que para el Mantenimiento Predictivo se disponen de los siguientes métodos:

- Análisis Estadístico.
- Análisis Físico
- Análisis de Laboratorio y Diagnóstico de Campo.

ANALISIS ESTADISTICO. Este consiste en recopilar toda la información posible sobre el equipo e instalaciones que vamos a proteger. En nuestro caso queremos pensar en máquinas mayores para la construcción.

Si damos a la máquina-tractor la identificación como un sistema, mientras que sus diferentes conjuntos como motor, transmisión, mandos finales la identificación como subsistemas; es posible controlar y predecir estadísticamente la vida útil de cada uno de éstos conjuntos y se tratará de determinar las -- probabilidades de falla.

	Vida Promedio Nueva	Vida Promedio des pues de Manteni-- miento Mayor.
Motor	6000	5000
Transmisión	6000	5000
Tránsito	3000*	3000
Mandos finales	6000	5000

\* Reconstrucción Cadenas, Zapatas y rodillos.

Hemos tomado estos cuatro conjuntos básicos del tractor como ejemplo de las partes que requieren más atención del mantenimiento y se ha encontrado que en el caso del motor se tiene una vida promedio desde nueva de 6000 hrs. de trabajo; tiempo en que se realiza el cambio de éste conjunto o se procede a su reparación. Después de su reparación la vida promedio de éste motor es sobre 5000 hrs., tiempo en que nuevamente debe programarse su mantenimiento mayor ó reemplazo del conjunto.

Estas horas promedio en lo que se refiere al motor, transmisión y mandos finales son datos puramente estadísticos; lo -- cual nos obliga a hacer una reparación ó cambio de conjunto --

como parte del Mantenimiento Preventivo.

Pero no existe la seguridad-de que en realidad ésta reparación /reemplazo sea necesaria en ese tiempo para cada máquina; es- decir no sabemos el desgaste interno de sus piezas; posterior- mente veremos que ya existe un sistema de análisis de labora- torio el cual eficazmente nos ayudará a predecir el tiempo -- exacto de reemplazo ó reparación.

En el caso del subsistema tránsito se ha encontrado que la vi- da promedio desde nuevo de éste conjunto es sobre 3000 hrs. - Algunos reacondicionan después de las 3000 hrs. los tránsitos cambiando bujes, pernos y zapatas, y reconstruyendo las cade- nas, y rodillos; los cuales después de reconstruídos tienen - en conjunto una vida promedio de 2500 hrs.

ANALISIS FISICO. Este análisis nos ayuda a controlar la velo- cidad de desgaste de piezas y/o conjuntos mediante la medi--- ción directa de los mismos y así poder pronosticar su durabi- lidad. Así por ejemplo en nuestro caso podernos realizar - - esas mediciones directamente sobre los conjuntos de tránsitos y llantas del equipo móvil.

ANALISIS DE LABORATORIOS Y DIAGNOSTICOS DE CAMPO. Ya mencio- namos para el caso de análisis estadísticos que es posible -- formar la estadística y probabilidades de desgaste y estable- cer vidas útiles promedios de piezas y conjuntos, sin embargo al llegarse el tiempo estadísticamente aceptado, no contamos- con la certeza de que sea indispensable en ese momento reali- zar la reparación o cambio del conjunto.

Oportunamente algunos fabricantes de equipo pesado para la -- construcción han ideado un SERVICIO DE MUESTREO PERIODICO DEL LUBRICANTE, con el fin de preveer y minimizar las fallas de - motores, transmisiones y mandos finales.

Así, gracias a éste exámen del interior de la máquina se po-- drán corregir las irregularidades antes de que se conviertan- en problemas graves.

Algunas de las ventajas del muestreo periodico del lubricante son las siguientes:

1. Al obtener datos MAS EXACTOS sobre la condición del equi- po se podrá decidir si deben comenzar una nueva obra con- las máquinas en el estado en que se hallan.

2. Advierte cualquier deficiencia en el mantenimiento. Es decir se puede estar haciendo algo erróneo en lo que tiene que ver con los cambios y el tipo de lubricantes a usar en el mencionado conjunto y consiguientemente, hacer las mejoras necesarias al sistema.
3. Eleva la vida útil de los componentes, pues percibe los primeros indicios de desgaste excesivo. De modo que podemos programar un cambio inmediatamente y evitar paros en el servicio de la máquina; en caso contrario, aunque el análisis estadístico nos indique que ya es el tiempo de reparación pero el análisis de muestreo no detecta desgaste de consideración, entonces el componente sigue funcionando.
4. Se pueden planear los períodos de inactividad basada en datos que revela la tasa de desgaste. Este a su vez tiene las siguientes ventajas:
  - a) Mayor disponibilidad de las máquinas y reducción de costos de posesión y operación.
  - b) Los costos de operación se mantienen bajos debido a que se pueden hacer las reparaciones antes de que hayan serios desperfectos.

Brevemente indicaremos la forma en que se efectúa el muestreo periódico del lubricante:

Cada pieza móvil de una máquina tiene un índice normal de desgaste, a medida que se desgastan los componentes, las partículas microscópicas de metal que no retienen los filtros se mezclan con el lubricante. La medición de la cantidad relativa de estas partículas microscópicas revela el índice de desgaste de la máquina. La cantidad relativa de estas partículas provenientes del desgaste es posible medirlas mediante un espectrofotómetro de absorción atómica, el cual se basa en el principio de que los átomos de cada elemento absorben luz tan sólo de una longitud de onda específica. El instrumento se regula para que emita y detecte luz de la longitud de onda de cada uno de los cinco elementos que se estudian: cobre, aluminio, hierro y silicio.

Se sitúa un quemador entre la fuente de luz y el dispositivo-detector y, mediante un tubo, se somete la muestra a la acción de la llama y se produce la separación de los átomos.

Los átomos libres pasan al rayo de luz, y entonces se mide la luz que absorben. La cantidad de luz que absorben es proporcional al número de átomos en la llama, y esto depende, a su vez de la cantidad de cada uno de los elementos en la muestra del lubricante.

~~El hierro generalmente revela desgaste en la bomba del lubricante, en el cigueñal y en las camisas de los cilindros.~~

El cromo muestra el desgaste de los anillos, de los pistones, de los cojinetes y en algunos motores, de los vástagos de las válvulas.

El cobre indica el desgaste de los cojinetes de empuje, la entrada del agua de los enfriadores y el desgaste de la transmisión, y de los discos de la dirección.

El aluminio indica el desgaste de los pistones ó de los cojinetes.

El silicio evalúa la entrada de tierra.

Dentro de los diagnósticos de campo uno de los más confiables ~~es la prueba de gota.~~ Esta prueba es una forma práctica para determinar el comportamiento de operación de un motor de combustión interna y también de establecer el período de cambio del aceite con el fin de obtener el rendimiento del mismo. Es decir tener un aceite y mantenerlo sin perder sus características propias como lubricante.

Esta prueba consiste sencillamente en obtener una muestra, -- después de equis horas de operación a partir del último cambio de aceite, se saca la bayoneta de medición y se deja caer una gota del aceite en el centro del papel especial.

Siempre se debe sacar la muestra con el motor operando, ó inmediatamente después que se haya parado. Es muy importante -- que al depositar la gota de aceite en el papel especial, éste esté sostenido por los extremos, sin ningún objeto de apoyo -- en la cara inferior, lo cual evitaría la absorción correcta -- de la gota.

Con ésta muestra podemos observar cuatro aspectos:

1. Si hay detergente en el aceite.

2. Acumulación de contaminantes en el aceite
3. Dilución por combustible
4. El estado mecánico del motor.

La base de la evaluación de este tipo de prueba es la comparación de los resultados obtenidos en las pruebas anteriores -- del mismo tipo de aceite, y del mismo motor, contra los resultados de la prueba que se está efectuando.

Entre dos pruebas consecutivas que difieren grandemente entre sí, son aviso de que la operación es anormal y las causas de ésta deberán investigarse y corregirse de inmediato para evitar problemas posteriores.

Es difícil tratar de establecer una guía fija para las manchas de aceite obtenidas por la prueba de gota, ya que cada tipo de motor tiene características propias, aún dentro de la misma marca. Influyen también grandemente las condiciones -- del motor, el tipo de trabajo que está efectuando y los hábitos del operador.

Ventajas que se obtienen con la prueba de gota:

1. Una de las ventajas es que el Departamento de Mantenimiento puede llevar un registro de cada motor, así comparando la última prueba con pruebas anteriores, se puede determinar el estado mecánico en que se encuentra el motor pudiendo planear la revisión y/o reparación de los mecanismos con toda oportunidad.
2. Otra ventaja es establecer el control de períodos de cambio de aceite, cualesquiera que sean las condiciones de trabajo de la máquina.
3. También se determina si hay dilución en el aceite -- que se está utilizando para poder investigar las causas y corregirlas de inmediato.

GUIA PARA PROGRAMAR REPARACIONES MAYORES (HORAS-HOROMETRO)

	Vida Util	(1) Motor	(2) Tránsito	(3) Mandos Finales*	(4) Trans. Hid. ó Hidrósta- ticas.	(5) Dif.	(6) Mec. Lev. y Viraje	(7) Otros	Nombre del Mecanismo.
Tractores de Orugas	12000 hrs.	6000	3000	6000	6000			6000	Sist. Hidráulico
Tractores Ruedas	12000 "	6000		6000	6000	6000			
Cargadores de Orugas	14000 "	6000	3500	6000	6000			6000	Sist. Hidráulico
Cargador S/Neumáticos	14000 "	6000		6000	6000	6000		6000	Sist. Hidráulico
Aplanadoras Estáticas	16000 "	7000			7000				
Compactadores Vibratorios	12000 "	6000			6000				CT
Motoconformadoras	14000 "	7000			7000			7000	Tándem
Grúas sobre Ruedas	14000 "	7000		7000	7000	7000	7000	7000	Sist. Hidráulico
Excavadoras de Orugas	12000 "	6000	6000				6000	6000	Sist. Hidráulico
Camiones Volteo Pesado	15000 "	5000		5000	5000	5000		5000	Sist. Hidráulico
Motoescrepas autopropulsadas	15000	5000		5000	5000	5000		5000	Sist. Hidráulico
Plantas Eléctricas	16000	8000						8000	Generador
Compresores Rotatorios	14000	7000						7000	Unidad Comp.
Compresores Reciprocantes	16000	8000						8000	Unidad Comp.

NOTA: Estas recomendaciones se hicieron considerando un uso normal del equipo, en condiciones extremas, la duración de los componentes se reducirá hasta en un 25%.



I INTRODUCCION

Anteriormente se consideraba que el Taller era el lugar - en donde se llevaba a cabo un mantenimiento rudimentario - y las reparaciones obligadas por paro de maquinaria, era - un mal inevitable al cuál había que hacerle frente de la - manera menos costosa posible.

Por lo anterior, para escoger un Taller se seleccionaba - cualquier tipo de bodega, la que medio se adaptaba para - protegerse de las inclemencias del tiempo. En ella se - contaba con escasas herramientas de mano, por lo que los - mecánicos siempre tenían que recurrir a su ingenio para - poder llevar a cabo los trabajos más variados.

A medida que los adelantos técnicos han avanzado, mecani - zando en forma notoria los trabajos de construcción y per - mitiendo mayor volumen de obra, también han mejorado los - programas de servicio por parte de los proveedores y como - consecuencia natural, la mayoría de las empresas construc - toras se han dado cuenta de la importancia que tiene el - conservar sus equipos en condiciones de trabajo el mayor - tiempo posible, mediante un eficaz mantenimiento preventi - vo y reparaciones oportunas.

Las empresas constructoras actualmente están concientes - de que sus equipos necesitan atención ininterrumpida des - de el momento de su adquisición. Se puede decir que es - tán obligadas a disponer de instalaciones y sobre todo de - talleres apropiados y previamente estudiados, que resuel - van en cualquier circunstancia los problemas de maquina - ria en forma efectiva.

Para la reparación de la maquinaria, las empresas cons - tructoras normalmente se apoyan en tres tipos de talleres

Talleres Centrales  
Talleres de Campo  
Talleres Externos (Ajenos a la Empresa)

TALLERES DE CAMPO

Podemos decir que existen dos tipos, que son:

Talleres móviles  
Talleres Semipermanentes.

TALLERES MOVILES

Descripción.- Este tipo de talleres, son de gran ayuda en la conservación y mantenimiento del equipo.

Básicamente consiste en una adaptación de un vehículo a las - necesidades propias de cada empresa, debe de estar dotado de las herramientas adecuadas e incluso llegar a disponer de --- equipos propios de un taller semi-permanente, puesto que de - otra forma resultaría difícil transportarlos al sitio de operación de la máquina.

A continuación mencionamos los componentes de éstas unidades:

- 1 Vehículo
- 1 Planta luz 5 KVA
- 1 Equipo de oxiacetileno
- 1 Tornillo banco
- 1 Juego de autocle - 1-1/4 a 2-3/8 entrada 3/4
- 1 Juego de autocle - 3/8 a 1-1/4 - 1/2
- 1 Esmeril
- 1 Juego extractores mecánicos
- 1 Taladro
- 1 Tablero de presiones (manómetro y vacuómetro)
- 1 Estretoscopio
- 1 Compresómetro
- 1 Juego de llaves de impacto
- 1 Garrucha
- 1 Banco de trabajo.

VENTAJAS DEL TALLER MOVIL

Elimina el inconveniente de trasladar el equipo averiado al taller más cercano.

Ahorro en tiempo y gastos de fletes, desplazamiento de personal, refacciones, etc.

La ejecución de su mantenimiento en el mismo lugar de operación es posible con su empleo.

Su instalación requiere del empleo de un vehículo de uso común como camión ó camioneta.

Puede operar a grandes y cortas distancias según sean las condiciones existentes.

Su uso es recomendable para todo tipo de equipos, pero en especial al montado sobre orugas.

Pueden ser empleados en varias ocasiones y obras.

TALLERES SEMIPERMANENTES

Descripción.- Son locales fijos que se adaptan con anticipa-

54

ción, de manera que no se podrá desalojar antes de terminar -  
cierta etapa constructiva ó profijada de antemano.

Una vez terminada ésta, el taller semipermanente podrá trasladarse a otra obra u otro frente de trabajo en donde proporcione atención a los equipos que lo requieran. Entre mayor sea la maquinaria pesada que requiera atención, mejor equipado deberá estar, llegando a un momento que sean autosuficientes para poder resolver los problemas ó reparaciones que se presenten.

También deberemos separarlo por áreas, siendo las siguientes:

- Lavado
- Reparaciones Diesel
- Reparaciones Gasolina Soldadura
- Electricidad
- Soldadura
- Engrase
- Pintura

Este tipo de talleres debe ser montado en donde se considere el centro geográfico, por así decirlo, de los diferentes frentes de trabajo de la obra.

#### APLICACION DEL TALLER SEMIPERMANENTE.

Será en la concentración de los equipos en la realización de trabajo tales como presas, minas, bancos de materiales, plantas de producción, etc. Mientras la movilidad influye en las obras en que los equipos se puedan desplazar con facilidad, ó bien de equipos montados sobre neumáticos.

Su labor se puede resumir en dos aspectos:

- a) Se puede dedicar a efectuar todo tipo de reparaciones a los equipos, ó bien reacondicionar los equipos.
- b) El mantenimiento en sí de los equipos que nos recomienda el fabricante de los equipos en los períodos que por su experiencia ellos recomiendan.

En éste tipo de taller, cuando se dispone de un número considerable de equipo en donde la Gerencia de una empresa demuestra si está ó no dando todo su apoyo a la conservación y mantenimiento de sus máquinas.

Son todos aquellos talleres que existen en México y que no pertenecen a la Empresa.

Es importante conocerlos puesto que estos talleres auxilian a la empresa para reparar todo aquello que en los talleres propios no es posible atacar, ya sea por carecer de equipo para hacerlo ó por no tener suficiente capacidad en determinado momento.

También son utilizados para efectuar trabajos cuya realización no es costeable se lleve a cabo en los talleres de la empresa.

Existen talleres especializados en reparar ciertas marcas de máquinas (Caterpillar, G.M., etc.), taller donde reparar indistintamente cualquier máquina ó conjunto y aquellos que se dedican exclusivamente a algún tipo de reparación (motores, - marchas, etc.).

## IV.- CONTROL DE MANTENIMIENTO EN OBRA

El control de mantenimiento que se efectúa a la maquinaria equipo de construcción en obra, tiene tanta ó más importancia que el mismo mantenimiento.

Tiene como objetivo, optimizar los recursos utilizados para llevar a cabo la función propia al mantenimiento; es decir, que dichos recursos no sean malgastados. Teniendo en cuenta que se puede estar gastando por arriba o por debajo del nivel óptimo.

Siendo el mantenimiento indispensable para conservar en condiciones óptimas de trabajo a todas y cada una de las máquinas que se encuentran en Obra, se debe proceder a estudiar cómo coordinar la producción con los períodos en que debe parar cada máquina.

Lo anterior se basa principalmente en el programa de la obra a ejecutar; programa que sirve a su vez para elaborar uno que relaciona el trabajo a realizar en cada área de la obra con el equipo adecuado para ejecutar dicho trabajo, este se denomina "Programa de Utilización" (Ver anexo de Formas de Control).

Este programa es afinado por el departamento de Maquinaria -- llegando a ser el Programa maestro de utilización. (Es el mismo programa de utilización, pero adecuado al equipo requerido en la obra).

Maquinaria se encarga de surtir el equipo programado en la fecha prevista; cuando exista algún cambio en los programas y se requiera otra máquina, se utilizará la forma "Solicitud de Equipo"

Para efectos de control, cualquier envío de maquinaria irá -- acompañado con la Forma de Envío, de Control de Calidad, de -- Avalúo de Llantas, y al ser recibida se formula la de Recepción de Equipo.

Todas éstas formas se envían a la obra destinataria, quedando se copia en la obra consignataria. (Obra ú Oficina Matríz, según sea el caso).

Cada máquina debe llegar a obra con sus documentos:

1. Bitácora de Mantenimiento, Catálogo de Partes y Manuales de Operación.

En caso de ser zona libre ó fronteriza:

## 2. Factura ó Pedimento Aduanal.

El control de Mantenimiento empieza al conocerse el plan general de la obra. Un paso importante constituye el tener el -- programa Maestro de Utilización, pero esto nada significa si no conocemos o sabemos a qué y a cuál equipo se le debe dar mantenimiento.

Cuando se conocen las condiciones de arribo a obra de una máquina, se pueden planear eficazmente los servicios y cambios de los elementos de desgaste, prevenir el mantenimiento correctivo menor, que según experiencia, sea necesario y programar el mantenimiento correctivo mayor que será efectuado en el Taller Central.

Este mantenimiento correctivo mayor es programado y discutido con Oficina Matríz para su aprobación (Programa de Reparaciones Mayores). La obra se encargará de utilizar bien la máquina hasta la fecha programada de su reparación mayor. Cualquiera adelante a ésta fecha se considerará como responsabilidad de Obra.

Cuando se acerque la fecha de una reparación mayor, será solicitada a oficina matríz por medio de la forma correspondiente La solicitud es tomada como una confirmación del envío a Taller Central de dicha máquina y será liquidada (uso de la reserva de mantenimiento).

Los conceptos que deben ser controlados exhaustivamente por Obra son el Mantenimiento Correctivo Menor (Taller Mecánico) y el Mantenimiento Preventivo. Dado que las reparaciones mayores son efectuadas en el Taller central no es tan importante su control por Obra.

Los conceptos anteriores, Taller Mecánico y Mantenimiento Preventivo, nos proporcionan la seguridad y continuidad en la -- producción de cada máquina.

Es importante hacer incapié sobre el punto de optimizar los esfuerzos, ya que si no se le dan importancia debida a estos conceptos, la obra puede sufrir de "Máquinas Paradas" y su -- costo respectivo.

Todos los costos en que se incurren son controlados en un -- "Cuaderno Mensual de Maquinaria" (Se anexa el Índice de dicho cuaderno).

CUADERNO MENSUAL DE MAQUINARIA C.P.CONTENIDOI. PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO

- a) Solicitudes
- b) Rentas

II. REPORTE DE HORAS

- a) Trabajadas
- b) Reparación
- c) Ociosas

III ANALISIS DE COSTOS HORARIOS DEL EQUIPO

NOTA: Favor de pasar los siguientes datos en el costo del taller.

- a) Operación (Obra de mano)\*
- b) Consumos \*
- c) Herramientas
- d) Equipo Auxiliar

IV INVENTARIOS FISICOS DE MAQUINARIAV REPARACIONES MAYORES : (CUADERNO RESUMEN) \*

- a) Programas
- b) Solicitudes
- c) Liquidaciones

VI REPORTES DE LABORATORIO, ANALISIS DE ACEITE \*VII ALMACEN DE REFACCIONES \*

- a) Saldos Mensuales
- b) Pedidos pendientes
- c) Inventarios (cada 6 meses: Sep., Marzo, Septiembre)

VIII CONTROLES DE CALIDAD \*

- a) Equipo enviado
- b) Equipo recibido

IX INFORMACION TECNICA FALTANTE \*

- a) Catálogos y Manuales
- b) Bitácoras
- c) Varios

\* Conceptos que son usados para controlar el manteni-  
miento.



Fase importante es el mantenimiento preventivo, el cual tiene su mejor representación por las Camionetas de Mantenimiento. Estas camionetas están equipadas con todo lo necesario para realizar un ajuste en el campo: herramienta, compresor de aire y planta de generación de energía eléctrica.

Se tienen además otros apoyos tales como el taller móvil, que es lo mismo que una camioneta de mantenimiento, pero con el espacio suficiente para reparar sobre el camión, ya que generalmente se utiliza un camión de plataforma para adaptarlo como taller móvil; y como las camionetas de engrase y lubricación las que efectúan su trabajo en el sitio en que se encuentra la máquina.

El Mantenimiento Predictivo resulta tan interesante o más que el preventivo, ya que se lleva a cabo con una tecnología más desarrollada.

Se tienen dos métodos para la realización de éste tipo de trabajo; el primero es el LABORATORIO DE DIAGNOSTICO en el cual se analizan los elementos en suspensión en los aceites lubricantes, mediante un Espectro-Fotómetro de absorción atómica, siendo necesarias las pruebas de dilución de combustible y agua y la viscosidad del aceite.

Por estas pruebas es posible predecir el grado de desgaste de una pieza determinada del conjunto al cual se analizó el aceite lubricante.

El otro renglón, lo forma el personal, el equipo y las camionetas de diagnóstico. El equipo está compuesto por una serie de aparatos montados en una camioneta con la que se va al lugar donde se encuentra trabajando una máquina y ahí mismo se le analizan sus presiones, temperaturas y otros factores que indican el estado general de la máquina.

Este tipo de gentes (Ingenieros y Mecánicos) elaboran un programa de atención a todas las obras y cuando se encuentran en la obra programada, en una fecha dada se juntan con los Ingenieros de obra para programar, máquina por máquina, la atención a ésta obra.

o

Cada máquina es analizada en su turno y se elabora un reporte de dicho análisis el cual, sirve para confirmar el estado físico y mecánico en que se encuentra cada máquina. Este reporte será información importante para los coordinadores de maquinaria, para los ingenieros de obra y para afirmar o desmentir el chequeo que se lleva a cabo por medio del análisis del aceite por el Laboratorio de Diagnóstico

Se anexan a continuación las formas utilizadas en el sistema del Control del Mantenimiento; además, ejemplos de Manuales - de Operación, de Mantenimiento y de Catálogo de Partes.

Se anexa también una serie de diagramas que explican el funcionamiento del sistema siendo:

- |                |   |
|----------------|---|
| Diagrama No. 1 | Programación del Mantenimiento                    |
| 2              | Control del Mantenimiento; Conceptos y Relaciones |
| 3              | Formación del Cuaderno Mensual de Maquinaria.     |
| 4              | Laboratorio de Diagnóstico                        |
| 5              | Diagnóstico por Aparatos-Camionetas               |
| 6              | Las formas y sus relaciones.                      |

V.- BITACORAS DE MANTENIMIENTO

Las bitácoras de mantenimiento son cuadernos o libros de registro donde se anotan todos aquellos datos o información importante por cada máquina, cuyo objetivo es conocer las características, (Marca, Modelo, Serie, Tipo, Capacidad, Dimensiones, etc.) Servicios Efectuados, Incidentes de Operación o Mantenimiento, Síntomas, Horas Trabajadas, Tiempos de Ocio, Tiempos de Reparación y Observaciones Diversas.

La hoja de control de servicios, cubre la operación de un año como mínimo y nos sirve para registrar diariamente la lectura del horómetro y el tipo de servicio realizado.

La hoja de Control General de Horas por máquina por mes, muestra en sus columnas el nombre de la obra el mes, la lectura del Horómetro Inicial y Final, las horas trabajadas durante el mes, las acumuladas en obra y el total de las horas trabajadas.

Se incluyen Hojas para Servicios de Mantenimiento cada 100, - 500, 1000..... etc./Horas y en cada uno de los períodos señalados, se consignan las operaciones de revisión y ajuste por efectuar a cada mecanismo de la máquina.

Generalmente son las mismas operaciones que recomiendan los fabricantes pero algunos las modifican o adicionan con la información o estadísticas que posean experimentalmente. Por último se incluye una forma de Control Mensual que nos muestra en sus columnas las horas trabajadas por turno, horas totales y tiempos improductivos o perdidos, ya sea por reparaciones o en ocio por diferentes causas, que se anotarán en la columna de observaciones.

Todos los registros mencionados tienen como finalidad el control del mantenimiento, operación del equipo, calidad de fabricación de máquina, calidad de mano de obra y modificaciones necesarias, que podemos denominar como Objetivo Técnico. Además proporcionan datos sobre costo de mano de obra, materiales y refacciones involucradas en las distintas operaciones de mantenimiento que sirve para evaluar la ventaja o desventaja del sistema empleado, así como para estudios de rentabilidad, Costos de Operación, o Reposición del Equipo, esto último podemos llamarlo el Objetivo Económico. Existen cartas de mantenimiento ("Bitácoras"), para algunas máquinas que son proporcionadas por el mismo fabricante; desgraciadamente, la mayoría están en Inglés o en el idioma del fabricante.

A N E X O

" B I T A C O R A "

D E

M A N T E N I M I E N T O

Por tal razón es necesario que la Gerencia de Maquinaria de la Empresa, en combinación con el fabricante o distribuidor de maquinaria correspondiente, elabore las Bitácoras de Mantenimiento adecuadas a su maquinaria, medio y tipo de control que necesite.

A continuación se da un ejemplo de una Bitácora de tipo general que se adapta a la mayoría de las máquinas de construcción. Para casos especiales, es mejor diseñar o utilizar cartas de mantenimiento específicas para el tipo de maquinaria en uso, - (Tractores de Oruga, Motoescrapas, Malacates, Locomotoras, etc).

Algunas sugerencias especiales hemos de hacer referente a las Bitácoras de Mantenimiento.

- 1.- Deben poseer información actual y verdadera.
- 2.- Debe haber un responsable de la actualización uso y conservación de las mismas.
- 3.- Deben acompañar, siempre a cualquier máquina.

( Ver Anexo "Bitacora" )

# 65 BITACORA DE

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

NUMEROS ECONOMICO:

CARACTERISTICAS	MAQUINA	MOTOR	ADITAMENTOS
CLASE			
MARKA			
MODELO			
TIPO			
SERIE			
CAPACIDAD			
VELOCIDAD R.P.M.			
LIMITACIONES:	LARGO _____	ANCHO _____	ALTO: _____ MTS.

PESO DE LA UNIDAD COMPLETA EN KGS.: \_\_\_\_\_

DEPTO. DE MANTENIMIENTO GENERAL

## SERVICIO DIARIO

- A.- Revisar Reporte del Operador
- B.- Motor
  - 1.- Revisar nivel de Aceite del Motor
  - 2.- Localizar fugas de aceite y corregir
  - 3.- Revisar temperatura de operación
  - 4.- Revisar tensión de las bandas.
- C.- Convertidor de Par y Transmisión
  - 1.- Revisar nivel de Aceite
  - 2.- Localizar fugas y corregir
  - 3.- Revisar temperatura y presión de operación
- D.- Sistema de Enfriamiento
  - 1.- Revisar mangueras y accesorios
  - 2.- Revisar nivel de agua
  - 3.- Revisar radiador y ventilador
- E.- Sistema de Combustible
  - 1.- Drenar tanque de combustible
  - 2.- Drenar filtros
  - 3.- Revisar y corregir fugas en el sistema
- F.- Sistema de Aire
  - 1.- Limpiar filtro de aire
  - 2.- Checar abrasaderas y apretar si se requiere
  - 3.- Revisar fugas de aire en el Sistema
  - 4.- Checar indicador (vacuometro)
- G.- Sistema Eléctrico
  - 1.- Revisar nivel de agua en baterías
  - 2.- Revisar funcionamiento del sistema generador, indicadores, luces, alambrado, motor de arranque, etc.
- H.- Sistema Hidráulico
  - 1.- Revisar nivel de aceite
  - 2.- Revisar fugas en el sistema
  - 3.- Checar su funcionamiento.

## I.- Motor Auxiliar ( Los que traigan )

- 1.- Revisar nivel de aceite
- 2.- Limpiar el purificador de aire
- 3.- Checar funcionamiento

## J.- Mandos Finales y Carriles

- 1.- Revisar nivel de aceite
- 2.- Revisar fugas de aceite
- 3.- Revisar templado de las cadenas
- 4.- Revisar muelle estabilizadora.



## SERVICIO DE 100 HRS.

- A.- Revisar Reportes de Operación ( ) ( ) ( ) ( )
- B.- Motor
- 1.- Cambiar filtros y aceite ( ) ( ) ( ) ( )
  - 2.- Corregir fugas ( ) ( ) ( ) ( )
  - 3.- Lubrique baleros del ventilador ( ) ( ) ( ) ( )
- C.- Convertidor de par y Transmisión
- 1.- Checar nivel de aceite ( ) ( ) ( ) ( )
  - 2.- Cambiar filtros y aceite a las 300 Hrs. ( ) ( ) ( ) ( )
  - 3.- Revisar tapón magnético (ver si tiene rebaba) ( ) ( ) ( ) ( )
- D.- Sistemas de Aire
- 1.- Revisar condiciones de elementos ( ) ( ) ( ) ( )
  - 2.- Limpiar elementos ( ) ( ) ( ) ( )
  - 3.- Revisar mangueras y abrazaderas ( ) ( ) ( ) ( )
  - 4.- Checar funcionamiento del indicador ( ) ( ) ( ) ( )
- E.- Sistema de Combustible
- 1.- Cambiar elementos de combustible ( ) ( ) ( ) ( )
  - 2.- Localizar y corregir fugas ( ) ( ) ( ) ( )
  - 3.- Drenar tanque de combustible ( ) ( ) ( ) ( )
- F.- Sistema de Enfriamiento
- 1.- Revisar nivel de agua ( ) ( ) ( ) ( )
  - 2.- Checar el anticorrosivo (si se usa) ( ) ( ) ( ) ( )
  - 3.- Revisar y localizar fugas de agua en: radiador, mangueras y bomba ( ) ( ) ( ) ( )
  - 4.- Checar tensión de las bandas ( ) ( ) ( ) ( )
- G.- Sistema eléctrico
- 1.- Checar nivel de agua en las baterías ( ) ( ) ( ) ( )
  - 2.- Lavar y engrasar terminales ( ) ( ) ( ) ( )
  - 3.- Revisar generadores o alternador ( ) ( ) ( ) ( )
  - 4.- Checar funcionamiento del motor de arranque, (en caso de tener de este tipo) ( ) ( ) ( ) ( )

## H.- Motor Auxiliar

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| 1.- Cambio de aceite y filtro | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 2.- Limpiar filtro de aire    | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 3.- Drenar tanque de gasolina | ( ) ( ) ( ) ( ) |

## I.- Sistema Hidráulico

- |                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| 1.- Revisar nivel de aceite  | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 2.- Revisar fugas y corregir | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 3.- Checar funcionamiento    | ( ) ( ) ( ) ( ) |

## J.- Tránsitos

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1.- Checar templado de las cadenas             | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 2.- Inspeccionar desgastes anormales           | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 3.- Revisar nivel de aceites de mandos finales | ( ) ( ) ( ) ( ) |

## K.- Varios

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1.- Apretar tornillería suelta                                | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 2.- Lubricación general de la máquina                         | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 3.- Revisar y ajustar si es necesario embragues direccionales | ( ) ( ) ( ) ( ) |
| 4.- Revisar y limpiar respiraderos de mandos finales.         | ( ) ( ) ( ) ( ) |

## SERVICIO DE 500 HRS.

- 1.- Revisar reporte del operador ( )
- 2.- Lavar la unidad ( )
- 3.- Cambiar agua del radiador, localizar y corregir fugas en: radiador, bomba de agua, mangueras, etc. ( )
- 4.- Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de bandas y estado de las mismas reemplazarlas de ser necesario. ( )
- 5.- Cambiar elementos de filtros de aire, revisar mangueras y apretar abrazaderas del sistema. ( )
- 6.- Cambiar elementos de filtro de combustible, lavar tapones de los tanques, localizar y corregir fugas del mismo. ( )
- 7.- Cambiar aceites y elementos de filtros del motor ( )
- 8.- Revisar nivel de agua en la batería, limpiar y engrasar terminales, revisar tensión de bandas del alternado o generador, baleros de los mismos, revisar funcionamiento de motor de arranque. ( )
- 9.- Revisar y drenar aceite del convertidor de tensión lavar filtros magnético y metálico del mismo. ( )
- 10.- Cambiar aceite de la transmisión y elemento de filtro del mismo, lavar respiradero, cedazo y tapones. ( )
- 11.- Revisar tornillería, sellos y mangueras de la transmisión. ( )
- 12.- Cambiar aceite de la toma de fuerza, revisar ajuste de la misma, lubricar palancas. ( )
- 13.- Revisar embragues direccionales si son de plástico cambiarlos ( )
- 14.- Revisar aceite y elemento de filtro de mandos finales, reemplazar si es necesario ( )
- 15.- Revisar y corregir ajuste de frenos de ser necesario ( )

- 16.- Revisar ajuste de embrague de la dirección ( )
- 17.- Revisar puente estabilizador, muelle y tacones ( )
- 18.- Revisar tornillos tensor del tránsito, ajuste de bandas del mismo; ajustar baleros de las catari-  
nas de tránsito ( )
- 19.- Efectuar revisión general del tránsito, elaborar  
programa de reparación ( )
- 20.- Apretar tornillería y tolvas sueltas ( )
- 21.- Limpiar purificador de aire del motor auxiliar ( )
- 22.- Revisar ajuste del embrague del motor auxiliar ( )
- 23.- Calibrar bujías y platinos del motor auxiliar ( )

## SERVICIO DE 1000 HRS.

- 1.- Revisar reporte del operador ( )
- 2.- Lavar la unidad ( )
- 3.- Cambiar agua de radiador, revisar el sistema en cuanto a fugas en: panal, bomba y mangueras. ( )
- 4.- Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de bandas y estado de las mismas-reemplazarlas de ser necesario. ( )
- 5.- Cambiar elementos de filtro de aire, revisar mangueras y apretar abrazaderas. ( )
- 6.- Cambiar elementos de filtro de combustible, lavar tanque y taponés del mismo, localizar y corregir fugas del sistema ( )
- 7.- Cambiar aceite y elementos de filtro en motor, localizar y corregir fugas en el sistema ( )
- 8.- Revisar nivel de agua, medir densidad limpiar y engrasar terminales de batería, revisar tensión de bandas de generador o alternador, cambiar bujes o baleros de los mismos, revisar funcionamiento del motor de arranque ( )
- 9.- Efectuar afinación al motor, apretar cabezas y calibrar válvulas, revisar soplador o turbocargador. ( )
- 10.- Cambiar aceite a la transmisión, lavar respiradero, cedazo y tacones. ( )
- 11.- Revisar tornillería, sellos y mangueras de transmisión ( )
- 12.- Cambiar aceite de la toma de fuerza ( )
- 13.- Revisar cruceta de la toma de fuerza, ajuste de la misma lubricar palancas. ( )
- 14.- Lavar tanque del hidráulico y caldera del mismo, cambiar aceite del sistema y sellos del filtro hidráulico ( )

- 15.- Revisar luces y tablero de instrumentos, localizar cables y conexiones sueltas, reemplazar cables en mal estado. ( )
- 16.- Revisar embragues direccionales, cambiar de ser necesario. ( )
- 17.- Cambiar aceite y filtro de mandos finales. ( )
- 18.- Revisar y corregir de ser necesario ajuste de frenos. ( )
- 19.- Revisar ajuste del embrague de la dirección. ( )
- 20.- Revisar físicamente puente estabilizador, muelle y tacones ( )
- 21.- Revisar tornillo tensor del tránsito, ajustar baleros de las catarinas, revisar ajuste de las bandas del tránsito, formular informe del mismo. ( )
- 22.- Revisar chasis, localizando y soldando fracturas, revisar equipo bulldozer y reparar lo necesario. ( )
- 23.- Apretar tornillería y tolvas sueltas. ( )
- 24.- Limpiar purificador de aire del motor auxiliar, revisar ajuste del embrague, ajustar y calibrar bujías y platinos en el mismo. ( )

## VI.- OTRAS FORMAS DE CONTROL.

-----

### A) De Operaciones

76

Un sistema de mantenimiento no es completo si no comprende un método, para su control y evaluación.

Así es posible pensar en el Control de Operaciones con la ayuda de:

**REPORTE DEL OPERADOR.** Este reporte realizado diariamente debe incluir las horas trabajadas, los tiempos perdidos, - indicando sus causas; fallas presentadas, trabajo realizado y el frente de trabajo en que esté operando el equipo, indicándose el comportamiento de la máquina ante la adversidad de materiales que puedan hallarse.

Este reporte del operador a menudo se pasa por alto, no tanto en el hecho de que éste sea llenado, sino en que alguna observación que esta persona esté haciendo, no se le dé la atención que se merezca y entonces pierde su valor como detector de los problemas del equipo, ya que el operador mismo, quién al estar en contacto directo con la máquina puede escuchar ruidos anormales que deben ser analizados cuidadosamente por el Departamento de Mantenimiento y corregir el mal.

**REPORTE DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y PROGRAMACION DE SERVICIOS.** Este reporte incluye el Programa de Servicio Semanal, es decir, el programa en el que van fijadas las fechas ó tiempos previstos de iniciación y de terminación de actividades ó trabajo.

**REPORTE DIARIO DE TRABAJO DEL PERSONAL MECANICO.** Indicar los tiempos normales y tiempos extras dedicados a una ó varias máquinas durante el día.

**REPORTE DE CONSUMO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.** Es la información que controla el personal de mantenimiento y que tiene que ver con lubricantes, combustibles, filtros, partes de desgaste, etc., indicando la máquina que haya consumido éstos.

### B) De Costos.

La mayor partida de gastos de operación del equipo de mo-

Costo Total de Mantenimiento.

$$\% \frac{\text{Costo de Mantenimiento del Equipo}}{\text{Costo de Reposición del Equipo}} \times 100$$

Este índice es indispensable para efectos de determinar el tiempo de reposición del equipo.



vimiento de tierra es el costo de mantenimiento y reparaciones.

Durante un período de ocho años se puede gastar una cantidad equivalente al 100% del precio de compra para mantener éste equipo; bajo condiciones severas, esta suma se puede llegar a gastar en sólo tres o cuatro años.

Sin embargo los costos para una máquina en particular pueden mostrar un patrón irregular. Este es el resultado de reparaciones mayores o reparaciones costosas de conjuntos tales como: carriles, motores y transmisiones, lo que ocasiona altos costos en el año en que ocurre. Por ésta razón es importante que los usuarios de maquinaria lleven un registro completo de los costos de cada máquina en particular.

Este control de costos es el elemento básico para operar cerca del nivel óptimo del mantenimiento.

Para llevar un buen control de costos es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Unificación de Criterios. Con esto queremos decir que se necesita definir claramente los conceptos de los costos para poder clasificarlos; a menudo se confunde lo que puede ser un material de consumo con una refacción ó un material simplemente, ejemplo: Filtros, soldaduras, estopa.

El usuario será responsable de definir el criterio.

2. Diseño del sistema contable adecuado al tamaño de la obra. Esto fundamentalmente se aplica al diseño de los reportes ó formas para la integración de los costos, incluyendo los conceptos anteriores.
3. Reportes de Costos a diferentes niveles. El Departamento de Mantenimiento es quién llevará el Control de Costos por máquina, esta información deberá reportarse: Al Departamento de Maquinaria para sus juicios y evaluación del equipo, así como también poder realizar los reemplazos de una manera más tecnificada; al Departamento de Planeación de obras civiles para que éste pueda incluir los resultados de los costos horarios de las máquinas y proceder a los cálculos de costos de producción y considerar ésta información real para los presupuestos de la construcción de obras futuras.

Por último también debe enviarse estos reportes a la Gerencia, para que en función de la política de la compañía sea ésta quien haga los juicios finales en cuanto a la efectividad de los sistemas, tanto de mantenimiento como de utilización del equipo.

c) De Resultados.

Ya decíamos que un sistema de mantenimiento no es completo si no comprende un método para su evaluación; existen métodos empíricos y métodos racionales para la evaluación de un sistema: los primeros se basan en la observación del objetivo inmediato y los segundos en el objetivo básico.

Métodos Empíricos.

Estos métodos son recomendables, pues aquí lo más importante es revisar periódicamente el trabajo de mantenimiento para determinar el tiempo muerto del equipo, instalaciones, etc., comparándolo con el tiempo de utilización en ese período. Se puede agregar el costo de la mano de obra, el costo de materiales, el costo del tiempo muerto del personal de mantenimiento, el porcentaje del trabajo de emergencias en relación con el total.

El registro de los datos tales como tiempo muerto del equipo, tiempo de utilización, tiempo muerto del personal de los diversos departamentos, por causa de mantenimiento, etc., puede hacerse mediante TABLAS ó CUADROS, mediante GRAFICAS ó ambas cosas.

La técnica más eficaz para aplicar los métodos empíricos consiste en llevar el registro de lo indicado anteriormente en forma gráfica, las cuales, analizadas, permiten observar las tendencias y proporcionan información valiosa para la toma de decisiones.

La presentación gráfica tiene la ventaja, sobre la presentación en forma de cuadros, de la objetividad; los hechos o características importantes se advierten con mayor facilidad.

La evaluación del sistema de mantenimiento se hace por comparación es decir tomando como patrón determinado período del tiempo del pasado y midiendo con él los sucesivos períodos.

- d) Selección de personal
- e) Capacitación del personal

2. Sobrestante ó Supervisor.- Es el contacto entre los operadores y mecánicos, así como con Sobrestantes de construcción y el Superintendente de maquinaria en obra.

Dirige, supervisa y auxilia en las reparaciones y mantenimiento del equipo generalmente es un mecánico especializado, con mucha experiencia, dotes administrativos y de liderazgo con el personal.

De la buena selección y preparación que se haga con ésta persona depende en mucho la eficiencia del equipo en una obra. Debe ser un técnico mecánico con conocimiento en motores diesel, eléctricos, neumáticos, transmisiones hidráulicas e hidrostáticas, plantas de trituración y asfalto, etc. Así como en operación básica de equipo pesado.

No debe ser reacio a programar su trabajo y debe saber -- elaborar informes y reportes al Superintendente.

3. Mecánico "A".- Un trabajador o empleado clasificado como "A", es aquella persona que está altamente capacitada y experimentada en el mantenimiento, reparación y reconstrucción de la mayoría de los equipos de construcción o que cuando menos es especialista en mantenimiento, reparación de equipo de construcción y quien no necesita inmediata supervisión para el funcionamiento exitoso de sus deberes. Generalmente es una persona con más de 15 años de experiencia en el ramo y cuando menos 5 años en el campo, con la empresa actual.

4. Mecánico "B".- Es un mecánico diestro en el mantenimiento, reparación y reconstrucción de la mayoría de los equipos de construcción pero no en forma tan satisfactoria como el de clase "A". Generalmente no necesita supervisión en los trabajos de campo y cuenta con más de 5 años de entrenamiento y práctica en el campo.

5. Mecánico "C".- Es un mecánico técnicamente capaz pero -- que necesita mucha supervisión por su falta de experiencia.

6. Ayudante.- Puede ser un estudiante de alguna especialidad a fin, o recién egresado de una escuela técnica. Como su nombre lo indicará ayudará en todas las labores de lim--

pieza, desensamble, suministro de piezas y armado a los -  
mecánicos experimentados que así lo requieran.

NOTA: En las especialidades de electricidad, soldadura  
equipos neumáticos, gasolina, etc.

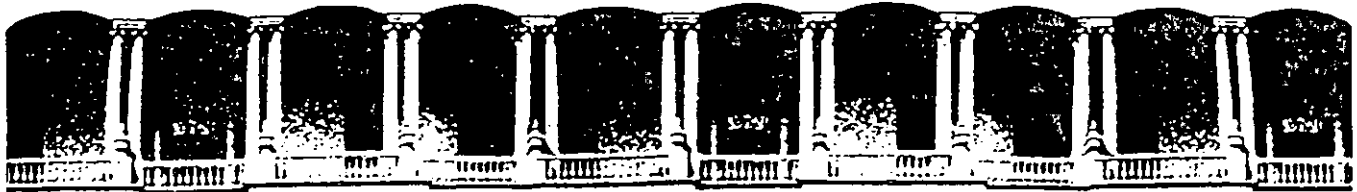
Se puede usar el mismo criterio de calificación.

TO THE HONORABLE MEMBERS OF THE HOUSE OF REPRESENTATIVES  
IN SENATE CHAMBERS, WASHINGTON, D. C.  
I have the honor to acknowledge the receipt of your letter of the 14th inst. in relation to the proposed amendments to the National Labor Relations Act, and to advise you that the same have been referred to the appropriate committees for their consideration.

I am, Sir, very respectfully,  
Your obedient servant,  
J. EDGAR HOOVER  
DIRECTOR

Enclosed for you are two copies of a report of the National Labor Relations Board, dated and captioned as above, which was filed with the Department on the 10th inst. The report contains a detailed statement of the facts and circumstances surrounding the case, and also contains the Board's findings and conclusions thereon.

I am, Sir, very respectfully,  
Your obedient servant,  
J. EDGAR HOOVER  
DIRECTOR



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

***CURSOS ABIERTOS***

***II CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION***

***Del 22 de Junio al 17 de Julio***

***MODULO I***

***MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS***

***METODO PARA LA SELECCION DE EQUIPO***

***AUTOR: ING. JOSE PIÑA GARZA***

***EXPOSITOR: ING. ESTEBAN FIGUEROA P.***

***PALACIO DE MINERIA***

***JUNIO  
1992***

# MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPO

## USO DE MODELOS

Ing. José Piña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

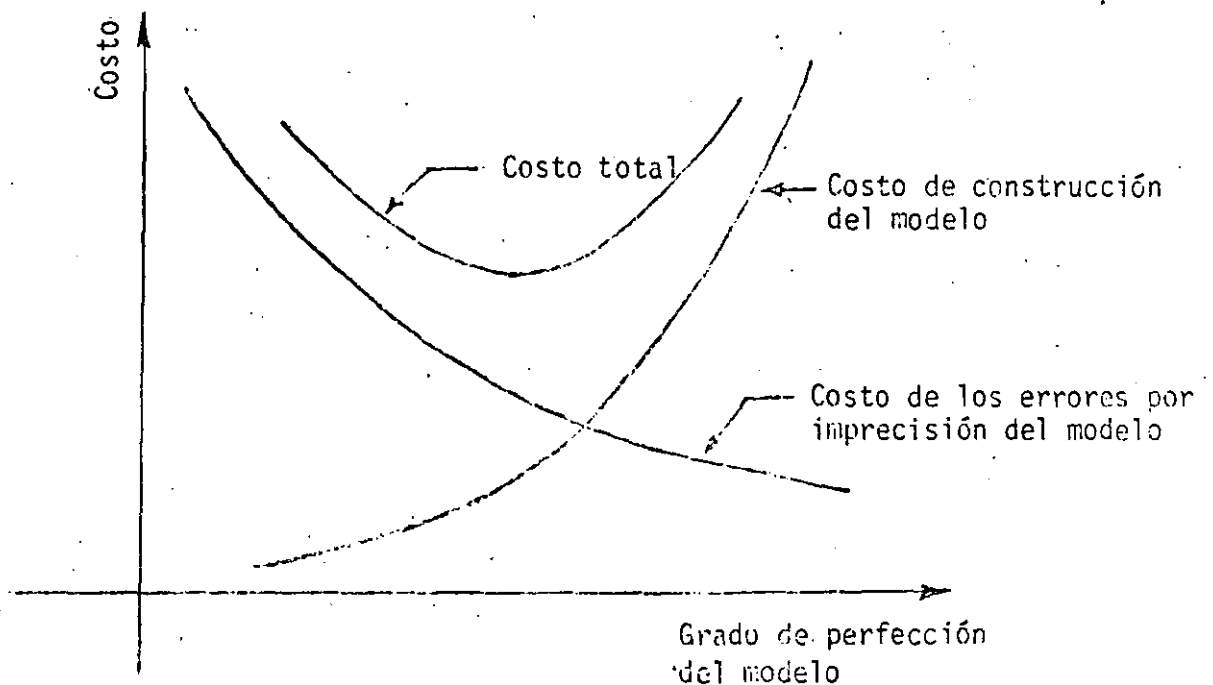
Por la forma de representación

Descripción escrita (hablada)  
Icónicos  
Lógicos (diagramáticos)  
Analógicos  
Simbólicos (matemáticas)

Por el uso

Comunicación  
Análisis  
Predicción  
Control  
Entrenamiento

- Modelo versus realidad



- Actitud ante el uso de modelos matemáticos.
- Preparación matemática del ingeniero

	Materia	Créditos
1	Matemáticas I	9
2	Matemáticas II	9
3	Matemáticas III	9
4	Matemáticas IV	9
5	Algebra Lineal	9
6	Computación Numérica	9
7	Probabilidad y Estadística	9
8	Ingeniería de Sistemas I	6
9	Ingeniería de Sistemas II.	<u>6</u>
	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

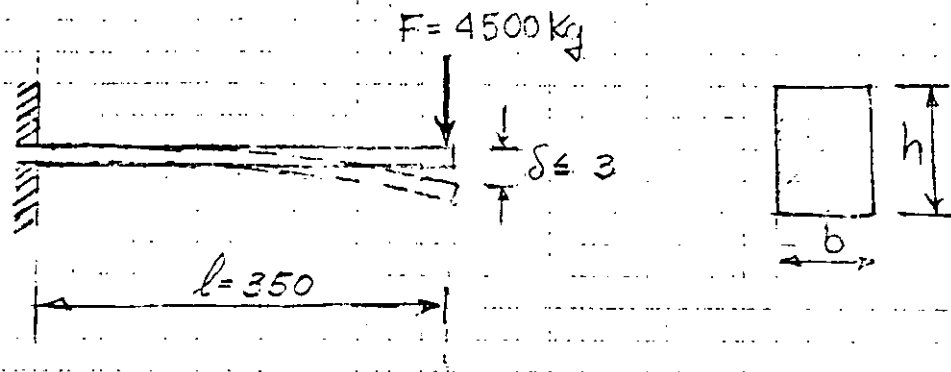
**Problema:**

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/peralte sea de 1:1.5





$$\delta_{\max} \geq \frac{Fl^3}{3EI}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\delta_{\max} \geq \frac{4Fl^3}{Ebh^3}$$

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{1.50}; \quad b = 0.67h$$

$$\delta_{\max} \geq \frac{6Fl^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \sqrt[4]{\frac{6Fl^3}{E\delta_{\max}}} \quad (1)$$

$$f_{\max} \geq \frac{6M}{bh^2} \quad \text{para } h \leq 40 \text{ cm}$$

$$f_{\max} \geq \frac{9Fl}{h^3}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9Fl}{f_{\max}}} \quad (2)$$

$$f_{\max} = \frac{6M}{k b h^2}$$

$$k = 0.81 \left( \frac{h^2 + 363}{h^2 + 223} \right)$$

$$\text{Minimizar costo } C = s \cdot l \cdot h \cdot b \quad (3)$$

"Problema de Transporte"

- a) Se tienen  $n$  orígenes posibles de un determinado artículo.  
 b) En cada uno de ellos se produce una cantidad conocida de artículos:

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_n$$

- d) Los artículos se deben transportar a  $m$  diferentes destinos.  
 d) En cada destino se requiere una cantidad definida de tales artículos:

$$b_1, b_2, b_3, \dots, b_j, \dots, b_m$$

- e) Se conoce el costo unitario  $c_{ij}$  que resulta de obtener un artículo en cada uno de los  $j$  destinos según cada uno de sus  $n$  posibles orígenes

El problema consiste en:

- f) Determinar la cantidad  $x_{ij}$  de artículos que conviene enviar de cada uno de los orígenes  $i$  a cada uno de los destinos  $j$ , de tal manera que el costo total de transporte sea mínimo.  
 g) Suponiendo que existe una variación lineal de costo de producción y transporte en función del número de unidades requeridas, o sea que si el costo de producir y enviar un artículo del origen  $i$  al destino  $j$  es  $c_{ij}$  el costo de entregar  $x_{ij}$  artículo será  $c_{ij} x_{ij}$

## Formulación del modelo matemático

Variables  $X_{ij}$   $i=1,2,\dots,n$   $j=1,2,\dots,m$   $m \cdot n$  variables

Función objetivo: Minimizar  $Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} X_{ij}$  (1)

Sujeta a las restricciones:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n a_i}_{\text{Total de disponibilidades}} = \underbrace{\sum_{j=1}^m b_j}_{\text{Total de requerimientos}} \quad (2)$$

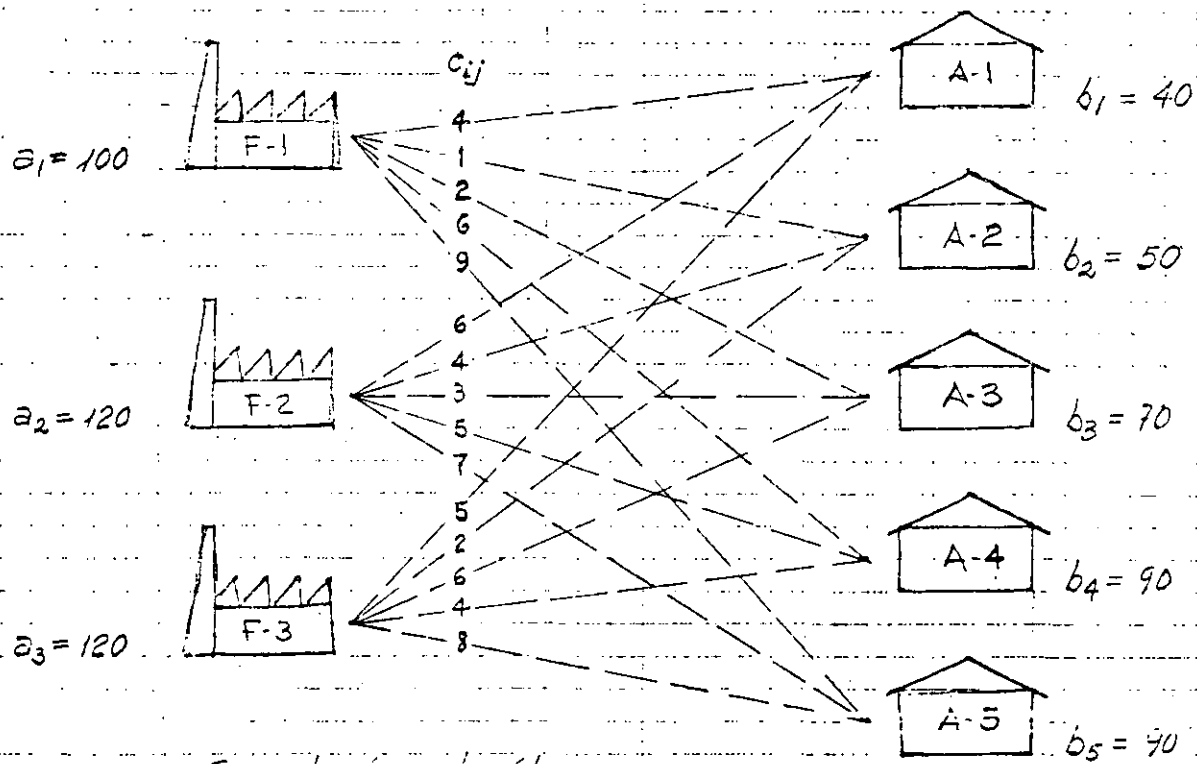
$$\underbrace{\sum_{j=1}^m X_{ij}}_{\text{Cant enviada del origen } i \text{ a todos los destinos}} = \underbrace{a_i}_{\text{Cant disp en el origen } i} \quad \text{para } i=1,2,\dots,n \quad (3) \text{ a } (n+2)$$

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n X_{ij}}_{\text{Cant recibida en el destino de todos los orígenes}} = \underbrace{b_j}_{\text{Cant recibida en el destino } j} \quad \text{para } j=1,2,\dots,m \quad (n+2) \text{ a } (n+m+2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \text{para } i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \quad (n+m+3) \text{ a } (n+m+3+n \cdot m)$$

(No tiene sentido físico que las variables adquieran valores negativos.)

## EJEMPLO



Formulación matemática:

(1) Minimizar:  $Z = 4x_{11} + x_{12} + 2x_{13} + 6x_{14} + 9x_{15} + 6x_{21} + 4x_{22} + 3x_{23} + 5x_{24} + 7x_{25} + 5x_{31} + 2x_{32} + 6x_{33} + 4x_{34} + 8x_{35}$

Sujeta a las restricciones

(2)  $\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$        $100 + 120 + 120 = 40 + 50 + 70 + 90 + 90 = 340$

(3)  $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 100$

(4)  $x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} = 120$

(5)  $x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} = 120$

(6)  $x_{11} + x_{21} + x_{31} = 40$

(7)  $x_{12} + x_{22} + x_{32} = 50$

(8)  $x_{13} + x_{23} + x_{33} = 70$

(9)  $x_{14} + x_{24} + x_{34} = 90$

(10)  $x_{15} + x_{25} + x_{35} = 90$

Solución factible

		Destinos					
		1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
Orígenes (100)	1	40	50	10	—	—	230
		4	1	2	6	9	
2 (120)		160	50	20	—	—	480
		—	—	60	60	—	
3 (120)		6	4	3	5	7	840
		—	—	180	300	—	
		5	2	6	30	90	1550
		—	—	—	4	8	
		—	—	—	120	220	
Total de costo							

$$\begin{matrix}
 x_{ij} \\
 c_{ij} \\
 c_{ij}x_{ij} \rightarrow Z
 \end{matrix}$$

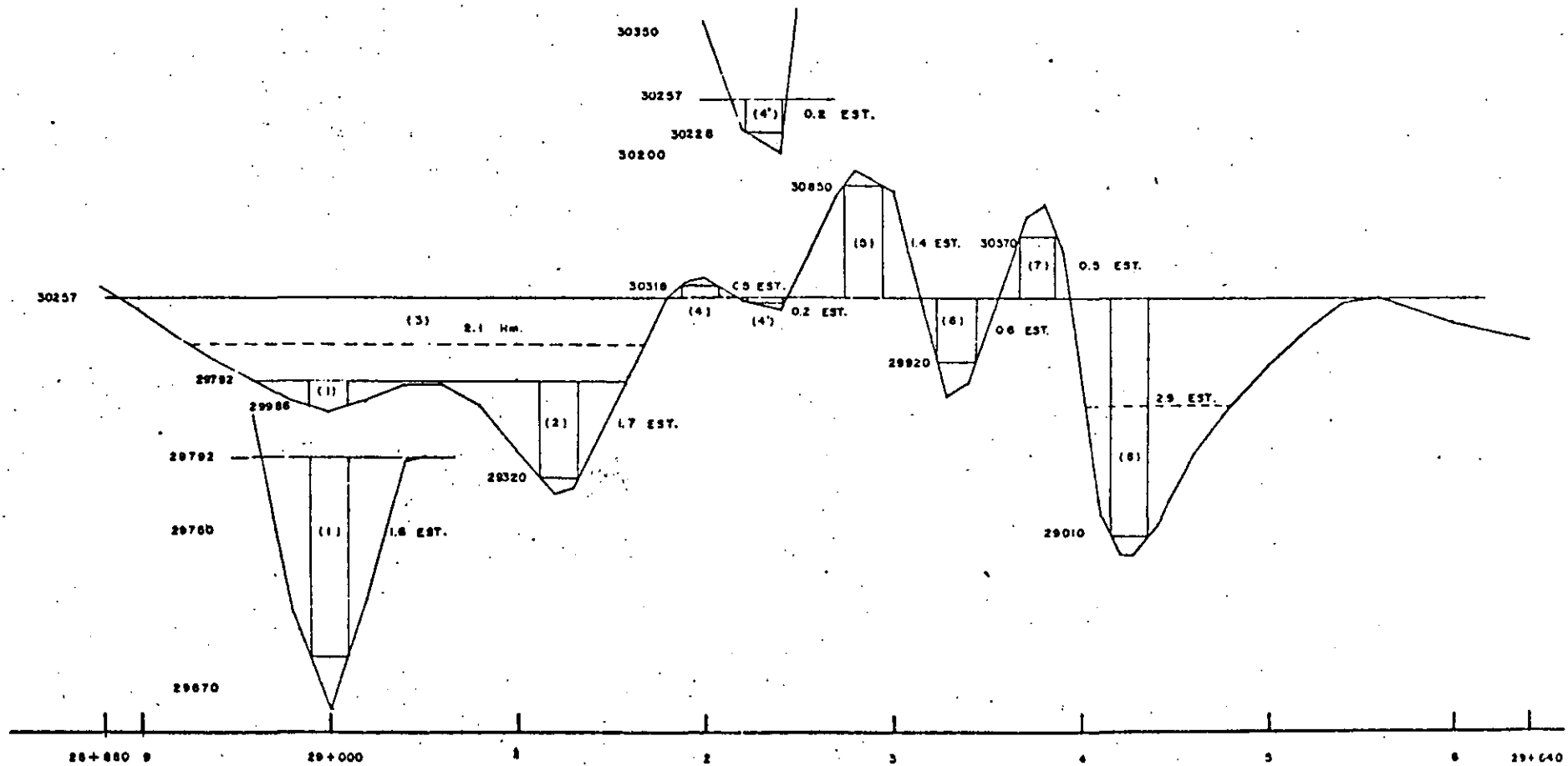
Solución óptima

		Destinos					
		1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
Orígenes (100)	1	40	20	40	—	—	260
		4	1	2	6	9	
2 (120)		160	20	80	—	90	720
		—	—	30	—	—	
3 (120)		6	4	3	5	7	420
		—	—	90	—	630	
		5	30	—	90	—	1400
		—	2	6	4	8	
		—	60	—	360	—	
Total de costo							

Disposición de datos

$  \begin{matrix}  x_{ij} \\  c_{ij} \\  c_{ij}x_{ij}  \end{matrix}  $
--

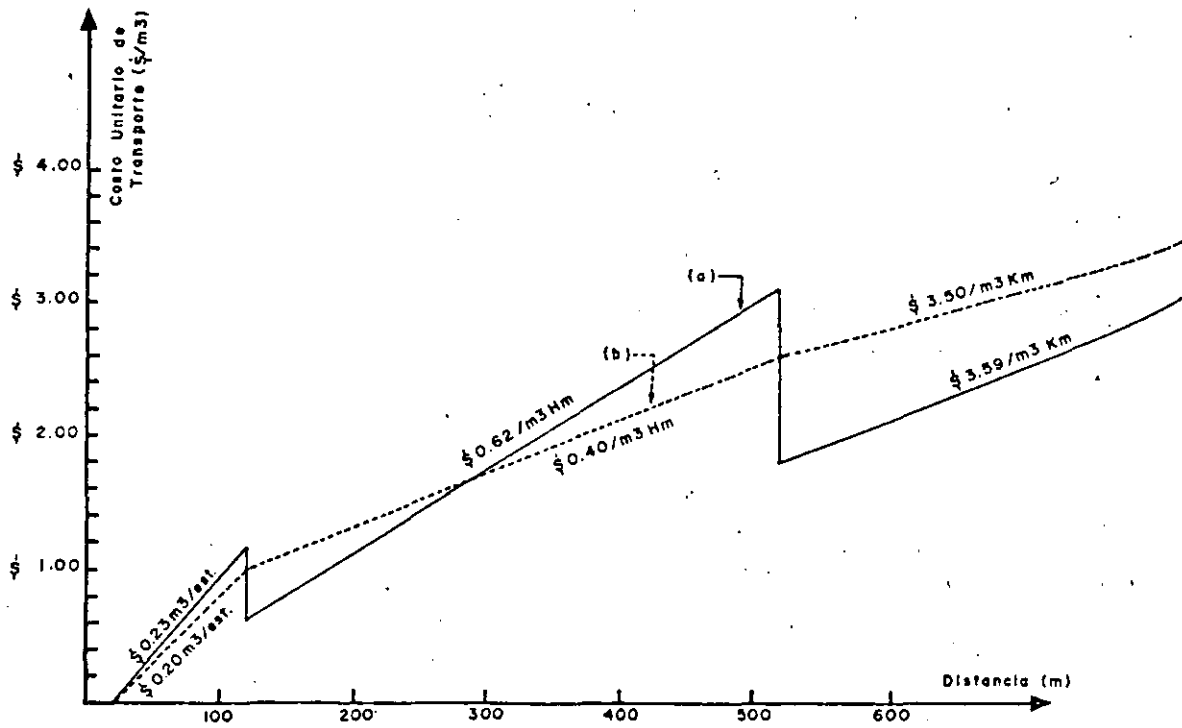
$$\rightarrow \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij}$$



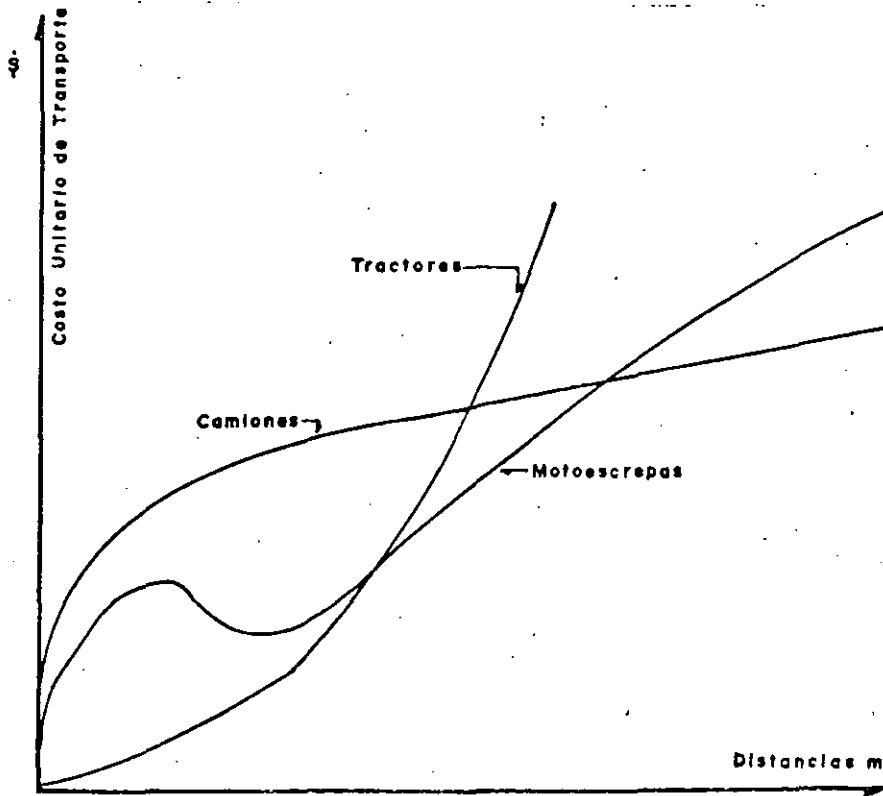
Curva masa y Movimiento de terracerías (Convencional)

VOLUMENES DE TERRAPLEN, CORTE Y BANCOS

UBICACION	CORTE		TERRAPLEN	
	Origen No.	Volumen	Destino No	Volumen
28+880 a 28+900			1	124
28+900 28+920			2	154
920 940			3	118
940 960			4	110
960 980			5	102
28+980 29+000			6	50
29+000 29+020	1	57		
020 040	2	70		
040 060	3	2		
060 080			7	87
28+080 29+100			8	244
29+100 29+120			9	217
120 140	4	203		
140 160	5	406		
160 180	6	392		
29+180 29+200	7	126		
29+200 29+220			10	142
220 240			11	26
240 260	8	386		
260 280	9	344		
29+280 29+300			12	122
29+300 29+320			13	780
320 340			14	217
340 360	10	580		
360 380	11	359		
29+380 29+400			15	985
29+400 29+420			16	849
420 490	12	161		
440 460	13	367		
460 480	14	252		
29+480 29+500	15	201		
29+500 29+520	16	189		
520 540	17	136		
540 560	18	34		
560 580			17	67
29+580 29+600			18	60
29+600 29+620			19	47
29+620 29+640			20	52
Bco a 500 m. der. de est. 33 + 000	19	5000		
Terraplén ficticio			21	4712
Sumas iguales		9265		9265



Costos Unitarios de transporte de terracerías



Costo Unitarios del Movimiento de terracerías para Diversos Equipos de Construcción



FUNCION OBJETIVO 433626

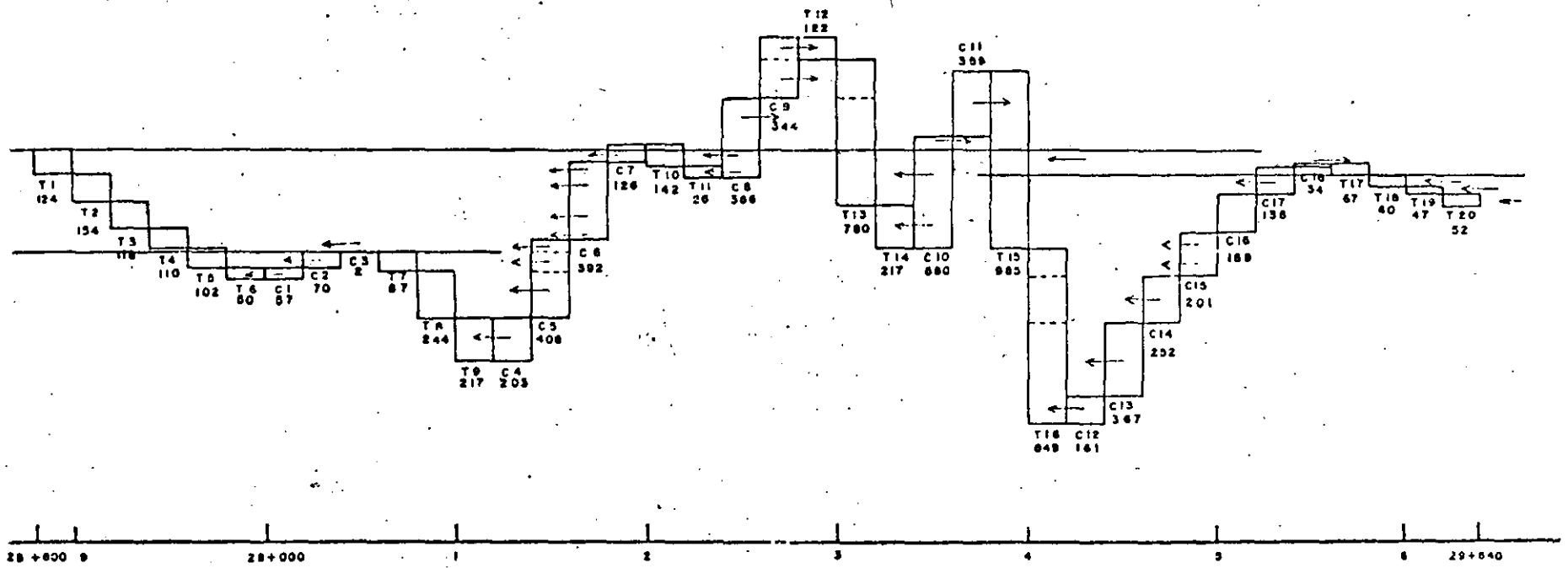
COSTOS UNITARIOS DE TRANSPORTE.

Terraplén/Corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	124	100	108	116	148	156	164	172	196	204	236	244	267	274	281	288	295	302	309	1081
2	154	87	100	108	140	148	156	164	188	195	228	236	260	267	274	281	288	295	302	1074
3	118	60	80	100	132	140	148	156	180	188	220	228	252	260	267	274	281	288	295	1067
4	110	40	60	80	124	132	140	148	172	180	212	220	244	252	260	267	274	281	288	1060
5	102	20	40	60	116	124	132	140	164	172	204	212	236	244	252	260	267	274	281	1053
6	50	0	20	40	108	116	124	132	156	164	196	204	228	236	244	252	260	267	274	1046
7	87	40	20	0	40	60	80	100	124	132	164	172	196	204	212	220	228	236	244	1018
8	244	60	40	20	20	39	60	80	116	124	156	164	188	196	204	212	220	228	236	1011
9	217	80	60	40	0	20	40	60	108	116	148	156	180	188	196	204	212	220	228	1004
10	142	132	124	116	60	40	20	0	20	40	108	116	140	148	156	164	172	180	188	969
11	26	140	132	124	80	60	40	20	0	20	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	304	580	359	161	367	252	201	189	136	34	5000

FUNCION OBJETIVO 433626

SOLUCION AL PROBLEMA DE TRANSPORTE

Terraplén/Corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	124	0	0	0	0	48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	154	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	113	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	110	0	0	0	38	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	102	7	70	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	87	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	244	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	217	0	0	0	116	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	142	0	0	0	0	0	50	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	26	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	122	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	780	0	0	0	0	0	0	268	222	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	217	0	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	387	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	387	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

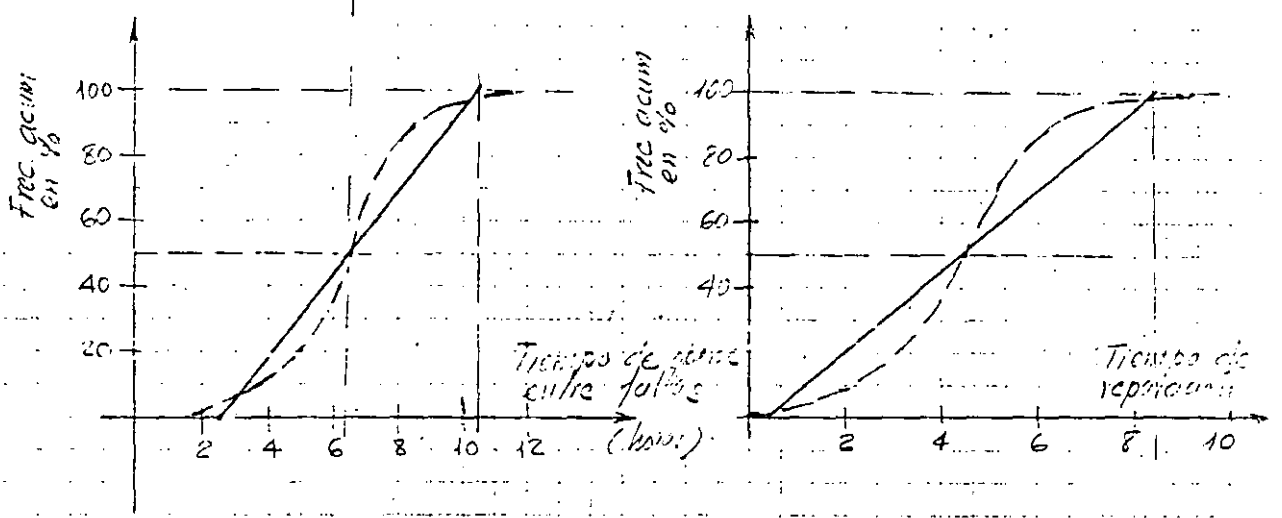
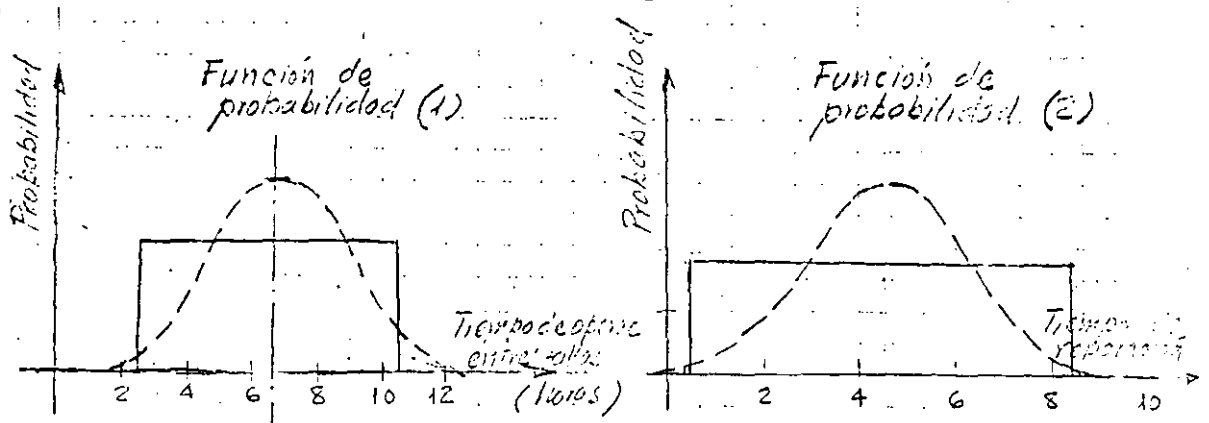
Problema de selección de equipo

Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m<sup>3</sup> 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 yd<sup>3</sup> y 8 camiones fleteros, cuando se presenta una opción interesante que conviene analizar.

## Características de la opción.

- Cargadores de la misma capacidad a un costo horario efectivo de \$ 160.00/hr vs \$ 200.00/hora del primero.
- Los cargadores son defectuosos; el tiempo promedio entre fallas es de 6.5 horas según función de probabilidad (1) y el tiempo de compostura promedio es de 4.5 horas según función de probabilidad (2). Esta información se garantiza ampliamente.
- En compensación, el fabricante ofrece enviar sin costo para el constructor, otro cargador igual por el cual sólo se pagará el costo horario efectivo, de manera que cuando uno esté descompuesto entra el otro en operación.
- El fabricante también ofrece proporcionar a un mecánico y cubrir las reparaciones que surjan durante el desarrollo del trabajo.
- El constructor tiene la obligación con los fleteros de pagar \$ 60.00/hora en caso de descompostura del cargador, en compensación por tiempo de espera.



1°	2°	3°	Operación	Reparación
A	A	A	3	1
		S	4	2
	S	A	5	3
		S	6	4
S	A	A	7	5
		S	8	6
	S	A	9	7
		S	10	8

# Simulación

Cargador	En operación			En reparación			Estado	Espers cenarios			
	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											

## Bibliografía

- 1- Introducción a la Investigación de Operaciones - A. Kaufmann - Instel
- 2- Principles of Operations Research - Harry 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. Ackoff, E.L. Ryanoff - John Wiley
- 5- El Decenio Americano - J. J. Serran Schreiber - Plaza & Janis S.A.
- 6- Los Técnicas Modernas de Fabricación y Control Electrónico Aplicadas al Diseño de Circuitos en Máquinas - Gerardo Cruckshank Gordín - REVISTA Fabricación, Fabricación y Gestión, N° 2, Nov-Dic 1970
- 7- Herramientas de Tenencias a Cacho Mínimo - José Rivas - Revista Ingeniería Civil N° 163 Marzo-Abril 1971



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

***CURSOS ABIERTOS***

***II CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION***

*Del 22 de Junio al 17 de Julio*

***MODULO I***

***MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS***

***RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION***

***ING. ANDRES BENTON CUELLAR***

***PALACIO DE MINERIA***

***JUNIO  
1992***

## RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION

### A - GENERALIDADES

#### A-1 EJEMPLOS

RECONVERSION DEL EQUIPO CAUSADA POR CAMBIOS EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

#### 1.0 ANTECEDENTES

#### 2.0 EJEMPLO. NUEVOS SISTEMAS DE VOLADURA DE ROCAS

##### 2.1 EL MARTILLO NEUMATICO DE FONDO

##### 2.2 VOLADURA DE ROCAS EN PERFORACIONES DE DIAMETRO GRANDE.

2.2.1 MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA (MAYOR EFICIENCIA)

2.2.2 MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACION M3/ML)

2.2.3 MENOS SUB-BARRENACION POR M3.

2.2.4 MAYOR FRAGMENTACION DEL PISO DEL BANCO

2.2.5 MEJOR MANEJO DE LA ENERGIA LIBERADA

2.2.6 ECONOMIA EN EL EXPLOSIVO



## 2.3 LIMITACIONES DE LOS SISTEMAS DE VOLADURA

### 2.3.1 LIMITACIONES FISICAS

#### 2.3.1.1 UBICACION DEL BANCO

#### 2.3.1.2 DIMENSIONES PROPIAS DEL BANCO

#### 2.3.1.3 CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS DEL BANCO

#### 2.3.1.4 FRENTE DEL BANCO

### 2.3.2 LIMITACIONES GEOLOGICAS

#### 2.3.2.1 PERFORABILIDAD DE LA ROCA

##### 2.3.2.1.1 ROCAS IGNEAS

##### 2.3.2.1.2 ROCAS SEDIMENTARIAS

##### 2.3.2.1.3 ROCAS METAMORFICAS

#### 2.3.2.2 CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES

### 2.3.3 LIMITACIONES EN EL EQUIPO DE TRABAJO

## 2.4 APLICACION EN EL EJEMPLO, DE LA RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION.

## RECONVERSION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

### A - GENERALIDADES

EL PARQUE DE MAQUINARIA DE CONSTRUCCION QUE EXISTE EN MEXICO Y PARTICULARMENTE EN CADA UNA DE LAS EMPRESAS O ENTIDADES DE GOBIERNO QUE REALIZA ESTE TIPO DE ACTIVIDADES, ES MUY DIVERSO Y ESTA EN FUNCION DE LAS NECESIDADES QUE SE TUVIERON EN SU MOMENTO Y DE LOS PROYECTOS QUE SE REALIZARON, ASI MISMO SUS DISEÑOS Y CAPACIDADES PRESENTAN MUCHAS VARIANTES, ENTRE SI Y/O CON LOS MODELOS ACTUALES.

A LA FECHA, EL MERCADO SE HA REDUCIDO Y SON MUY DEFINIDOS Y ESPECIFICOS LOS TRABAJOS POR EJECUTAR, LO QUE HA CAUSADO QUE GRAN PARTE DE LOS EQUIPOS CON QUE SE CUENTA EN UNA EMPRESA, NO SE UTILICEN O NO REPRESENTEN LA MEJOR OPCION PARA LLEVARLOS A CABO DENTRO DE UN RANGO ECONOMICO Y COMPETITIVO, LA GRAN REDUCCION EN EL MERCADO DE LA CONSTRUCCION HA IMPEDIDO TAMBIEN LA SUBSTITUCION DE ALGUNOS EQUIPOS POR OTROS CON MEJORES CARACTERISTICAS EN CUANTO A SU OPERACION, RENDIMIENTO, EFICIENCIA, MANTENIMIENTO Y DURABILIDAD, PARA UN TRABAJO DETERMINADO.

PUEDE DECIRSE QUE LA EDAD PROMEDIO DE LOS EQUIPOS DE --  
CONSTRUCCIÓN EN MEXICO SE HA INCREMENTADO, SE HA REDUCIDO  
SU VIDA ÚTIL REMANENTE Y EN ALGUNOS CASOS SE HA LLEGADO A  
LA OBSOLESCENCIA, POR } LOS ADELANTOS TECNOLOGICOS HABIDOS  
EN LOS ULTIMOS AÑOS, O POR QUE YA NO SE PRODUCEN DETERMI  
NADOS EQUIPOS.

EN OCASIONES, ES POSIBLE MEJORAR LA UTILIZACION DE ALGU-  
NA MAQUINA AUNQUE SEA EN FORMA PARCIAL, ACTUALIZANDO TEC  
NOLÓGICAMENTE AQUELLA QUE PUEDE CONVERTIRSE MEDIANTE --  
ADAPTACIONES, QUE PUEDEN SER DESDE MUY SIMPLES (COMO ES  
EL CASO DE ADICIONAR UN TURBO A UN MOTOR DIESEL), HASTA  
COMPLICADAS Y SUJETAS A UNA DETALLADA REVISIÓN TÉCNICA Y  
UNA IMPORTANTE INVERSION ADICIONAL.

PARA LO ANTERIOR, SE REQUIERE QUE LAS EMPRESAS SE APOYEN  
EN GENTE EXPERIMENTADA, IMAGINATIVA Y CON LA PREPARACION  
TECNOLOGICA ADECUADA, PARA DECIDIR E IMPLEMENTAR MODIFI-  
CACIONES Y ADAPTACIONES EN LOS EQUIPOS, CUANDO SE TENGA  
LA OPORTUNIDAD DE INCREMENTAR LA OFERTA, UTILIZACION, Y  
EFICIENCIA DE ESTOS.

A CONTINUACIÓN, SE DAN ALGUNOS EJEMPLOS DE LO QUE PUEDE  
Y SE HA ESTADO LLEVANDO A CABO PARA LOGRAR LO ANTES DI-

-CHO, MISMOS QUE SERVIRAN COMO INDICATIVOS Y A TRAVÉS -  
DE LOS CUALES SE PRETENDE CREAR LA INQUIETUD EN LOS PRO  
FESIONALES DE LA CONSTRUCCION, PARA MOTIVARLOS A CONOCER  
MEJOR SU EQUIPO PARA IMPLEMENTAR Y LLEVAR A CABO PROGRA-  
MAS QUE LES PERMITAN UTILIZAR Y TRANSFORMAR ALGUNOS DE -  
SUS "ACTIVOS" DE MAQUINARIA QUE PERMANECEN "INACTIVOS" -  
EN VERDADEROS "ACTIVOS PRODUCTIVOS" , Y EN ESTA FORMA --  
LOGRAR SU RECUPERACION A CORTO PLAZO.

## RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION

### 1.0 ANTECEDENTES

EN MUCHAS OCASIONES LA RECONVERSIÓN DE UN EQUIPO PARA -  
CONSTRUCCIÓN ESTÁ DADA POR NUEVOS DISEÑOS QUE HACEN OBSO  
LETOS ALGUNOS CONJUNTOS DE LA MAQUINARIA QUE SE ESTÁ UTI  
LIZANDO, EN OTRAS OCASIONES LA RECONVERSIÓN PUEDE SER -  
SOLAMENTE UN REDISEÑO DE LA MISMA MÁQUINA PARA INCREMEN  
TAR SU CAPACIDAD CON EL CAMBIO DE ALGUNAS PARTES Y/O -  
CONJUNTOS Y LOGRAR UN MEJOR DESGASTE Y MAYOR VIDA ÚTIL  
DE LA MÁQUINA.

LO ANTERIOR, PUEDE SER DEBIDO A LA MEJORA DE LA MÁQUINA  
DESDE SU PUNTO DE VISTA MECÁNICO; MÁS NO SOLAMENTE LA -  
CUESTIÓN MECÁNICA PUEDE SER CAUSA DE LA RECONVERSIÓN DEL  
EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN, SINO QUÉ; CAMBIOS EN LOS SISTE-  
MAS CONSTRUCTIVOS, PUEDEN SER LOS CAUSANTES DE MODIFICA  
CIONES EN LA MAQUINARIA PARA ADAPTARSE A ESTOS CAMBIOS  
TECNOLÓGICOS Y LOGRAR UNA MAYOR ECONOMÍA EN LA ACTIVIDAD  
QUE DESARROLLAN.

UN EJEMPLO CLARO DE RECONVERSIÓN MECÁNICA DE UN EQUIPO, ES LA ADAPTACIÓN DE UN COPLE HIDRÁULICO EN LUGAR DE UNO MECÁNICO, FAVORECIENDO CON ESTO QUE LA TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS Y LOS CAMBIOS BRUSCOS QUE EN OCASIONES SE GENERAN DURANTE EL TRABAJO, SEAN AMORTIGUADOS, DISMINUYENDO ASI SU EFECTO NEGATIVO SOBRE LA MÁQUINA.

OTRA FORMA COMÚN DE RECONVERTIR UN EQUIPO, SE PRESENTA POR EJEMPLO, CUANDO UNA MÁQUINA NO ESTÁ EQUILIBRADA Y BALANCEADA ENTRE TODOS SUS CONJUNTOS, PUDIÉNDOSE LLEVAR ACABO ADAPTACIONES Y/O CAMBIOS, PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE ALGUNO DE ELLOS Y EN ESTA FORMA INCREMENTAR LA CAPACIDAD TOTAL DE LA MÁQUINA, LOGRANDO UTILIZAR EN FORMA MÁS EFICIENTE TODOS SUS COMPONENTES.

COMO YA SE COMENTÓ, ALGUNOS CAMBIOS EN LOS CONJUNTOS DE UNA MÁQUINA, PUEDEN SER DEBIDOS A LA ADAPTACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN, UN CASO CLARO DE ESTO, SON LOS NUEVOS SISTEMAS DE VOLADURA DE ROCAS, LOS QUE HAN PERMITIDO LA UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS MÁS PEQUEÑAS QUE LAS USADAS ANTERIORMENTE, MEDIANTE SU ADAPTACIÓN PARA RECIBIR Y MANEJAR OTRO TIPO DE HERRAMIENTAS CON MAYOR CAPACIDAD Y EFICIENCIA.

## 2.0 NUEVOS SISTEMAS DE VOLADURA DE ROCAS

DESDE FINES DEL SIGLO PASADO, SE HAN UTILIZADO PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN PARA VOLADURA MEDIANTE HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS, INICIALMENTE ESTE TIPO DE HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN FUERON DISEÑADAS PARA SER OPERADAS MEDIANTE LA ENERGÍA PROPORCIONADA POR EL VAPOR DE AGUA Y LA APLICACIÓN DE ÉSTOS PROCEDIMIENTOS EN EL TUNELEO Y EN LA MINERÍA BAJO SUPERFICIE, FORZÓ AL USO DE AIRE COMPRIMIDO Y CONSECUENTEMENTE AL DESARROLLO DE COMPRESORES DE AIRE.

EN 1861 SE UTILIZÓ POR PRIMERA VEZ AIRE COMPRIMIDO PARA EL TUNELEO EN EUROPA Y EN 1865 EN ESTADOS UNIDOS.

INICIALMENTE SE UTILIZÓ EL MARTILLO DE FONDO COMO LA HERRAMIENTA NEUMÁTICA DE PERFORACIÓN, PERO DEBIDO A LA APLICACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TUNELES Y A LOS PROBLEMAS QUE PRESENTA EL UTILIZAR UN MARTILLOS DE FONDO DURANTE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL, SE DISEÑARON LOS MARTILLOS PARA EL CABEZAL DE ROTACIÓN DE LA MÁQUINA PERFORADORA, QUE TRANSMITEN LA ENERGÍA NECESARIA AL ACERO DE PERFORACIÓN Y A TRAVÉS DE ÉSTA A LA BARRENA; COMO SE VE, ÉSTE ÚLTIMO PROCEDIMIENTO QUE EN EL TUNELEO ES NECESARIO Y MUY ADECUADO, ES MENOS EFICIENTE, COMPARADO CON EL MARTILLO DE FONDO QUE PERMITE LLEVAR LA

ENERGÍA PRÁCTICAMENTE A LA BROCA, CON MENORES PÉRDIDAS -  
DE CARGA.

EL ÉXITO DEL MARTILLO EN EL CABEZAL Y SU DESARROLLO TÉCNICO,  
FUE DE TAL MAGNITUD, QUE DESPLAZÓ TOTALMENTE -  
EL DISEÑO ORIGINAL DEL MARTILLO DE FONDO EN TODO TIPO DE  
PERFORACIONES, AÚN EN AQUELLAS REALIZADAS VERTICALMENTE-  
DESDE LA SUPERFICIE, DONDE RESULTABA MAS INDICADO SU USO.

LA TECNOLOGÍA DESARROLLADA EN SUECIA EN EL CAMPO DE VOLA-  
DURA DE ROCAS; SE EMPEZÓ A EXTENDER EN TODO EL MUNDO Y -  
EN NUESTRO PAÍS PARTICULARMENTE, HABIÉNDO ADOPTADO SUS -  
PROCEDIMIENTOS, Y POR LO MISMO EL USO DE SUS MÁQUINAS Y  
HERRAMIENTAS.

ES INTERESANTE HACER NOTAR QUE LOS PROCEDIMIENTOS SUECOS  
DE VOLADURA FUERON INFLUENCIADOS EN FORMA MUY IMPORTANTE  
POR EL AMBIENTE DONDE SE IMPLEMENTARON Y DESARROLLARON,-  
(PENÍNSULA ESCANDINAVA), QUE ES PRINCIPALMENTE GRÁNITICA  
Y CUYAS CARACTERÍSTICAS DE DUREZA, INDICAN EL USO PREFERE-  
RENTE DE DIÁMETROS PEQUEÑOS.

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE HA CREADO LA NECESIDAD DE MOVER-  
GRANDES VOLUMENES DE ROCA, PRINCIPALMENTE EN LA MINERÍA



A CIELO ABIERTO Y EN LAS GRANDES PRESAS, LO QUE HA PERMITIDO EL USO DE EXCAVADORAS Y DE CAMIONES DE GRAN CAPACIDAD. EN FORMA NATURAL, SE HÁN IMPLEMENTADO LOS SISTEMAS Y MÁQUINAS DE PERFORACIÓN DE AGUJEROS DE GRAN DIÁMETRO, LOGRANDO ASÍ BALANCEAR EL EQUIPO DE EXCAVACIÓN QUE SE UTILIZA EN ESTOS CASOS.

INICIALMENTE LOS SISTEMAS DE PERFORACIÓN UTILIZADOS PARA LOGRAR AGUJEROS DE GRAN DIÁMETRO, HAN SIDO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÁQUINAS PERFORADORAS PESADAS, CON UNA GRAN CAPACIDAD DE EMPUJE Y TORSIÓN, PARA PERFORAR A ROTACIÓN ENTRE 8" Y 15" DE DIÁMETRO Y A PROFUNDIDADES ENTRE 15 Y 25 MTS. APROXIMADAMENTE. ESTAS MÁQUINAS RESULTAN DE GRAN TAMAÑO Y PESO, DIFÍCILES DE MANIOBRAR Y CON UN COSTO POR UNIDAD MUY ALTO, AL IGUAL QUE LAS HERRAMIENTAS QUE SE UTILIZAN.

ÚLTIMAMENTE SE HA RETOMADO EL DISEÑO ORIGINAL DE LOS MARTILLOS DE FONDO Y SE HAN REDISEÑADO Y MEJORADO NOTABLEMENTE, HACIÉNDOLOS CADA VEZ MÁS EFICIENTES, LO QUE HA PERMITIDO EL USO DE MÁQUINAS MÁS LIGERAS, MANIOBRABLES Y POR LO TANTO MÁS ACCESIBLES EN SU PRECIO Y OPERACIÓN, PARA LOGRAR UNA PERFORACIÓN A PERCUSIÓN MÁS ECONÓMICA Y A LOS MISMOS DIÁMETROS Y PROFUNDIDADES QUE AQUELLAS QUE LO HACEN SOLAMENTE A ROTACIÓN.

## 2.1 EL MARTILLO NEUMÁTICO DE FONDO

ESTE ES EL MARTILLO MÁS EFICIENTE DE TODOS, EL PISTÓN - GOLPEA DIRECTAMENTE SOBRE LA BROCA Y PRÁCTICAMENTE LA SI GUE DENTRO DE LA PERFORACIÓN.

LA BROCA UTILIZADA, GENERALMENTE ES PARTE INTEGRAL DEL - SISTEMA PISTÓN GOLPEADOR-MARTILLO, PERO SIN EMBARGO ES - POSIBLE LA UTILIZACIÓN DE BROCAS TRICÓNICAS MEDIANTE EL USO DE UN 'COPLÉ ROSCADO, EN LUGAR DE LAS USUALES DE CARBURO DE TUNGSTENO.

EL AIRE NECESARIO ES SUMINISTRADO A TRAVÉS DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN Y PROPORCIONA EN ESTE CASO, LA POTENCIA Y EL FLUÍDO DE LIMPIEZA DEL FONDO DEL AGUJERO PARA EL ACARRÉO Y DESALOJO DE LAS PARTÍCULAS CORTADAS HACIA LA - - SUPERFICIE. EN BARRENACIONES DE BANCOS PARA VOLADURAS - DE ROCAS, SE PUEDE UTILIZAR AIRE SECO Y ES NECESARIO CON - TAR CON COLECTORES DE POLVO EN LA SUPERFICIE CON LO QUE SE FACILITA EL TRABAJO Y SE EVITA EL DETERIORO DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN.

LA ROTACIÓN NECESARIA PARA LA OPERACIÓN, LE ES TRANSMITIDA POR LA MESA ROTARIA O CABEZAL DE ROTACIÓN DESDE LA SUPERFICIE A TRAVÉS DE LA SARTA DE PERFORACIÓN.

CUANDO SE UTILIZA EL MARTILLO, SE TRABAJA A BAJAS REVOLUCIONES DE LA ROTARIA (ENTRE 10 Y 20 RPM) Y SE DEBE TRANSMITIR A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA UN PESO QUE VA ÚNICAMENTE DE 1,000 A 3,000 LBS., NO DEBIENDO APLICAR UNA CARGA MAYOR PORQUE SE IMPIDE SU GOLPETEO. LO ANTERIOR ES UNA GRAN VENTAJA CUANDO SE ATRAVIESAN FORMACIONES QUE PUEDEN DAR LUGAR A DESVIACIONES, PORQUE LA MEJOR PRÁCTICA PARA EVITARLES ES LA DE APLICAR POCO PESO A TRAVÉS DE LA COLUMNA DE PERFORACIÓN. DEBIDO A LA VELOCIDAD REDUCIDA DE LA ROTARIA Y LA APLICACIÓN DE POCO PESO, ES MUY PEQUEÑO EL ESFUERZO QUE SE TRANSMITE AL EQUIPO, AÚN CUANDO SE PERFOREN MATERIALES DE ALTA DUREZA, LO QUE REDUNDA EN UN MENOR DETERIORO DE ÉSTE Y POR LO TANTO UNA MAYOR VIDA ÚTIL.

EL MÉTODO, EXIGE LA UTILIZACIÓN DE AIRE A UNA PRESIÓN DE CUANDO MENOS 250 LBS/PULG<sup>2</sup> Y SÓLO PODRÁ UTILIZARSE UN COMPRESOR DE 100 LBS/PULG<sup>2</sup>, USANDO MARTILLOS QUE OPEREN A BAJA PRESIÓN (50 LBS/PULG<sup>2</sup>) Y SÓLO EN AQUELLOS CASOS EN LOS QUE AL PERFORARSE NO SE ENCUENTRE NIVEL DE AGUA.

CON UN COMPRESOR DE 100 LBS/PULG<sup>2</sup> SÓLO PODRÁ LLEGARSE HASTA ENCONTRAR EL NIVEL FREÁTICO.

DE ACUERDO AL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN, SE UTILIZAN VOLU-  
MENES DE AIRE ENTRE 450 Y 2,100 PCM RESULTANDO LA VELOCI-  
DAD DE PENETRACIÓN EN RELACIÓN DIRECTA AL VOLUMEN DE --  
AIRE UTILIZADO, QUE EN EL CASO DE LOS MARTILLOS INFLUYE-  
NO SÓLO EN LA VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN DE LOS CORTES, --  
SINO EN EL NÚMERO DE GOLPES POR MINUTO QUE SE IMPARTE A  
LA FORMACIÓN.

CON UNA BUENA OPERACIÓN Y SUPERVISIÓN DE LOS TRABAJOS DE  
PERFORACIÓN, ES POSIBLE CONSIDERAR QUE LA REALIZADA CON-  
MARTILLO NEUMÁTICO ES LA MÁS RÁPIDA, TRATÁNDOSE DE FORMA  
CIONES COMPACTAS O DURAS, SIN EMBARGO OBLIGA A LA UTILI-  
ZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE ALTO VALOR Y DE MAQUINARIA --  
AUXILIAR COMO SON LOS COMPRESORES Y BOMBAS DE ALTA PRE -  
SIÓN.

## 2.2 VOLADURAS DE ROCAS EN PERFORACIONES DE DIÁMETRO GRANDE.

LA PERFORACIÓN A GRAN DIÁMETRO HA CAUSADO GRANDES CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE VOLADURA, PERMITIENDO UNA MAYOR ECONOMÍA EN LA EXTRACCIÓN DE LA ROCA.

AL HABERSE HECHO ACCESIBLES LOS PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN PARA VOLADURA A DIÁMETROS GRANDES, MEDIANTE GRANDES MÁQUINAS O EL USO DE MARTILLOS NEUMÁTICOS, SE HICIERON EVIDENTES SUS VENTAJAS SOBRE LA PERFORACIÓN A PEQUEÑOS DIÁMETROS COMO SON :

1. MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA (MAYOR EFICIENCIA)
2. MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN ( $M^3/ML$ )
3. MENOS SUB-BARRENACIÓN POR  $M^3$
4. MAYOR FRAGMENTACIÓN DEL PISO DEL BANCO
5. MEJOR MANEJO DE LA ENERGÍA LIBERADA
6. ECONOMÍA EN EL EXPLOSIVO
7. MENOS MÁQUINA POR  $M^3$
8. MENOS PERSONAL POR  $M^3$
9. MENOR ADMINISTRACIÓN POR  $M^3$
10. MEJOR SUPERVISIÓN A MENOR COSTO POR  $M^3$

### 2.2.1 MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA ( MAYOR EFICIENCIA )

EL NITRATO DE AMONIO ALCANZA DIFERENTES VELOCIDADES DE ONDA AL EXPLOTAR EN UN AGUJERO, DEPENDIENDO DEL DIÁMETRO DE ÉSTE, CONFORME SE PUEDE APRECIAR EN LA (FIG. 1), DONDE AL INCREMENTAR EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN SE INCREMENTA LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN, POR EJEMPLO: EL ANFO AL EXPLOTAR EN UN AGUJERO DE 3" DE Ø, ALCANZA UNA VELOCIDAD DE ONDA DE 7,000 PIES/SEG., PERO AL HACERLO EN UN AGUJERO DE 7" DE Ø, ALCANZA 12,000 PIES/SEG. Y EN UN AGUJERO DE 9" DE Ø, ALCANZA 13,000 PIES/SEG.

POR LO ANTERIOR, ES EVIDENTE QUE AL UTILIZAR ANFO EN DIÁMETROS PEQUEÑOS, SE ESTA PERDIENDO GRAN PARTE DE SU EFICIENCIA, LO QUE NO SUCEDE EN FORMA MUY IMPORTANTE EN AQUELLOS CASOS EN QUE EL AGUJERO TIENE UN DIÁMETRO MAYOR A 8". TODAVÍA EN DIÁMETROS CERCANOS A 6" SE ALCANZAN VOLADURAS ADECUADAS Y MÁS EFICIENTES QUE LAS QUE SE LOGRAN EN DIÁMETROS DE 3".

SE PUEDE CONCLUIR QUE LA UTILIZACIÓN DE ANFO EN DIÁMETROS GRANDES, RESULTARÁ EN UNA GRAN ECONOMÍA EN LA CANTIDAD DEL EXPLOSIVO UTILIZADO Y EN EL COSTO. ADEMÁS AL PODER DESARROLLAR EL EXPLOSIVO MAYOR ENERGÍA EN EL AGU

JERO GRANDE, LA PRESIÓN QUE SE DESARROLLA DENTRO DEL -  
BARRENO ES MAYOR Y POR LO TANTO EL FRACTURAMIENTO QUE  
SE PUEDE LOGRAR EN UNA MISMA ROCA, ES TAMBIÉN MAYOR -  
POR ESTE SÓLO HECHO.

### 2.2.2 MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN (M<sup>3</sup>/ML)

AL UTILIZARSE UN DIÁMETRO PEQUEÑO DE PERFORACIÓN, EL PATRÓN DE VOLADURA ES MENOR AL QUE RESULTA AL PERFORAR A UN DIÁMETRO MAYOR.

POR EJEMPLO :

EN EL BANCO DE LA PRESA DE "EL GUINEO" (FIG. 2), EN EL ESTADO DE GUERRERO, SE UTILIZÓ UN PATRÓN DE VOLADURA DE 2.50 X 3.00 M. AL PERFORAR CON 3" DE Ø, EN UNA GRANODIORITA, CONTENIENDO 7.50 M<sup>3</sup>/ML DE BARRENACIÓN.

AL EFECTUAR UNA VOLADURA A MAYOR DIÁMETRO, ES POSIBLE TENER UN PATRÓN DE VOLADURA MAYOR, COMO FUE, EN EL MISMO CASO DE "EL GUINEO", DE 4.50 X 5.50 M. AL PERFORAR A 6" Ø EN LA MISMA GRANODIORITA, CON UN VOLUMEN DE 24.75 M<sup>3</sup>/ML.

COMO SE VE, EN EL EJEMPLO ANTERIOR EL VOLUMEN OBTENIDO POR ML. DE PERFORACIÓN DE 6" DE Ø, FUE 230% MAYOR QUE EL QUE SE OBTUVO AL PERFORAR A 3" Ø.



EL RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN EN EL MISMO CASO DEL --  
EJEMPLO FUE EL SIGUIENTE :

AL PERFORAR A 3" DE Ø SE TUVO UN RENDIMIENTO DE 9.0 -  
ML/HR.

AL PERFORAR A 6½" DE Ø CON UN MARTILLO DE FONDO SE OBTU  
VO UN RENDIMIENTO DE 13.0 ML/HR. EN ESTE CASO, NO SOLA  
MENTE SE IGUALÓ LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN, SINO QUE -  
FUE 44% MAYOR AL PERFORAR AL DIÁMETRO MAYOR DE 6½".

CABE HACER LA ACLARACIÓN DE QUE PARA LOGRAR ESTE RENDI-  
MIENTO CON MAYOR DIÁMETRO DE PERFORACIÓN, SE UTILIZARON  
MÁQUINAS MÁS GRANDES, DE MAYOR CAPACIDAD, CON MAYOR VO-  
LUMEN Y PRESIÓN DE AIRE, CON LO QUE SE INCREMENTÓ EL -  
COSTO HORARIO.

SERÁ NECESARIO EN CADA CASO HACER UN ANÁLISIS ECONÓMICO  
DE DETALLE, PERO SE PUEDE ESPERAR COMO GENERALMENTE HA  
SUCEDIDO, UNA REDUCCIÓN EN EL COSTO DE PERFORACIÓN POR  
M<sup>3</sup>.

### 2.2.3. MENOR SUB-BARRENACIÓN POR M<sup>3</sup>

AL TENER LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR UN PATRÓN DE VOLADURA CON MAYOR ESPACIAMIENTO, EN LA MISMA FORMA SE INCREMENTA LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR UN BORDO (B) MAYOR, CONFORME SE INCREMENTA EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN. LO ANTERIOR PERMITE DISEÑAR UNA MAYOR ALTURA DE BANCO (H) (SI ÉSTE LO ADMITE).

AÚN MANTENIENDO LA MISMA RELACIÓN (B/H) ENTRE BORDO Y ALTURA DE BANCO Y POR LO TANTO EL MISMO PORCENTAJE DE BARRENACIÓN POR ML. PERFORADO ( $0.3B$ ), COMO EL VOLUMEN EXPLOTADO POR CADA BARRENO SE INCREMENTA, POR EJEMPLO EN EL CASO DE "EL GUINEO", DE 7.5 A 24.75 M<sup>3</sup>, ES DECIR EL 230%, AL BARRENAR CON 6½" DE Ø, SE REDUCE EL PORCENTAJE DE SUB-BARRENACIÓN POR M<sup>3</sup> DE ROCA EXPLOTADA, EN LA MISMA PROPORCIÓN.

CUANDO LA PROPORCIÓN (B/H) ENTRE BORDO Y ALTURA DE BANCO VARÍA, INFLUIRÁ TAMBIÉN EN FORMA NEGATIVA O POSITIVA.

EN EL EJEMPLO DE "EL GUINEO", LA ALTURA DE BANCO PERFORADO CON 3" DE Ø ERA DE 10.0 M. Y LA SUB-BARRENACIÓN 0.75 M., ES DECIR UN COEFICIENTE DE 0.075 M/ML.

LA CARGA AFECTA AL PODER DE ROTURA: UNA CARGA DE FONDO -  
ALARGADA, TENDRÁ MENOS EFECTO EN DICHO FONDO, QUE SI ES-  
TUBIERA ENTERAMENTE CONCENTRADA EN ÉL". ESTE CONCEPTO -  
ACLARA LO DESCRITO ANTERIORMENTE.

## 2.2.5 MEJOR MANEJO DE LA ENERGÍA LIBERADA

COMO YA SE COMENTÓ, SE LOGRA TENER UNA MAYOR EFICIENCIA AL UTILIZAR PERFORACIONES DE MAYOR DIÁMETRO PARA VOLADURA, ÉSTO DEBIDO A QUE LA PRESIÓN DE BARRENO QUE SE LOGRA, ES MAYOR CONFORME SE INCREMENTA EL DIÁMETRO, YA QUE LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN ES MAYOR EN AGUJEROS MÁS GRANDES.

LA PRESIÓN QUE SE LOGRA EN EL BARRENO, ES LA SIGUIENTE:

$$A. P_b = 1.60 \times 10^{-3} v^2$$

$P_b$  = PRESIÓN DEL BARRENO (LBS/PULG<sup>2</sup>)

$\delta$  = DENSIDAD DEL EXPLOSIVO (GR/CM<sup>3</sup>)

$v$  = VELOCIDAD DE DETONACIÓN (PIÉ/SEG)

EJEMPLO PARA 4", 7" Y 9" DE Ø.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 4" Ø - 10,400 FT/SEG.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 7" Ø - 12,000 FT/SEG.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 9" Ø - 13,000 FT/SEG.

UTILIZANDO COMO EXPLOSIVO NITRATO DE AMONIO.

CON UNA DENSIDAD DE 0.85 (GR/CM<sup>3</sup>), SE TIENE :

B. PERFORACIÓN DE 4"

$$P_{b4} = 1.69 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3\text{)} \times 10,400^{-3} \text{ (PIE/SEG).}$$

$$P_{b4} = 155,372 \text{ (LBS/PULG}^2\text{)}$$

PERFORACIÓN DE 7"

$$P_{b7} = 1.69 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3\text{)} \times 12,000^2 \text{ (PIE/SEG).}$$

$$P_{b7} = 206,856 \text{ (LBS/PULG}^2\text{)}$$

PERFORACIÓN DE 9"

$$P_{b9} = 1.60 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3\text{)} \times 13,000^2 \text{ (PIE/SEG).}$$

$$P_{b9} = 242,768 \text{ (LBS/PULG}^2\text{)}.$$

COMO SE OBSERVA, LA PRESIÓN QUE SE LOGRA EN UN AGUJERO DE 9" DE Ø, ES DE 242,768 LBS/PULG.<sup>2</sup>, CUANDO EN 4" DE Ø, SOLO SE OBTIENEN 155,372 LBS/PULG.<sup>2</sup>.

DE ACUERDO CON LA TABLA NO. 1, AL EFECTUAR LA VOLADURA EN 4" DE Ø, SE SOBREPASA 4.4 VECES LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN GRANITO Y AL HACERLO EN 9" DE Ø, SE SOBREPASA PRÁCTICAMENTE 7.0 VECES LA RESISTENCIA DEL

GRANITO, SI LA ROCA ES BUENA TRANSMISORA DE LA ONDA, SE PUEDE LOGRAR POR ÉSTA RAZÓN UNA MAYOR FRAGMENTACIÓN, DE SER ASÍ NECESARIO.

SI SE PERFORA UNA ROCA CON MENOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, Y CON BUENAS CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LA ONDA, SE PODRÁ REDUCIR EL FACTOR DE CARGA, PARA LOGRAR EL RESULTADO DESEADO Y LA REDUCCIÓN ECONÓMICA CORRESPONDIENTE.

COMO SE VÉ, LLEVANDO A CABO PERFORACIONES GRANDES, SE TIENEN MAYORES POSIBILIDADES DE FRACTURAMIENTO Y/O DE MANEJO DE LAS CARGAS DENTRO DEL BARRENO, PARA ALCANZAR EL EFECTO DESEADO, CON LO QUE ES POSIBLE TENER UN MAYOR CONTROL DE LA ENERGÍA QUE SE LIBERA EN LA VOLADURA, UTILIZANDO ÚNICAMENTE LA NECESARIA EN CADA CASO.

NO DIÁMETRO PARA CONFORMAR EL FRENTE DE ATAQUE, TAMBIEN PUEDE LIMITAR EL ACCESO Y LAS MANIOBRAS CON EL EQUIPO.

#### 2.3.1.4 FRENTE DEL BANCO

CUANDO YA HA SIDO TRABAJADO EL BANCO CON ANTERIORIDAD Y SOBRE TODO, CUANDO HAN EXTRAÍDO POCO VOLUMEN, PUEDE LLEGAR A PRESENTAR CARACTERÍSTICAS DESFAVORABLES PARA EL ACOMODO DEL EQUIPO DE TRABAJO, POR EJEMPLO CUANDO ES NECESARIO COLOCAR EN LA MISMA ÁREA EL EQUIPO DE TRITURACIÓN.

### 2.3.2 LIMITACIONES GEOLÓGICAS

#### 2.3.2.1 PERFORABILIDAD DE LA ROCA

ADEMÁS DE LO ANTERIOR, ES INDISPENSABLE CONSIDERAR VARIOS FACTORES GEOLÓGICOS QUE LIMITAN LOS PATRONES DE VOLADURA Y/O LOS DIÁMETROS DE PERFORACIÓN, UNO DE ELLOS ES LA PERFORABILIDAD DE LA ROCA, LO QUE EN ALGUNOS CASOS REDUCE LOS RENDIMIENTOS DE PERFORACIÓN A TAL GRADO, QUE ES MÁS CONVENIENTE PERFORAR A PEQUEÑOS DIÁMETROS QUE A GRANDES.

#### 2.3.2.1.1 ROCAS ÍGNEAS

GENERALMENTE PRESENTAN CARACTERÍSTICAS DE ALTA DUREZA Y ABRASIVIDAD Y DE ÉSTAS LAS ÁCIDAS (GRANITOS), QUE TIENEN UN ALTO CONTENIDO EN CUARZO, SON MUY DURAS, ABRASIVAS Y DIFÍCILES DE PERFORAR, AUNQUE SUS CARACTERÍSTICAS FAVORECEN LA TRANSMISIÓN DE LA ONDA ALCANZADA DURANTE LA VOLADURA.

LAS ROCAS ÍGNEAS BÁSICAS (BASALTOS), SON MENOS DURAS Y ABRASIVAS, PERO DEPENDIENDO DEL CONTENIDO DE MINERALES FERRO-MAGNESIANOS Y DE SU ARREGLO, PUE DEN LLEGAR A PRESENTAR LA MISMA PROBLEMÁTICA QUE LOS GRANITOS Y AUNQUE LA TRANSMISIÓN DE LA ONDA ES BUENA, GENERALMENTE SU ESTRATIFICACIÓN Y FRACTURAMIENTO LA DISMINUYE.

#### 2.3.2.1.2 ROCAS SEDIMENTARIAS

SE PRESENTAN CON UNA DIVERSIDAD MUY GRANDE Y PUE DEN SER DURAS O ABRASIVAS (ALGUNAS ARENISCAS) Y ESTABLES O INESTABLES, DEPENDIENDO DE SU GRADO DE CEMENTACIÓN, LAS CÁLIZAS EN PARTICULAR PRESENTAN DIFERENTE DUREZA, BUZAMIENTO (EN OCASIONES MUY IMPORTANTE), ESTRATIFICACION Y KARSTIFICACIÓN, LO QUE LAS HACE EN OCASIONES DIFÍCILES DE PERFORAR Y-



EN PARTICULAR DE OBTENER UN TAMAÑO CONTROLADO DE -  
ROCA, YA QUE POR LA GRAN CANTIDAD DE HUECOS QUE -  
LLEGAN A TENER, SE PIERDE EN GRAN PARTE EL EFECTO-  
DE LA VOLADURA.

### 2.3.2.1.3 ROCAS METAMÓRFICAS

PRESENTAN CARACTERÍSTICAS MUY DIVERSAS DE DUREZA,-  
PERFORABILIDAD Y DE COMPORTAMIENTO A LA VOLADURA,-  
EN FUNCIÓN DE LA ROCA MADRE QUE LAS GENERÓ, DE SU-  
COMPOSICIÓN MINERAL, CRISTALIZACIÓN Y TIPO DE ALTE-  
RACIÓN, PERO SE PUEDE COMENTAR QUE SON GENERALMEN-  
TE MENOS DURAS QUE LA ROCA MADRE Y MALAS TRANSMISO-  
RAS DE LA ONDA DURANTE LA VOLADURA.

### 2.3.2.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

ADEMÁS DE LA PERFORABILIDAD DE LA ROCA, ES INDIS-  
PENSABLE CONSIDERAR LOS SIGUIENTES FACTORES GEOLÓ-  
GICOS, PARA ESTABLECER UN PATRÓN DE VOLADURA ADE-  
CUADO.

- A) ESTRUCTURA
- B) FRACTURAMIENTO
- C) FALLAMIENTO
- D) ESTRATIFICACIÓN

- E) ESPESOR DE LOS ESTRATOS
- F) ALTERNANCIA DE LOS ESTRATOS
- G) INTRUSIONES
- H) GRADO DE INTEMPERISMO
- I) TIPO DE INTEMPERISMO (FÍSICO O QUÍMICO)

### 2.3.3 LIMITACIONES EN EL EQUIPO DE TRABAJO

EN ALGUNOS CASOS, POR PROBLEMAS DE UBICACIÓN - - - (LEJANÍA) ACCESOS DIFÍCILES O PODER LLEVAR A CABO LA INVERSIÓN NECESARIA O POR LA EXISTENCIA DE UN EQUIPO EN EL SITIO DE TRABAJO, SE DÉCIDE LLEVAR A CABO LA VOLADURA CON LA MAQUINARIA QUE SE CUENTA EN LA ZONA, EN CUYO CASO QUEDARÁ LIMITADO EL TRABAJO A LAS CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDAD DEL EQUIPO DISPONIBLE.

### 2.4 APLICACIÓN EN EL EJEMPLO, DE LA RECONVERSIÓN DEL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN

DEBIDO A QUE TODO LO DESCRITO ANTERIORMENTE, NO FAVORECE EL QUE SE PUEDAN ESTABLECER EN TODOS LOS CASOS, PATRONES DE VOLADURA AMPLIOS Y POR LO TANTO DIÁMETROS GRANDES DE PERFORACIÓN, ESPECÍFICAMENTE PARA LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTOS DE TIERRA EN LA CONSTRUCCIÓN, (NO ASÍ EN LA MINERÍA), ES NECESARIO

UNA MAYOR DIVERSIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILIZA Y UN CRITERIO AMPLIO PARA DEFINIR LOS PATRONES DE VOLADURA.

EN LA CONSTRUCCIÓN, GENERALMENTE SE PRESENTAN LIMITACIONES EN LOS BANCOS POR EXPLOTAR (SOBRE TODO EN SU ALTURA), TAMBIÉN EN LOS CORTES QUE SE LLEVAN A CABO PARA ALOJAR ALGUNAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS O EN EL CORTE DE CAMINOS, LO QUE SIEMPRE SE HACE EN BASE A DIMENSIONES DADAS. COMO EL OBJETIVO PRINCIPAL, ES LLEVAR A CABO ESTE TIPO DE TRABAJOS EN LA FORMA MÁS ECONÓMICA POSIBLE, ES POSIBLE ADAPTAR A LAS PERFORADORAS DE CARRIL (TRACK-DRILLES), MARTILLOS DE FONDO PARA PERFORAR A MAYORES DIÁMETROS -- CUANDO LAS CONDICIONES ASI LO PERMITAN, POR LO QUE PARA PODER LLEVAR A CABO LA PERFORACIÓN CON EL -- EQUIPO Y EL PATRÓN MÁS ADECUADO, CADA MÁQUINA DEBE CONTAR CON LOS ADAPTADORES NECESARIOS PARA PERFORAR A DIFERENTES DIÁMETROS.

PARA APROVECHAR LA ECONOMÍA QUE SE LOGRA AL PERFORAR CON EL DIÁMETRO Y PATRÓN DE VOLADURA MAS ADECUADO, ES NECESARIO RECONVERTIR LAS PERFORADORAS DE CARRIL PARCIALMENTE, YA QUE SU CHÁSIS, ORUGAS, SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y TORRE DE PERFORACIÓN TIENEN LA CAPACIDAD ADECUADA Y SOLO ES NECESARIO CAM-

BIAR EL CABEZAL DE ROTACIÓN Y MARTILLO DE PERCUSIÓN, POR UNO QUE TRABAJA ÚNICAMENTE A ROTACIÓN, PERO CON MAYOR CAPACIDAD DE TORCIÓN Y CON LA POSIBILIDAD DE ADMITIR HERRAMIENTA DE MAYOR DIÁMETRO, TAMBIÉN SE TIENE QUE MODIFICAR EL CENTRALIZADOR Y GATO HIDRÁULICO PARA DESACOPLE DE LA TUBERÍA Y REFORZAR LA BASE DE LA TORRE DE PERFORACIÓN. TODO LO ANTERIOR SE PUEDE LLEVAR A CABO MEDIANTE EL CAMBIO DE CONJUNTOS.

CON LAS MODIFICACIONES ANTERIORES, SE TIENE LA POSIBILIDAD DE MANEJAR HERRAMIENTAS DESDE 3" HASTA 5½" DE Ø, Y CONFORME ESTO, SE PUEDE INCREMENTAR EL RENDIMIENTO QUE NORMALMENTE SE OBTIENE.

EL UTILIZAR UNA HERRAMIENTA DE MAYOR CAPACIDAD COMO SON LOS MARTILLOS DE FONDO, OBLIGA EN ESTE CASO, NO SOLAMENTE A LA RECONVERSIÓN DEL COMPRESOR, SINO AL CAMBIO DE UNA MÁQUINA (COMPRESOR PARA 100 LBS/PULG<sup>2</sup>) POR OTRA DE ALTA PRESIÓN (250 LBS/PULG<sup>2</sup>).

PARA LLEVAR A CABO ESTAS MODIFICACIONES Y COMPRA DE EQUIPO, ES NECESARIO TOMAR EN CUENTA EL INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD Y TAMBIÉN DE COSTO, ASÍ COMO LA INVERSIÓN NECESARIA Y TODO BASADO EN VOLUMENES IMPORTANTES DE ROCA POR EXTRAER EN SU CASO.

## CONVERSION DE MOTOR ASPIRACION NATURAL A TURBOCARGADOR

**VENTAJAS:** EL MOTOR DE ASPIRACION NATURAL AL AUMENTAR LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR PIERDE POTENCIA, EMITE EN DEMASIA GASES - CONTAMINANTES, ESTE PROBLEMA SE RESUELVE ACOPLANDO UN COMPENSADOR DE ALTURA.

**APLICACION:** EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE EQUIPO PESADO.

**INSTALACION:** LOS FABRICANTES DE LOS MOTORES SUMINISTRAN LAS PARTES DE REEMPLAZO, PARA ESTA RECONVERSION.

## CONVERSION DE COPLER MECANICO A HIDRAULICO

**VENTAJAS:** ABSORBE LOS IMPACTOS DE LA MAQUINA DANDO VELOCIDADES UNIFORMES Y OBTENIENDO MAYOR VIDA DE TODOS SUS CONJUNTOS, NO REQUIRIENDO AJUSTES Y NECESITANDO UN MANTENIMIENTO MINIMO.

**APLICACION:** EQUIPO DE DRAGADO, MALACATES, EQUIPOS DE PERFORACION Y EQUIPOS PARA LA INDUSTRIA MADERERA.

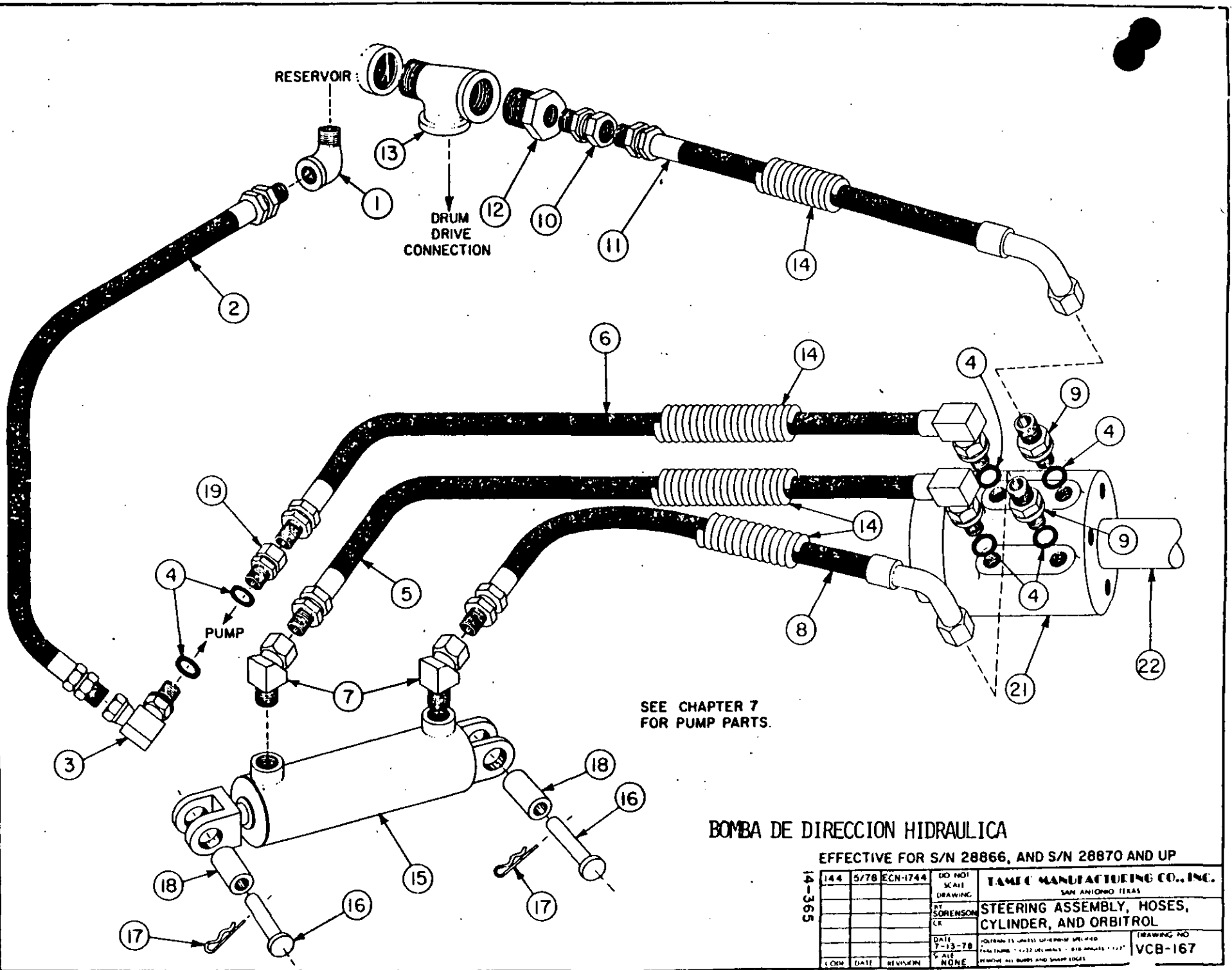
**INSTALACION:** ES UNA SUBSTITUCION Y PARA UNA SELECCION APROPIADA SE REQUIEREN LOS DATOS DEL VOLANTE, CAPACIDAD DE MOTOR Y ACOPLAMIENTO DE SALIDA, LA INSTALACION DEBERA DISEÑARSE CUIDADOSAMENTE EN CUANTO A ESPACIO Y SOBRE TODO ALINEAMIENTO.

## CONVERSION DE SISTEMA DE DIRECCION MECANICO A HIDRAULICO

VENTAJAS : EL SISTEMA HIDRAULICO ES MAS EFICIENTE, ADEMAS SE -  
ELIMINA VARILLAJE, ENGRANES, CADENAS, VIBRACIONES Y  
RUIDOS MOLESTOS, LA OPERACION ES MAS COMODA Y MAS -  
PRECISA.

APLICACION : EN LA MAYORIA DE LOS SISTEMAS DIRECCIONALES DE - -  
EQUIPO ANTIGUO, COMO EJEMPLO: LA MOTOCONFORMADORA -  
HUBER Y ALGUNOS TRACTOCAMIONES.

INSTALACION: SE ADICIONA UN DEPOSITO, BOMBA LINEAS Y VALVULAS DE  
CONTROL ADEMAS DE SUSTITUIR LOS CONJUNTOS A MODER -  
NIZAR.



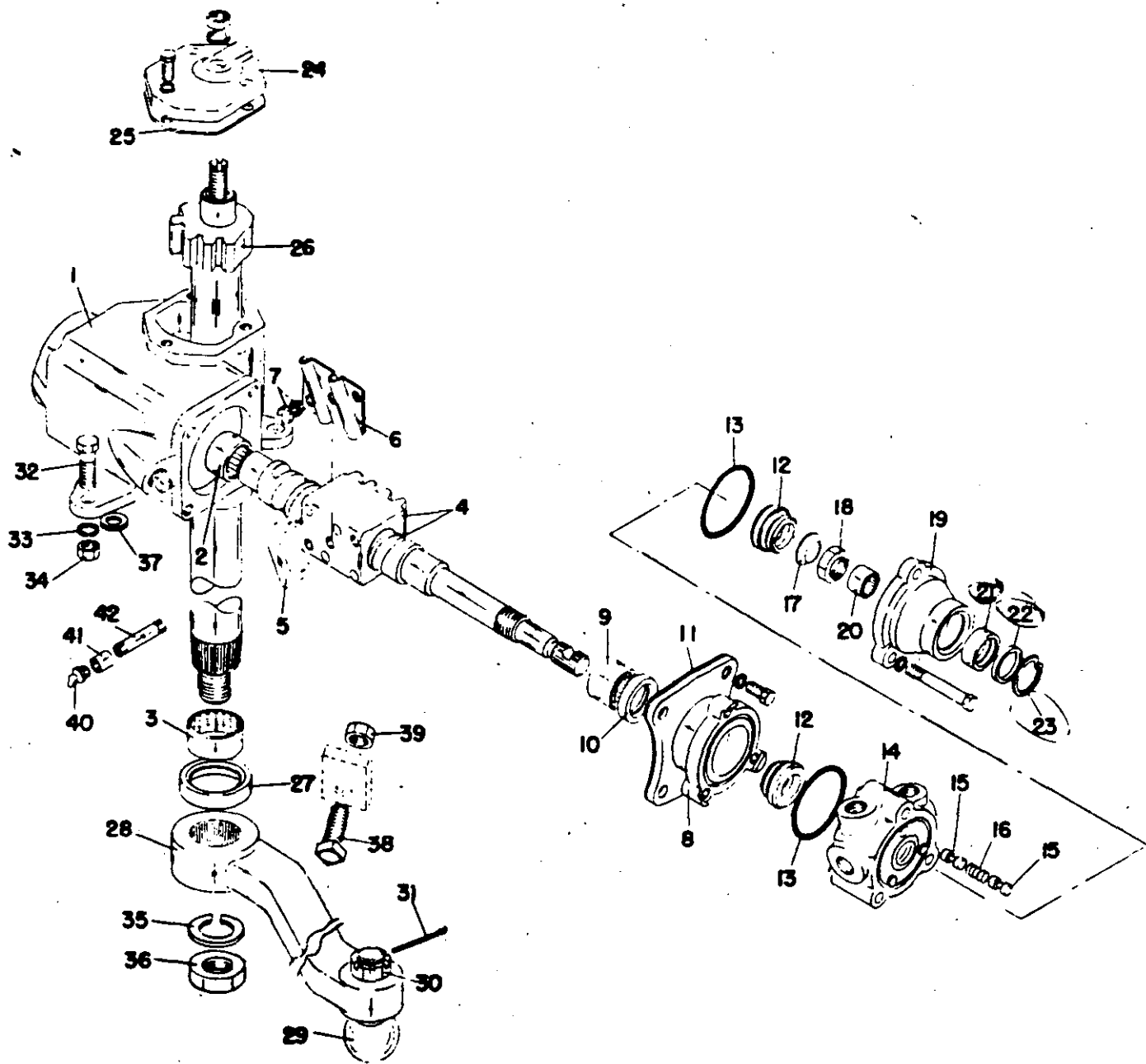
SEE CHAPTER 7  
FOR PUMP PARTS.

**BOMBA DE DIRECCION HIDRAULICA**

EFFECTIVE FOR S/N 28866, AND S/N 28870 AND UP

1-167-05	144	5/78	ECH-1744	DO NOT SCALE DRAWING	TAMCO MANUFACTURING CO., INC. SAN ANTONIO, TEXAS	DRAWING NO. VCB-167
				BY SORENSON		
				CR	STEERING ASSEMBLY, HOSES, CYLINDER, AND ORBITROL	
				DATE 7-13-78	QUANTITY UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	
				SCALE NONE	FOR PARTS - 1-22 (REVISED) - 810 (REVISED) - 1-1-77	
FORM	DATE	REVISION		REWORK ALL DIMS AND SHARP EDGES		





BOMBA DE DIRECCION MECANICA

## CONVERSION DE MANDO DIRECTO A SERVOTRASMISION EN TRACTORES

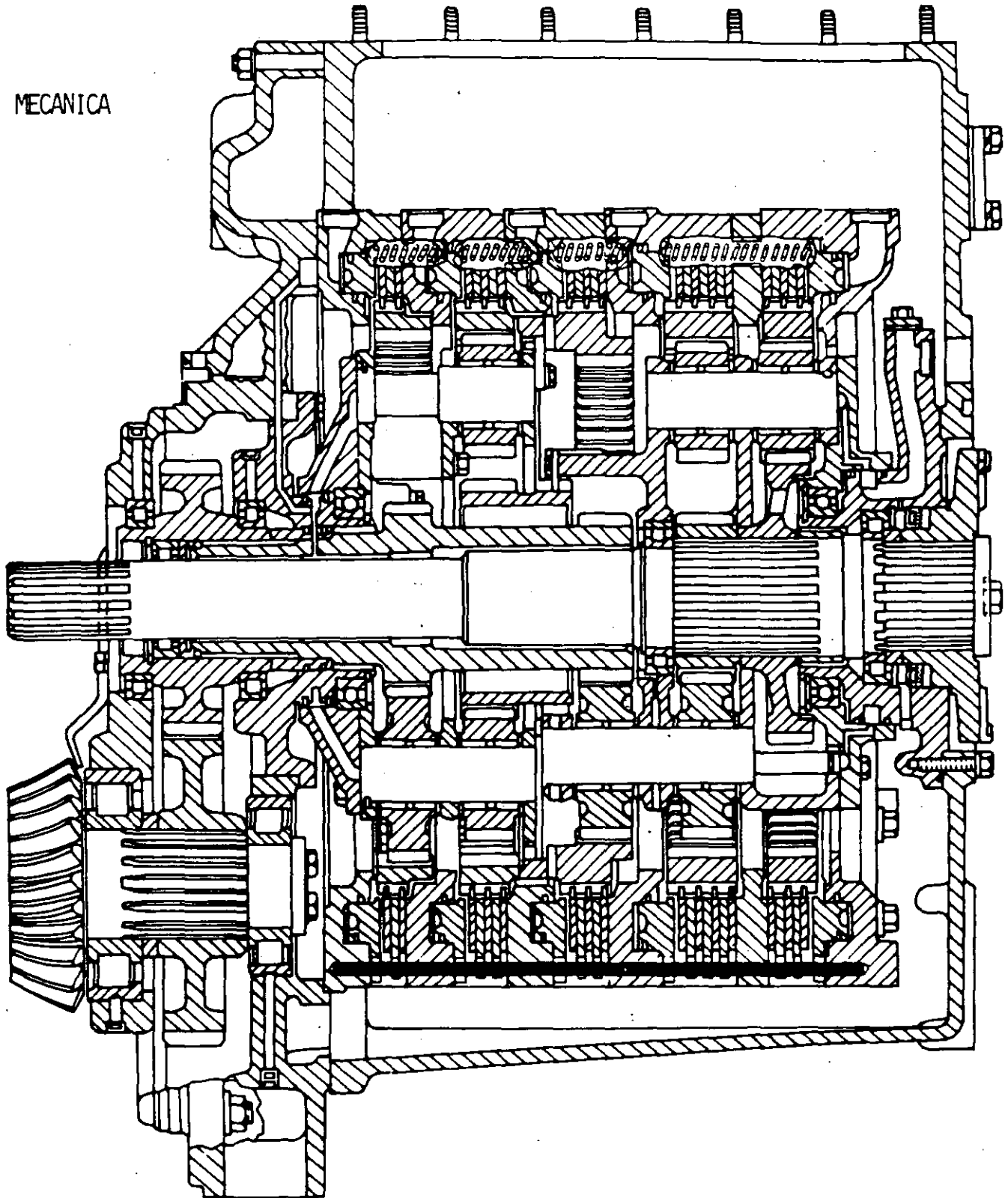
VENTAJAS: SE APROVECHA LA POTENCIA DEL MOTOR AUMENTANDO LA TORSION EN EL TREN DE FUERZA.

APLICACION: EN TRACTORES MARCA CATERPILLAR.

INSTALACION: SE REQUIERE INSTALAR UN CONVERTIDOR, ENFRIADOR, TRANSMISION Y LINEAS NECESARIAS, ASI COMO EL CONTROL DE VARILLAJE PARA SU OPERACION.

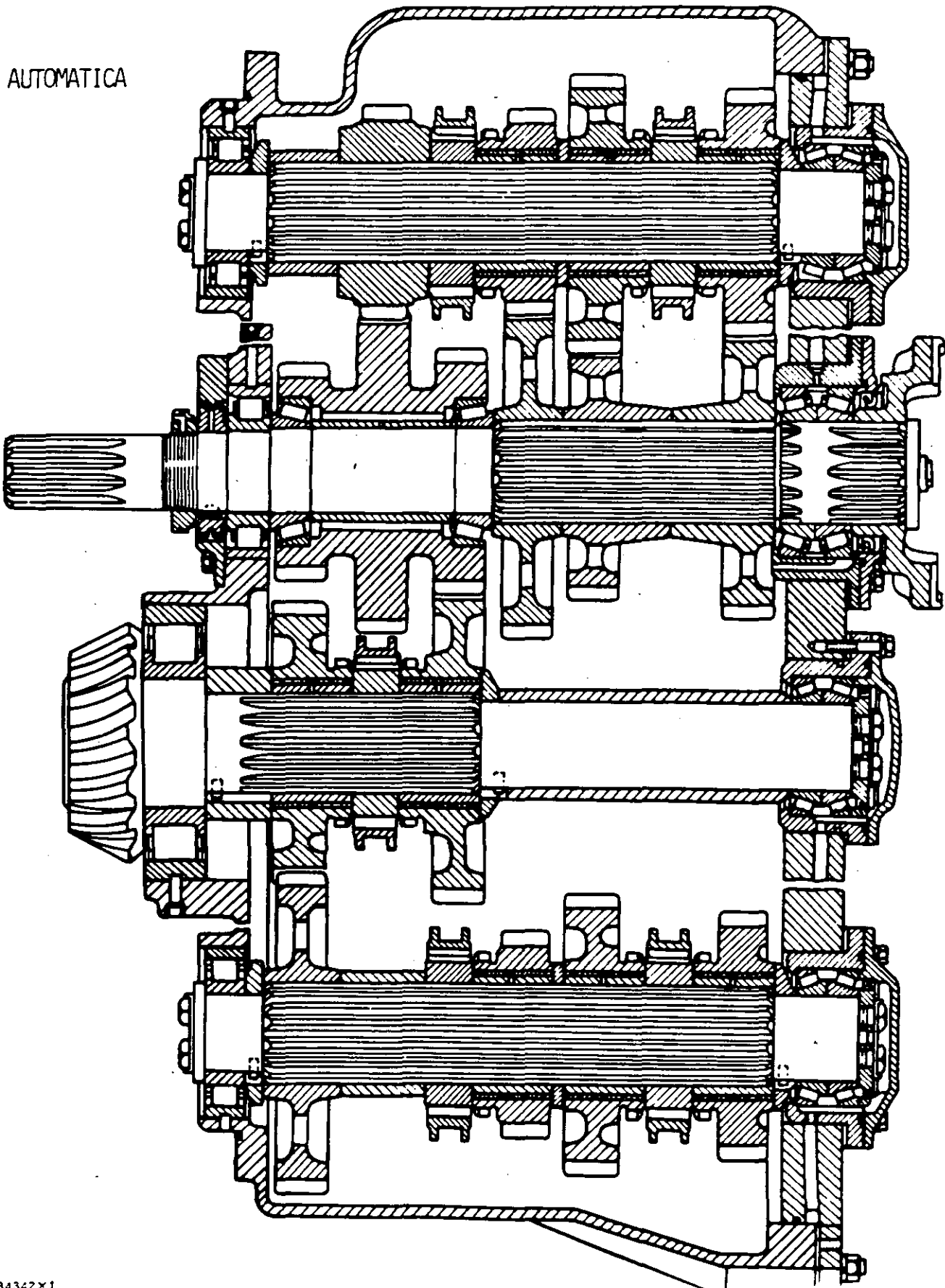
# TRANSMISSION (POWER SHIFT)

CAJA MECANICA



# TRANSMISSION (DIRECT DRIVE)

CAJA AUTOMATICA



## CONVERSION DE FRENOS A MARCA COMERCIAL

**VENTAJAS:** EL EQUIPO DE CONSTRUCCION ES EN SU MAYORIA DE IMPORTACION Y LOS REEMPLAZOS SON DIFICILES DE OBTENER POR LO QUE SE SIGUIERE CONVERTIR ESTOS A UNA MARCA COMERCIAL EXISTENTE EN MEXICO.

**APLICACION:** COMO EJEMPLO, EL SISTEMA DE FRENOS DEL COMPACTADOR DE RODILLO MULLER AP23, PUEDE SER SUSTITUIDO POR EL SISTEMA DE FRENOS DEL CARGADOR MICHIGAN MODELO 45 B.

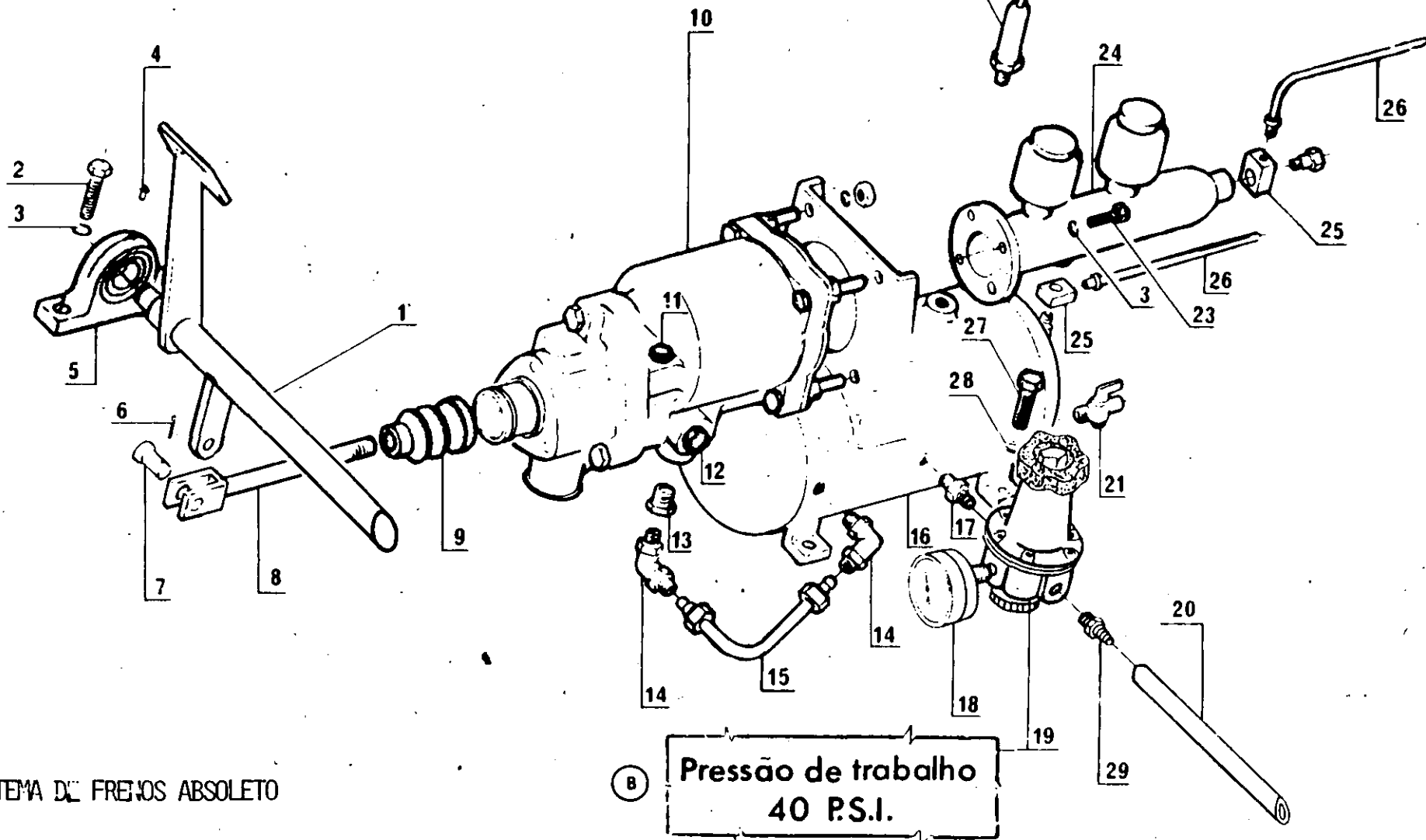
**INSTALACION:** NO REQUIERE DE INSTALACION ESPECIAL YA QUE SE USAN LAS -- MISMAS BASES ORIGINALES CAMBIANDO LA POSICION DE ALGUNOS-- BARRENOS.



# FREIO HIDRO-PNEUMÁTICO

(A)

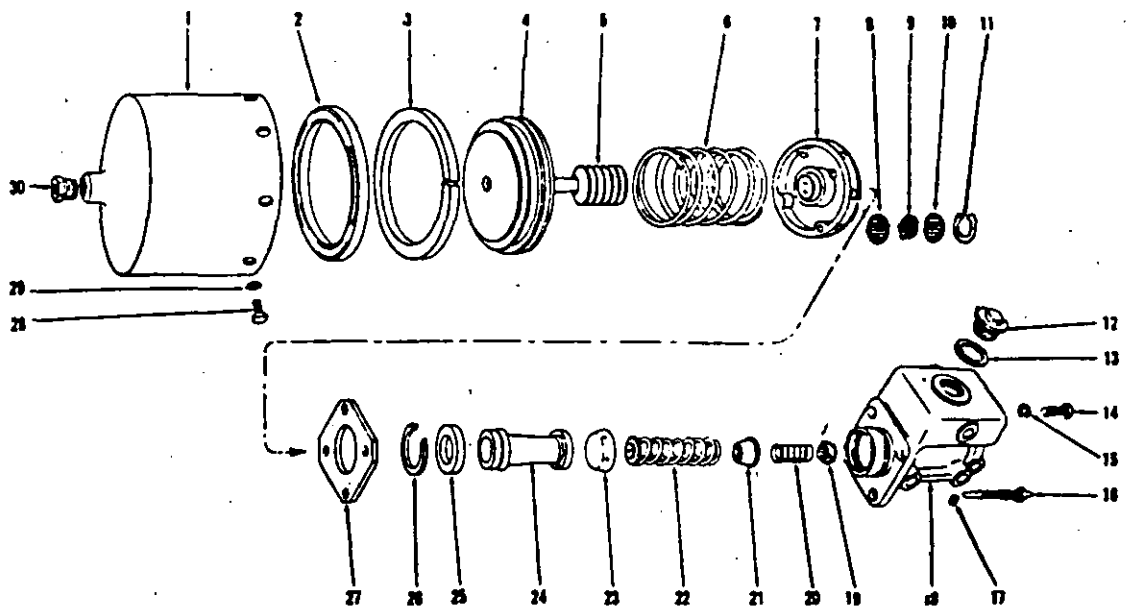
Pressão de trabalho  
50 P.S.I.



(B)

Pressão de trabalho  
40 P.S.I.

SISTEMA DE FREIOS ABSOLETO



**UNIDAD DE FRENOS DE POTENCIA.**

CILINDRO MAESTRO Y CAMARA DE PRESION  
EN UN SISTEMA DE FRENOS

## CONVERSION DE TRANSMISION DE VOLTEO FUERA DE CARRETERA

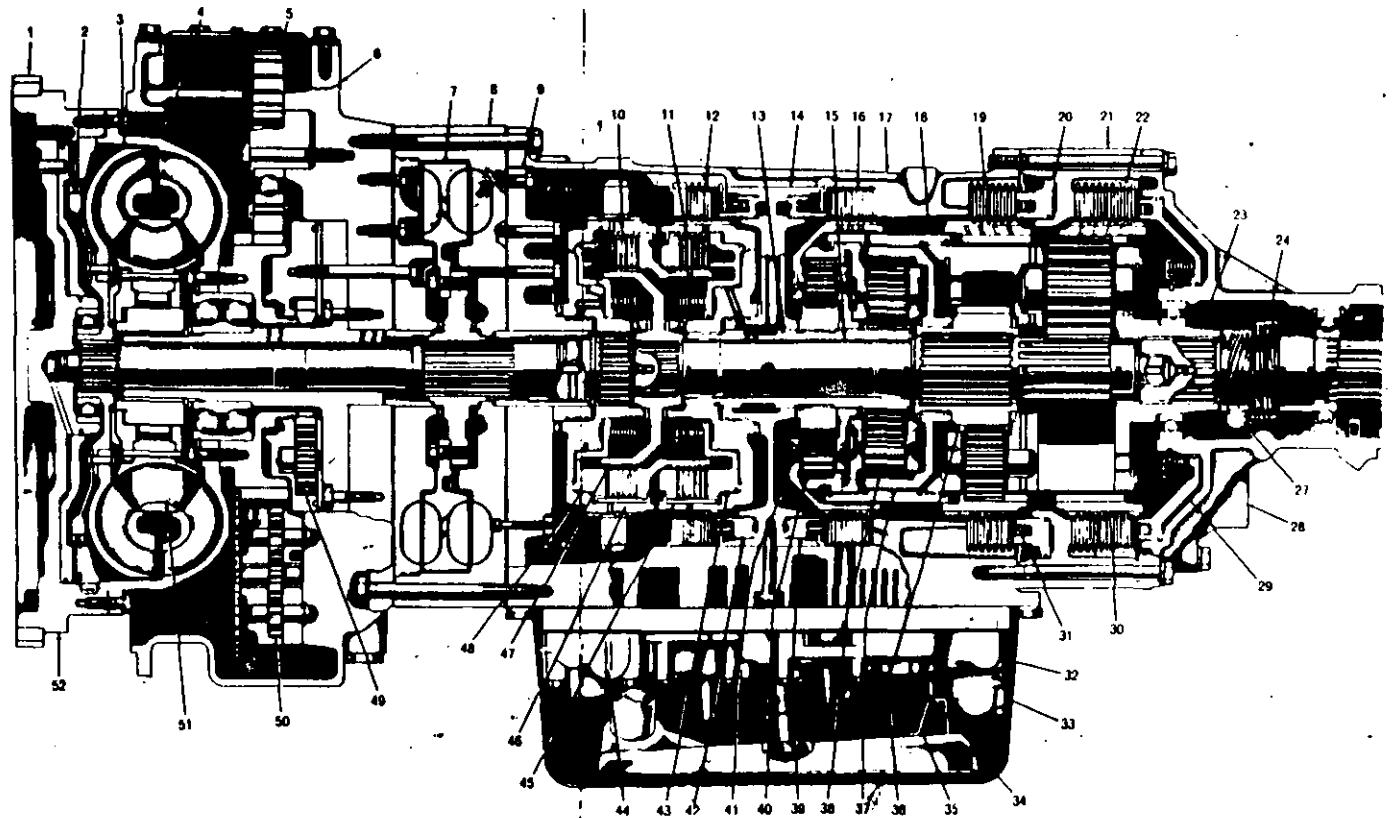
VENTAJAS: POR LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO, LA TRANSMISION AUTOMATICA FALLABA CONSTANTEMENTE Y SE SUBSTITUYO POR UNA HIDRAULICA CON SELECTOR MANUAL.

APLICACION: VOLTEO FUERA DE CARRETERA MARCA WACO MOD. 35 B.

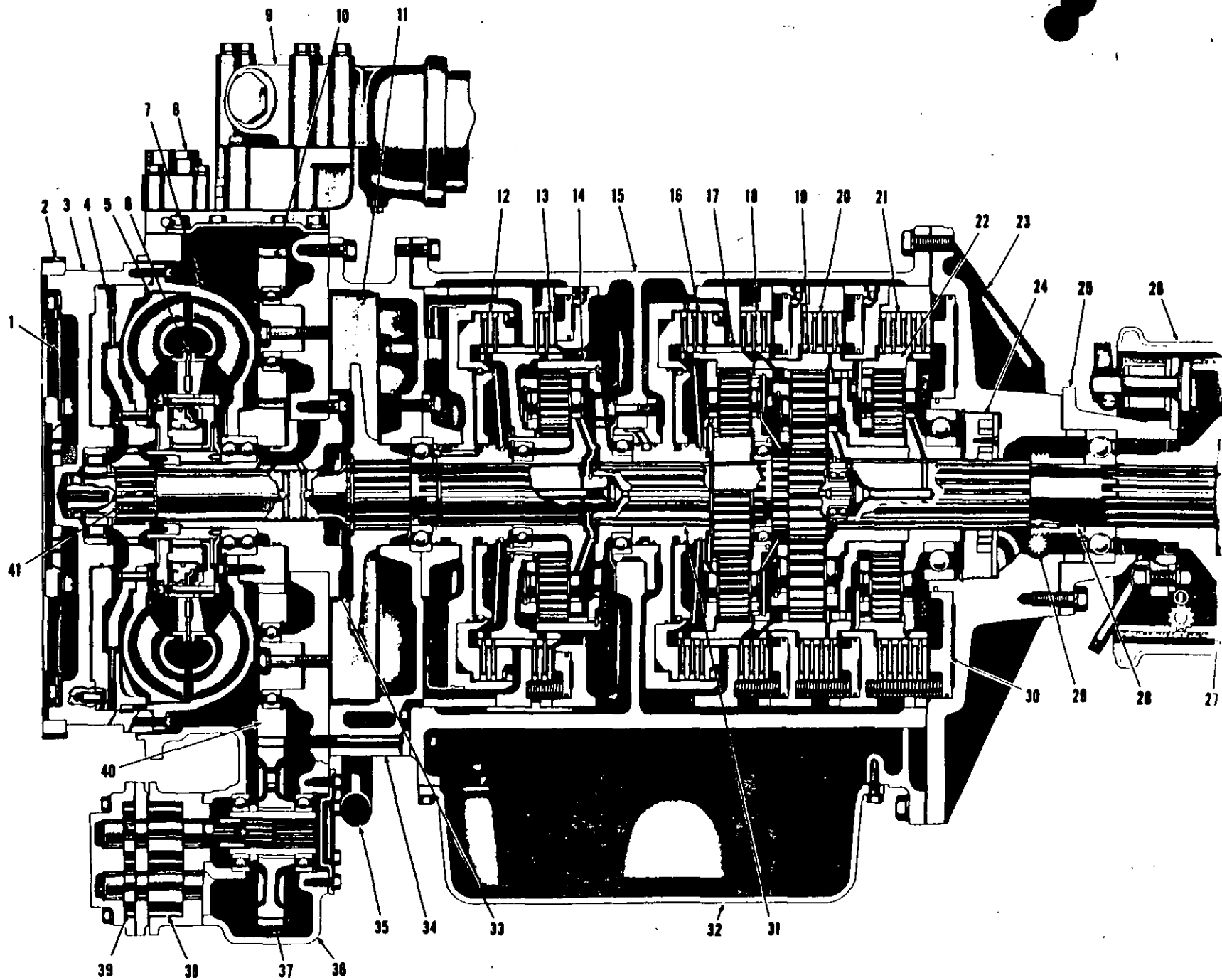
INSTALACION: PUEDE SER REMOTO O DIRECTO AL MOTOR.



- 33 - First trimmer valve body assy
- 34 - Control valve
- 35 - Oil filter
- 36 - Rear and first planetary sun gear
- 37 - Center planetary ring gear
- 38 - Center planetary
- 39 - Third clutch piston
- 40 - Front planetary
- 41 - Front sun gear
- 42 - Fourth clutch piston
- 43 - Fifth clutch piston
- 44 - Lockup cutoff valve
- 45 - Fifth clutch housing
- 46 - Forward clutch housing and input shaft
- 47 - Forward clutch hub
- 48 - Forward clutch piston
- 49 - Charging oil pump
- 50 - Scavenge oil pump
- 51 - Stator
- 52 - Flywheel
- 53 - Transfer housing adapter
- 54 - Transfer gear housing
- 55 - Disconnect clutch housing
- 56 - Disconnect shifter shaft
- 57 - Shaft shifter fork
- 58 - Output shaft
- 59 - Transfer drive gear
- 60 - Transfer idler gear
- 61 - Idler gear spindle
- 62 - Transfer driven gear
- 63 - Disconnect housing adapter



FOLDOUT 2. CLBT 250 AUTOMATIC TRANSMISSION-CROSS SECTION



Model VCLBT 5860 Powershift Transmission Cross Section

5

## CONVERSION DE UNA TRANSMISION MECANICA A HIDRAULICA

VENTAJA: LA REDUCCION DE ESPACIO, VELOCIDADES VARIABLES ADELANTE Y ATRAS Y FRENOS, NO TIENEN AJUSTES Y SU MANTENIMIENTO EN MINIMO.

APLICACION: COMPACTADOR AUTROPULSADO.

INSTALACION: DE TANQUE, BOMBA, VALVULA, LINEAS Y MOTOR.

CONVER IDOR

REVERSOMA ICO

RANSMISION

FRENO

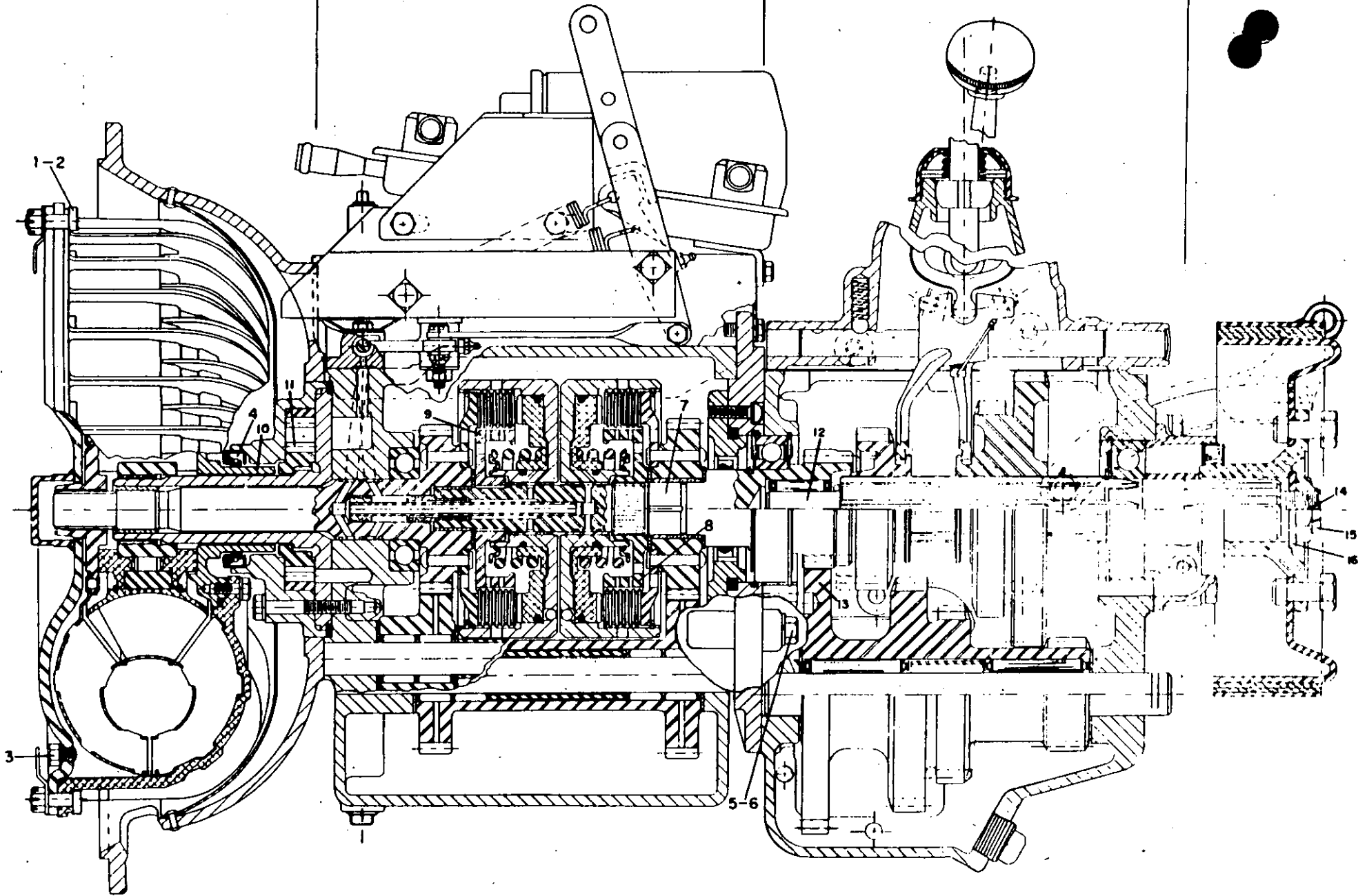
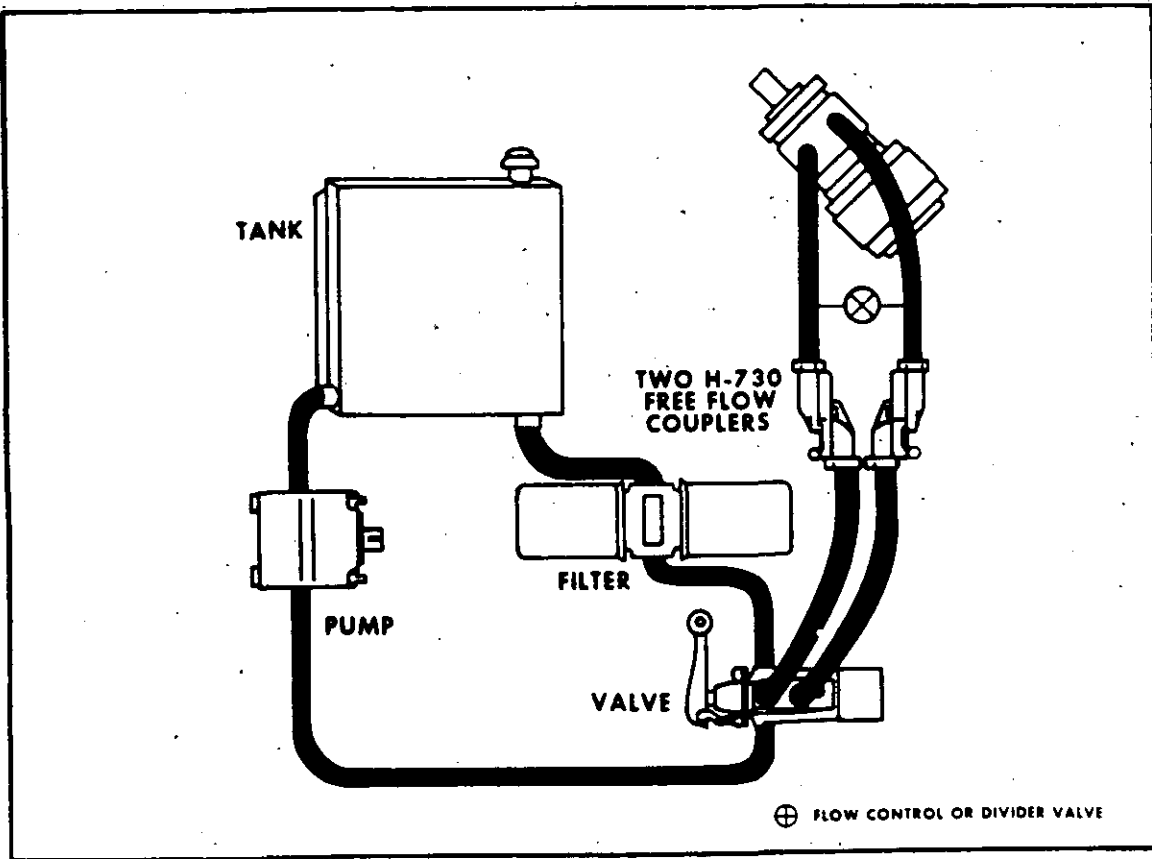
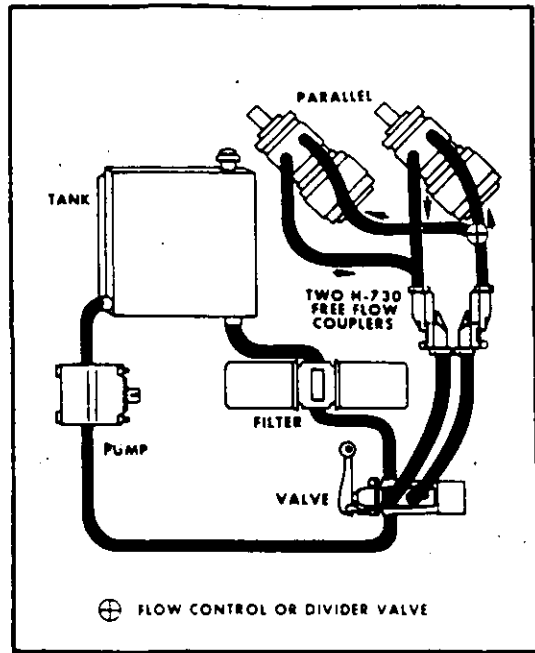
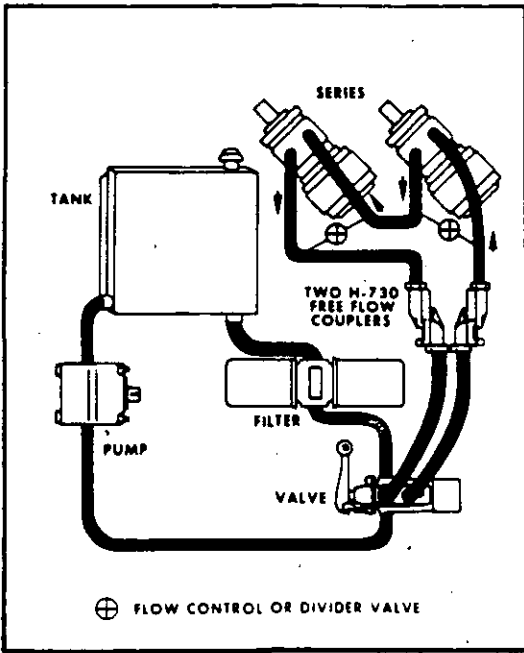


Fig.12-1 Conjunto de la transmisión.

TRANSMISION MECANICA



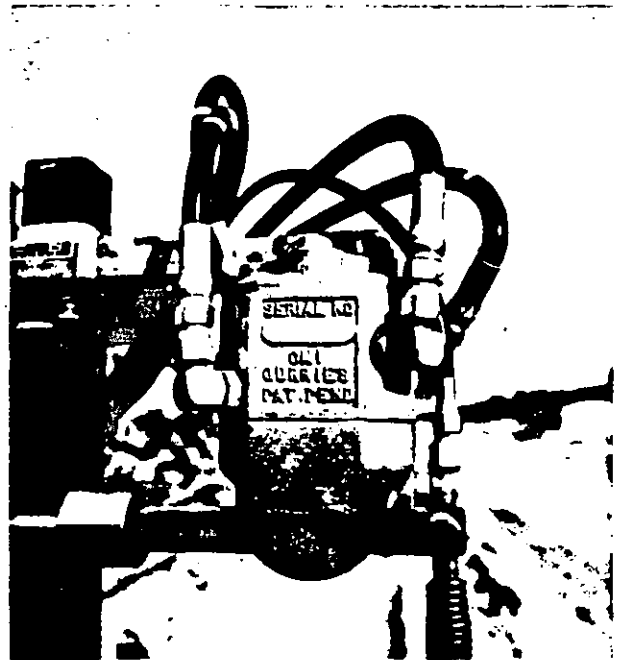
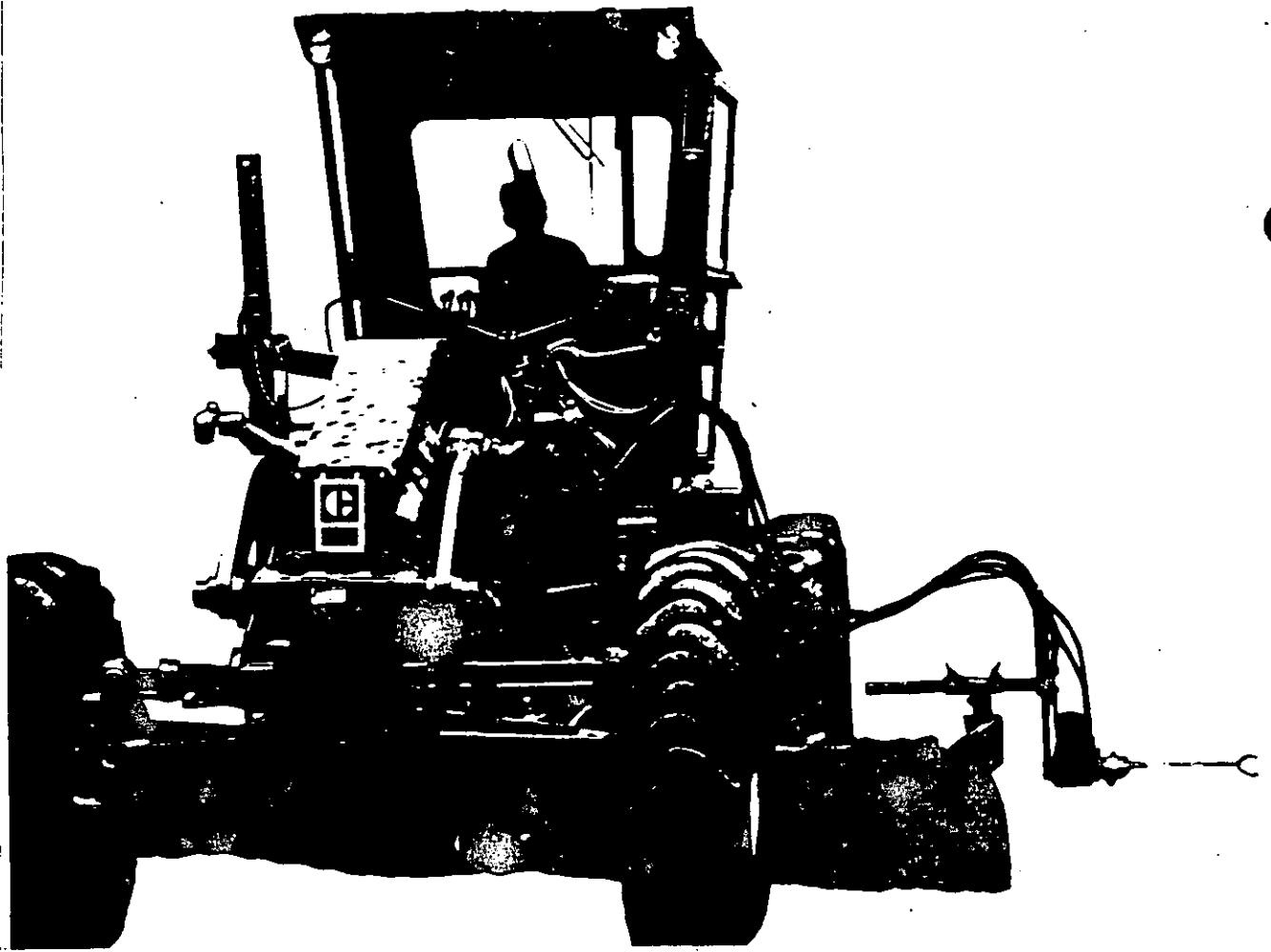
SISTEMA HIDROSTATICO

## CONVERSION DE CONTROL MANUAL A AUTOMATICO

VENTAJAS : DAR AL TERRENO MEJOR NIVELACION.

APLICACION : MOTOCONFORMADORA.

INSTALACION : SE COLOCA UNA VALVULA, DE TAL FORMA QUE ACCIONE LOS GATOS DE NIVELACION DE LA CUCHILLA, HACIENDO ACTUAR UNA LEVA QUE ES DIRIGIDA POR UN CABLE ALINEADO - - PARALELAMENTE CON LA RASANTE, ABRIENDO O CERRANDO - LA VALVULA Y ACCIONANDO DE ESTA FORMA EL SISTEMA.



NIVELACION AUTOMATICA DEL TERRENO

## CONVERSION DE TREN DE RODAJE DE VARIAS MARCAS A MARCA CATERPILLAR

VENTAJAS : AL CONVERTIR LOS TRANSITOS A MARCA CATERPILLAR, SE TIENE UN MAYOR NUMERO DE DISTRIBUIDORES EN LA REPUBLICA Y MAYOR EXISTENCIA.

APLICACION : LA GRAN MAYORIA DE CARRILES.

INSTALACION : CATERPILLAR HA DESARROLLADO UN ESTUDIO DE INTERCAMBIO DE PARTES DE TRENES DE RODAJE CON NUMEROS EQUIVALENTES EN VARIAS MARCAS, POR LO QUE ES POSIBLE OBTENER LOS SISTEMAS DE CONVERSION Y SE PUEDEN VER FISICAMENTE INSTALADOS EN EQUIPOS TEREX, JOHN DEERE, ETC.

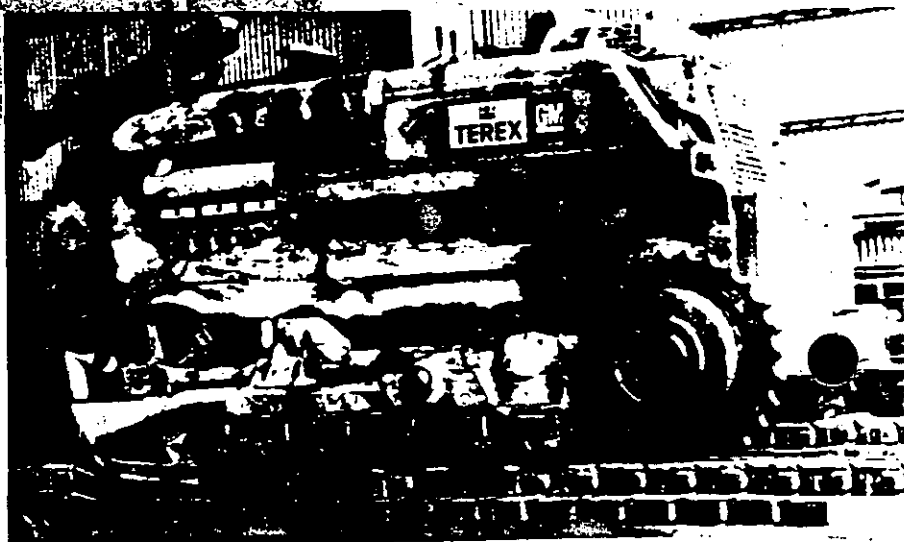




CATERPILLAR

## CONVERSION DE TRENES DE RODAJE

**Guía de  
referencia para  
la conversión de  
trenes de rodaje**



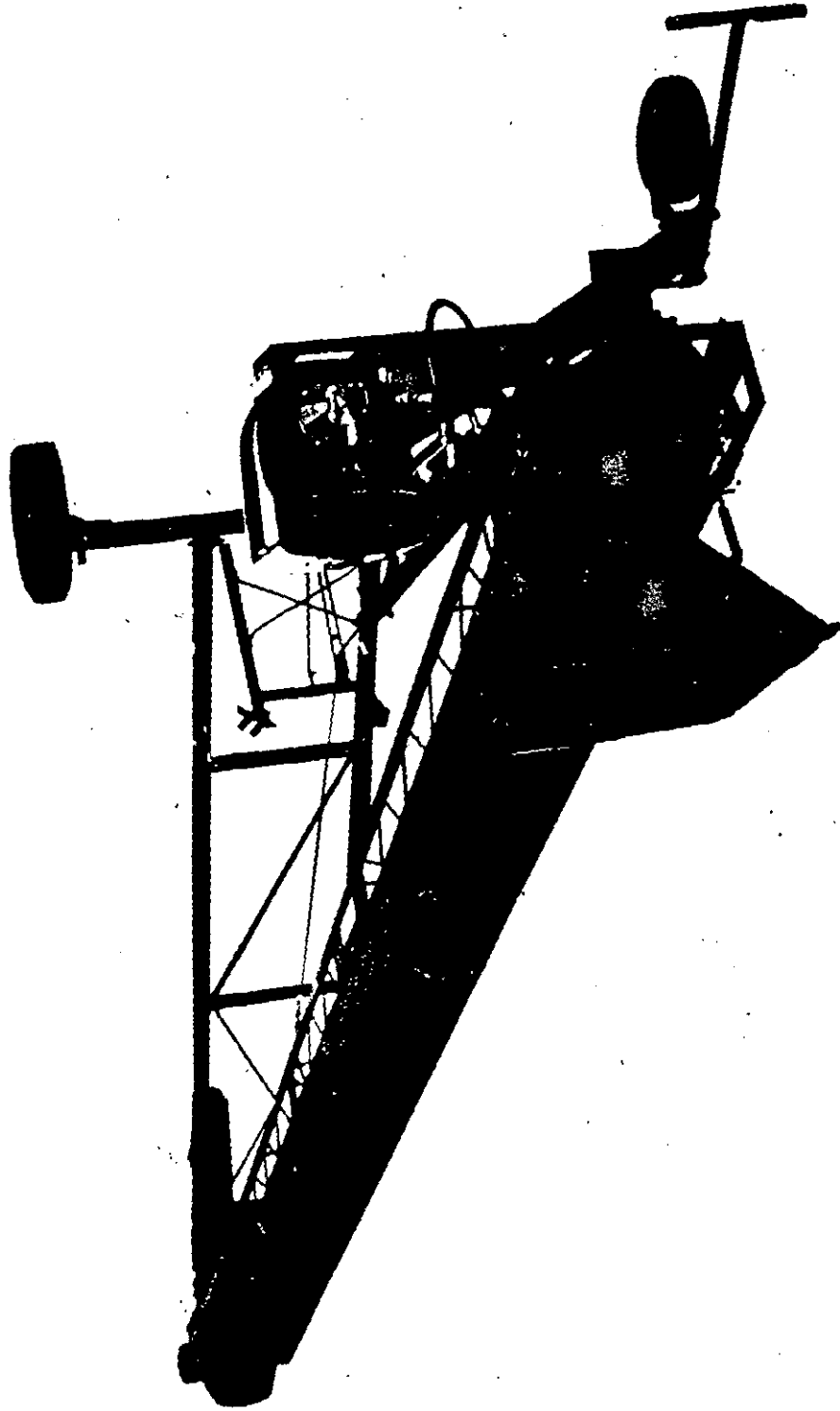
Terex B2-30 convertido a Cadena Sellada y Lubricada de Caterpillar

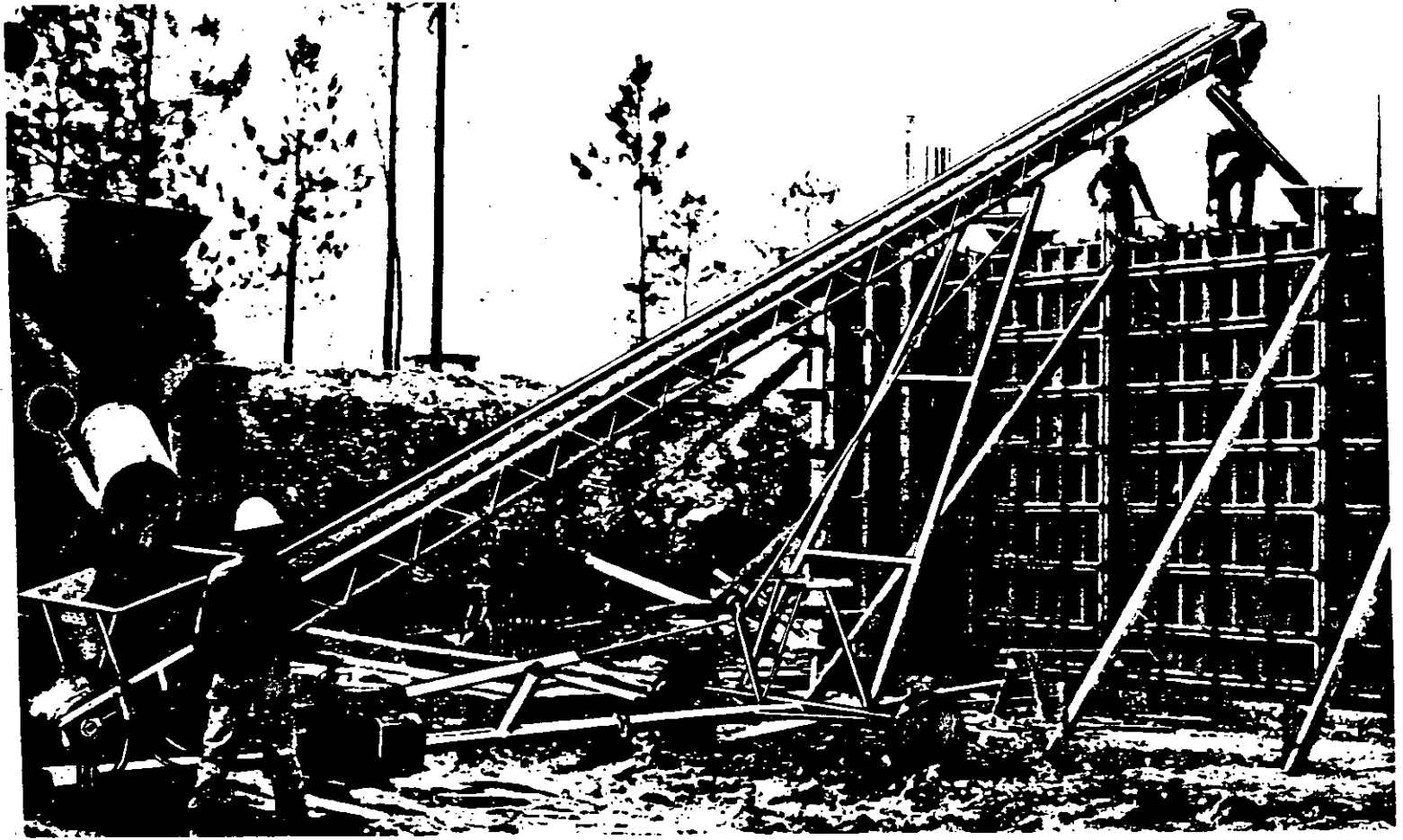
CONVERSION DE UNA BANDA TRANSPORTADORA COMUN A UNA BANDA  
TRANSPORTADORA DE HORMIGON

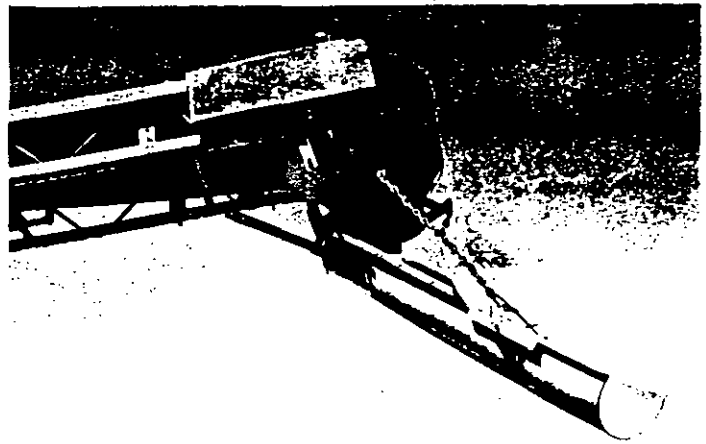
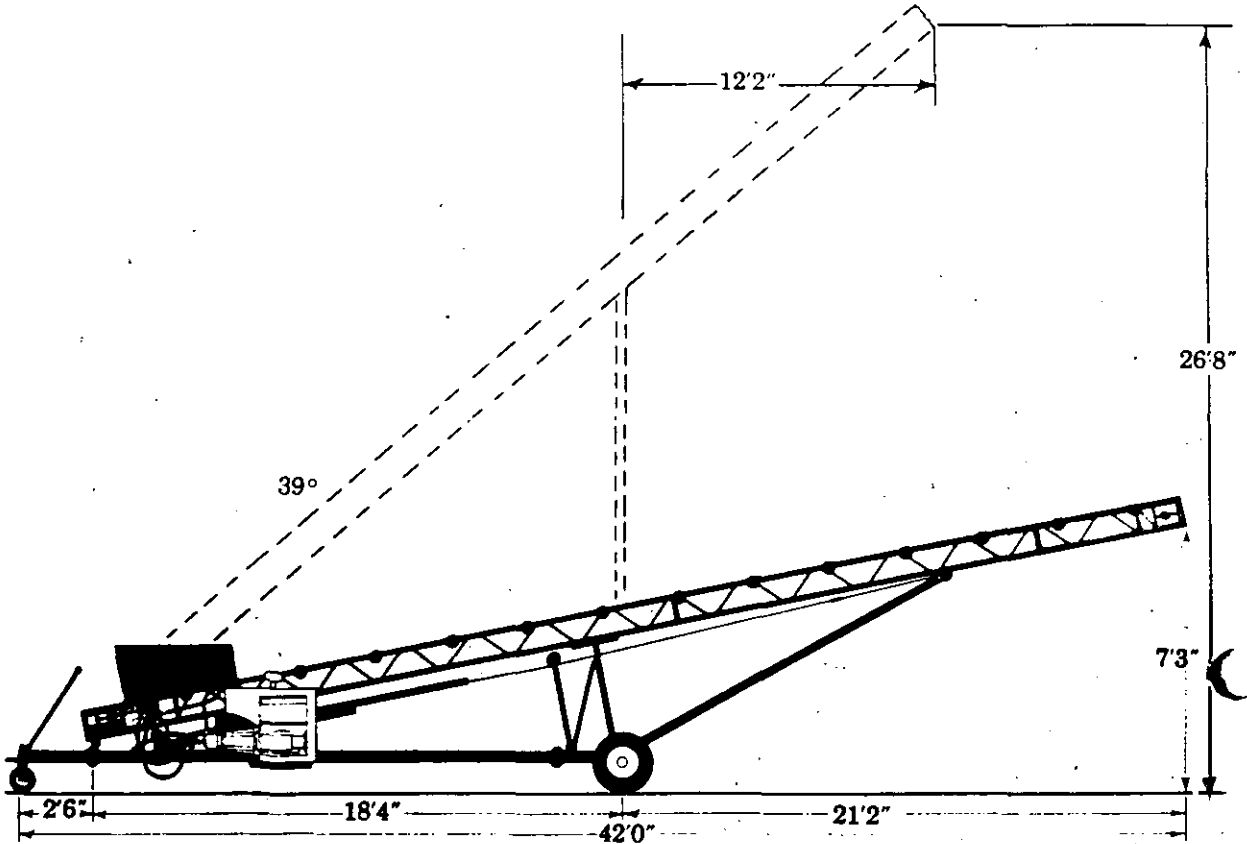
VENTAJAS : ELEVAR EL HORMIGON DE DIRERENTE AGREGADO Y DESCARGAR,  
SIN TENER PROBLEMAS DE TAPONAMIENTO.

APLICACION : ELEVAR EL HORMIGON A UNA ALTURA DE 9 METROS.

INSTALACION : A UNA BANDA NORMAL SE LE COLOCA UNA TOLVA DE RECEP -  
CION Y UN CAÑALON DE DESCARGA.





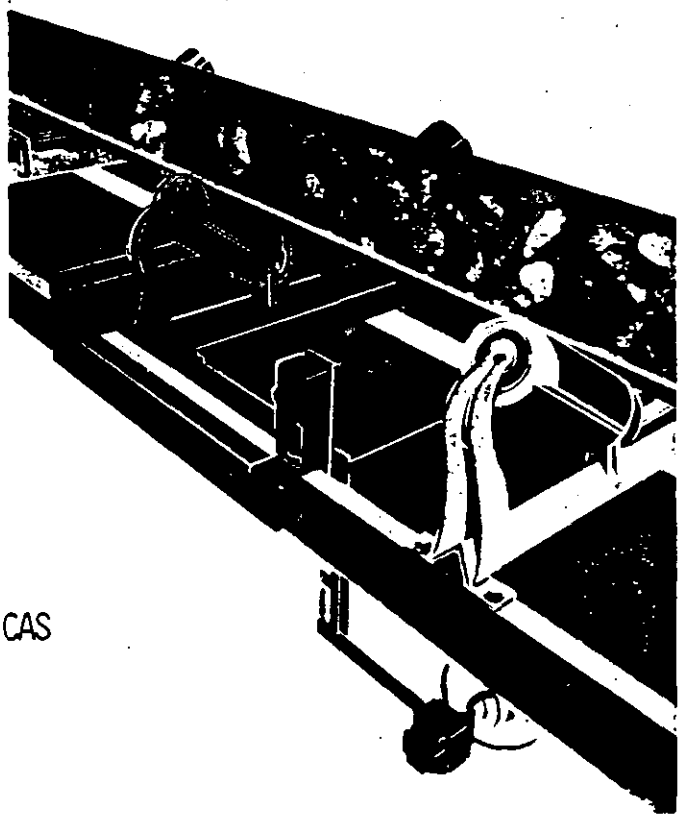
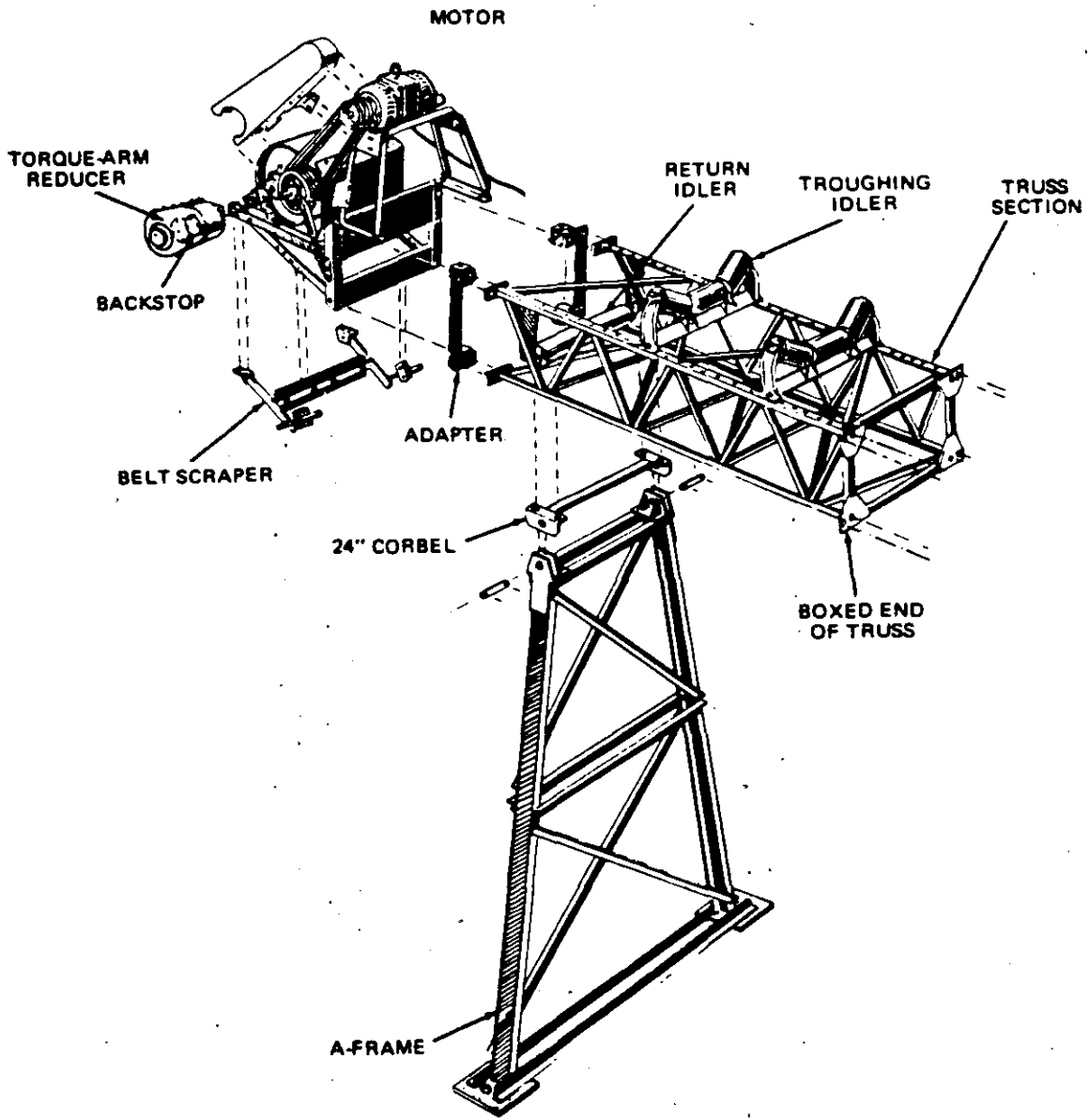


CONVERSION PARA DETECTAR METALES EN UNA BANDA ALIMENTADORA  
DE UN EQUIPO DE TRITURACION

VENTAJAS: EVITAR DAÑOS DE LA GIROESFERA.

APLICACION: EN EQUIPOS DE TRITURACION.

INSTALACION: EN EL TRAYECTO DE LA BANDA SE COLOCA UN ELECTROIMAN, QUE AL ATRAER UN PEDAZO METALICO, ACTIVA UN SENSOR QUE DETENGA EL MOTOR ELECTRICO.



SENSOR DE PARTICULAS METALICAS

## CONVERSION DE NUMEROS ORIGINALES POR EQUIVALENTES

VENTAJAS: OBTENSION DE REPUESTOS EN DIFERENTES MARCAS.

APLICACION: EN BALEROS, RETENES, FILTROS, COPLES.

INSTALACION: PARA INSTALAR ESTOS REPUESTOS NO ES NECESARIO EFECTUAR MODIFICACIONES A NUESTROS CONJUNTOS.





NATL SEAL	450229
NATL SEAL	471688
NATL SEAL	50229
NOVA ENG.	L-114-28
PANGBORN	DV-41074
SKT	40043
STEFA	S1551
TROSTEL	44227
TROSTEL	A54243
STEL	A54243S
VERSAL	31-175
USA-FSN	5330-695-1183
U.S.ELEC.	A-25472
VICTOR	48666
VICTOR	60237
YALE-TOWNE	5850-D-1004
YALE-TOWNE	585-K-14

ISI GROUP 60572

SEE FIGURE NO. 214

.989 in ID	24.61 mm
1.828 in OD	46.43 mm
.438 in W	11.13 mm

ALLIS-CHLM	4302452
ALLIS-CHLM	432452
ALLIS-CHLM	DE-2452
AMER.BRAKE	H165
AMER.CHAIN	PA3709
BAKER-RAU	SN-2260
BBS	142B
BEND.WEST	P15-C-7863
BEND.WEST	P15-C-7863-01
BURTONWOOD	1501
COTTA TRAM	TX106
C/R	10925
C/R	18331
C/R	18331-M1
C/R	502214
C/R	503432
C/R	9680
C/R	9681
FAIR.MORSE	18331
FELT PROD.	15652
FELT PROD.	S15652
GARLOCK	51X277
GARLOCK	51X278
GARLOCK	63X277
GARLOCK	63X278
GISHOLT	55389
GMC	2063192
HUBER-WRCD	4E-14999
HYSYER	29117
IHC	22767-0
IHC	365525-R91
JOHNS-MAN	59438
LAUSON	21151
LAUSON	54-7
LINK BELT	319W28-31
MACK	88AX14
MICH.SHOV	31183
MOPAR	7762
NATL.AUTO.	X-30162-53
NATL SEAL	450040
NATL SEAL	50040
NATL SEAL	50040S
OWENS-ILL	NW-338-C
ROOTES	10005-96
SACO-LOW	4X3318-3
SKT	40003
SKYLINE	54-7
SMITH.A.O.	ATS134
SPICER-DAN	649-463-1
STEFA	S1492
TROSTEL	44039
TROSTEL	44040S
TROSTEL	A54041
TROSTEL	A54041S
UNIVERSAL	31-182
USA-FSN	5330-291-2349
USA-FSN	5330-599-6189
VICTOR	49485
VICTOR	60239
WALKESHA	65944
WESTON	18310943

ISI GROUP 60572.4

O RING-VARIOUS COMPOUNDS

.973 in ID	24.77 mm
1.395 in OD	35.43 mm
.210 in W	5.33 mm

DOWTY	318
MINN.RUB.	8318
PARKER	2-318
PREC.ASSOC	1-318
U.S.STAND.	318
U.S.STAND.	AS318

ISI GROUP 60572.8

O RING-VARIOUS COMPOUNDS

.984 in ID	24.99 mm
1.282 in OD	32.06 mm
.139 in W	3.53 mm

ANGUS	R4100
DOWTY	214
HALLPRENE	OS19

MINN.RUB.	8214
NATL SEAL	622719
PARKER	2-214
PREC.ASSOC	1-214
U.S.STAND.	214
U.S.STAND.	AS214

ISI GROUP 60573

SEE FIGURE NO. 335

.984 in ID	24.99 mm
1.378 in OD	35.00 mm
.290 in W	6.35 mm

NATL SEAL	1159
TROSTEL	A45534

ISI GROUP 60574

SEE FIGURE NO. 326

.984 in ID	24.99 mm
1.378 in OD	35.00 mm
.276 in W	7.01 mm

GMC	714400
NATL SEAL	1166

ISI GROUP 60575

SEE FIGURE NO. 323

.984 in ID	24.99 mm
1.499 in OD	38.07 mm
.250 in W	6.35 mm

NATL SEAL	322324
VICTOR	63448

ISI GROUP 60576

SEE FIGURE NO. 332

.984 in ID	24.99 mm
1.575 in OD	40.01 mm
.375 in W	9.53 mm

GARLOCK	51X7746
GARLOCK	63X7746
NATL SEAL	450908
NATL SEAL	50908S
TROSTEL	A54589S
WAYNE	901027

ISI GROUP 60577

SEE FIGURE NO. 332

.984 in ID	24.99 mm
1.828 in OD	46.43 mm
.437 in W	11.10 mm

DALMO VIC.	X84570
NATL SEAL	450457
NATL SEAL	50457
NATL SEAL	50457S

ISI GROUP 60578

SEE FIGURE NO. 319

.984 in ID	24.99 mm
2.126 in OD	54.00 mm
.593 in W	15.06 mm

C/R	10167
C/R	212C1
NATL SEAL	270925
TROSTEL	473775
TROSTEL	AB1017
TROSTEL	AB1068

ISI GROUP 60579

SEE FIGURE NO. 319

.984 in ID	24.99 mm
3.125 in OD	79.38 mm
.483 in W	11.76 mm

C/R	10190
C/R	12956A
C/R	14606A
C/R	312W1-L
IHC	35085R91
IHC	35880R91
IHC	35883S91
MC CORD	84496
MC CORD	84655
NATL SEAL	6179
VICTOR	47006

ISI GROUP 60580

SEE FIGURE NO. 45

.984 in ID	25.00 mm
1.378 in OD	35.00 mm
.276 in W	7.00 mm

APAX	53515
BORGWARD	9212-609-000
BUSSING	752-590-648
C/R	550157
FIAT	400-01150
FIAT	4046786
FICH.SACHS	0950-136-000
HATZ	A2107
HATZ	A181
MERCEDES	000-997-4346
OPEL	714-400
OPEL	902-681
PAYEN	NA115
PORSCHE	043018
RANS.S.&J.	HO12102
RANS.S.&J.	MIM2535
SAAB	703339
SAAB	707-722
SAAB	707-722UR
SINCA	14090J

SINCA	38296
STEFA	CB253507
TROSTEL	55565
TROSTEL	T1159
VICTOR	44024
WESTON	WR345

ISI GROUP 60581

SEE FIGURE NO. 45

.984 in ID	25.00 mm
1.457 in OD	37.00 mm
.276 in W	7.00 mm

APAX	53703
BMW	0001-506
BMW	1114-0001-506
BMW	9962-218
C/R	550155
DKW	06503-011-90
GEON	B422
ISSETTA	000-1506
MC CORD	FS1134
MOPAR	T3539
NATL SEAL	1134
PAYEN	B422
STEFA	CB253707
TROSTEL	41009
TROSTEL	A45527
VICTOR	44177

ISI GROUP 60582

SEE FIGURE NO. 45

.984 in ID	25.00 mm
1.575 in OD	40.00 mm
.315 in W	8.00 mm

APAX	54014
BMW	23-111-030-540
C/R	550142
ISSETTA	00-30540
ISSETTA	1030540
ISSETTA	0030504
MC CORD	FS1133
MOPAR	T3528
NATL SEAL	1133
PAYEN	B421
PAYEN	NA118
PORSCHE	043228
STEFA	CB254008
TROSTEL	55564
TROSTEL	A45526
VICTOR	44175
WESTON	WR356

ISI GROUP 60583

SEE FIGURE NO. 7

.984 in ID	25.00 mm
1.575 in OD	40.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	54015
LANCIA	250-60210
LANCIA	4165910
PAYEN	B459
PAYEN	NA130
PORSCHE	043021
STEFA	AA254010
WESTON	WR357

ISI GROUP 60584

SEE FIGURE NO. 178

.984 in ID	25.00 mm
1.996 in OD	40.54 mm
.250 in W	6.35 mm

C/R	9700
-----	------

ISI GROUP 60585

SEE FIGURE NO. 131

.984 in ID	24.99 mm
1.996 in OD	40.54 mm
.328 in W	8.33 mm

AMER.BOSCH	PK-766
C/R	159GH1-Q6
C/R	500882
C/R	9905
JOY MFG.	901241-460
SCIANTILLA	L8053-30

ISI GROUP 60586

SEE FIGURE NO. 7

.984 in ID	25.00 mm
1.654 in OD	42.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	54218
PAYEN	B460
STEFA	AA254210
WESTON	WR360

ISI GROUP 60587

SEE FIGURE NO. 7

.984 in ID	25.00 mm
1.772 in OD	45.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	54503
BROWN.D.	1
GOGGOMBIL	6001-02012-00
PAYEN	B461
WESTON	WR365

ISI GROUP 60588

SEE FIGURE NO. 45

.984 in ID	25.00 mm
1.811 in OD	46.00 mm
.276 in W	7.00 mm

APAX	S4601
C/R	550202
C/R	CB254607
GEON	C932
MC CORD	FS1062
MOPAR	T35677
NATL SEAL	1062
PAYEN	B289
PAYEN	B506
PAYEN	NA153
RENAULT	8240087
STEFA	CB254607
TROSTEL	A45460
VICTOR	44014
WESTON	WLK88
WESTON	WR368

ISI GROUP 60589

SEE FIGURE NO. 7

.984 in ID	25.00 mm
1.850 in OD	46.99 mm
.394 in W	10.00 mm

ALFA ROMEO	2340-34349C
ALFA ROMEO	350-017
APAX	54708
BORGWARD	N15049
FIAT	543310
LANCIA	2137330
LANCIA	C10-19061
PAYEN	B462
PAYEN	NA131
SCAN.VABIS	14193
STEFA	AA254710
WESTON	WR372

ISI GROUP 60590

SEE FIGURE NO. 45

.984 in ID	25.00 mm
1.969 in OD	50.01 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	S5003
MERCEDES	000-997-4347
PAYEN	B482
SAAB	707-282
STEFA	CB255010
WESTON	WR807

ISI GROUP 60591

SEE FIGURE NO. 45

.984 in ID	25.00 mm
2.047 in OD	52.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	S5202
BAMFORD	4072881
BUSSING	30-14645
BUSSING	30-1465
PAYEN	CB56
STEFA	AA255212
STEFA	CB255210
WESTON	WR385
WESTON	WR548

ISI GROUP 60592

SEE FIGURE NO. 45

.984 in ID	25.00 mm
2.047 in OD	52.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	S5202
BAMFORD	4072881
BUSSING	30-14645
BUSSING	30-1465
PAYEN	F109
PAYEN	NA880
ROOTES	661003
WESTON	WLS74

ISI GROUP 60593

SEE FIGURE NO. 7

.984 in ID	25.00 mm
2.047 in OD	52.00 mm
.472 in W	12.00 mm

APAX	S5202
STEFA	C782
STEFA	AA255212

ISI GROUP 60594

SEE FIGURE NO. 7

.984 in ID	25.00 mm
2.441 in OD	62.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	S6227
PAYEN	CB57
STEFA	AA256210
WESTON	WR562

ISI GROUP 60594.4

O RING-VARIOUS COMPOUNDS

.987 in ID	25.07 mm
1.193 in OD	30.30 mm
.103 in W	2.62 mm

ANGUS	R3100
DOWTY	120
HALLPRENE	D1604M
MINN.RUB.	8120
NATL SEAL	610066

PARKER	2-120
PREC.ASSOC	1-120
U.S.STAND.	120
U.S.STAND.	AS120

ISI GROUP 60594.8





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

***CURSOS ABIERTOS***

***II CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION***

*Del 22 de Junio al 17 de Julio*

***MODULO I***

***MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS***

***EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO***

***AUTOR: JOSE PIÑA GARZA***

***EXPOSITOR: ING. ESTEBAN FIGUEROA I***

***PALACIO DE MINERIA***

***JUNIO  
1992***

## EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO

Ing. José Piña Garza

El proceso inflacionario que se observa en nuestro país desde hace ya muchos años incide directamente en la Industria de la Construcción ocasionando alteraciones importantes en los precios de adquisición de maquinaria, en los costos unitarios y -consecuentemente- en los criterios de operación y selección de equipo.

El objetivo de este tema es la presentación de algunos conceptos que conviene tomar en cuenta en el uso del equipo de construcción para la determinación de costos ante este proceso inflacionario.

De hecho, todos en nuestro medio percibimos los efectos de la inflación; un ejemplo concreto en equipos de construcción lo tenemos en el tractor D-8 cuyas características permanecieron prácticamente invariables durante años y podemos considerar que se trata de un mismo producto en el cual los precios de adquisición con el transcurso del tiempo -mostrados en la tabla (A)- se fueron incrementando sistemáticamente.

Es evidente la pérdida del valor adquisitivo del dinero; además, observamos que dicha pérdida es diferente si se mide en pesos o en dólares, lo que pone de manifiesto una mayor inflación en México que en Estados Unidos.

Por lo que se refiere a nuestra moneda, el Banco de México elabora periódicamente los índices de precios al consumidor, tabla (B), que pretenden medir la pérdida en el valor adqui-

sitivo revaluando el precio de adquisición de una canasta representativa de bienes y servicios a los precios de mercado vigentes en un momento dado y dividiendo el importe así obtenido entre el que resulte de aplicar a los mismos bienes los precios constantes de un determinado año base. Observamos que dicha pérdida es también diferente de la que se aprecia para el caso concreto del tractor D-8.

Con objeto de lograr una razonable comprensión respecto a las causas y efectos del fenómeno que envuelve a las actividades de la industria de la construcción, conviene plantear el diagrama de circulación económica, fig. (1), que describe las relaciones entre los principales componentes del sistema de economía mixta vigente en nuestro país. Considera en primer término a los organizadores de la producción (empresas o personas) que se encargan de producir los bienes o proporcionar los servicios que se ofrecen en el mercado de bienes y servicios.

Para producir tales bienes y servicios, los organizadores de la producción requieren de mano de obra y de capital que obtienen a cambio de un salario y de una renta; además requieren de los insumos y bienes de capital que adquieren de otros productores, que a su vez requirieron de mano de obra y capital para producirlos.

La mano de obra y el capital son los factores de la producción que ofrecen sus propietarios, las familias de una sociedad, en el mercado de factores.

(El análisis clásico considera a los recursos naturales, cuando son susceptibles de apropiación, como un tercer factor de la producción. Para efectos de esta presentación se los considera incorporados al capital suponiendo la intercambiabilidad entre los elementos que lo forman).

Con el ingreso logrado a cambio de los factores de la producción, las familias adquieren en el mercado de bienes y servicios los que requieren para satisfacer sus necesidades, pagando por ellos el precio fijado en el mercado, importe que finalmente reciben los organizadores de la producción por haber proporcionado tales bienes y con el cual pagan a su vez los factores utilizados.

No todo el ingreso de las familias se destina a la adquisición de bienes y servicios; parte de él se destina al ahorro que es la base de la formación de nuevo capital. Con ello se cierra el circuito básico de circulación económica. Este ahorro es fundamental si se desea expandir la economía, como en nuestro caso, para crear nuevas organizaciones de producción que den empleo suficiente a la creciente población y generen los bienes que ésta demanda.

El diagrama se complementa, fig. (2), con la intervención del Estado que recibe ingresos vía impuestos, tanto de los organizadores de la producción como de las familias, con los cuales ocupa factores y adquiere bienes para proporcionar servicios institucionales que -por sus características o por su naturaleza- no deben o no pueden ser proporcionados por el sector privado.

El diagrama permite comprender las causas y efectos más importantes del proceso inflacionario al considerar que el sistema tiende a mantener el equilibrio entre el ingreso y el gasto; esto es, que el total del ingreso logrado por las familias en un cierto período tiende a ser igual al importe total de los bienes y servicios producidos en el mismo período (incluido el ahorro como fuente de satisfactores a futuro).

Una (primera) explicación clásica surge del efecto que tienen las leyes de oferta y demanda para mantener ese equili-

brio, toda vez que si se presenta un excedente en el ingreso, las familias demandan más bienes y servicios de los que los productores proporcionaron, ocasionando la escasez de productos y el correspondiente incremento en los precios, logrando finalmente, que el total del ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibre con el valor de los productos disponibles en el mercado en un período determinado. De manera semejante, si los productores ofrecen más bienes y servicios de los que las familias pueden adquirir normalmente, se presenta un fenómeno de abundancia con el respectivo abatimiento de precios, que origina -por una parte- la disminución del ritmo de producción y -por otra- que nuevamente el total del ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibre con el valor de los productos disponibles en el mercado.

Otras explicaciones señalan que cuando se presenta un desequilibrio temporal en el mercado de bienes y servicios, ya sea por exceso de gasto público no soportado por el correspondiente incremento en producción (emisión de moneda por arriba de lo razonable asociada a un déficit ingresos-egresos del sector público), o bien cuando con el mismo esfuerzo se obtiene menor producción (como ocurrió en 1973 en el sector agropecuario a nivel mundial) se origina un claro fenómeno de escasez, el cual motiva la elevación de precios.

Sin embargo, para nuestro país se considera que los elementos característicos del desequilibrio en el sistema han estado constituidos por las decisiones unilaterales de sectores importantes de la economía en el sentido de fijar, intempestivamente, elevaciones de precios que alteran profundamente la relación con el precio de otros bienes y servicios, como ocurrió a partir de 1973 con el precio de los



hidrocarburos y sus derivados, así como también en los incrementos más que proporcionales de los impuestos fijados por el propio sector público para tratar de cubrir el déficit en sus ingresos.

Para los organizadores de la producción esto se traduce en la necesidad de recuperar los pagos crecientes que efectúan por concepto de impuestos y de empleo de los factores (mano de obra y capital incluidos los correspondientes a insumos utilizados) a través del incremento en los precios de bienes y servicios que producen.

Ante la elevación de precios los propietarios de los factores (las familias) demandan un mayor pago con la intención de satisfacer las necesidades que venían cubriendo con su ingreso anterior. Los organizadores de la producción se ven precisados nuevamente a transferir al precio de venta el importe adicional que pagaron por los factores utilizados y por el incremento más que proporcional a sus impuestos, con lo que se cierra el circuito y se produce una nueva elevación de precios originando que los propietarios de los factores exijan a su vez un nuevo incremento de salarios y rentas, estableciéndose el círculo elevación de salarios-elevación de precios. Es importante observar que la inflación puede continuar a pesar de haber desaparecido el detonante que la motivó inicialmente.

El sistema económico es un producto natural de la evolución económica y de la distribución del trabajo, sobre el cual la administración pública trata de actuar para controlarlo con el propósito de modificar su comportamiento, de manera que se puedan cumplir algunos objetivos de carácter social.

Es preciso reconocer que -entre otros aspectos- el proceso inflacionario limita la inversión en organizadores de produc-

nos cuantiosos que ahora se deben regresar incrementados por una pesada carga de intereses. (En 1977 se evitó esta situación con préstamos avalados por el Fondo Monetario Internacional y posteriormente, de manera por demás desafortunada, con endeudamiento sostenido en los incrementos de reservas petroleras).

No es fácil detener la inflación por las respuestas políticas que ello ocasionaría; existen además elementos distorsionadores que crean profundas confusiones, que mantienen la tendencia inflacionaria y que requieren cuidadosas consideraciones para precisar el efecto que pueden tener en los precios. El servicio a la deuda externa complica las decisiones del sector público en materia de impuestos que inciden en forma devastadora en la amplificación del proceso inflacionario. El análisis que a continuación se presenta trata de ilustrar una manera de conocer estos efectos en lo relativo a los costos de equipos de construcción.

Para ello se considera conveniente presentar primero la discusión de los conceptos de rendimiento real y rendimiento aparente de capital. La diferencia entre uno y otro surge en los propietarios de capital por encontrar un mejor "valor de oportunidad" para el patrimonio que, en muchos casos, han logrado formar a través de un gran esfuerzo en un período de prolongado tiempo y que se precisa a través de un ejemplo.

Supongamos a una persona que ha logrado mediante el ahorro un determinado capital y se encuentra ante la decisión de dónde invertir su patrimonio, para lo cual considera tres alternativas:

- 1) Invertir el capital en un banco del país con rendimiento de 48% anual (\*).
- 2) Invertir el capital en dólares y en un banco extranjero con rendimiento de 7% anual (\*).
- 3) Invertir en la construcción de un edificio de departamentos con rendimiento de 12% anual, menos gastos de administración y mantenimiento.

Esta persona está consciente del proceso inflacionario y ha estimado la tasa de inflación para nuestro país en 40% (\*), e igualmente ha estimado la tasa de inflación en dólares en 2%, con lo cual ha formado las siguientes tablas (ver tablas C, D y E) que muestran los rendimientos reales futuros de un capital unitario para las 3 alternativas.

En la tabla (C) -caso 1- se observa que del rendimiento aparente -columna (4)- se debe reinvertir una parte -columna (5)- para no reducir el poder adquisitivo del capital inicial; de manera que el rendimiento real -columna (6)- es la diferencia (8%) sobre precios corrientes que existe entre el rendimiento aparente (48%) y la pérdida del valor adquisitivo de la moneda (40%) en el período de análisis. (La inflación, supuestamente constante durante 15 años, significaría que al cabo de este plazo se requerirían 155.6 veces más dinero para adquirir los mismos bienes al precio de 15 años antes).

En la tabla (D) -caso 2- se considera un cálculo semejante al de la tabla anterior en dólares con rendimientos aparentes.

---

(\*) Las cifras se presentan exclusivamente con carácter ilustrativo para explicar el concepto.

de 7% menos 2% de inflación para tener un rendimiento real medido sobre precios corrientes de 5% anual; en estos cálculos se ha agregado la comparación con la pérdida de valor adquisitivo de nuestra moneda en relación con el dólar que obliga a una devaluación sistemática para absorber ese diferencial de inflación -40% menos 2% que es igual a 38% medido sobre precios corrientes o bien igual a 37.3% sobre precios constantes  $-(1.40/1.02-1.0) \times 100.0 = (1.373-1.0) \times 100.0 = 37.3-$ ; la tasa de cambio vigente en el primer año se establece como base de la comparación, de manera que después de 15 años de mantener el diferencial se requerirán 115.6 más pesos para comprar un dólar de los que se requerían 15 años antes.

La tabla (E) -caso 3- presenta una diferencia importante con las dos anteriores en cuanto a que del rendimiento aparente no es necesario reinvertir la pérdida del valor adquisitivo de la moneda para conservar el capital inicial sino solamente lo que se requiera en materia de conservación y mantenimiento (supuestamente 3% anual) puesto que el edificio se revalúa automáticamente con la inflación.

Por la diferencia entre rendimientos reales y rendimientos aparentes, de estas alternativas se elegiría la última, ya que representa el (mejor) valor de oportunidad para su inversión y que corresponde al mayor rendimiento real, aun cuando el rendimiento aparente sea notablemente inferior al de la primera opción.

Sin embargo, por las características políticas de nuestro sistema económico (inflación real mayor que la anunciada, congelación de rentas, control de cambios, etc.) es posible que el ahorrador de nuestro ejemplo pudiera tomar otra decisión.

Pero cualquiera que ésa sea, lo relevante para los fines de nuestra exposición es encontrar una manera de determinar los importes que deben aplicarse a la utilización de maquinaria de construcción a efecto de que representen una cuarta opción de inversión, equivalente a la mejor de las accesibles en los mercados de capital; esto es, bajo la hipótesis de que quienes están dispuestos a invertir en equipo de construcción esperan, cuando menos, un rendimiento semejante al que pudieran obtener de su dinero colocado en otro rubro industrial o de servicios. (Se hace abstracción de la reducción del mercado de la construcción motivada por la situación económica, ya que no tendría sentido invertir en equipo si se sabe que éste no podrá ser utilizado en una obra por contracción de la demanda, en todo caso el análisis es pertinente para una inversión ya colocada en maquinaria de construcción).

Tal inversión podrá llevarse al cabo como persona física o como accionista de una arrendadora de maquinaria o bien como accionista de una empresa constructora; en este último caso para evitar confusiones en la determinación de la rentabilidad de maquinaria debe suponerse una división explícita de la operación de la empresa, agrupando por una parte lo relativo a los ingresos por concepto de equipo y por otro los ingresos originados en las actividades propiamente de construcción.

Esta separación es conveniente en cuanto a que permite distinguir hasta qué grado las utilidades de la empresa se generan en la actividad constructora "per se", de las que se originan por el uso y la tenencia del equipo, a fin de precisar el rendimiento al capital invertido en uno y otro campo, además de que presenta ventajas importantes en cuanto al manejo de información y a la delimitación de áreas de responsabilidad y autoridad para tomar decisiones.

no se deben tanto a la pérdida de eficiencia de la máquina en sí, como a número de horas efectivas por mes de que se puede disponer y lo cual permite establecer una base de homologación para equipos similares pero con diferente edad.

Las rentas obtenidas de esta manera eran válidas con el tratamiento fiscal que disfrutaron las empresas constructoras hasta el 31 de diciembre de 1981. Con el tratamiento fiscal vigente es preciso efectuar el ajuste a la renta para que una vez descontados los impuestos y el reparto de utilidades, se obtengan los mismos valores objetivo establecidos con anterioridad.

Veamos el efecto de este tratamiento fiscal en las rentas de maquinaria, pero hagamos primero un poco de historia. A partir de 1982, las empresas constructoras debían calcular el impuesto sobre la renta no como porcentaje fijo del volumen de contratación, sino como un porcentaje variable de la diferencia entre ingresos menos costos.

En la tabla (T-1) se muestra el cálculo de esa renta modificada, realizado en forma semejante a lo indicado por la tabla (J), sólo que en este caso, al final de cada año, se descuenta del ingreso acumulado lo que se tenía que pagar de impuestos, que se supuso del 50% (40% de ISR y 10% de RUT de la diferencia entre los ingresos de ese año menos la depreciación fiscal autorizada). En esto podía haber una gran cantidad de variantes; el cálculo se ha elaborado suponiendo una depreciación del 20% anual del valor de adquisición a precios constantes (sin inflación), como si se tratara de equipo de transporte. En la realidad se tenía que considerar 42% de ISR y de 8 a 10% de reparto de utilidades, y el plazo de depreciación que establecía la legislación para equipos específicos de construcción afectados por modificaciones que alteraban estos plazos conforme a una gran variedad de excepciones fiscales.

Bajo las hipótesis anteriormente señaladas, la diferencia en las rentas, antes y después de impuestos, era de una enorme magnitud (casi de 40%) que se originaba de considerar como utilidad gravable al rendimiento aparente del capital invertido y no al rendimiento real. Esto se puede observar más claramente en la tabla (T-4) que presenta a precios constantes los mismos valores que la tabla (T-1) presenta a precios corrientes, ya que la depreciación fiscal era sensiblemente inferior a la real.

Es preciso advertir, sin embargo, que la legislación vigente pretende ahora reconocer los efectos de la inflación a través de la reexpresión de activos no monetarios. En la tabla (T-7) se presenta el cálculo de la renta unitaria de maquinaria bajo la hipótesis de que la legislación del impuesto sobre la renta a futuro autorice, como deducción para fines de impuestos, la depreciación fiscal multiplicada por el factor de actualización asociado a la inflación que en nuestro caso sería de  $(1.40)^n$ , para  $n = 1, 2, \dots, 5$ . La mecánica de cálculo es la misma de la tabla (T-1).

Para mayor información se acompañan las tablas T2-T3, T5-T6 y T8-T9 correspondientes a las tablas T1, T4 y T7, las cuales pretenden descomponer las rentas propuestas en las partes relativas a interés y depreciación, habiendo sido necesario introducir una componente adicional para cubrir los impuestos que no reconocen el efecto inflacionario.

Haciendo una variación paramétrica de las tasas de inflación y de las tasas de rendimiento real deseado y manteniendo constantes los demás parámetros de cálculo señalados en la tabla (T-7), -vida económica, factores de rendimiento, valor de adquisición, valor de rescate, revisiones escalatorias por año- se han determinado las rentas respectivas y se ha elaborado la gráfica anexa, fig. (4), en la que se muestra la relación que existe entre la renta mensual al inicio de

la vida útil y la tasa de rendimiento real (a precios constantes) para diferentes niveles de inflación.

Debe enfatizarse que estos valores se presentan a título ilustrativo y que deben tomarse con todas las reservas del caso ya que la legislación cambia cada año (además de que no se ha reconocido en el pasado todo el impacto inflacionario) y que su aplicación involucra otros conceptos (nivel de activos monetarios, exceso de pasivos, cuentas por cobrar a consumidores finales, etc.) cuyo verdadero impacto sólo podrá obtenerse de una evaluación que es objeto de estudio dentro de la planeación financiera propia de cada empresa constructora.

En cualquier caso se considera que los ejemplos presentados anteriormente permiten desarrollar, con la ayuda de un experto en asuntos fiscales, las tablas de cálculo (y los programas de computadora necesarios) para determinar las rentas que deben aplicarse por concepto de utilización de equipo conforme a las características de cada empresa a fin de recuperar el capital invertido en el equipo y obtener un rendimiento razonable de esa inversión.

Específicamente se considera que con la ayuda del procesamiento electrónico de información y con los mismos criterios con los que se han elaborado las tablas de renta mensual mostradas previamente, se puede llevar el control de cada máquina incluyendo conceptos adicionales aplicables a cada una de ellas.

Así, por ejemplo, cuando se procede a una reparación mayor o la reconstrucción de un equipo entonces se incrementa la inversión en el equipo pero también se incrementa la vida útil, por lo que -y ya de manera general- se puede calcular para cada máquina y en cada mes conforme al pronóstico de inflación aplicable en el corto plazo y de acuerdo al valor



del equipo en el mes (el remanente de la inversión que todavía está en la máquina) la renta con la cual se recuperará la inversión remanente y se cubrirá el rendimiento a dicha inversión.

En todo ello debe prevalecer un principio de racionalidad económica que evite la descapitalización de las constructoras (ignorada a veces por la propia inflación) pero que también evite el otro extremo, la fijación de precios por arriba de lo razonable que dejarían a la empresa fuera del mercado.

México, D. F., junio de 1988.

#### Anexos

21 Tablas - de la (A) a la (L) y de la (T-1) a la (T-9).

4 Figuras- de la (1) a la (4).

TABLA (A).- VARIACION EN EL PRECIO DE UN TRACTOR D-8

AÑO	PRECIO (dólares EUA)	CAMBIO (\$Mex/! dólar EUA)	PRECIO (pesos Mex)	Indice de precios
1972	72,000	12.50	900,000	27.0
1973	73,000	12.50	913,000	27.4
1974	113,000	12.50	1'413,000	42.4
1975	125,000	12.50	1'563,000	46.9
1976 (ago)	127,000	12.50	1'588,000	47.6
(sep)	132,000	19.60	2'489,000	74.6
1977	143,000	22.50	3'218,000	96.5
1978	145,000	23.00	3'335,000	100.0
1979	166,000	23.00	3'818,000	114.5
1980	191,000	23.00	4'393,000	131.7
1981 (ene)	221,700 (10%)*1	23.34	5'435,000	163.0
(jul)	265,000 (25%)	24.57	6'861,000	205.7
(oct)	272,600 (25%)	25.20	7'213,000	216.3
1982 (ene)	334,900 (50%)	26.50	9'318,000	279.4
(feb)	334,900 (50%)	37.50	13'186,000	395.4
(mar)	267,900 (20%)	47.25	13'290,000	398.5
(sep)	271,800 (20%)	70.00	23'200,000	695.7
1983	276,300 (20%)	120.00	40'280,000	1207.8
1984	285,900 (20%)	150.00	52'100,000	1562.2

\*1 Variación en el arancel de importaciones.

TABLA (B). INDICE GENERAL DE PRECIOS

1936	3.131	1962	24.272
1937	3.784	1963	24.565
1938	4.077	1964	25.407
1939	4.025	1965	26.061
1940	4.180	1966	26.078
1941	4.387	1967	26.870
1942	4.885	1968	27.816
1943	5.918	1969	27.902
1944	7.122	1970	30.276
1945	7.965	1971	31.136
1946	8.997	1972	31.875
1947	9.771	1973	36.124
1948	10.356	1974	45.155
1949	11.371	1975	49.336
1950	12.282	1976	57.008
1951	15.774	1977	85.959
1952	16.239	1978	100.000
1953	15.740	1979	118.200
1954	17.271	1980	149.300
1955	19.301	1981	191.100
1956	20.625	1982	303.600
1957	21.279	1983	612.900
1958	22.518	1984	1014.100
1959	22.500	1985	1599.700
1960	23.756	1986	2979.200
1961	23.997	1987	6906.600
		1988	15000.000

\* Estimado.

TABLA (C).- (CASO 1) INVERSION BANCARIA EN PESOS.

AÑO	CAPITAL INVERTIDO A PRECIOS CONSTANTES	CAPITAL INVERTIDO A PRECIOS CORRIENTES (INFLACION DE 40% ANUAL)	RENDIMIENTO APARENTE DEL CAPITAL INVERTIDO (48% ANUAL)	CANTIDAD QUE SE REINVIERTE (40% ANUAL)	RENDIMIENTO REAL DEL CAPITAL INVERTIDO (8% A PRECIOS CORRIENTES)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	1'000	1'000	480	400	80
2	1'000	1'400	672	560	112
3	1'000	1'960	941	784	157
4	1'000	2'744	1'317	1'098	219
5	1'000	3'842	1'844	1'536	308
6	1'000	5'378	2'581	2'152	429
7	1'000	7'530	3'614	3'011	603
8	1'000	10'541	5'060	4'217	843
9	1'000	14'758	7'084	5'903	1'181
10	1'000	20'661	9'917	8'264	1'653
11	1'000	28'925	13'884	11'571	2'313
12	1'000	40'496	19'438	16'198	3'240
13	1'000	56'694	27'213	22'677	4'536
14	1'000	79'371	38'096	31'749	6'349
15	1'000	111'120	53'338	44'448	8'890
16		155'568			

TABLA (D).- (CASO 2) INVERSION BANCARIA EN DOLARES EUA

AÑO	CAPITAL CONSTANTE A PRECIOS CORRIENTES EN PESOS MEXICANOS (INFLACION DE 40% ANUAL)	TASA DE CAMBIO	CAPITAL CONSTANTE A PRECIOS CORRIENTES EN DOLARES EUA (INFLACION DE 2% ANUAL)	RENDIMIENTO APARENTE DE CAPITAL (7% ANUAL)	CANTIDAD QUE SE REINVIERTE (2% ANUAL)	RENDIMIENTO REAL EN DOLARES EUA (5% ANUAL)	RENDIMIENTO REAL EN PESOS MEX
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	1'000	1.000	1000.0	70.0	20.0	50.0	0'050
2	1'400	1.373	1020.0	71.4	20.4	51.0	0'070
3	1'960	1.874	1040.4	72.8	20.8	52.0	0'096
4	2'744	2.586	1061.2	74.3	21.2	53.1	0'137
5	3'842	3.549	1082.4	75.8	21.7	54.1	0'192
6	5'378	4'371	1104.1	77.3	22.1	55.2	0'269
7	7'530	6.636	1126.2	78.8	22.5	56.3	0'376
8	10'541	9.177	1148.7	80.4	23.0	57.4	0'527
9	14'758	12.596	1171.7	82.0	23.4	58.6	0'738
10	20'661	17.288	1195.1	83.7	23.9	59.8	1'033
11	28'925	23.729	1219.0	85.3	24.4	60.9	1'446
12	40'496	32.569	1243.4	87.0	24.8	62.2	2'025
13	56'694	44.703	1268.2	88.8	25.4	63.4	2'835
14	79'371	61.357	1293.6	90.6	25.9	64.7	3'969
15	111'120	84.215	1319.5	92.4	26.4	66.0	5'556
	155'568	115.589	1345.9				

TABLA (E).- (CASO 3) EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS.

AÑO	VALOR EDIFICIO A PRECIOS CONSTANTES	VALOR EDIFICIO A PRECIOS CORRIENTES (INFLACION 40% ANUAL)	RENDIMIENTO APARENTE DE CAPITAL (12% ANUAL)	GASTOS DE MANTENIMIENTO (3% ANUAL)	RENDIMIENTO REAL (9% ANUAL)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	1.000	1.000	0.120	0.030	0.090
2	1.000	1.400	0.168	0.042	0.126
3	1.000	1.960	0.225	0.059	0.176
4	1.000	2.744	0.329	0.082	0.247
5	1.000	3.842	0.461	0.115	0.346
6	1.000	5.378	0.645	0.161	0.484
7	1.000	7.530	0.904	0.226	0.678
8	1.000	10.541	1.265	0.316	0.949
9	1.000	14.758	1.771	0.443	1.328
10	1.000	20.661	2.479	0.620	1.859
11	1.000	28.925	3.471	0.868	2.603
12	1.000	40.496	4.859	1.214	3.645
13	1.000	56.094	6.803	1.701	5.102
14	1.000	79.371	9.525	2.382	7.143
15	1.000	111.120	13.334	3.333	10.001
16		155.568			

TABLE OF REFERENCE

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
0				0.0000	1.0000	1.0000			0.0000	0.0000	1.0000
1	0.0332	0.0000	0.0332	0.0332	1.0332	1.0332	0.0332	0.0047	0.0047	0.0046	1.0046
2	0.0332	0.0011	0.0343	0.0675	1.0675	1.0677	0.0343	0.0050	0.0050	0.0050	1.0050
3	0.0332	0.0022	0.0354	0.1010	1.1010	1.0876	0.0352	0.0052	0.0152	0.0155	1.0155
4	0.0332	0.0034	0.0366	0.1346	1.1346	1.1197	0.0360	0.0054	0.0203	0.0207	1.0207
5	0.0332	0.0046	0.0378	0.1684	1.1684	1.1530	0.0368	0.0056	0.0254	0.0258	1.0258
6	0.0332	0.0058	0.0391	0.2024	1.2024	1.1856	0.0376	0.0058	0.0305	0.0309	1.0309
7	0.0332	0.0071	0.0404	0.2366	1.2366	1.2176	0.0384	0.0060	0.0356	0.0360	1.0360
8	0.0332	0.0083	0.0417	0.2710	1.2710	1.2493	0.0392	0.0062	0.0407	0.0411	1.0411
9	0.0332	0.0096	0.0431	0.3056	1.3056	1.2809	0.0400	0.0064	0.0458	0.0462	1.0462
10	0.0332	0.0108	0.0445	0.3404	1.3404	1.3126	0.0408	0.0066	0.0509	0.0513	1.0513
11	0.0332	0.0121	0.0459	0.3754	1.3754	1.3443	0.0416	0.0068	0.0560	0.0564	1.0564
12	0.0332	0.0133	0.0475	0.4106	1.4106	1.3760	0.0424	0.0070	0.0611	0.0615	1.0615
13	0.0332	0.0146	0.0491	0.4460	1.4460	1.4077	0.0432	0.0072	0.0662	0.0666	1.0666
14	0.0332	0.0158	0.0507	0.4816	1.4816	1.4394	0.0440	0.0074	0.0713	0.0717	1.0717
15	0.0332	0.0171	0.0524	0.5174	1.5174	1.4711	0.0448	0.0076	0.0764	0.0768	1.0768
16	0.0332	0.0183	0.0542	0.5534	1.5534	1.5028	0.0456	0.0078	0.0815	0.0819	1.0819
17	0.0332	0.0196	0.0560	0.5896	1.5896	1.5345	0.0464	0.0080	0.0866	0.0870	1.0870
18	0.0332	0.0208	0.0578	0.6260	1.6260	1.5662	0.0472	0.0082	0.0917	0.0921	1.0921
19	0.0332	0.0221	0.0597	0.6626	1.6626	1.5979	0.0480	0.0084	0.0968	0.0972	1.0972
20	0.0332	0.0233	0.0617	0.6994	1.6994	1.6296	0.0488	0.0086	0.1019	0.1023	1.1023
21	0.0332	0.0246	0.0638	0.7364	1.7364	1.6613	0.0496	0.0088	0.1070	0.1074	1.1074
22	0.0332	0.0258	0.0659	0.7736	1.7736	1.6930	0.0504	0.0090	0.1121	0.1125	1.1125
23	0.0332	0.0271	0.0681	0.8110	1.8110	1.7247	0.0512	0.0092	0.1172	0.1176	1.1176
24	0.0332	0.0283	0.0704	0.8486	1.8486	1.7564	0.0520	0.0094	0.1223	0.1227	1.1227
25	0.0332	0.0296	0.0727	0.8864	1.8864	1.7881	0.0528	0.0096	0.1274	0.1278	1.1278
26	0.0332	0.0308	0.0751	0.9244	1.9244	1.8198	0.0536	0.0098	0.1325	0.1329	1.1329
27	0.0332	0.0321	0.0775	0.9626	1.9626	1.8515	0.0544	0.0100	0.1376	0.1380	1.1380
28	0.0332	0.0333	0.0800	1.0010	2.0010	1.8832	0.0552	0.0102	0.1427	0.1431	1.1431
29	0.0332	0.0346	0.0825	1.0396	2.0396	1.9149	0.0560	0.0104	0.1478	0.1482	1.1482
30	0.0332	0.0358	0.0851	1.0784	2.0784	1.9466	0.0568	0.0106	0.1529	0.1533	1.1533
31	0.0332	0.0371	0.0876	1.1174	2.1174	1.9783	0.0576	0.0108	0.1580	0.1584	1.1584
32	0.0332	0.0383	0.0902	1.1566	2.1566	2.0100	0.0584	0.0110	0.1631	0.1635	1.1635
33	0.0332	0.0396	0.0928	1.1960	2.1960	2.0417	0.0592	0.0112	0.1682	0.1686	1.1686
34	0.0332	0.0408	0.0954	1.2356	2.2356	2.0734	0.0600	0.0114	0.1733	0.1737	1.1737
35	0.0332	0.0421	0.0981	1.2754	2.2754	2.1051	0.0608	0.0116	0.1784	0.1788	1.1788
36	0.0332	0.0433	0.1008	1.3154	2.3154	2.1368	0.0616	0.0118	0.1835	0.1839	1.1839
37	0.0332	0.0446	0.1035	1.3556	2.3556	2.1685	0.0624	0.0120	0.1886	0.1890	1.1890
38	0.0332	0.0458	0.1062	1.3960	2.3960	2.2002	0.0632	0.0122	0.1937	0.1941	1.1941
39	0.0332	0.0471	0.1090	1.4366	2.4366	2.2319	0.0640	0.0124	0.1988	0.1992	1.1992
40	0.0332	0.0483	0.1117	1.4774	2.4774	2.2636	0.0648	0.0126	0.2039	0.2043	1.2043
41	0.0332	0.0496	0.1145	1.5184	2.5184	2.2953	0.0656	0.0128	0.2090	0.2094	1.2094
42	0.0332	0.0508	0.1173	1.5596	2.5596	2.3270	0.0664	0.0130	0.2141	0.2145	1.2145
43	0.0332	0.0521	0.1201	1.6010	2.6010	2.3587	0.0672	0.0132	0.2192	0.2196	1.2196
44	0.0332	0.0533	0.1229	1.6426	2.6426	2.3904	0.0680	0.0134	0.2243	0.2247	1.2247
45	0.0332	0.0546	0.1257	1.6844	2.6844	2.4221	0.0688	0.0136	0.2294	0.2298	1.2298
46	0.0332	0.0558	0.1285	1.7264	2.7264	2.4538	0.0696	0.0138	0.2345	0.2349	1.2349
47	0.0332	0.0571	0.1313	1.7686	2.7686	2.4855	0.0704	0.0140	0.2396	0.2400	1.2400
48	0.0332	0.0583	0.1341	1.8110	2.8110	2.5172	0.0712	0.0142	0.2447	0.2451	1.2451
49	0.0332	0.0596	0.1369	1.8536	2.8536	2.5489	0.0720	0.0144	0.2498	0.2502	1.2502
50	0.0332	0.0608	0.1397	1.8964	2.8964	2.5806	0.0728	0.0146	0.2549	0.2553	1.2553
51	0.0332	0.0621	0.1425	1.9394	2.9394	2.6123	0.0736	0.0148	0.2600	0.2604	1.2604
52	0.0332	0.0633	0.1453	1.9826	2.9826	2.6440	0.0744	0.0150	0.2651	0.2655	1.2655
53	0.0332	0.0646	0.1481	2.0260	3.0260	2.6757	0.0752	0.0152	0.2702	0.2706	1.2706
54	0.0332	0.0658	0.1509	2.0696	3.0696	2.7074	0.0760	0.0154	0.2753	0.2757	1.2757
55	0.0332	0.0671	0.1537	2.1134	3.1134	2.7391	0.0768	0.0156	0.2804	0.2808	1.2808
56	0.0332	0.0683	0.1565	2.1574	3.1574	2.7708	0.0776	0.0158	0.2855	0.2859	1.2859
57	0.0332	0.0696	0.1593	2.2016	3.2016	2.8025	0.0784	0.0160	0.2906	0.2910	1.2910
58	0.0332	0.0708	0.1621	2.2460	3.2460	2.8342	0.0792	0.0162	0.2957	0.2961	1.2961
59	0.0332	0.0721	0.1649	2.2906	3.2906	2.8659	0.0800	0.0164	0.3008	0.3012	1.3012
60	0.0332	0.0733	0.1677	2.3354	3.3354	2.8976	0.0808	0.0166	0.3059	0.3063	1.3063





TABLE 303 - EVOLUCION DE LA INVERSION EN EQUIPO

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0	1.0000		1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000		0.0000
1	1.0332	0.0047	1.0384	0.9850	1.0130	0.0150	0.0150	0.0100	0.0015
2	1.0675	0.0090	1.0577	0.9700	1.0300	0.0300	0.0317	0.0285	0.0040
3	1.1030	0.0152	1.0878	0.9550	1.0390	0.0450	0.0485	0.0507	0.0080
4	1.1396	0.0209	1.1187	0.9400	1.0516	0.0600	0.0651	0.0735	0.0125
5	1.1774	0.0269	1.1505	0.9250	1.0640	0.0750	0.0802	0.1003	0.0170
6	1.2166	0.0333	1.1832	0.9100	1.0767	0.0900	0.1065	0.1282	0.0215
7	1.2570	0.0400	1.2169	0.8950	1.0891	0.1050	0.1278	0.1535	0.0260
8	1.2987	0.0472	1.2515	0.8800	1.1013	0.1200	0.1502	0.1800	0.0297
9	1.3418	0.0547	1.2871	0.8650	1.1133	0.1350	0.1730	0.2087	0.0335
10	1.3864	0.0627	1.3236	0.8500	1.1251	0.1500	0.1975	0.2403	0.0377
11	1.4324	0.0711	1.3613	0.8350	1.1367	0.1650	0.2246	0.2730	0.0414
12	1.4800	0.0800	1.4000	0.8200	1.1480	0.1800	0.2520	0.3060	0.0450
13	1.5292	0.0893	1.4398	0.8050	1.1590	0.1950	0.2800	0.3415	0.0480
14	1.5799	0.0991	1.4808	0.7900	1.1698	0.2100	0.3080	0.3793	0.0510
15	1.6324	0.1095	1.5229	0.7750	1.1802	0.2250	0.3360	0.4185	0.0540
16	1.6866	0.1205	1.5662	0.7600	1.1903	0.2400	0.3759	0.4590	0.0570
17	1.7426	0.1319	1.6107	0.7450	1.2000	0.2550	0.4167	0.5000	0.0600
18	1.8005	0.1440	1.6565	0.7300	1.2092	0.2700	0.4473	0.5500	0.1070
19	1.8603	0.1567	1.7036	0.7150	1.2181	0.2850	0.4855	0.5982	0.1127
20	1.9221	0.1700	1.7520	0.7000	1.2264	0.3000	0.5256	0.6478	0.1220
21	1.9859	0.1840	1.8019	0.6850	1.2343	0.3150	0.5676	0.7025	0.1340
22	2.0519	0.1987	1.8534	0.6700	1.2416	0.3300	0.6115	0.7590	0.1475
23	2.1200	0.2142	1.9058	0.6550	1.2483	0.3450	0.6575	0.8175	0.1600
24	2.1904	0.2304	1.9600	0.6400	1.2544	0.3600	0.7050	0.8770	0.1720
25	2.2631	0.2474	2.0157	0.6250	1.2598	0.3750	0.7550	0.9441	0.1830
26	2.3383	0.2653	2.0730	0.6100	1.2646	0.3900	0.8065	1.0126	0.2041
27	2.4160	0.2840	2.1320	0.5950	1.2685	0.4050	0.8605	1.0834	0.2200
28	2.4962	0.3036	2.1926	0.5800	1.2717	0.4200	0.9160	1.1566	0.2370
29	2.5791	0.3241	2.2550	0.5650	1.2741	0.4350	0.9800	1.2320	0.2550
30	2.6647	0.3456	2.3191	0.5500	1.2755	0.4500	1.0435	1.3100	0.2750
31	2.7532	0.3682	2.3850	0.5350	1.2760	0.4650	1.1090	1.4040	0.2950
32	2.8447	0.3918	2.4529	0.5200	1.2755	0.4800	1.1774	1.4937	0.3150
33	2.9391	0.4165	2.5226	0.5050	1.2739	0.4950	1.2487	1.5890	0.3400
34	3.0367	0.4424	2.5943	0.4900	1.2712	0.5100	1.3231	1.6880	0.3640
35	3.1376	0.4695	2.6681	0.4750	1.2674	0.5250	1.4000	1.7900	0.3890
36	3.2418	0.4973	2.7440	0.4600	1.2622	0.5400	1.4810	1.8960	0.4140
37	3.3495	0.5274	2.8220	0.4450	1.2550	0.5550	1.5662	2.0116	0.4450
38	3.4607	0.5584	2.9023	0.4300	1.2480	0.5700	1.6543	2.1334	0.4760
39	3.5756	0.5908	2.9848	0.4150	1.2387	0.5850	1.7451	2.2532	0.5070
40	3.6944	0.6247	3.0697	0.4000	1.2279	0.6000	1.8410	2.3800	0.5390
41	3.8170	0.6601	3.1570	0.3850	1.2154	0.6150	1.9415	2.5172	0.5750
42	3.9438	0.6971	3.2467	0.3700	1.2013	0.6300	2.0454	2.6590	0.6130
43	4.0748	0.7357	3.3391	0.3550	1.1854	0.6450	2.1537	2.8055	0.6510
44	4.2101	0.7761	3.4340	0.3400	1.1676	0.6600	2.2664	2.9560	0.6900
45	4.3499	0.8183	3.5317	0.3250	1.1478	0.6750	2.3839	3.1200	0.7300
46	4.4944	0.8623	3.6321	0.3100	1.1259	0.6900	2.5061	3.2880	0.7820
47	4.6436	0.9083	3.7354	0.2950	1.1019	0.7050	2.6334	3.4630	0.8290
48	4.7979	0.9563	3.8416	0.2800	1.0756	0.7200	2.7659	3.6430	0.8770
49	4.9572	1.0064	3.9508	0.2650	1.0470	0.7350	2.9039	3.8371	0.9330
50	5.1218	1.0587	4.0632	0.2500	1.0150	0.7500	3.0474	4.0374	0.9900
51	5.2919	1.1132	4.1787	0.2350	0.9820	0.7650	3.1967	4.2443	1.0470
52	5.4677	1.1701	4.2975	0.2200	0.9450	0.7800	3.3521	4.4560	1.1060
53	5.6492	1.2295	4.4197	0.2050	0.9060	0.7950	3.5137	4.6876	1.1730
54	5.8368	1.2914	4.5454	0.1900	0.8636	0.8100	3.6810	4.9247	1.2400
55	6.0307	1.3560	4.6747	0.1750	0.8181	0.8250	3.8556	5.1687	1.3130
56	6.2310	1.4234	4.8076	0.1600	0.7692	0.8400	4.0364	5.4220	1.3840
57	6.4379	1.4936	4.9443	0.1450	0.7169	0.8550	4.2274	5.6941	1.4560
58	6.6517	1.5668	5.0849	0.1300	0.6610	0.8700	4.4233	5.9743	1.5300
59	6.8725	1.6431	5.2295	0.1150	0.6014	0.8850	4.6261	6.2638	1.6060
60	7.1003	1.7226	5.3782	0.1000	0.5378	0.9000	4.8404	6.5630	1.7100

TABLE (4) - EVOLUCION DE LA INVERSION EN EQUIPO

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0	1.0000		1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000		0.0000
1	1.0332	0.2047	1.0284	0.9832	1.0101	0.0179	0.0183	0.0223	0.0039
2	1.0675	0.0898	1.0577	0.9644	1.0200	0.0356	0.0370	0.0453	0.0076
3	1.1030	0.0152	1.0878	0.9486	1.0297	0.0534	0.0550	0.0691	0.0110
4	1.1396	0.0209	1.1187	0.9308	1.0390	0.0712	0.0736	0.0937	0.0144
5	1.1774	0.08209	1.1505	0.9114	1.0486	0.0895	0.1019	0.1212	0.0187
6	1.2166	0.0333	1.1832	0.8941	1.0579	0.1089	0.1253	0.1495	0.0240
7	1.2570	0.3403	1.2169	0.8767	1.0668	0.1283	0.1500	0.1788	0.0288
8	1.2987	0.0472	1.2515	0.8594	1.0755	0.1486	0.1760	0.2091	0.0331
9	1.3418	0.0547	1.2871	0.8424	1.0843	0.1678	0.2028	0.2426	0.0387
10	1.3864	0.0627	1.3236	0.8255	1.0927	0.1745	0.2310	0.2772	0.0443
11	1.4324	0.0711	1.3613	0.8086	1.1007	0.1914	0.2606	0.3129	0.0503
12	1.4800	0.0800	1.4000	0.7917	1.1083	0.2083	0.2917	0.3490	0.0561
13	1.5292	0.0893	1.4398	0.7752	1.1161	0.2248	0.3237	0.3904	0.0621
14	1.5799	0.0991	1.4808	0.7587	1.1234	0.2413	0.3573	0.4323	0.0679
15	1.6324	0.1095	1.5229	0.7422	1.1302	0.2578	0.3926	0.4756	0.0739
16	1.6866	0.1205	1.5662	0.7257	1.1365	0.2743	0.4296	0.5203	0.0800
17	1.7426	0.1319	1.6107	0.7096	1.1429	0.2904	0.4678	0.5691	0.1017
18	1.8005	0.1440	1.6565	0.6935	1.1488	0.3065	0.5077	0.6196	0.1129
19	1.8603	0.1567	1.7036	0.6774	1.1540	0.3226	0.5496	0.6718	0.1221
20	1.9221	0.1700	1.7520	0.6613	1.1587	0.3387	0.5934	0.7256	0.1323
21	1.9859	0.1840	1.8019	0.6456	1.1634	0.3544	0.6385	0.7812	0.1430
22	2.0519	0.1987	1.8531	0.6300	1.1674	0.3700	0.6857	0.8406	0.1559
23	2.1200	0.2142	1.9058	0.6143	1.1707	0.3857	0.7351	0.9071	0.1700
24	2.1904	0.2304	1.9600	0.5986	1.1732	0.4014	0.7866	0.9717	0.1844
25	2.2631	0.2474	2.0157	0.5833	1.1753	0.4167	0.8400	1.0445	0.2015
26	2.3383	0.2653	2.0730	0.5680	1.1775	0.4323	0.8956	1.1136	0.2181
27	2.4150	0.2840	2.1320	0.5527	1.1784	0.4473	0.9536	1.1881	0.2349
28	2.4962	0.3036	2.1926	0.5374	1.1783	0.4626	1.0143	1.2652	0.2507
29	2.5791	0.3241	2.2550	0.5225	1.1782	0.4775	1.0767	1.3481	0.2719
30	2.6647	0.3456	2.3191	0.5076	1.1772	0.4924	1.1419	1.4339	0.2919
31	2.7532	0.3682	2.3850	0.4927	1.1751	0.5073	1.2100	1.5224	0.3121
32	2.8447	0.3918	2.4529	0.4778	1.1719	0.5222	1.2810	1.6139	0.3330
33	2.9391	0.4165	2.5226	0.4632	1.1686	0.5368	1.3541	1.7112	0.3553
34	3.0367	0.4424	2.5943	0.4487	1.1641	0.5513	1.4303	1.8138	0.3815
35	3.1376	0.4695	2.6681	0.4342	1.1584	0.5658	1.5097	1.9187	0.4099
36	3.2418	0.4978	2.7440	0.4196	1.1514	0.5804	1.5926	2.0271	0.4345
37	3.3495	0.5274	2.8220	0.4054	1.1442	0.5946	1.6778	2.1431	0.4601
38	3.4607	0.5584	2.9023	0.3913	1.1356	0.6087	1.7667	2.2630	0.4803
39	3.5756	0.5900	2.9848	0.3771	1.1256	0.6229	1.8592	2.3869	0.5270
40	3.6944	0.6247	3.0697	0.3629	1.1141	0.6371	1.9556	2.5149	0.5599
41	3.8170	0.6601	3.1570	0.3491	1.1021	0.6509	2.0549	2.6515	0.5967
42	3.9438	0.6971	3.2467	0.3353	1.0896	0.6647	2.1582	2.7927	0.6364
43	4.0748	0.7357	3.3391	0.3215	1.0734	0.6785	2.2657	2.9386	0.6780
44	4.2101	0.7761	3.4340	0.3076	1.0564	0.6924	2.3776	3.0894	0.7116
45	4.3499	0.8183	3.5317	0.2942	1.0389	0.7058	2.4928	3.2499	0.7572
46	4.4944	0.8623	3.6321	0.2807	1.0195	0.7193	2.6126	3.4158	0.8033
47	4.6436	0.9083	3.7354	0.2672	0.9982	0.7328	2.7372	3.5873	0.8500
48	4.7979	0.9563	3.8416	0.2537	0.9743	0.7463	2.8668	3.7644	0.8970
49	4.9572	1.0064	3.9509	0.2406	0.9506	0.7594	3.0002	3.9526	0.9524
50	5.1218	1.0587	4.0632	0.2275	0.9242	0.7725	3.1389	4.1471	1.0080
51	5.2919	1.1132	4.1787	0.2143	0.8956	0.7857	3.2831	4.3480	1.0650
52	5.4677	1.1701	4.2975	0.2012	0.8646	0.7988	3.4329	4.5557	1.1238
53	5.6492	1.2295	4.4197	0.1884	0.8326	0.8116	3.5871	4.7759	1.1848
54	5.8368	1.2914	4.5454	0.1756	0.7991	0.8244	3.7474	5.0035	1.2481
55	6.0307	1.3560	4.6747	0.1628	0.7660	0.8372	3.9138	5.2386	1.3208
56	6.2310	1.4234	4.8076	0.1500	0.7289	0.8500	4.0867	5.4816	1.3941
57	6.4379	1.4936	4.9443	0.1375	0.6979	0.8625	4.2646	5.7308	1.4712
58	6.6517	1.5668	5.0849	0.1250	0.6635	0.8750	4.4494	6.0046	1.5502
59	6.8726	1.6431	5.2295	0.1125	0.6283	0.8875	4.6412	6.2793	1.6330
60	7.1008	1.7226	5.3782	0.1000	0.5938	0.9000	4.8404	6.5630	1.7206

TABLE (L) - 1961-62 MONTHLY DEPRECIATION (RINGS DECREMENTED)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(5')	(5'')	(6)	(7)	(8)
0	1.0000		1.0000						
1	1.0004	0.0000	1.0004	0.0190	1.0000	0.0190	0.0000	0.0190	0.0191
2	1.0007	0.0000	1.0007	0.0190	1.0000	0.0190	0.0000	0.0190	0.0192
3	1.0009	0.0000	1.0009	0.0189	1.0000	0.0189	0.0011	0.0191	0.0193
4	1.0011	0.0000	1.0011	0.0189	1.0000	0.0189	0.0016	0.0192	0.0194
5	1.0013	0.0000	1.0013	0.0188	0.9999	0.0188	0.0022	0.0193	0.0195
6	1.0015	0.0000	1.0015	0.0187	0.9999	0.0187	0.0029	0.0194	0.0196
7	1.0017	0.0000	1.0017	0.0187	0.9998	0.0187	0.0036	0.0194	0.0197
8	1.0019	0.0000	1.0019	0.0186	0.9998	0.0186	0.0043	0.0195	0.0198
9	1.0021	0.0000	1.0021	0.0185	0.9997	0.0185	0.0050	0.0195	0.0199
10	1.0023	0.0000	1.0023	0.0185	0.9996	0.0185	0.0057	0.0195	0.0200
11	1.0025	0.0000	1.0025	0.0184	0.9995	0.0184	0.0064	0.0195	0.0201
12	1.0027	0.0000	1.0027	0.0184	0.9994	0.0184	0.0071	0.0195	0.0202
13	1.0029	0.0000	1.0029	0.0183	0.9993	0.0183	0.0078	0.0195	0.0203
14	1.0031	0.0000	1.0031	0.0183	0.9992	0.0183	0.0085	0.0195	0.0204
15	1.0033	0.0000	1.0033	0.0182	0.9991	0.0182	0.0092	0.0195	0.0205
16	1.0035	0.0000	1.0035	0.0182	0.9990	0.0182	0.0099	0.0195	0.0206
17	1.0037	0.0000	1.0037	0.0181	0.9989	0.0181	0.0106	0.0195	0.0207
18	1.0039	0.0000	1.0039	0.0181	0.9988	0.0181	0.0113	0.0195	0.0208
19	1.0041	0.0000	1.0041	0.0180	0.9987	0.0180	0.0120	0.0195	0.0209
20	1.0043	0.0000	1.0043	0.0180	0.9986	0.0180	0.0127	0.0195	0.0210
21	1.0045	0.0000	1.0045	0.0179	0.9985	0.0179	0.0134	0.0195	0.0211
22	1.0047	0.0000	1.0047	0.0179	0.9984	0.0179	0.0141	0.0195	0.0212
23	1.0049	0.0000	1.0049	0.0178	0.9983	0.0178	0.0148	0.0195	0.0213
24	1.0051	0.0000	1.0051	0.0178	0.9982	0.0178	0.0155	0.0195	0.0214
25	2.0157	0.0000	2.0157	0.0374	0.8591	0.0321	0.0223	0.0545	0.8413
26	2.0730	0.0000	2.0730	0.0374	0.8591	0.0321	0.0239	0.0550	0.8573
27	2.1320	0.0000	2.1320	0.0374	0.8591	0.0321	0.0255	0.0576	0.9550
28	2.1926	0.0000	2.1926	0.0374	0.8591	0.0321	0.0271	0.0592	1.0143
29	2.2550	0.0000	2.2550	0.0418	0.8376	0.0350	0.0288	0.0638	1.0792
30	2.3191	0.0000	2.3191	0.0418	0.8376	0.0350	0.0306	0.0657	1.1432
31	2.3853	0.0000	2.3853	0.0418	0.8376	0.0350	0.0325	0.0675	1.2115
32	2.4529	0.0000	2.4529	0.0418	0.8376	0.0350	0.0344	0.0695	1.2810
33	2.5226	0.0000	2.5226	0.0458	0.8167	0.0382	0.0364	0.0746	1.3533
34	2.5943	0.0000	2.5943	0.0458	0.8167	0.0382	0.0385	0.0767	1.4284
35	2.6681	0.0000	2.6681	0.0458	0.8167	0.0382	0.0407	0.0789	1.5113
36	2.7440	0.0000	2.7440	0.0458	0.8167	0.0382	0.0429	0.0812	1.5926
37	2.8220	0.0000	2.8220	0.0523	0.7962	0.0417	0.0452	0.0869	1.6795
38	2.9023	0.0000	2.9023	0.0523	0.7962	0.0417	0.0477	0.0894	1.7690
39	2.9848	0.0000	2.9848	0.0523	0.7962	0.0417	0.0503	0.0920	1.8610
40	3.0697	0.0000	3.0697	0.0523	0.7962	0.0417	0.0529	0.0946	1.9556
41	3.1570	0.0000	3.1570	0.0585	0.7763	0.0454	0.0556	0.1011	2.0527
42	3.2467	0.0000	3.2467	0.0585	0.7763	0.0454	0.0584	0.1040	2.1527
43	3.3391	0.0000	3.3391	0.0585	0.7763	0.0454	0.0614	0.1069	2.2576
44	3.4340	0.0000	3.4340	0.0585	0.7763	0.0454	0.0644	0.1100	2.3776
45	3.5317	0.0000	3.5317	0.0655	0.7569	0.0496	0.0676	0.1172	2.4946
46	3.6321	0.0000	3.6321	0.0655	0.7569	0.0496	0.0709	0.1205	2.6193
47	3.7354	0.0000	3.7354	0.0655	0.7569	0.0496	0.0743	0.1240	2.7593
48	3.8416	0.0000	3.8416	0.0655	0.7569	0.0496	0.0778	0.1275	2.8660
49	3.9508	0.0000	3.9508	0.0733	0.7380	0.0541	0.0815	0.1356	3.0024
50	4.0632	0.0000	4.0632	0.0733	0.7380	0.0541	0.0853	0.1395	3.1419
51	4.1787	0.0000	4.1787	0.0733	0.7380	0.0541	0.0893	0.1435	3.2854
52	4.2975	0.0000	4.2975	0.0733	0.7380	0.0541	0.0934	0.1475	3.4320
53	4.4197	0.0000	4.4197	0.0820	0.7195	0.0590	0.0976	0.1566	3.5895
54	4.5454	0.0000	4.5454	0.0820	0.7195	0.0590	0.1021	0.1611	3.7506
55	4.6747	0.0000	4.6747	0.0820	0.7195	0.0590	0.1067	0.1657	3.9165
56	4.8076	0.0000	4.8076	0.0820	0.7195	0.0590	0.1114	0.1704	4.0867
57	4.9443	0.0000	4.9443	0.0917	0.7016	0.0643	0.1162	0.1805	4.2672
58	5.0849	0.0000	5.0849	0.0917	0.7016	0.0643	0.1213	0.1857	4.4530
59	5.2295	0.0000	5.2295	0.0917	0.7016	0.0643	0.1266	0.1918	4.6440
60	5.3782	0.0000	5.3782	0.0917	0.7016	0.0643	0.1321	0.1964	4.8404

NO	CAPITAL INICIAL	INGRESOS AJORN	INGRESOS INICIAL	RENDA BASE	FACTOR REDUC	RENDA AJUSTOS	INGRESOS SIS COB	INGRESOS DEL MES	ACUM DE INGRESOS
0	1.0000		1.0000						
1	1.0332	0.0332	1.0332	0.0332	1.0332	0.0332	0.0332	0.0332	0.0332
2	1.0664	0.0664	1.0664	0.0664	1.0664	0.0664	0.0664	0.0664	0.0664
3	1.1000	0.1000	1.1000	0.1000	1.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
4	1.1336	0.1336	1.1336	0.1336	1.1336	0.1336	0.1336	0.1336	0.1336
5	1.1672	0.1672	1.1672	0.1672	1.1672	0.1672	0.1672	0.1672	0.1672
6	1.2008	0.2008	1.2008	0.2008	1.2008	0.2008	0.2008	0.2008	0.2008
7	1.2344	0.2344	1.2344	0.2344	1.2344	0.2344	0.2344	0.2344	0.2344
8	1.2680	0.2680	1.2680	0.2680	1.2680	0.2680	0.2680	0.2680	0.2680
9	1.3016	0.3016	1.3016	0.3016	1.3016	0.3016	0.3016	0.3016	0.3016
10	1.3352	0.3352	1.3352	0.3352	1.3352	0.3352	0.3352	0.3352	0.3352
11	1.3688	0.3688	1.3688	0.3688	1.3688	0.3688	0.3688	0.3688	0.3688
12	1.4024	0.4024	1.4024	0.4024	1.4024	0.4024	0.4024	0.4024	0.4024
13	1.4360	0.4360	1.4360	0.4360	1.4360	0.4360	0.4360	0.4360	0.4360
14	1.4696	0.4696	1.4696	0.4696	1.4696	0.4696	0.4696	0.4696	0.4696
15	1.5032	0.5032	1.5032	0.5032	1.5032	0.5032	0.5032	0.5032	0.5032
16	1.5368	0.5368	1.5368	0.5368	1.5368	0.5368	0.5368	0.5368	0.5368
17	1.5704	0.5704	1.5704	0.5704	1.5704	0.5704	0.5704	0.5704	0.5704
18	1.6040	0.6040	1.6040	0.6040	1.6040	0.6040	0.6040	0.6040	0.6040
19	1.6376	0.6376	1.6376	0.6376	1.6376	0.6376	0.6376	0.6376	0.6376
20	1.6712	0.6712	1.6712	0.6712	1.6712	0.6712	0.6712	0.6712	0.6712
21	1.7048	0.7048	1.7048	0.7048	1.7048	0.7048	0.7048	0.7048	0.7048
22	1.7384	0.7384	1.7384	0.7384	1.7384	0.7384	0.7384	0.7384	0.7384
23	1.7720	0.7720	1.7720	0.7720	1.7720	0.7720	0.7720	0.7720	0.7720
24	1.8056	0.8056	1.8056	0.8056	1.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056
25	1.8392	0.8392	1.8392	0.8392	1.8392	0.8392	0.8392	0.8392	0.8392
26	1.8728	0.8728	1.8728	0.8728	1.8728	0.8728	0.8728	0.8728	0.8728
27	1.9064	0.9064	1.9064	0.9064	1.9064	0.9064	0.9064	0.9064	0.9064
28	1.9400	0.9400	1.9400	0.9400	1.9400	0.9400	0.9400	0.9400	0.9400
29	1.9736	0.9736	1.9736	0.9736	1.9736	0.9736	0.9736	0.9736	0.9736
30	2.0072	1.0072	2.0072	1.0072	2.0072	1.0072	1.0072	1.0072	1.0072
31	2.0408	1.0408	2.0408	1.0408	2.0408	1.0408	1.0408	1.0408	1.0408
32	2.0744	1.0744	2.0744	1.0744	2.0744	1.0744	1.0744	1.0744	1.0744
33	2.1080	1.1080	2.1080	1.1080	2.1080	1.1080	1.1080	1.1080	1.1080
34	2.1416	1.1416	2.1416	1.1416	2.1416	1.1416	1.1416	1.1416	1.1416
35	2.1752	1.1752	2.1752	1.1752	2.1752	1.1752	1.1752	1.1752	1.1752
36	2.2088	1.2088	2.2088	1.2088	2.2088	1.2088	1.2088	1.2088	1.2088
37	2.2424	1.2424	2.2424	1.2424	2.2424	1.2424	1.2424	1.2424	1.2424
38	2.2760	1.2760	2.2760	1.2760	2.2760	1.2760	1.2760	1.2760	1.2760
39	2.3096	1.3096	2.3096	1.3096	2.3096	1.3096	1.3096	1.3096	1.3096
40	2.3432	1.3432	2.3432	1.3432	2.3432	1.3432	1.3432	1.3432	1.3432
41	2.3768	1.3768	2.3768	1.3768	2.3768	1.3768	1.3768	1.3768	1.3768
42	2.4104	1.4104	2.4104	1.4104	2.4104	1.4104	1.4104	1.4104	1.4104
43	2.4440	1.4440	2.4440	1.4440	2.4440	1.4440	1.4440	1.4440	1.4440
44	2.4776	1.4776	2.4776	1.4776	2.4776	1.4776	1.4776	1.4776	1.4776
45	2.5112	1.5112	2.5112	1.5112	2.5112	1.5112	1.5112	1.5112	1.5112
46	2.5448	1.5448	2.5448	1.5448	2.5448	1.5448	1.5448	1.5448	1.5448
47	2.5784	1.5784	2.5784	1.5784	2.5784	1.5784	1.5784	1.5784	1.5784
48	2.6120	1.6120	2.6120	1.6120	2.6120	1.6120	1.6120	1.6120	1.6120
49	2.6456	1.6456	2.6456	1.6456	2.6456	1.6456	1.6456	1.6456	1.6456
50	2.6792	1.6792	2.6792	1.6792	2.6792	1.6792	1.6792	1.6792	1.6792
51	2.7128	1.7128	2.7128	1.7128	2.7128	1.7128	1.7128	1.7128	1.7128
52	2.7464	1.7464	2.7464	1.7464	2.7464	1.7464	1.7464	1.7464	1.7464
53	2.7800	1.7800	2.7800	1.7800	2.7800	1.7800	1.7800	1.7800	1.7800
54	2.8136	1.8136	2.8136	1.8136	2.8136	1.8136	1.8136	1.8136	1.8136
55	2.8472	1.8472	2.8472	1.8472	2.8472	1.8472	1.8472	1.8472	1.8472
56	2.8808	1.8808	2.8808	1.8808	2.8808	1.8808	1.8808	1.8808	1.8808
57	2.9144	1.9144	2.9144	1.9144	2.9144	1.9144	1.9144	1.9144	1.9144
58	2.9480	1.9480	2.9480	1.9480	2.9480	1.9480	1.9480	1.9480	1.9480
59	2.9816	1.9816	2.9816	1.9816	2.9816	1.9816	1.9816	1.9816	1.9816
60	3.0152	2.0152	3.0152	2.0152	3.0152	2.0152	2.0152	2.0152	2.0152
61	3.0488	2.0488	3.0488	2.0488	3.0488	2.0488	2.0488	2.0488	2.0488
62	3.0824	2.0824	3.0824	2.0824	3.0824	2.0824	2.0824	2.0824	2.0824
63	3.1160	2.1160	3.1160	2.1160	3.1160	2.1160	2.1160	2.1160	2.1160
64	3.1496	2.1496	3.1496	2.1496	3.1496	2.1496	2.1496	2.1496	2.1496
65	3.1832	2.1832	3.1832	2.1832	3.1832	2.1832	2.1832	2.1832	2.1832
66	3.2168	2.2168	3.2168	2.2168	3.2168	2.2168	2.2168	2.2168	2.2168
67	3.2504	2.2504	3.2504	2.2504	3.2504	2.2504	2.2504	2.2504	2.2504
68	3.2840	2.2840	3.2840	2.2840	3.2840	2.2840	2.2840	2.2840	2.2840
69	3.3176	2.3176	3.3176	2.3176	3.3176	2.3176	2.3176	2.3176	2.3176
70	3.3512	2.3512	3.3512	2.3512	3.3512	2.3512	2.3512	2.3512	2.3512
71	3.3848	2.3848	3.3848	2.3848	3.3848	2.3848	2.3848	2.3848	2.3848
72	3.4184	2.4184	3.4184	2.4184	3.4184	2.4184	2.4184	2.4184	2.4184
73	3.4520	2.4520	3.4520	2.4520	3.4520	2.4520	2.4520	2.4520	2.4520
74	3.4856	2.4856	3.4856	2.4856	3.4856	2.4856	2.4856	2.4856	2.4856
75	3.5192	2.5192	3.5192	2.5192	3.5192	2.5192	2.5192	2.5192	2.5192
76	3.5528	2.5528	3.5528	2.5528	3.5528	2.5528	2.5528	2.5528	2.5528
77	3.5864	2.5864	3.5864	2.5864	3.5864	2.5864	2.5864	2.5864	2.5864
78	3.6200	2.6200	3.6200	2.6200	3.6200	2.6200	2.6200	2.6200	2.6200
79	3.6536	2.6536	3.6536	2.6536	3.6536	2.6536	2.6536	2.6536	2.6536
80	3.6872	2.6872	3.6872	2.6872	3.6872	2.6872	2.6872	2.6872	2.6872
81	3.7208	2.7208	3.7208	2.7208	3.7208	2.7208	2.7208	2.7208	2.7208
82	3.7544	2.7544	3.7544	2.7544	3.7544	2.7544	2.7544	2.7544	2.7544
83	3.7880	2.7880	3.7880	2.7880	3.7880	2.7880	2.7880	2.7880	2.7880
84	3.8216	2.8216	3.8216	2.8216	3.8216	2.8216	2.8216	2.8216	2.8216
85	3.8552	2.8552	3.8552	2.8552	3.8552	2.8552	2.8552	2.8552	2.8552
86	3.8888	2.8888	3.8888	2.8888	3.8888	2.8888	2.8888	2.8888	2.8888
87	3.9224	2.9224	3.9224	2.9224	3.9224	2.9224	2.9224	2.9224	2.9224
88	3.9560	2.9560	3.9560	2.9560	3.9560	2.9560	2.9560	2.9560	2.9560
89	3.9896	2.9896	3.9896	2.9896	3.9896	2.9896	2.9896	2.9896	2.9896
90	4.0232	3.0232	4.0232	3.0232	4.0232	3.0232	3.0232	3.0232	3.0232
91	4.0568	3.0568	4.0568	3.0568	4.0568	3.0568	3.0568	3.0568	3.0568
92	4.0904	3.0904	4.0904	3.0904	4.0904	3.0904	3.0904	3.0904	3.0904
93	4.1240	3.1240	4.1240	3.1240	4.1240	3.1240	3.1240	3.1240	3.1240
94	4.1576	3.1576	4.1576	3.1576	4.1576	3.1576	3.1576	3.1576	3.1576
95	4.1912	3.1912	4.1912	3.1912	4.1912	3.1912	3.1912	3.1912	3.1912
96	4.2248	3.2248	4.2248	3.2248	4.2248	3.2248	3.2248	3.2248	3.2248
97	4.2584	3.2584	4.2584	3.2584	4.2584	3.2584	3.2584	3.2584	3.2584
98	4.2920	3.2920	4.2920	3.2920	4.2920	3.2920	3.2920	3.2920	3.2920
99	4.3256	3.3256	4.3256	3.3256	4.3256	3.3256	3.3256	3.3256	3.3256
100	4.3592	3.3592	4.3592	3.3592	4.3592	3.3592	3.3592	3.3592	3.3592

	RES CAPITAL	PROJCT CAPITAL	INTRSES	INTRSEFS	ACUM DE	TRAFRA	INTRSES	ACUM ING
	INDIAL INV	INV EXP	INV EXP	ING INT	ING ESP	INVERSN	TRF LOG	TRF INV
0	1.0000	1.0000	1.0000					
1	1.0294	0.9822	1.0101	0.0048	0.0004	0.0045	0.0006	0.0055
2	1.0577	0.9644	1.0200	0.0048	0.0001	0.0053	0.0005	0.0112
3	1.0878	0.9466	1.0297	0.0049	0.0003	0.0100	0.0005	0.0171
4	1.1157	0.9293	1.0390	0.0049	0.0005	0.0147	0.0005	0.0232
5	1.1505	0.9114	1.0486	0.0050	0.0005	0.0197	0.0007	0.0290
6	1.1832	0.8941	1.0579	0.0050	0.0008	0.0241	0.0008	0.0371
7	1.2159	0.8767	1.0668	0.0050	0.0010	0.0287	0.0008	0.0443
8	1.2515	0.8594	1.0755	0.0051	0.0012	0.0347	0.0009	0.0517
9	1.2871	0.8424	1.0843	0.0051	0.0014	0.0410	0.0009	0.0600
10	1.3236	0.8255	1.0927	0.0052	0.0017	0.0473	0.0009	0.0688
11	1.3600	0.8086	1.1007	0.0052	0.0019	0.0535	0.0009	0.0774
12	1.4000	0.7917	1.1083	0.0052	0.0021	0.0629	0.0009	0.0848
13	1.4398	0.7752	1.1161	0.0053	0.0024	0.0697	0.0007	0.0943
14	1.4800	0.7587	1.1234	0.0053	0.0026	0.0887	0.0007	0.0985
15	1.5219	0.7422	1.1302	0.0053	0.0029	0.0971	0.0007	0.0979
16	1.5662	0.7257	1.1365	0.0054	0.0032	0.1058	0.0007	0.0977
17	1.6107	0.7096	1.1429	0.0054	0.0035	0.1147	0.0007	0.0985
18	1.6565	0.6935	1.1488	0.0054	0.0038	0.1240	0.0007	0.1094
19	1.7036	0.6774	1.1540	0.0055	0.0041	0.1337	0.0007	0.1211
20	1.7520	0.6613	1.1587	0.0055	0.0044	0.1436	0.0007	0.1330
21	1.8019	0.6456	1.1634	0.0055	0.0047	0.1539	0.0005	0.1459
22	1.8530	0.6300	1.1674	0.0055	0.0051	0.1646	0.0005	0.1597
23	1.9053	0.6143	1.1707	0.0055	0.0054	0.1757	0.0005	0.1731
24	1.9600	0.5986	1.1732	0.0056	0.0058	0.1871	0.0005	0.1874
25	2.0157	0.5833	1.1758	0.0056	0.0062	0.1989	0.0007	0.1993
26	2.0720	0.5680	1.1775	0.0056	0.0066	0.2112	0.0003	0.1897
27	2.1320	0.5527	1.1784	0.0056	0.0070	0.2233	0.0003	0.1837
28	2.1926	0.5374	1.1783	0.0056	0.0074	0.2369	0.0003	0.1991
29	2.2550	0.5225	1.1782	0.0056	0.0078	0.2504	0.0101	0.2150
30	2.3181	0.5076	1.1772	0.0056	0.0083	0.2643	0.0101	0.2307
31	2.3850	0.4927	1.1751	0.0056	0.0087	0.2787	0.0101	0.2511
32	2.4529	0.4778	1.1719	0.0055	0.0092	0.2935	0.0101	0.2686
33	2.5226	0.4632	1.1686	0.0055	0.0097	0.3089	0.0110	0.2906
34	2.5943	0.4487	1.1641	0.0055	0.0102	0.3247	0.0110	0.3104
35	2.6681	0.4342	1.1584	0.0055	0.0107	0.3410	0.0110	0.3319
36	2.7440	0.4196	1.1514	0.0054	0.0113	0.3578	0.0110	0.3535
37	2.8220	0.4054	1.1442	0.0054	0.0118	0.3751	0.0121	0.3745
38	2.9023	0.3913	1.1356	0.0054	0.0124	0.3930	0.0121	0.3971
39	2.9848	0.3771	1.1256	0.0053	0.0130	0.4115	0.0121	0.4204
40	3.0697	0.3629	1.1141	0.0053	0.0136	0.4304	0.0121	0.4344
41	3.1570	0.3491	1.1021	0.0052	0.0142	0.4500	0.0131	0.4494
42	3.2467	0.3353	1.0886	0.0051	0.0149	0.4701	0.0131	0.4672
43	3.3391	0.3215	1.0734	0.0051	0.0156	0.4909	0.0131	0.4849
44	3.4340	0.3076	1.0564	0.0050	0.0163	0.5123	0.0131	0.4995
45	3.5317	0.2942	1.0389	0.0049	0.0170	0.5342	0.0143	0.5243
46	3.6321	0.2807	1.0195	0.0048	0.0177	0.5568	0.0143	0.5491
47	3.7354	0.2672	0.9992	0.0047	0.0184	0.5800	0.0143	0.5800
48	3.8416	0.2537	0.9748	0.0046	0.0192	0.6040	0.0143	0.6029
49	3.9508	0.2406	0.9506	0.0045	0.0200	0.6286	0.0156	0.6277
50	4.0632	0.2275	0.9242	0.0044	0.0208	0.6538	0.0156	0.6422
51	4.1787	0.2143	0.8956	0.0042	0.0217	0.6798	0.0156	0.6492
52	4.2975	0.2012	0.8644	0.0041	0.0225	0.7065	0.0156	0.6554
53	4.4197	0.1884	0.8326	0.0039	0.0234	0.7340	0.0171	0.7293
54	4.5454	0.1756	0.7981	0.0038	0.0243	0.7622	0.0171	0.7605
55	4.6747	0.1628	0.7609	0.0036	0.0253	0.7911	0.0171	0.8001
56	4.8076	0.1500	0.7209	0.0034	0.0262	0.8208	0.0171	0.8501
57	4.9443	0.1375	0.6797	0.0032	0.0272	0.8513	0.0186	0.9001
58	5.0849	0.1250	0.6355	0.0030	0.0282	0.8826	0.0186	0.9486
59	5.2295	0.1125	0.5883	0.0028	0.0293	0.9147	0.0186	0.9955
60	5.3782	0.1000	0.5378	0.0025	0.0303	0.9477	0.0186	1.0507
						0.2059	0.1000	0.9407

DES	CAPITAL	PROFITE	CAPITAL	INTRSES	INTRSES	ACUM DE	TARIFA	INTRSES	ACUM ING
	INICIAL	INV EOP	INV EOP	INV. EOP	ING ANT	ING ESP	INVERSN	TRF COR	TRF INV
0	1.0000	1.0000	1.0000						
1	1.0000	0.9822	0.9822	0.0046	0.0000	0.0046	0.0053	0.0000	0.0053
2	1.0000	0.9644	0.9644	0.0046	0.0001	0.0093	0.0052	0.0001	0.0106
3	1.0000	0.9466	0.9466	0.0045	0.0003	0.0138	0.0050	0.0003	0.0157
4	1.0000	0.9288	0.9288	0.0044	0.0004	0.0183	0.0049	0.0005	0.0208
5	1.0000	0.9114	0.9114	0.0043	0.0005	0.0228	0.0052	0.0006	0.0261
6	1.0000	0.8941	0.8941	0.0042	0.0007	0.0271	0.0051	0.0008	0.0313
7	1.0000	0.8767	0.8767	0.0041	0.0008	0.0315	0.0049	0.0010	0.0364
8	1.0000	0.8594	0.8594	0.0041	0.0010	0.0357	0.0048	0.0011	0.0414
9	1.0000	0.8424	0.8424	0.0040	0.0011	0.0399	0.0051	0.0013	0.0467
10	1.0000	0.8255	0.8255	0.0039	0.0012	0.0440	0.0049	0.0015	0.0519
11	1.0000	0.8086	0.8086	0.0038	0.0014	0.0481	0.0048	0.0016	0.0570
12	1.0000	0.7917	0.7917	0.0037	0.0015	0.0521	0.0047	0.0018	0.0620
							0.0518	0.0019	0.0670
13	1.0000	0.7752	0.7752	0.0037	0.0016	0.0560	0.0049	0.0011	0.0721
14	1.0000	0.7587	0.7587	0.0036	0.0018	0.0599	0.0048	0.0013	0.0772
15	1.0000	0.7422	0.7422	0.0035	0.0019	0.0637	0.0047	0.0014	0.0823
16	1.0000	0.7257	0.7257	0.0034	0.0020	0.0675	0.0045	0.0016	0.0874
17	1.0000	0.7096	0.7096	0.0033	0.0021	0.0712	0.0048	0.0018	0.0925
18	1.0000	0.6935	0.6935	0.0033	0.0023	0.0748	0.0047	0.0019	0.0976
19	1.0000	0.6774	0.6774	0.0032	0.0024	0.0784	0.0045	0.0021	0.1027
20	1.0000	0.6613	0.6613	0.0031	0.0025	0.0819	0.0044	0.0022	0.1078
21	1.0000	0.6456	0.6456	0.0030	0.0026	0.0854	0.0047	0.0024	0.1129
22	1.0000	0.6300	0.6300	0.0030	0.0027	0.0888	0.0046	0.0026	0.1180
23	1.0000	0.6143	0.6143	0.0029	0.0028	0.0921	0.0044	0.0027	0.1231
24	1.0000	0.5986	0.5986	0.0028	0.0029	0.0954	0.0043	0.0029	0.1282
							0.0480	0.0240	0.0715
25	1.0000	0.5833	0.5833	0.0027	0.0030	0.0987	0.0046	0.0023	0.0766
26	1.0000	0.5680	0.5680	0.0027	0.0031	0.1019	0.0044	0.0024	0.0817
27	1.0000	0.5527	0.5527	0.0026	0.0032	0.1050	0.0043	0.0026	0.0868
28	1.0000	0.5374	0.5374	0.0025	0.0033	0.1080	0.0042	0.0027	0.0919
29	1.0000	0.5225	0.5225	0.0024	0.0034	0.1110	0.0045	0.0029	0.0970
30	1.0000	0.5076	0.5076	0.0024	0.0035	0.1140	0.0043	0.0030	0.1021
31	1.0000	0.4927	0.4927	0.0023	0.0036	0.1169	0.0042	0.0032	0.1072
32	1.0000	0.4778	0.4778	0.0022	0.0037	0.1197	0.0041	0.0034	0.1123
33	1.0000	0.4632	0.4632	0.0022	0.0038	0.1224	0.0043	0.0035	0.1174
34	1.0000	0.4487	0.4487	0.0021	0.0039	0.1251	0.0042	0.0037	0.1225
35	1.0000	0.4342	0.4342	0.0020	0.0040	0.1278	0.0041	0.0038	0.1276
36	1.0000	0.4196	0.4196	0.0020	0.0041	0.1304	0.0040	0.0040	0.1327
							0.0445	0.0222	0.1067
37	1.0000	0.4054	0.4054	0.0019	0.0042	0.1329	0.0042	0.0034	0.1378
38	1.0000	0.3913	0.3913	0.0018	0.0042	0.1354	0.0041	0.0035	0.1429
39	1.0000	0.3771	0.3771	0.0018	0.0043	0.1378	0.0040	0.0037	0.1480
40	1.0000	0.3629	0.3629	0.0017	0.0044	0.1402	0.0039	0.0038	0.1531
41	1.0000	0.3491	0.3491	0.0016	0.0045	0.1425	0.0041	0.0040	0.1582
42	1.0000	0.3353	0.3353	0.0016	0.0046	0.1448	0.0040	0.0041	0.1633
43	1.0000	0.3215	0.3215	0.0015	0.0046	0.1470	0.0039	0.0043	0.1684
44	1.0000	0.3076	0.3076	0.0014	0.0047	0.1492	0.0038	0.0044	0.1735
45	1.0000	0.2942	0.2942	0.0014	0.0048	0.1513	0.0040	0.0046	0.1786
46	1.0000	0.2807	0.2807	0.0013	0.0048	0.1533	0.0039	0.0047	0.1837
47	1.0000	0.2672	0.2672	0.0012	0.0049	0.1553	0.0038	0.0049	0.1888
48	1.0000	0.2537	0.2537	0.0012	0.0050	0.1572	0.0037	0.0050	0.1939
							0.0413	0.0205	0.1415
49	1.0000	0.2406	0.2406	0.0011	0.0050	0.1591	0.0039	0.0045	0.1990
50	1.0000	0.2275	0.2275	0.0010	0.0051	0.1609	0.0038	0.0047	0.2041
51	1.0000	0.2143	0.2143	0.0010	0.0051	0.1627	0.0037	0.0048	0.2092
52	1.0000	0.2012	0.2012	0.0009	0.0052	0.1644	0.0036	0.0050	0.2143
53	1.0000	0.1884	0.1884	0.0008	0.0053	0.1661	0.0038	0.0051	0.2194
54	1.0000	0.1756	0.1756	0.0008	0.0053	0.1677	0.0037	0.0052	0.2245
55	1.0000	0.1628	0.1628	0.0007	0.0054	0.1692	0.0036	0.0054	0.2296
56	1.0000	0.1500	0.1500	0.0007	0.0054	0.1707	0.0035	0.0055	0.2347
57	1.0000	0.1375	0.1375	0.0006	0.0055	0.1722	0.0037	0.0057	0.2398
58	1.0000	0.1250	0.1250	0.0005	0.0055	0.1736	0.0036	0.0058	0.2449
59	1.0000	0.1125	0.1125	0.0005	0.0056	0.1749	0.0035	0.0060	0.2500
60	1.0000	0.1000	0.1000	0.0004	0.0056	0.1762	0.0034	0.0061	0.2551
							0.0382	0.0191	0.1767

MES	CAPIT	PRIME	CAPITAL	TARIFA	PERO	VS	CAPITAL	TARIFA	DIFF	DE	SCUM	DE	REN	INT
INIC	ORP	RO	A	ROUP	DEPRON	CAP	REC	IMPUS	INTRSES	DIFEROS	DIFEROS	CAP	REC	
0	1.0000	0.0000												
1	1.0000	0.0178	0.0178	0.0155	0.0000	0.0190	0.0061	0.0000	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	
2	1.0000	0.0356	0.0356	0.0150	0.0000	0.0356	0.0059	0.0000	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	
3	1.0000	0.0534	0.0534	0.0170	0.0000	0.0534	0.0058	0.0000	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	
4	1.0000	0.0712	0.0712	0.0170	0.0000	0.0712	0.0056	0.0000	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	
5	1.0000	0.0890	0.0890	0.0150	0.0000	0.0890	0.0056	0.0000	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	
6	1.0000	0.1068	0.1068	0.0175	0.0000	0.1068	0.0058	0.0000	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	
7	1.0000	0.1246	0.1246	0.0171	0.0000	0.1246	0.0056	0.0000	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	
8	1.0000	0.1424	0.1424	0.0166	0.0000	0.1424	0.0055	0.0000	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	
9	1.0000	0.1602	0.1602	0.0176	0.0000	0.1602	0.0058	0.0000	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058	
10	1.0000	0.1780	0.1780	0.0171	0.0000	0.1780	0.0056	0.0000	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	
11	1.0000	0.1958	0.1958	0.0166	0.0000	0.1958	0.0055	0.0000	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	
12	1.0000	0.2136	0.2136	0.0162	0.0000	0.2136	0.0053	0.0000	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	
			0.1429	0.1789				0.0590	0.2378	0.0474	0.0000	0.0000	0.0000	
13	1.0000	0.2314	0.2314	0.0172	0.0000	0.2314	0.0057	0.0000	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	
14	1.0000	0.2492	0.2492	0.0167	0.0000	0.2492	0.0055	0.0000	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	
15	1.0000	0.2670	0.2670	0.0162	0.0000	0.2670	0.0053	0.0000	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	
16	1.0000	0.2848	0.2848	0.0158	0.0000	0.2848	0.0052	0.0000	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	
17	1.0000	0.3026	0.3026	0.0167	0.0000	0.3026	0.0055	0.0000	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	
18	1.0000	0.3204	0.3204	0.0163	0.0000	0.3204	0.0054	0.0000	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	
19	1.0000	0.3382	0.3382	0.0158	0.0000	0.3382	0.0052	0.0000	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	
20	1.0000	0.3560	0.3560	0.0154	0.0000	0.3560	0.0051	0.0000	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	
21	1.0000	0.3738	0.3738	0.0160	0.0000	0.3738	0.0054	0.0000	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	
22	1.0000	0.3916	0.3916	0.0159	0.0000	0.3916	0.0052	0.0000	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	
23	1.0000	0.4094	0.4094	0.0154	0.0000	0.4094	0.0051	0.0000	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	
24	1.0000	0.4272	0.4272	0.0150	0.0000	0.4272	0.0049	0.0000	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	
			0.1020	0.1658				0.0546	0.2284	0.0592	0.0000	0.0000	0.0000	
25	1.0000	0.4450	0.4450	0.0155	0.0000	0.4450	0.0052	0.0000	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	
26	1.0000	0.4628	0.4628	0.0155	0.0000	0.4628	0.0051	0.0000	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	
27	1.0000	0.4806	0.4806	0.0153	0.0000	0.4806	0.0049	0.0000	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	0.0049	
28	1.0000	0.4984	0.4984	0.0146	0.0000	0.4984	0.0048	0.0000	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	
29	1.0000	0.5162	0.5162	0.0155	0.0000	0.5162	0.0051	0.0000	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	0.0051	
30	1.0000	0.5340	0.5340	0.0151	0.0000	0.5340	0.0050	0.0000	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	
31	1.0000	0.5518	0.5518	0.0147	0.0000	0.5518	0.0048	0.0000	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	
32	1.0000	0.5696	0.5696	0.0142	0.0000	0.5696	0.0047	0.0000	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	
33	1.0000	0.5874	0.5874	0.0151	0.0000	0.5874	0.0050	0.0000	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	
34	1.0000	0.6052	0.6052	0.0147	0.0000	0.6052	0.0048	0.0000	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	
35	1.0000	0.6230	0.6230	0.0143	0.0000	0.6230	0.0047	0.0000	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	
36	1.0000	0.6408	0.6408	0.0139	0.0000	0.6408	0.0046	0.0000	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	
			0.0728	0.1537				0.0506	0.2043	0.0657	0.0000	0.0000	0.0000	
37	1.0000	0.6586	0.6586	0.0147	0.0000	0.6586	0.0048	0.0000	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	
38	1.0000	0.6764	0.6764	0.0143	0.0000	0.6764	0.0047	0.0000	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	
39	1.0000	0.6942	0.6942	0.0139	0.0000	0.6942	0.0046	0.0000	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	
40	1.0000	0.7120	0.7120	0.0135	0.0000	0.7120	0.0044	0.0000	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	
41	1.0000	0.7298	0.7298	0.0144	0.0000	0.7298	0.0047	0.0000	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	
42	1.0000	0.7476	0.7476	0.0140	0.0000	0.7476	0.0046	0.0000	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	
43	1.0000	0.7654	0.7654	0.0136	0.0000	0.7654	0.0045	0.0000	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	
44	1.0000	0.7832	0.7832	0.0132	0.0000	0.7832	0.0043	0.0000	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	
45	1.0000	0.8010	0.8010	0.0140	0.0000	0.8010	0.0046	0.0000	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	
46	1.0000	0.8188	0.8188	0.0136	0.0000	0.8188	0.0045	0.0000	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	
47	1.0000	0.8366	0.8366	0.0132	0.0000	0.8366	0.0043	0.0000	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	
48	1.0000	0.8544	0.8544	0.0129	0.0000	0.8544	0.0042	0.0000	0.0042	0.0042	0.0042	0.0042	0.0042	
			0.0520	0.1424				0.0469	0.1874	0.0688	0.0000	0.0000	0.0000	
49	1.0000	0.8722	0.8722	0.0137	0.0000	0.8722	0.0045	0.0000	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	
50	1.0000	0.8900	0.8900	0.0133	0.0000	0.8900	0.0044	0.0000	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	
51	1.0000	0.9078	0.9078	0.0129	0.0000	0.9078	0.0042	0.0000	0.0042	0.0042	0.0042	0.0042	0.0042	
52	1.0000	0.9256	0.9256	0.0125	0.0000	0.9256	0.0041	0.0000	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	
53	1.0000	0.9434	0.9434	0.0133	0.0000	0.9434	0.0044	0.0000	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	0.0044	
54	1.0000	0.9612	0.9612	0.0129	0.0000	0.9612	0.0042	0.0000	0.0042	0.0042	0.0042	0.0042	0.0042	
55	1.0000	0.9790	0.9790	0.0126	0.0000	0.9790	0.0041	0.0000	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	
56	1.0000	0.9968	0.9968	0.0122	0.0000	0.9968	0.0040	0.0000	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	
57	1.0000	0.9825	0.9825	0.0130	0.0000	0.9825	0.0043	0.0000	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	
58	1.0000	0.9750	0.9750	0.0128	0.0000	0.9750	0.0041	0.0000	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	
59	1.0000	0.9875	0.9875	0.0123	0.0000	0.9875	0.0040	0.0000	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	
60	1.0000	0.9900	0.9900	0.0119	0.0000	0.9900	0.0039	0.0000	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	
			0.0371	0.1320				0.0435	0.1750	0.0091	0.0000	0.0000	0.0000	
							0.1000						0.1702	
							1.0000						0.3000	

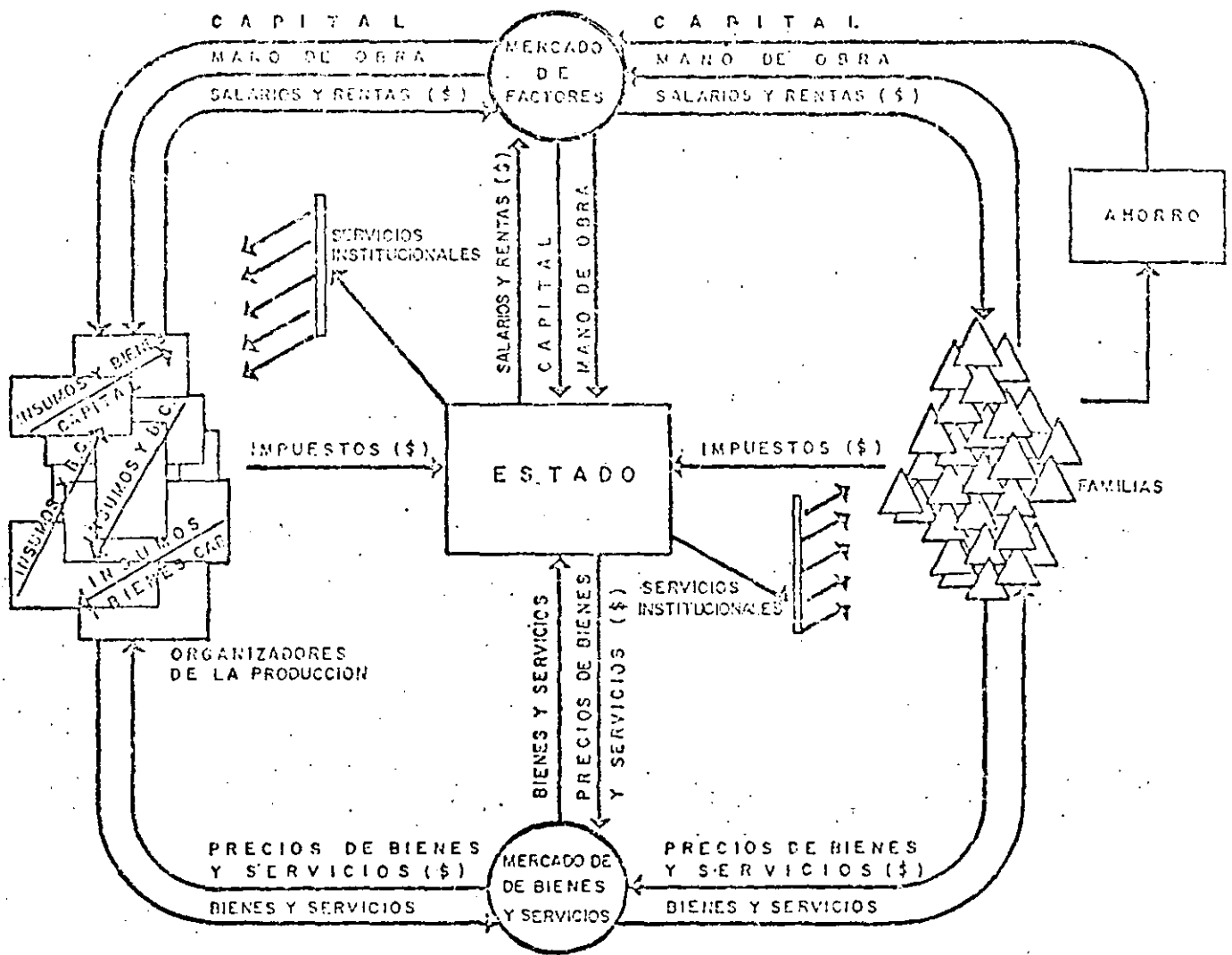




MES	CAPITAL INCIAL	PRCTJE INV SOP	CAPITAL INV EOP	INTRSES INV EAP	INTRSES ING ANT	ACUM DC ING EOP	TARIFA INVERSA	INTRSES TRF COB	ACU INC TRF INV
0	1.0000	1.0000	1.0000						
1	1.0284	0.9822	1.0101	0.0048	0.0000	0.0048	0.0055	0.0000	0.0055
2	1.0577	0.9644	1.0200	0.0048	0.0001	0.0059	0.0055	0.0001	0.0111
3	1.0878	0.9454	1.0297	0.0049	0.0003	0.0100	0.0055	0.0003	0.0171
4	1.1187	0.9262	1.0390	0.0049	0.0005	0.0145	0.0055	0.0005	0.0232
5	1.1505	0.9114	1.0486	0.0050	0.0006	0.0192	0.0060	0.0007	0.0295
6	1.1832	0.8941	1.0572	0.0050	0.0008	0.0241	0.0060	0.0009	0.0371
7	1.2169	0.8767	1.0653	0.0050	0.0010	0.0292	0.0060	0.0012	0.0443
8	1.2515	0.8594	1.0755	0.0051	0.0012	0.0347	0.0060	0.0014	0.0519
9	1.2871	0.8424	1.0843	0.0051	0.0014	0.0407	0.0065	0.0017	0.2602
10	1.3236	0.8255	1.0927	0.0052	0.0017	0.0503	0.0065	0.0020	0.0692
11	1.3613	0.8086	1.1007	0.0052	0.0019	0.0655	0.0065	0.0022	0.0773
12	1.4000	0.7917	1.1083	0.0052	0.0021	0.0729	0.0065	0.0025	0.0866
							0.0726	0.0023	0.0900
13	1.4398	0.7752	1.1161	0.0053	0.0024	0.0807	0.0071	0.0026	0.0992
14	1.4808	0.7597	1.1234	0.0053	0.0026	0.0897	0.0071	0.0029	0.1085
15	1.5229	0.7432	1.1302	0.0053	0.0029	0.0971	0.0071	0.0022	0.0979
16	1.5662	0.7257	1.1365	0.0054	0.0032	0.1058	0.0071	0.0025	0.0977
17	1.6107	0.7096	1.1429	0.0054	0.0035	0.1147	0.0078	0.0029	0.0935
18	1.6565	0.6935	1.1489	0.0054	0.0038	0.1240	0.0078	0.0032	0.1096
19	1.7036	0.6774	1.1548	0.0055	0.0041	0.1337	0.0078	0.0036	0.1211
20	1.7520	0.6613	1.1597	0.0055	0.0044	0.1436	0.0078	0.0040	0.1330
21	1.8019	0.6456	1.1634	0.0055	0.0047	0.1539	0.0085	0.0044	0.1450
22	1.8531	0.6300	1.1674	0.0055	0.0051	0.1646	0.0085	0.0048	0.1593
23	1.9058	0.6143	1.1707	0.0055	0.0054	0.1757	0.0085	0.0052	0.1731
24	1.9600	0.5986	1.1732	0.0056	0.0058	0.1871	0.0085	0.0057	0.1874
							0.0942	0.0471	0.1403
25	2.0157	0.5835	1.1758	0.0056	0.0062	0.1989	0.0093	0.0046	0.1543
26	2.0730	0.5680	1.1775	0.0056	0.0066	0.2112	0.0093	0.0051	0.1687
27	2.1320	0.5527	1.1784	0.0056	0.0070	0.2233	0.0093	0.0056	0.1837
28	2.1926	0.5374	1.1783	0.0056	0.0074	0.2369	0.0093	0.0060	0.1991
29	2.2550	0.5225	1.1782	0.0056	0.0078	0.2504	0.0101	0.0066	0.2150
30	2.3191	0.5076	1.1772	0.0056	0.0083	0.2643	0.0101	0.0071	0.2312
31	2.3850	0.4927	1.1751	0.0056	0.0087	0.2787	0.0101	0.0077	0.2479
32	2.4529	0.4778	1.1719	0.0055	0.0092	0.2935	0.0101	0.0083	0.2656
33	2.5226	0.4632	1.1685	0.0055	0.0097	0.3089	0.0110	0.0089	0.2836
34	2.5943	0.4487	1.1641	0.0055	0.0102	0.3247	0.0110	0.0095	0.3014
35	2.6681	0.4342	1.1584	0.0055	0.0107	0.3410	0.0110	0.0103	0.3198
36	2.7440	0.4196	1.1514	0.0054	0.0113	0.3578	0.0110	0.0110	0.3389
							0.1223	0.0611	0.2927
37	2.8220	0.4054	1.1442	0.0054	0.0118	0.3751	0.0121	0.0097	0.3145
38	2.9023	0.3913	1.1356	0.0054	0.0124	0.3930	0.0121	0.0104	0.3371
39	2.9848	0.3771	1.1256	0.0053	0.0130	0.4115	0.0121	0.0111	0.3604
40	3.0697	0.3629	1.1141	0.0053	0.0136	0.4304	0.0121	0.0119	0.3844
41	3.1570	0.3491	1.1021	0.0052	0.0142	0.4500	0.0131	0.0127	0.4104
42	3.2467	0.3353	1.0896	0.0051	0.0149	0.4701	0.0131	0.0136	0.4372
43	3.3391	0.3215	1.0734	0.0051	0.0156	0.4909	0.0131	0.0145	0.4649
44	3.4340	0.3076	1.0564	0.0050	0.0163	0.5122	0.0131	0.0154	0.4936
45	3.5317	0.2942	1.0389	0.0049	0.0170	0.5342	0.0143	0.0163	0.5233
46	3.6321	0.2807	1.0195	0.0048	0.0177	0.5568	0.0143	0.0174	0.5541
47	3.7354	0.2672	0.9982	0.0047	0.0184	0.5800	0.0143	0.0184	0.5860
48	3.8416	0.2537	0.9748	0.0046	0.0192	0.6040	0.0143	0.0195	0.6209
							0.1587	0.0793	0.5476
49	3.9508	0.2406	0.9506	0.0045	0.0200	0.6286	0.0156	0.0180	0.5773
50	4.0632	0.2275	0.9242	0.0044	0.0208	0.6538	0.0156	0.0191	0.6102
51	4.1787	0.2143	0.8956	0.0042	0.0217	0.6798	0.0156	0.0203	0.6482
52	4.2975	0.2012	0.8646	0.0041	0.0225	0.7065	0.0156	0.0215	0.6904
53	4.4197	0.1884	0.8326	0.0039	0.0234	0.7340	0.0171	0.0227	0.7360
54	4.5454	0.1756	0.7981	0.0038	0.0243	0.7622	0.0171	0.0240	0.7845
55	4.6747	0.1628	0.7609	0.0036	0.0253	0.7911	0.0171	0.0254	0.8371
56	4.8076	0.1500	0.7209	0.0034	0.0262	0.8206	0.0171	0.0268	0.8931
57	4.9443	0.1375	0.6797	0.0032	0.0272	0.8513	0.0136	0.0283	0.9001
58	5.0849	0.1250	0.6355	0.0030	0.0282	0.8826	0.0186	0.0298	0.9496
59	5.2295	0.1125	0.5883	0.0028	0.0293	0.9147	0.0186	0.0315	0.9985
60	5.3782	0.1000	0.5378	0.0025	0.0303	0.9477	0.0186	0.0331	1.0507
							0.2359	0.1070	0.9477







# DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 2 INTERVENCION DEL ESTADO

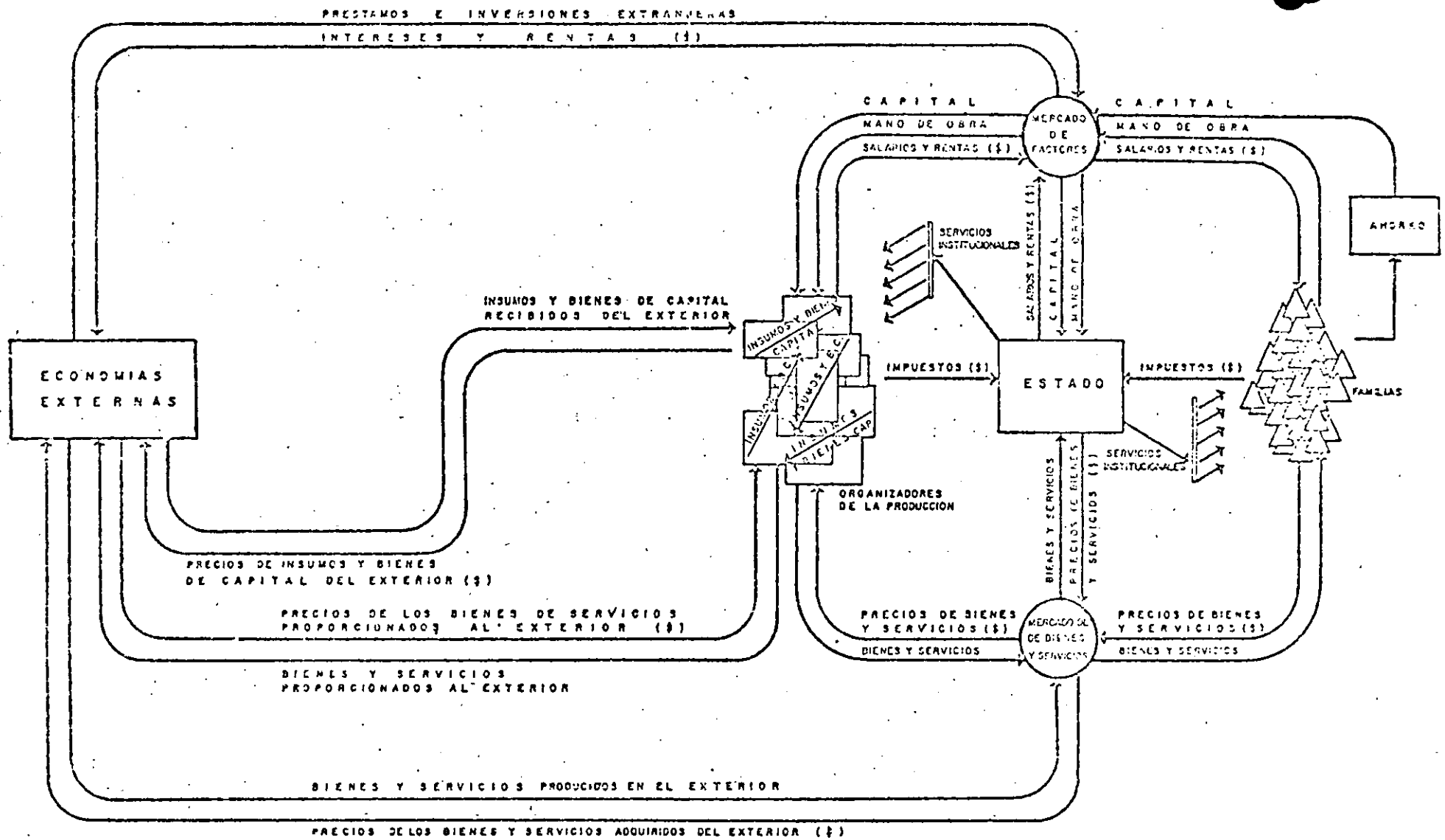
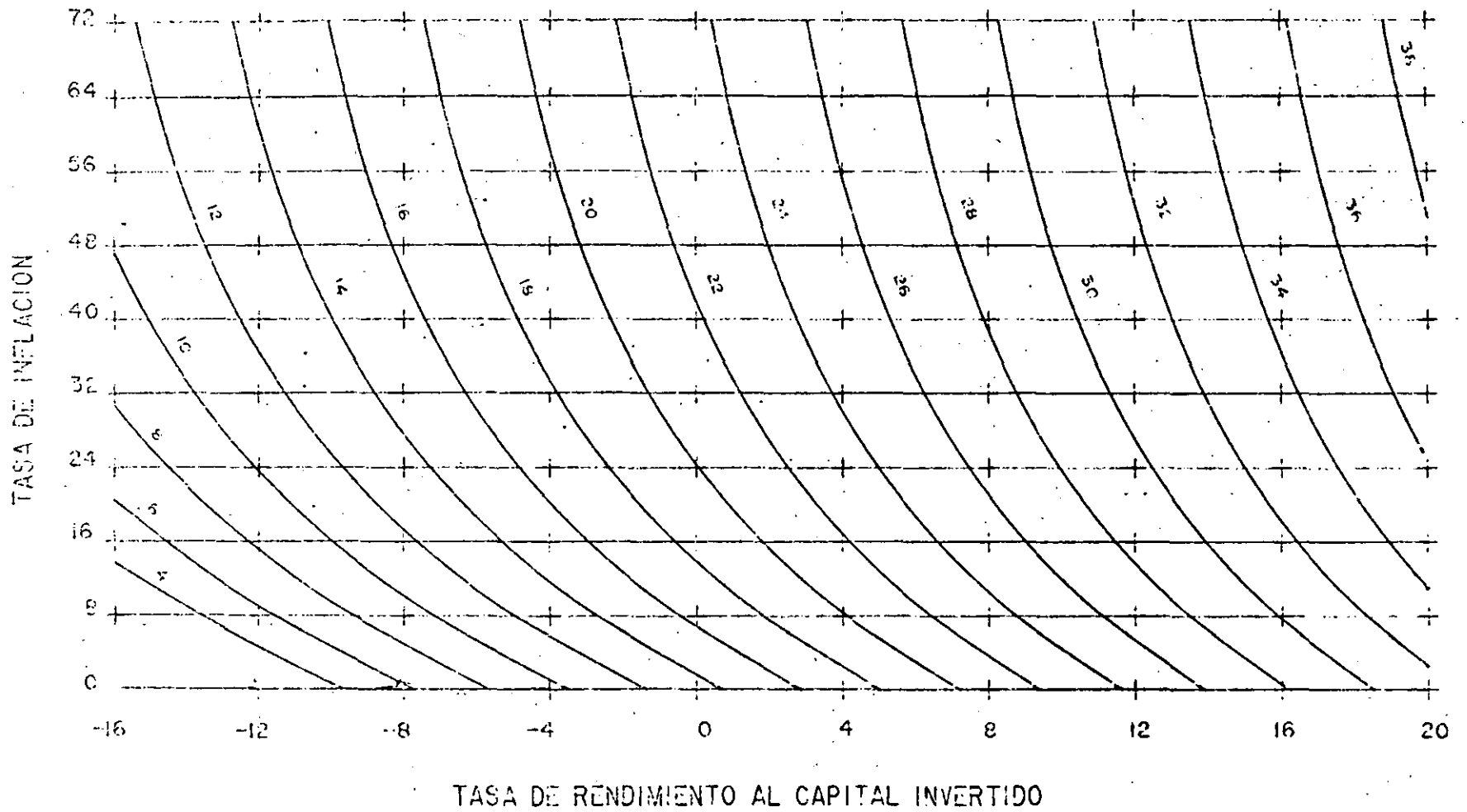


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 3

FIGURA 4.- RENTA INICIAL EN MILES DE PESOS POR  
POR CADA MILLON INVERTIDO EN EQUIPO





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

***CURSOS ABIERTOS***

***II CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION***

*Del 22 de Junio al 17 de Julio*

***MODULO I***

***MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS***

***RECONVERSION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION  
(COMPLEMENTO)***

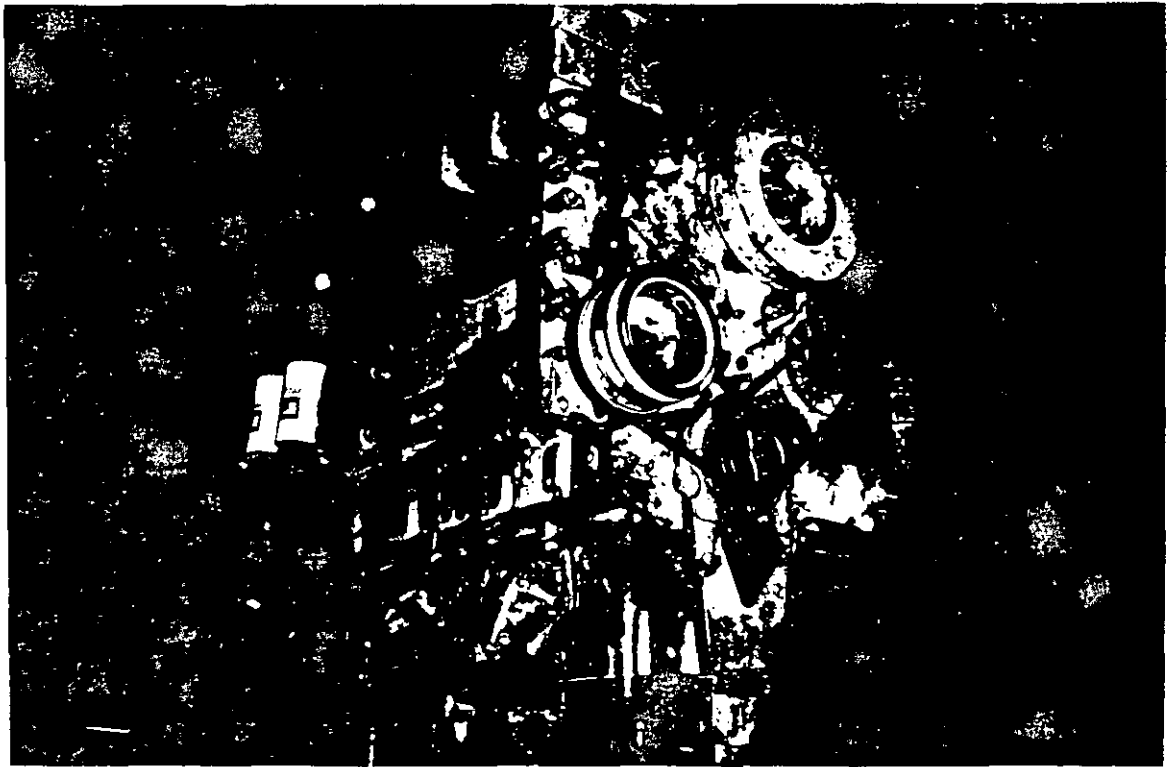
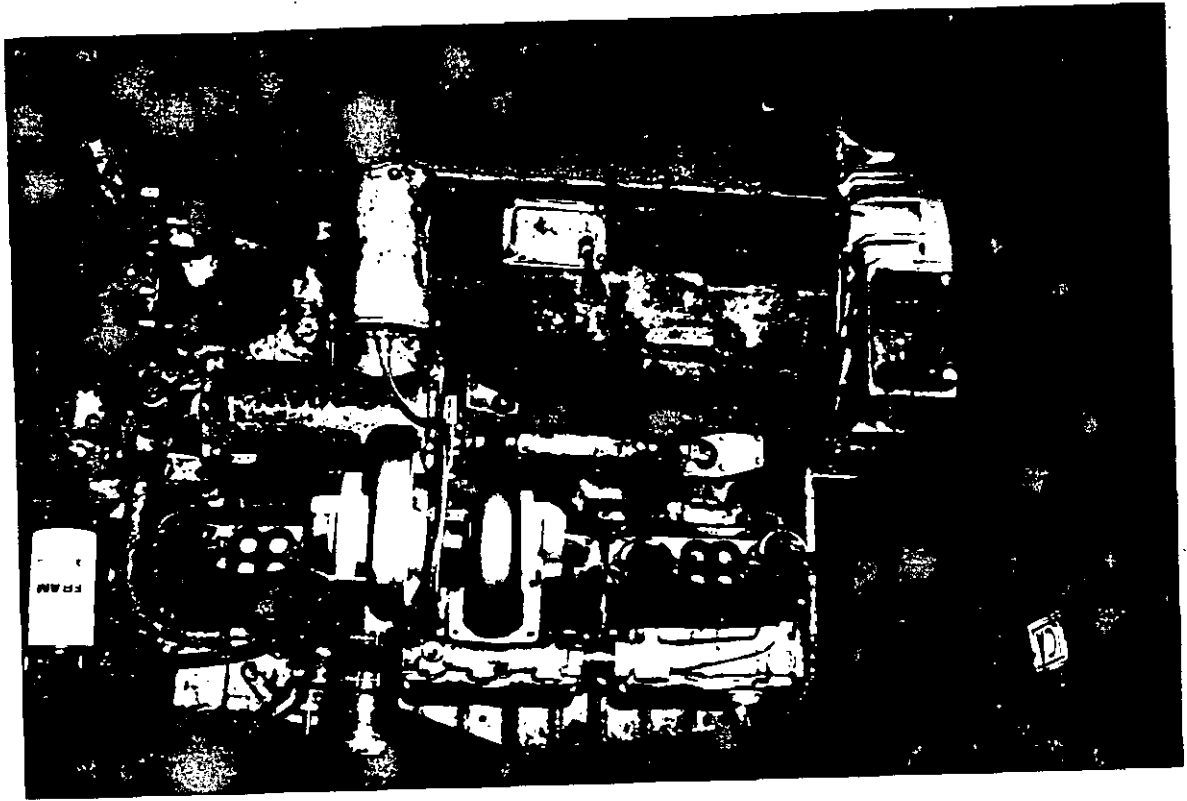
***ING. ANDRES BENTON CUELLAR***

***JUNIO  
1992***

## **CONVERSION DE MOTOR ASPIRACION NATURAL A TURBOCARGADOR**

- VENTAJAS :** EL MOTOR DE ASPIRACION NATURAL AL AUMENTAR LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR PIERDE POTENCIA, EMITE EN DEMASIA GASES CONTAMINATES ESTE PROBLEMA SE RESUELVE ACOPLANDO UN COMPENSADOR DE ALTURA.
- APLICACION :** EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE EQUIPO PESADO.
- INSTALACION :** LOS FABRICANTES DE LOS MOTORES SUMINISTRAN LAS PARTES DE REEMPLAZO, PARA ESTA RECONVERSION.





## CONVERSION PARA DETECTAR METALES EN UNA BANDA ALIMENTADORA DE UN EQUIPO DE TRITURACION

**VENTAJAS :** EVITAR DANOS DE LA GIROESFERA.

**APLICACION :** EN EQUIPOS DE TRITURACION.

**INSTALACION :** EN EL TRAYECTO DE LA BANDA SE COLOCA UN ELECTROIMAN, QUE AL ATRAER UN PEDAZO METALICO, ACTIVA UN SENSOR QUE DETIENE EL MOTOR ELECTRICO.



**CONVERSION DE TREN DE RODAJE DE VARIAS MARCAS  
A MARCA CATERPILLAR**

**VENTAJAS :** AL CONVERTIR LOS TRANSITOS A MARCA CATERPILLAR, SE TIENE UN MAYOR NUMERO DE DISTRIBUIDORES EN LA REPUBLICA Y MAYOR EXISTENCIA.

**APLICACION :** LA GRAN MAYORIA DE CARRILES.

**INSTALACION :** LA CATERPILLAR HA DESARROLLADO UN ESTUDIO DE INTERCAMBIO DE PARTES DE TRENES DE RODAJE CON NUMEROS EQUIVALENTES EN VARIAS MARCAS, POR LO QUE ES POSIBLE OBTENER LOS SISTEMAS DE CONVERSION Y SE PUEDEN VER FISICAMENTE INSTALADOS EN EQUIPOS TEREX, JOHN DEERE, ETC.

## **CONVERSION DE CAMION HIAB PARA MONTAJE Y DESMONTAJE DE LLANTAS GIGANTES**

- VENTAJAS.-** MOVIMIENTO DE NEUMATICOS EN EL CAMPO, FACILIDAD DE MANEJO, REDUCCION DE -- TIEMPO DE INSTALACION Y MAYOR SEGURIDAD EN LA OPERACION.
- APLICACION.-** TODO TIPO DE MAQUINARIA PESADA SOBRE NEUMATICOS.
- INSTALACION.-** COLOCACION DE LA GRUA SOBRE PLATAFORMA DE CAMION DE 10 TON. DE CAPACIDAD, -- ADAPTACION DE SISTEMA ELECTROHIDRAULICO DE OPERACION Y CONTROL, HACIENDO USO DE LA BOMBA Y DE LAS VALVULAS CON QUE CUENTA LA GRUA HIAB E INTRODUCIENDO AL SISTEMA - UNA ELECTROVALVULA PARA ABRIR Y CERRAR LA GRAPA.



## CONVERSION DE COPLÉ MECANICO A HIDRAULICO

**VENTAJAS :** ABSORBE LOS IMPACTOS DE LA MAQUINA DANDO VELOCIDADES UNIFORMES Y OBTENIENDO MAYOR VIDA DE TODOS SUS CONJUNTOS, NO REQUIEREN AJUSTES Y NECESITANDO UN MANTENIMIENTO MINIMO.

**APLICACION :** EQUIPO DE DRAGADO, MALACATES, EQUIPO DE PERFORACION Y EQUIPO PARA LA INDUSTRIA MADERERA.

**INSTALACION :** ES UNA SUSTITUCION Y PARA UNA SELECCION APROPIADA SE REQUIEREN LOS DATOS DEL VOLANTE, CAPACIDAD DE MOTOR Y ACOPLAMIENTO DE SALIDA. LA INSTALACION DEBERA DISENARSE CUIDADOSAMENTE EN CUANTO A ESPACIO Y SOBRE TODO ALINEAMIENTO.

**CONVERSION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE  
RETROEXCAVADORA YUMBO 3964.**

**VENTAJAS.-**

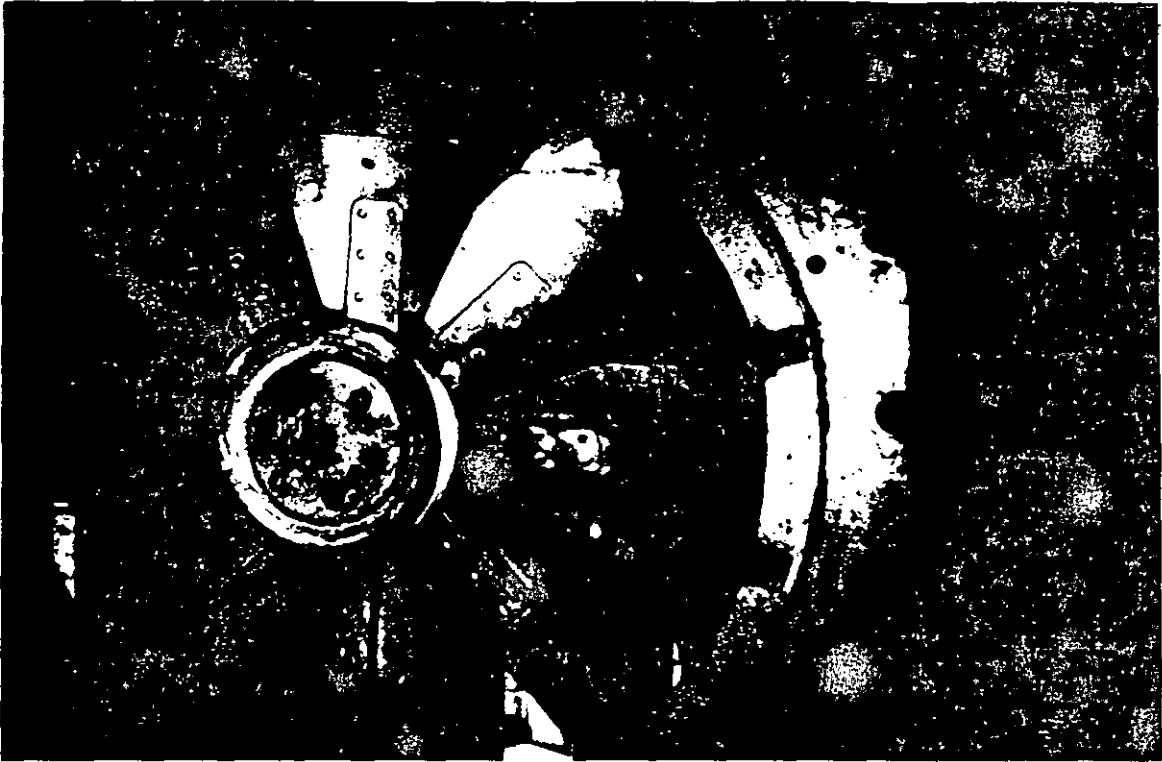
**EVITAR SOBRECALENTAMIENTO DE MOTOR, MAYOR  
EFICIENCIA Y DURABILIDAD DEL MISMO.**

**APLICACION.-**

**EN RETROEXCAVADORAS.**

**INSTALACION.-**

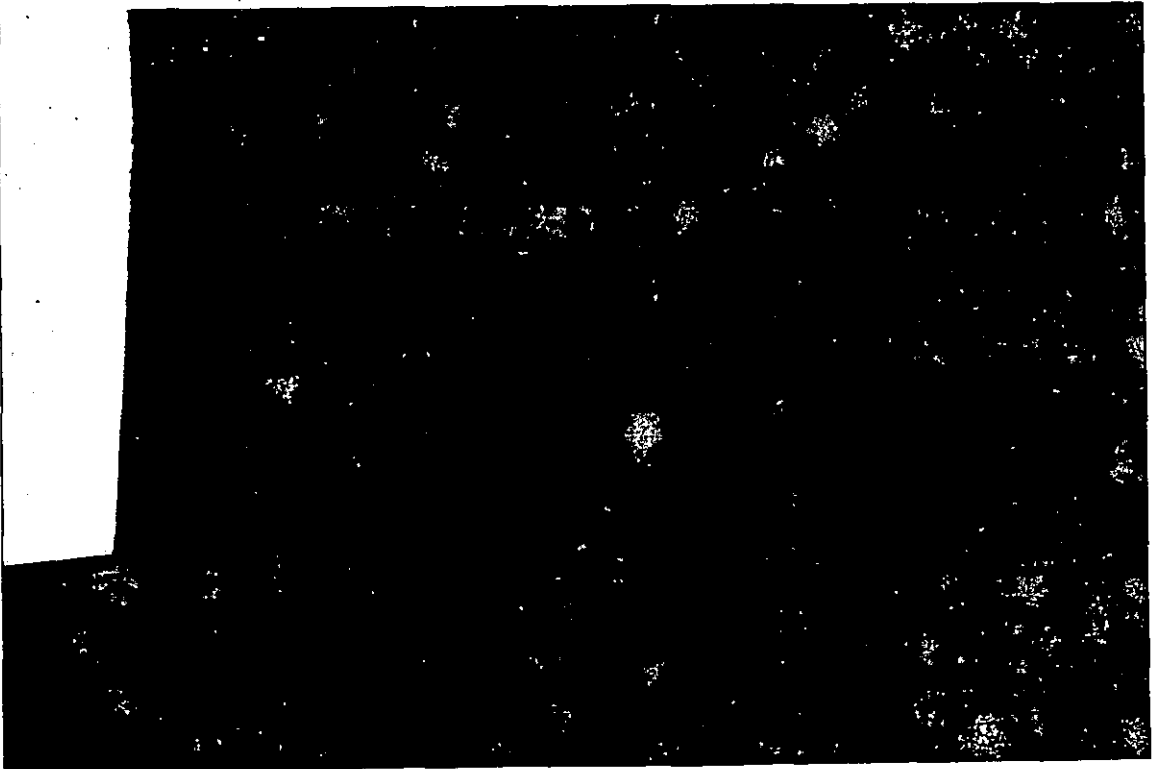
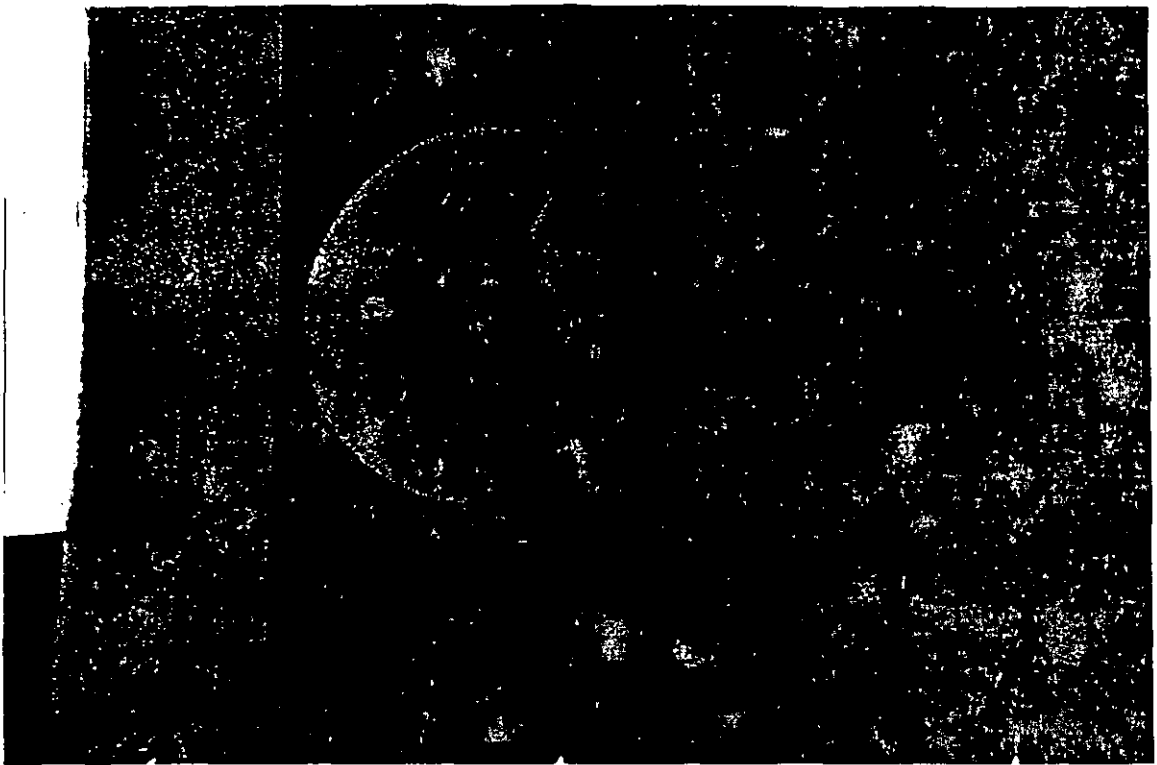
**COLOCACION DE TOLVA CONICA EN EL RADIADOR  
PARA CAPTAR MAYOR VOLUMEN DE AIRE, VENTI-  
LADOR DE MAYOR DIAMETRO Y ASPAS MAS ANCHAS  
LO QUE INCREMENTA EL FLUJO DE AIRE Y EL  
ENFRIAMIENTO.**





## **CONVERSION DEL SISTEMA MECANICO A HIDRAULICO**

- VENTAJAS :** SE ELIMINA VARILLAJE, ENGRANES, CADENAS, VIBRACIONES, RUIDOS MOLESTOS, YA QUE LOS SISTEMAS HIDRAULICOS SON MAS PEQUENOS Y SE EVITA LO ANTERIOR.
- APLICACION :** EN LA MAYORIA DE LOS SISTEMAS TECNICOS DE EQUIPO ANTIGUO, COMO EJEMPLO LA MOTOCONFORMADORA HUBER.
- INSTALACION :** SE ADICIONA UN DEPOSITO, BOMBA LINEAS Y VALVULAS DE CONTROL ADEMAS DE SUSTITUIR LOS CONJUNTOS A MODERNIZAR.



## **CONVERSION DE SISTEMAS HIDRAULICOS EN GENERAL**

### **VENTAJAS.-**

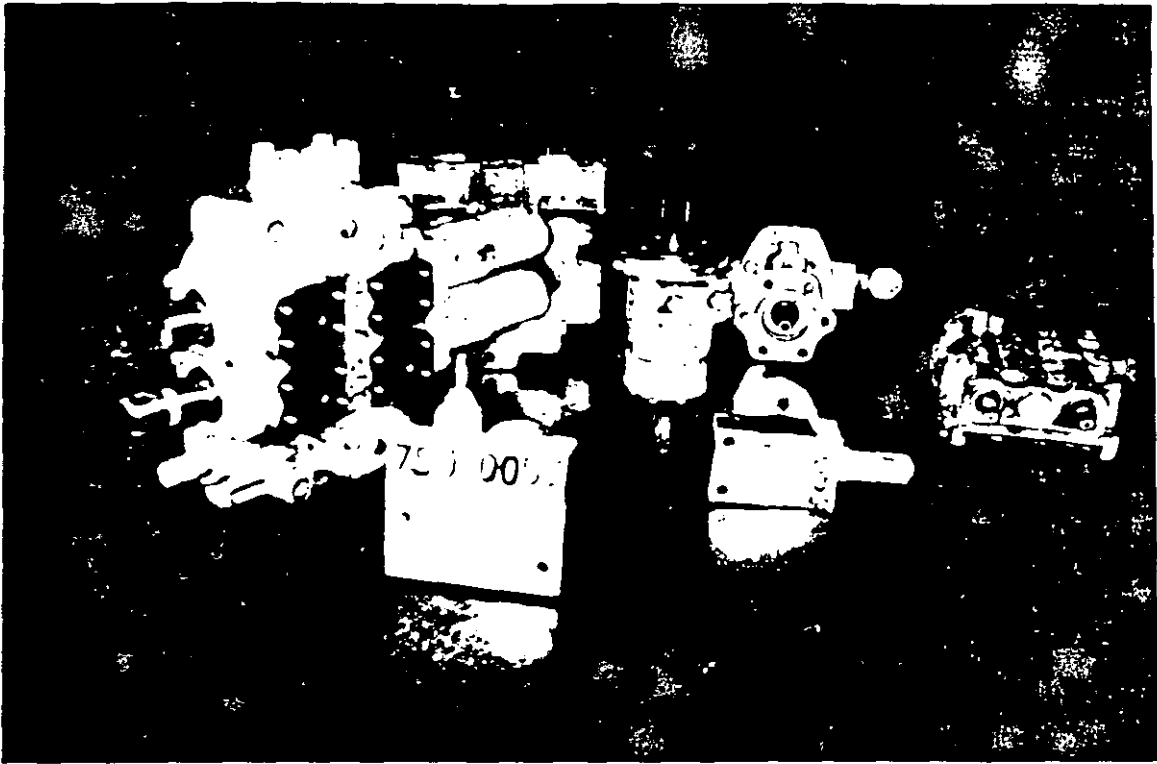
**EN LOS SISTEMAS HIDRAULICOS LAS VALVULAS DE DIRECCION, DE CONTROL Y DERIVADORAS DE FLUJO, ELECTROVALVULAS Y SEGURIDAD O RETENCION ORIGINALES, REPRESENTAN UN ALTO COSTO Y EN OCASIONES SON DIFICILES DE LOCALIZAR, POR LO QUE LA SUSTITUCION CON VALVULAS COMERCIALES DE DIFERENTES MARCAS EXISTENTES EN EL MERCADO Y CON ADAPTACIONES MINIMAS, PERMITE IGUALAR EL FUNCIONAMIENTO Y LA OPERACION DE LOS EQUIPOS Y RESOLVER EL PROBLEMA EN FORMA LOCAL, RAPIDA Y ECONOMICA.**

### **APLICACION.-**

**SISTEMAS HIDRAULICOS DE MAQUINARIA EN GENERAL**

### **INSTALACION.-**

**MODIFICACIONES MINIMAS DE SUJECION, CONEXION Y CONTROLES.**

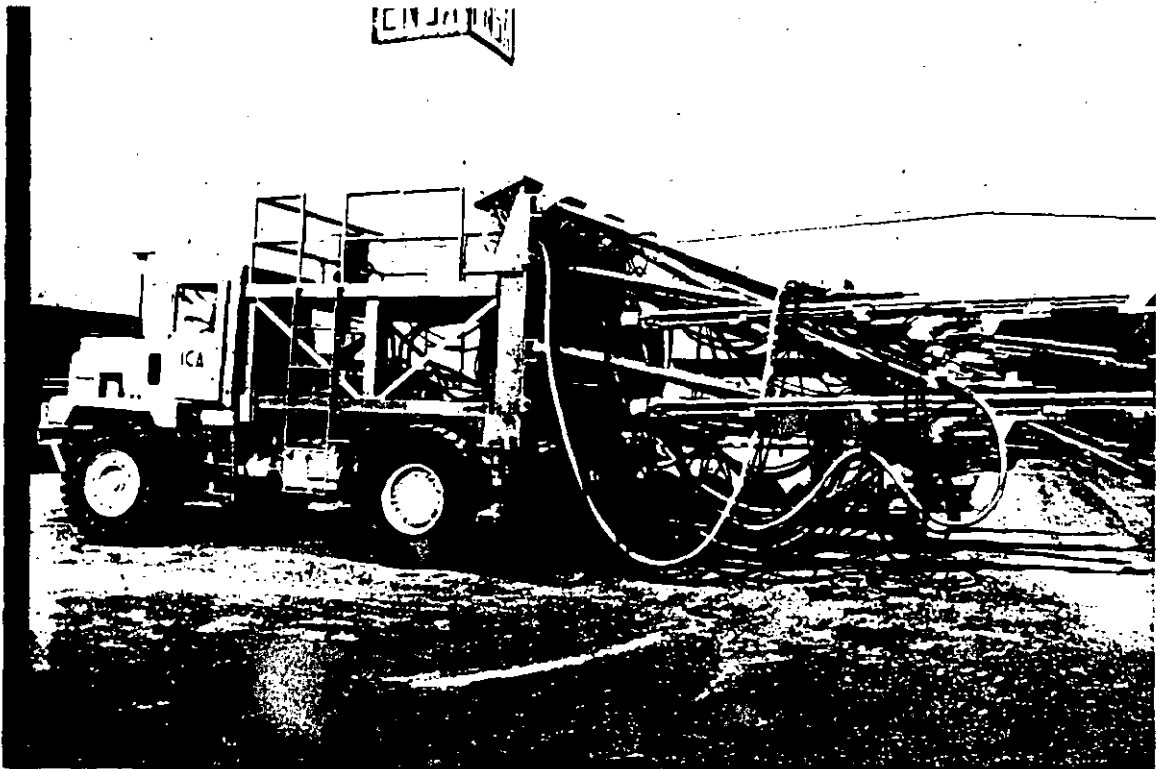


**CONVERSION DE CAMION FUERA DE CARRETERA A EQUIPO DE PERFORACION (YUMBO)**

**VENTAJAS :**           **INSTALAR EN UNA BASE PREFABRICADA 5 PISTOLAS PERFORADORAS CON SUS BRAZOS A TODOS LOS GIROS (LEVANTE, GIRO Y LATERAL).**

**APLICACION :**       **PERFORACION DE TUNELES.**

**INSTALACION :**      **SE REQUIERE DE LA ADAPTACION DE UN CHASIS CON CAPACIDAD DE CARGA DE 22 TONELADAS O MAYOR, LA ESTRUCTURA PARA SOPORTAR LAS 5 PISTOLAS CON SUS CONTROLES NEUMATICOS Y UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE.**





## **CONVERSION DE NUMEROS ORIGINALES POR EQUIVALENTES.**

**VENTAJAS :**           **DEFINICION DE REPUESTO EN DIFERENTES  
MARCAS**

**APLICACION :**       **EN BALEROS, RETENES, FILTROS, COPLES.**

**INSTALACION :**     **PARA INSTALAR ESTOS REPUESTOS NO ES  
NECESARIO EFECTUAR MODIFICACIONES A  
NUESTROS CONJUNTOS.**

<b>JOY</b> 202317 C187 514885-4 CA286 514785 CA252 514785-1 CA288 514785-2 CA278 511795-4 CA288 511795-4 CA288 519002-12 CA225 519002-17 CAK257 519002-18 CAK1530 519002-19 CAK538 519002-24 CAK538 519348 CAK1530 525987-2 CA270 543298-008 CAK2523	E-150 CA328 E-151 CA325 E-152 CA173PL E-153 CA385 E-154 CA127 E-155 CA3371 E-156 CA114 E-157 CA324A E-158 CA340A E-159 CA342 E-165 CA138 E-188 CA3492 E-191 CA178PL E-194 CA3538 E-195 CA3537 E-198 CA332	CA328 CA325 CA173PL CA385 CA127 CA3371 CA114 CA324A CA340A CA342 CA138 CA3492 CA178PL CA3538 CA3537 CA332	BP-3 <sup>1</sup> C111A, CH187PL and Hough gasket BP-818 C188A BP-718 CH45PL BP-718-N CH45PL D series Filter assembly (W/D-208 Holder, CAS (by-pass) CH45PL (Full flow) D-198 C45 D-197 C48 D-218 C45 D-CEL C45 G-3 C111A G-3-CEL C111A G-300 C111A	GF580 G4143 GF590 G3743 GF591 G3741 GF800 G3713 GF810 G4194 GF888 F3900 KF404 CG13 XF500A G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) PCV5 FV164 PCV10 FV113 PCV11 FV113 PCV13 FV140 PCV15 <sup>7</sup> FV131, FV132 PCV18 FV232 PCV17 FV100 PCV18 FV111 PCV19 FV113 PCV20 FV112 PCV21 FV113 PCV24 FV132 PCV30 FV100 PCV38 FV100 PCV41 FV100 PCV47 FV132 PCV48 <sup>7</sup> FV131, FV132 PCV49 <sup>7</sup> FV112, FV184 PCV51 FV158 PCV52 FV158 PCV54 FV164 PCV55 FV158 PCV57 FV158 PCV80 FV183 PCV81 FV183 PCV82 FV158 PCV84 FV113 PCV85 FV184 PCV86 FV183 PCV87 FV183 PCV88 FV183 PCV89 FV178 PCV90 FV181 PCV91 FV184 PCV92 FV185 PCV93 FV177 PCV94 FV175 PCV95 FV178 PCV96 FV188 PCV97 FV186 PCV98 FV197 PCV99 FV189 PCV81 FV186 PCV82 FV190 PCV83 FV190 PCV84 P1101PL PCV85 FV184 PCV86 FV191 PCV87 FV191 PCV88 <sup>7</sup> FV191, FV232 PCV89 FV232 PCV90 FV184 PCV92 FV280 PCV93 FV220 PCV94 FV197 PCV95 FV198 PCV96 FV197 PCV97 FV221 PCV98 FV240 PCV99 FV237 PCV103 <sup>7</sup> FV248, FV242 PCV105 FV242 PCV108 FV244 PCV107 FV243	G4143 G3743 G3741 G3713 G4194 F3900 CG13 XF500A G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) FV164 FV113 FV113 FV140 FV131, FV132 FV232 FV100 FV111 FV113 FV112 FV113 FV132 FV100 FV100 FV100 FV132 FV131, FV132 FV112, FV184 FV158 FV158 FV164 FV158 FV158 FV183 FV183 FV158 FV113 FV184 FV183 FV183 FV183 FV183 FV184 FV185 FV177 FV175 FV178 FV188 FV186 FV197 FV189 FV186 FV190 FV190 FV190 P1101PL FV184 FV191 FV191 FV232 FV184 FV280 FV220 FV197 FV198 FV197 FV221 FV240 FV237 FV222 FV242 FV244 FV243	VM-833A FM2318A VM-836 FM2328 VM-837 FM2321 VM-839 FM2322 <b>KENDALL</b> K1 PH8A K2 PH11 K3 PH25 K4 PH39 K5 PH43 K6 PH1 K7 PH22 K8 PH387A KA1 CA138 KA2 CA146PL KA3 CA180PL KA4 CA184PL KA5 CA189PL KA6 CA383 KA7 CA385 KA8 CA324A KA9 CA328 KA10 CA327 KA11 CA328 KA12 CA351 KG1 G2 KG2 CG11 KG3 CG13 KG4 G22A	FM2318A FM2328 FM2321 FM2322 <b>KENDALL</b> PH8A PH11 PH25 PH39 PH43 PH1 PH22 PH387A CA138 CA146PL CA180PL CA184PL CA189PL CA383 CA385 CA324A CA328 CA327 CA328 CA351 G2 CG11 CG13 G22A	KMA-180 CA180PL KMA-178 CA178PL KMA-184 CA184PL KMA-188 CA328 KMA-189 CA189PL KMA-192 CA192 KMA-305 CA385 KMA-324A CA324A KMA-328 CA328 KMA-327 CA327 KMA-328 CA328 KMA-340A CA340A KMA-351 CA351 KMA-352 CA352 KMA-2821 CA2821 KMA-3300 CA3300	CA180PL CA178PL CA184PL CA328 CA189PL CA192 CA385 CA324A CA328 CA327 CA328 CA351 G2 CG11 CG13 G22A	<b>KERSHAW MFG. CO.</b> 32288 PA9008 275452 CA273 351133 CA282	<b>KINGMAN TRAILERS</b> C-13745-A CA20PL	<b>KLEENER</b> (See Champ)	<b>KNECHT</b> 0258 544-M1 CH82PL 080-100M1 CH83APL AF5 CH284 AF13 CH288 AG2 CH286 AG9 CA282 AG24 CA282PL AG108 CA341 AG115 CA272 AG119 CA270A AG120 CA281 AG121 CA287 AG147 CA354 AG399 CA282 AW1 PH3512 AW3 PH2879A AW5 PH2842 AW6 PH7 AW8 P1101PL AW9 P1103 AW12 P4102 AW14-1 PH48 AW18 PH2844 AW29 PH2879A AW33 PH2848A AW34 PH2825 AW38 PH38 AW40 PH888 AW41 PH25 AW42 PH2842 AW56 PH388 B402-100M1 C1188PL B402-200M1 C1188Z B402C-100M1 C1188Z B404-100M1 C1188PL CF9 CH2859	
<b>K &amp; N</b> E-87 CA588 E-90 CA188PL E-100 CA148PL E-101 CA188PL E-103 <sup>7</sup> CA3823, CA384 E-104 CA148PL E-105 CA348 E-107 CA188PL E-108 CA184PL E-108 CA133 E-110 CA188PL E-111 CA148 E-112 CA187PL E-113 CA182PL E-115 CA192 E-118 CA342A E-120 CA383 E-121 CA348 E-122 CA328 E-123 CA178PL E-125 CA347 E-128 CA3425 E-130 CA351 E-132 CA113 E-135 CA3300 E-138 CA138 E-141 CA3882 E-142 CA3548 E-144 CA3324 E-145 CA327 E-148 CA3501	K-1 PH8A K-2 PH11 K-3 PH39 K-4 CH200PL K-5 PH25 K-6 PH43 K-9 PH43 K-10 PH3506 K-11 PH3387A K-20 PH16, PH43 K-21 PH8488 K-22 PH2825 K-23 PH2849A K-24 PH2850 K-25 PH2865A K-26 PH2870A KA-1 CA178PL KA-2 CA188PL KA-3 CA184PL KA-5 CA148PL KA-6 CA133 KA-7 CA148PL KA-8 CA180PL KA-10 CA324A KA-12 CA328 KA-13 CA138 KA-14 CA127 KA-15 CA328 KA-17 CA303 KA-18 CA305 KA-19 CA327 KA-20 CA351 KA-21 CA340A KA-22 CA3388 KA-41 CA19 KA-42 CA34 KA-50 CA383 KA-51 CA383 KA-52 CA2821 KA-53 CA3873 KG-1 G2 KG-2 G28 KG-4 G22A KG-5 CG11 KG-6 CG12 KG-7 CG13	PH8A PH11 PH39 CH200PL PH25 PH43 PH3506 PH3387A PH16, PH43 PH8488 PH2825 PH2849A PH2850 PH2865A PH2870A CA178PL CA188PL CA184PL CA148PL CA133 CA148PL CA180PL CA324A CA328 CA138 CA127 CA328 CA303 CA305 CA327 CA351 CA340A CA3388 CA19 CA34 CA383 CA383 CA2821 CA3873 G2 G28 G22A CG11 CG12 CG13	<b>KELLOGG AMERICAN</b> 50382 CAK257 51186 CA3387	<b>KEM</b> CF101 CA357 CF103 CA357 CF104 CA357 CF105 CA357 FA79 CA24 FA87 CA24 FA88 CA24 FA578 CA24 FB59 CA19 GF117 CG3 GF124 CG7 GF148 CG8 GF180 CG28 GF200 <sup>28</sup> CG8 GF250 <sup>28</sup> CG8 GF427 CG11 GF441 CG12 GF470 CG388 GF471 CG388 GF476 CG882 GF477 CG883 GF478 CG884 GF479 CG886 GF481 G3727 GF500A G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) GF514 G1 GF516 G2 GF518 <sup>7</sup> G18 GF517 G8 GF518 G7 GF519 G2 GF520 G23 GF521 G22A GF522 G3615 GF523 G3427 GF524 G3428A GF525 G3886 GF528 CG3881 GF530 G19 GF531 G3498 GF532 G3886 GF533 G3887 GF538 G3 GF550 G8 GF551 G3388 GF552 G3388 GF553 G3386 GF554 G3387 GF555 CG882 GF556 G4186 GF557 G4188 GF558 G4177 GF559 G4191 GF560 G3783 GF570 G4188 GF571 G4188	CA357 CA357 CA357 CA357 CA24 CA24 CA24 CA24 CA19 CG3 CG7 CG8 CG28 CG8 CG8 CG11 CG12 CG388 CG388 CG882 CG883 CG884 CG886 G3727 G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) G1 G2 G18 G8 G7 G2 G23 G22A G3615 G3427 G3428A G3886 CG3881 G19 G3498 G3886 G3887 G3 G8 G3388 G3388 G3386 G3387 CG882 G4186 G4188 G4177 G4191 G3783 G4188 G4188	G4143 G3743 G3741 G3713 G4194 F3900 CG13 XF500A G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) FV164 FV113 FV113 FV140 FV131, FV132 FV232 FV100 FV111 FV113 FV112 FV113 FV132 FV100 FV100 FV100 FV132 FV131, FV132 FV112, FV184 FV158 FV158 FV164 FV158 FV158 FV183 FV183 FV158 FV113 FV184 FV183 FV183 FV183 FV183 FV184 FV185 FV177 FV175 FV178 FV188 FV186 FV197 FV189 FV186 FV190 FV190 FV190 P1101PL FV184 FV191 FV191 FV232 FV184 FV280 FV220 FV197 FV198 FV197 FV221 FV240 FV237 FV222 FV242 FV244 FV243	VM-833A FM2318A VM-836 FM2328 VM-837 FM2321 VM-839 FM2322 <b>KENDALL</b> K1 PH8A K2 PH11 K3 PH25 K4 PH39 K5 PH43 K6 PH1 K7 PH22 K8 PH387A KA1 CA138 KA2 CA146PL KA3 CA180PL KA4 CA184PL KA5 CA189PL KA6 CA383 KA7 CA385 KA8 CA324A KA9 CA328 KA10 CA327 KA11 CA328 KA12 CA351 KG1 G2 KG2 CG11 KG3 CG13 KG4 G22A	FM2318A FM2328 FM2321 FM2322 <b>KENDALL</b> PH8A PH11 PH25 PH39 PH43 PH1 PH22 PH387A CA138 CA146PL CA180PL CA184PL CA189PL CA383 CA385 CA324A CA328 CA327 CA328 CA351 G2 CG11 CG13 G22A	KMA-180 CA180PL KMA-178 CA178PL KMA-184 CA184PL KMA-188 CA328 KMA-189 CA189PL KMA-192 CA192 KMA-305 CA385 KMA-324A CA324A KMA-328 CA328 KMA-327 CA327 KMA-328 CA328 KMA-340A CA340A KMA-351 CA351 KMA-352 CA352 KMA-2821 CA2821 KMA-3300 CA3300	CA180PL CA178PL CA184PL CA328 CA189PL CA192 CA385 CA324A CA328 CA327 CA328 CA351 G2 CG11 CG13 G22A	<b>KERSHAW MFG. CO.</b> 32288 PA9008 275452 CA273 351133 CA282	<b>KINGMAN TRAILERS</b> C-13745-A CA20PL	<b>KLEENER</b> (See Champ)	<b>KNECHT</b> 0258 544-M1 CH82PL 080-100M1 CH83APL AF5 CH284 AF13 CH288 AG2 CH286 AG9 CA282 AG24 CA282PL AG108 CA341 AG115 CA272 AG119 CA270A AG120 CA281 AG121 CA287 AG147 CA354 AG399 CA282 AW1 PH3512 AW3 PH2879A AW5 PH2842 AW6 PH7 AW8 P1101PL AW9 P1103 AW12 P4102 AW14-1 PH48 AW18 PH2844 AW29 PH2879A AW33 PH2848A AW34 PH2825 AW38 PH38 AW40 PH888 AW41 PH25 AW42 PH2842 AW56 PH388 B402-100M1 C1188PL B402-200M1 C1188Z B402C-100M1 C1188Z B404-100M1 C1188PL CF9 CH2859
<b>KAWASAKI</b> 18099-003 CH3318	A-225 CH45PL A-226 CH45PL A-445 C45 A-447 C45 B-1 C45 B-3 C111A B-58 C84 B-204 C84 B-618 C188A	CH45PL CH45PL C45 C45 C45 C111A C84 C84 C188A	<b>KELLOGG AMERICAN</b> 50382 CAK257 51186 CA3387	<b>KEM</b> CF101 CA357 CF103 CA357 CF104 CA357 CF105 CA357 FA79 CA24 FA87 CA24 FA88 CA24 FA578 CA24 FB59 CA19 GF117 CG3 GF124 CG7 GF148 CG8 GF180 CG28 GF200 <sup>28</sup> CG8 GF250 <sup>28</sup> CG8 GF427 CG11 GF441 CG12 GF470 CG388 GF471 CG388 GF476 CG882 GF477 CG883 GF478 CG884 GF479 CG886 GF481 G3727 GF500A G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) GF514 G1 GF516 G2 GF518 <sup>7</sup> G18 GF517 G8 GF518 G7 GF519 G2 GF520 G23 GF521 G22A GF522 G3615 GF523 G3427 GF524 G3428A GF525 G3886 GF528 CG3881 GF530 G19 GF531 G3498 GF532 G3886 GF533 G3887 GF538 G3 GF550 G8 GF551 G3388 GF552 G3388 GF553 G3386 GF554 G3387 GF555 CG882 GF556 G4186 GF557 G4188 GF558 G4177 GF559 G4191 GF560 G3783 GF570 G4188 GF571 G4188	CA357 CA357 CA357 CA357 CA24 CA24 CA24 CA24 CA19 CG3 CG7 CG8 CG28 CG8 CG8 CG11 CG12 CG388 CG388 CG882 CG883 CG884 CG886 G3727 G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) G1 G2 G18 G8 G7 G2 G23 G22A G3615 G3427 G3428A G3886 CG3881 G19 G3498 G3886 G3887 G3 G8 G3388 G3388 G3386 G3387 CG882 G4186 G4188 G4177 G4191 G3783 G4188 G4188	G4143 G3743 G3741 G3713 G4194 F3900 CG13 XF500A G2 (5/16" line), G3 (3/8" line) FV164 FV113 FV113 FV140 FV131, FV132 FV232 FV100 FV111 FV113 FV112 FV113 FV132 FV100 FV100 FV100 FV132 FV131, FV132 FV112, FV184 FV158 FV158 FV164 FV158 FV158 FV183 FV183 FV158 FV113 FV184 FV183 FV183 FV183 FV183 FV184 FV185 FV177 FV175 FV178 FV188 FV186 FV197 FV189 FV186 FV190 FV190 FV190 P1101PL FV184 FV191 FV191 FV232 FV184 FV280 FV220 FV197 FV198 FV197 FV221 FV240 FV237 FV222 FV242 FV244 FV243	VM-833A FM2318A VM-836 FM2328 VM-837 FM2321 VM-839 FM2322 <b>KENDALL</b> K1 PH8A K2 PH11 K3 PH25 K4 PH39 K5 PH43 K6 PH1 K7 PH22 K8 PH387A KA1 CA138 KA2 CA146PL KA3 CA180PL KA4 CA184PL KA5 CA189PL KA6 CA383 KA7 CA385 KA8 CA324A KA9 CA328 KA10 CA327 KA11 CA328 KA12 CA351 KG1 G2 KG2 CG11 KG3 CG13 KG4 G22A	FM2318A FM2328 FM2321 FM2322 <b>KENDALL</b> PH8A PH11 PH25 PH39 PH43 PH1 PH22 PH387A CA138 CA146PL CA180PL CA184PL CA189PL CA383 CA385 CA324A CA328 CA327 CA328 CA351 G2 CG11 CG13 G22A	KMA-180 CA180PL KMA-178 CA178PL KMA-184 CA184PL KMA-188 CA328 KMA-189 CA189PL KMA-192 CA192 KMA-305 CA385 KMA-324A CA324A KMA-328 CA328 KMA-327 CA327 KMA-328 CA328 KMA-340A CA340A KMA-351 CA351 KMA-352 CA352 KMA-2821 CA2821 KMA-3300 CA3300	CA180PL CA178PL CA184PL CA328 CA189PL CA192 CA385 CA324A CA328 CA327 CA328 CA351 G2 CG11 CG13 G22A	<b>KERSHAW MFG. CO.</b> 32288 PA9008 275452 CA273 351133 CA282	<b>KINGMAN TRAILERS</b> C-13745-A CA20PL	<b>KLEENER</b> (See Champ)	<b>KNECHT</b> 0258 544-M1 CH82PL 080-100M1 CH83APL AF5 CH284 AF13 CH288 AG2 CH286 AG9 CA282 AG24 CA282PL AG108 CA341 AG115 CA272 AG119 CA270A AG120 CA281 AG121 CA287 AG147 CA354 AG399 CA282 AW1 PH3512 AW3 PH2879A AW5 PH2842 AW6 PH7 AW8 P1101PL AW9 P1103 AW12 P4102 AW14-1 PH48 AW18 PH2844 AW29 PH2879A AW33 PH2848A AW34 PH2825 AW38 PH38 AW40 PH888 AW41 PH25 AW42 PH2842 AW56 PH388 B402-100M1 C1188PL B402-200M1 C1188Z B402C-100M1 C1188Z B404-100M1 C1188PL CF9 CH2859

This section is to be used as a guide only.

<sup>1</sup> To determine exact Fram product, establish application then refer to application section. <sup>2</sup> Other part numbers included with engine listing. Determine engine make then refer to engine part numbers listing for Fram product. <sup>28</sup> Complete filter housing which takes the Fram product listed. <sup>36</sup> To assure correct coolant filter replacement refer to coolant filter chart on inside back cover.



NATL. SEAL	450229
NATL. SEAL	471688
NATL. SEAL	50229
NOVA ENG	L114-28
HANGBORN	DV-41074
SKT	40043
STEFA	51551
TROSTEL	44227
TROSTEL	AS4243
TROSTEL	AS42435
UNIVERSAL	31-175
USA-FSN	5330-695-1183
U.S.ELEC.	A-25472
VICTOR	48666
VICTOR	60237
YALE-TOWNE	5650-D-1004
YALE-TOWNE	585-K-14

ISI GROUP 60572

SEE FIGURE NO. 214	
.989 in ID	24.61 mm
1.828 in OD	46.43 mm
.438 in W	11.13 mm

ALLIS-CHLM	4302452
ALLIS-CHLM	432452
ALLIS-CHLM	DE-2452
AMER. BRAKE	H165
AMER. CHAIN	PA3709
BAKER-RAU	SN-2260
BBS	1428
BENO. WEST.	P15-C-7863
BENO. WEST.	P15-C-7863-1
BENO. WEST.	P15-C-7863-1
BURTONWOOD	1501
COTTA TRAN	TX106
C/R	10925
C/R	18331
C/R	18331-M1
C/R	502214
C/R	503432
C/R	9680
C/R	9681
FAIR MORSE	18331
FELT PROD.	15652
FELT PROD.	515652
GARLOCK	51X277
GARLOCK	51X278
GARLOCK	53X277
GARLOCK	53X278
GIBBOLLY	55389
GMC	063192
HUBER-WOOD	514999
HYSTER	29117
IP	22767-0
IHC	3-25-R91
JOHNS-MAN.	59438
LAUSON	21151
LAUSON	54-7
LINK BELT	319W28-31
MACK	88AX14
MICH. SHOY.	31183
MOPAR	7762
NATL. AUTO.	X-30162-53
NATL. SEAL	450040
NATL. SEAL	50040
NATL. SEAL	500405
OWENS-ILL.	NW-338-C
ROOTES	10005-98
SACO-LOW.	4X3318-3
SKT	40003
SKYLINE	54-7
SMITH-A.O.	ATS134
SPICER-DAN	649-463-1
STEFA	51492
TROSTEL	44039
TROSTEL	440405
TROSTEL	AS4041
TROSTEL	AS40415
UNIVERSAL	31-182
USA-FSN	5330-291-2349
USA-FSN	5330-599-6189
VICTOR	49485
VICTOR	60239
WALKER-SHA	65944
WESTON	18310943

ISI GROUP 60572.4

O RING-VARIOUS COMPOUNDS	
.875 in ID	24.77 mm
1.395 in OD	35.43 mm
.210 in W	5.33 mm

DOWTY	318
MINN. RUB.	8318
PARKER	2-318
PREC. ASSOC	1-318
U.S. STAND.	318
U.S. STAND.	AS318

ISI GROUP 60572.8

O RING-VARIOUS COMPOUNDS	
.984 in ID	24.99 mm
1.262 in OD	32.06 mm
.139 in W	3.53 mm

ANGUS	R4100
DOWTY	214
HALLPRENE	OS19

MINN. RUB.	8214
NATL. SEAL	622719
PARKER	2-214
PREC. ASSOC	1-214
U.S. STAND.	214
U.S. STAND.	AS214

ISI GROUP 60573

SEE FIGURE NO. 335	
.984 in ID	24.99 mm
1.378 in OD	35.00 mm
.250 in W	6.35 mm

NATL. SEAL	1159
TROSTEL	A45534

ISI GROUP 60574

SEE FIGURE NO. 326	
.984 in ID	24.99 mm
1.378 in OD	35.00 mm
.276 in W	7.01 mm

GMC	714400
NATL. SEAL	1166

ISI GROUP 60575

SEE FIGURE NO. 323	
.984 in ID	24.99 mm
1.499 in OD	38.07 mm
.250 in W	6.35 mm

NATL. SEAL	322324
VICTOR	63448

ISI GROUP 60576

SEE FIGURE NO. 332	
.984 in ID	24.99 mm
1.578 in OD	40.01 mm
.378 in W	9.53 mm

GARLOCK	51X7746
GARLOCK	63X7746
NATL. SEAL	450900
NATL. SEAL	509083
TROSTEL	AS45893
WAYNE	901027

ISI GROUP 60577

SEE FIGURE NO. 332	
.984 in ID	24.99 mm
1.828 in OD	46.43 mm
.437 in W	11.10 mm

DALMO VIC.	X84570
NATL. SEAL	450457
NATL. SEAL	50457
NATL. SEAL	504575

ISI GROUP 60578

SEE FIGURE NO. 319	
.984 in ID	24.99 mm
2.126 in OD	54.00 mm
.993 in W	15.06 mm

C/R	10167
C/R	212C1
NATL. SEAL	270925
TROSTEL	473775
TROSTEL	A81017
TROSTEL	A81068

ISI GROUP 60579

SEE FIGURE NO. 319	
.984 in ID	24.99 mm
3.129 in OD	79.38 mm
.463 in W	11.76 mm

C/R	10180
C/R	12956A
C/R	14606A
C/R	312W1-L
IHC	35085SR91
IHC	35085SR91
IHC	35085SR91
IHC	35085SR91
MC CORD	84496
MC CORD	84655
NATL. SEAL	6179
VICTOR	47008

ISI GROUP 60580

SEE FIGURE NO. 45	
.984 in ID	25.00 mm
1.378 in OD	35.00 mm
.276 in W	7.00 mm

APAX	53915
BORGWARD	9212 609-000
BUSSING	732-590-648
C/R	550157
FIAT	400-01150
FIAT	4046786
FICH SACHS	0990-136-000
HATZ	A2107
HATZ	A1581
MERCEDES	000-997-4346
OPEL	714-400
OPEL	902-681
PAYEN	NA115
PORSCHE	043018
RANS S. & J.	HQ12102
RANS S. & J.	MIM2535
SAAB	703339
SAAB	707-722
SAAB	707-722UR
SIMCA	14090J

SIMCA	38296
STEFA	CB253507
TROSTEL	55565
TROSTEL	71159
VICTOR	44024
WESTON	WR345

ISI GROUP 60581

SEE FIGURE NO. 45	
.984 in ID	25.00 mm
1.457 in OD	37.00 mm
.276 in W	7.00 mm

APAX	53703
BMW	0001-506
BMW	1114-0001-506
BMW	9962-218
C/R	550155
DKW	06503-011-90
GEON	8422
ISSETTA	000-1506
MC CORD	F31134
MOPAR	T3539
NATL. SEAL	1134
PAYEN	8422
STEFA	CB253707
TROSTEL	41009
TROSTEL	A45527
VICTOR	44177

ISI GROUP 60582

SEE FIGURE NO. 45	
.984 in ID	25.00 mm
1.575 in OD	40.00 mm
.315 in W	8.00 mm

APAX	54014
BMW	23-111-030-540
C/R	550142
ISSETTA	00-30540
ISSETTA	1030540
ISSETTA	0030504
MC CORD	F31133
MOPAR	T3528
NATL. SEAL	1133
PAYEN	8421
PAYEN	NA118
PORSCHE	043229
STEFA	CB254008
TROSTEL	55864
TROSTEL	A45526
VICTOR	44175
WESTON	WR356

ISI GROUP 60583

SEE FIGURE NO. 7	
.984 in ID	25.00 mm
1.575 in OD	40.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	54015
LANCIA	250-60210
LANCIA	4165910
PAYEN	8459
PAYEN	NA130
PORSCHE	043021
STEFA	AA254010
WESTON	WR357

ISI GROUP 60584

SEE FIGURE NO. 178	
.984 in ID	25.00 mm
1.989 in OD	49.94 mm
.290 in W	6.35 mm

C/R	9700
-----	------

ISI GROUP 60585

SEE FIGURE NO. 131	
.984 in ID	24.99 mm
1.598 in OD	40.34 mm
.328 in W	8.33 mm

AMER. BOSCH	PK-766
C/R	159GH1-06
C/R	5008E2
C/R	9905
JOY MFG.	901241-460
SCINTILLA	L 8053-30

ISI GROUP 60586

SEE FIGURE NO. 7	
.984 in ID	25.00 mm
1.654 in OD	42.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	54218
PAYEN	8440
STEFA	AA254210
WESTON	WR360

ISI GROUP 60587

SEE FIGURE NO. 7	
.984 in ID	25.00 mm
1.772 in OD	45.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	54503
BROWN D.	130681
GOGGOMOBIL	6001-02012-0
PAYEN	84461
WESTON	WR365

ISI GROUP 60588

SEE FIGURE NO. 45	
.984 in ID	25.00 mm
1.811 in OD	46.00 mm
.276 in W	7.00 mm

APAX	54601
C/R	550202
C/R	CB254607
GEON	C932
MC CORD	F31062
MOPAR	T3577
NATL. SEAL	1062
PAYEN	8289
PAYEN	8506
PAYEN	NA153
RENAULT	8240087
STEFA	CB254607
TROSTEL	A45460
VICTOR	44014
WESTON	WLK68
WESTON	WR368

ISI GROUP 60589

SEE FIGURE NO. 7	
.984 in ID	25.00 mm
1.850 in OD	46.99 mm
.394 in W	10.00 mm

ALFA ROMEO	2340-34349C
ALFA ROMEO	350-017
APAX	54708
BORGWARD	N15049
FIAT	543310
LANCIA	2137330
LANCIA	C10-19061
PAYEN	8462
PAYEN	NA131
SCAN VABIS	14193
STEFA	AA254710
WESTON	WR372

ISI GROUP 60590

SEE FIGURE NO. 45	
.984 in ID	25.00 mm
1.989 in OD	50.01 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	55003
MERCEDES	000-997-4347
PAYEN	8482
SAAB	707-282
STEFA	CB255010
WESTON	WR807

ISI GROUP 60591

SEE FIGURE NO. 45	
.984 in ID	25.00 mm
2.047 in OD	52.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	55202
BAMFORD	4072881
BUSSING	30-14645
BUSSING	30-1465
PAYEN	CB56
STEFA	AA255212
STEFA	CB255210
WESTON	WR385
WESTON	WR348

ISI GROUP 60592

SEE FIGURE NO. 45	
.984 in ID	25.00 mm
2.047 in OD	52.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	55202
CHRYSLER	9102192
COMMER	661003
MARSH FOW.	2500035
PAYEN	F109
PAYEN	NAB80
ROOTES	641003
WESTON	WL574

ISI GROUP 60593

SEE FIGURE NO. 7	
.984 in ID	25.00 mm
2.047 in OD	52.00 mm
.472 in W	12.00 mm

APAX	55202
PAYEN	C782
STEFA	AA255212

ISI GROUP 60594

SEE FIGURE NO. 7	
.984 in ID	25.00 mm
2.441 in OD	62.00 mm
.394 in W	10.00 mm

APAX	56227
PAYEN	CB57
STEFA	AA256210
WESTON	WR562

ISI

IBI GROUP 40881

TAPERED CONE & CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
3.943 in OD 101.20 mm
1.128 in W 38.77 mm
5357 + 5320
11126
FWD 9A5357 + 9A5320
TIMKEN 5357 + 5320

IBI GROUP 40881.1

TAPERED CONE & CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.0000 in OD 101.60 mm
1.218 in W 30.96 mm
53177 + 53398
USA-FSN 3110 00-227-3823

IBI GROUP 40882

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.0000 in OD 101.60 mm
1.2500 in W 31.75 mm
49576 + 49520
BOWER 49576 + 49520
EATON 35933
FAG K49576 + K49520
GMC 455853
GMC 457497
IHC 116382R91
IHC 116384R91
SKF K49576 + K49520
TIMKEN 49576 + 49520
WEST.ELEC. 439A445H08

IBI GROUP 40883

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.0000 in OD 101.60 mm
1.2500 in W 31.75 mm
49577 + 49520
ALLIS-CHLM 00813327-176
BOWER 49577 + 49520
EATON 32914
FAG 202731
FAG K49577 + K49520
450573
9413070
80243R91
80249R91
SKF K49577 + K49520
TIMKEN 49577 + 49520

IBI GROUP 40884

TAPERED CONE & CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.0000 in OD 101.60 mm
1.3700 in W 34.83 mm
248-1143
AEC 55392108
ALBION 55392570
ALLIS-CHLM 78019056
ARMCO 271753
AUST.MORR. 27H8761
AVEL.SARF. SL7201167
BLAW KNOX 50410
BMC 27H8761
BMC 55392108
BOWER 527 + 522
BUCHS-ERIE 26-756-600
CHRYSLER 3276042
CHRYSLER 71803692
CHRYSLER D14713-43-34
CHRYSLER 014713 + D4334
CITROEN 88095
COLES 643101
DENNIS 66223
DODGE-BRI. D14713 + D4334
FAG 202156
FAG K527 + K522
FIAT ALLIS 78015056
FWD 15415
FWD 9A527 + 9A522
GMC 4466031
GMC 9412510
GUY RF3981
MYSTER 38333
IHC 31423M
LEYLAND 182434
LEYLAND 35RF3981
NORTHWEST NWS09
TIMKEN 4T527 + 4T522
1421WA
3041WA
ROOTES 3276042
SCAMMELL 46W211
SCAMMELL 55392108
SCAMMELL 8L03009
SKF K527 + K522
TIMKEN 527 + 522
TYSON 527 + 522
USA-FSN 3110-00-100-4184
USA-FSN 3110-00-101-3174
USA-FSN 703066
USA-FSN CAH33AG

USA-FSN M012 6013300
USA-FSN JAN751.00525 5300
USA-FSN M0050248030

IBI GROUP 40884.1

MATCHED SET WITH SPACER,
TWO CONES & TWO CUPS
1.7500 in ID 44.45 mm
4.0000 in OD 101.60 mm
2.1876 in W 55.57 mm
28678 + 28623 +
BOWER 53177 + 53398 + K80139
IHC 269883R91

IBI GROUP 40885

TAPERED CONE & CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.0625 in OD 103.19 mm
1.7188 in W 43.64 mm
5356 + 5335
BOWER 5356 + 5335
FAG K5356 + K5335
GMC 9423966
JEFFREY 172471
LE TOURN MF5319
NTN 4T5356 + 4T5335
SKF K5356 + K5335
TIMKEN 5356 + 5335

IBI GROUP 40886

TAP CONE-CUP, TAP VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.1250 in OD 104.78 mm
1.1875 in W 30.16 mm
460 + 453X
ABC 460 + 453X
BOWER 460 + 453X
FAG K460 + K453X
GMC 453808
GMC 9412466
IHC 775742R91
NTN 4T460 + 4T453X
SKF K460 + K453X
TIMKEN 460 + 453X

IBI GROUP 40887

TAP CONE-CUP, TAP VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.1250 in OD 104.78 mm
1.1875 in W 30.16 mm
45280 + 45221
BOWER 45280 + 45221
BOWER 45280C + 45221
CLARK EQU. 223286
DEERE JOHN JD8040
DEERE JOHN JD8040R
DEERE JOHN JDX22832
DEERE JOHN JDXB2686
DEERE JOHN JXD27532
GALION D44933
NTN 4T45280 + 4T45221
TIMKEN 45280 + 45221
TIMKEN 45280C + 45221

IBI GROUP 40888

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.1250 in OD 104.78 mm
1.4375 in W 36.51 mm
59175 + 59412
ABC 59175 + 59412
BERLIET 959901044
BOWER 59175 + 59412
EATON 14376
EATON 32038
FAG 202772
FAG K59175 + K59412
FORD BC8T4A000H
GALION 8D33413
GMC 455821
GMC 457327
HYATT 5373
IHC 65118H
IHC 74433R91
OSHKOSH 3135WA
RELIANCE 52694
SKF K59175 + K59412
TIMKEN 59175 + 59412
WEST.ELEC. 64449J

IBI GROUP 40889

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.1250 in OD 104.78 mm
1.4375 in W 36.51 mm
59175 + 59413
BOWER 59175 + 59413
CLARK EQU. EV2893
OLIVER M55005
TIMKEN 59175 + 59413

IBI GROUP 40890

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.1250 in OD 104.78 mm
1.4375 in W 36.51 mm
59176 + 59412
BOWER 59176 + 59412
CASE J.I. 40448
FAG K59176 + K59412
IHC 927890C91
SKF K59176 + K59412
TIMKEN 59176 + 59412

IBI GROUP 40891

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.1250 in OD 104.78 mm
1.4375 in W 36.51 mm
59176 + 59413
CLARK EQU. 223235
CLARK EQU. SK203-58
FAG K59176 + K59413
GALION SK203-58
SKF K59176 + K59413
TIMKEN 59176 + 59413
USA-FSN 3110-00-277-0483

IBI GROUP 40892

TAP CONE-CUP, TAP VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.1250 in OD 104.78 mm
1.4375 in W 36.51 mm
959901043
BERLIET 959909043
BERLIET 959909102
BOWER HMB07040 + HMB07010
BUCHS-ERIE 26-873-250
CHRYSLER 3661010200
DAIMLER 423173-39
EATON 35504
FAG KHM807040 + KHM807010
FORD 1537810
FORD 71LB4625A1A
GMC 451983
GMC 457343
GMC 7329593
HYATT 5431
IHC 129909R91
NTN 4THM807040 +
4THM807010
RENAULT 959909102
SKF KHM807040 + KHM807010
TIMKEN HMB07040 +
HMB07010
TWIN DISC M2619
USA-FSN 3110-00-293-9083

IBI GROUP 40893

TAPERED CONE & CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.2500 in OD 107.95 mm
1.0938 in W 27.78 mm
460 + 453A
ABC 460 + 453A
ALLIS-CHLM 00813323-176
BOWER 460 + 453A
CHRYSLER 7149
DEERE JOHN JD7852
FAG 201910
FAG K460 + K453A
NTN 4T460 + 4T453A
SKF K460 + K453A
TIMKEN 460 + 453A
USA-FSN 3110-00-287-5478

IBI GROUP 40893.3

TAP CONE-CUP, TAP BORE
1.7500 in ID 44.45 mm
4.2500 in OD 107.95 mm
1.0938 in W 27.78 mm
9192073
CHRYSLER 9192073
CHRYSLER K2432
ROOTES 9192073
ROOTES K2432
TIMKEN 458T + 453AS

IBI GROUP 40893.5

TAPERED CONE & CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.2500 in OD 107.95 mm
1.1542 in W 29.32 mm
9192072
CHRYSLER 9192072
CHRYSLER K7159
CHRYSLER P60002
FAG K460 + K453AS
ROOTES 9192072
ROOTES P60002
SCAMMELL 46W249
SKF K460 + K453AS
TIMKEN 460 + 453AS

IBI GROUP 40894

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.2500 in OD 107.95 mm
1.2818 in W 32.56 mm
120801
GMC 120801
TIMKEN 458 + 452

IBI GROUP 40895

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.2500 in OD 107.95 mm
1.2818 in W 32.56 mm
460 + 452
ABC 460 + 452
BOWER 460 + 452
FAG K460 + K452
MASS FERG. 11112B
SKF K460 + K452
TIMKEN 460 + 452

IBI GROUP 40896

TAP CONE-CUP, TAP BORE
1.7500 in ID 44.45 mm
4.2500 in OD 107.95 mm
1.2818 in W 32.56 mm
53394
GMC 53394
TIMKEN 458T + 452

IBI GROUP 40896.05

TAPERED CONE & CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.2500 in OD 107.95 mm
1.4375 in W 36.51 mm
9192138
CHRYSLER 9192138
FAG K535 + K532X
ROOTES 9192138
SKF K535 + K532X
TIMKEN 535 + 532X

IBI GROUP 40896.1

TAP CONE & FLANGED CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.2500 in OD 108.97 mm
1.3750 in W 34.83 mm
59175 + 59422B
BOWER 59175 + 59422B
CASE J.I. G13604

IBI GROUP 40896.5

DBL TAP CUP & TWO CONES
001-003 END PLAY
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3300 in OD 109.98 mm
2.9000 in W 63.50 mm
55176C + 55176C +
554330 + X1555176
BOWER A2945

IBI GROUP 40897

TAP CONE-CUP, TAP BORE
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3300 in OD 110.00 mm
1.0943 in W 27.80 mm
12456
AMER.MOTOR 12456
TIMKEN 458T + 454

IBI GROUP 40897.1

TAPERED CONE & CUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3300 in OD 110.00 mm
1.1875 in W 30.16 mm
55175 + 55443
ABC 55175 + 55443
BOWER 55175 + 55443
FAG 203136
LUFKIN API2520
TIMKEN 55175 + 55443
USA-FSN 3110-00-827-4797

IBI GROUP 40898

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3750 in OD 111.13 mm
1.1875 in W 30.16 mm
5119-476
AEC 5119-476
BOWER 55175 + 55437
BOWER 55175C + 55437
EATON 33698
FAG K55175 + K55437
FIAT-ALLIS 70683991
FODEN FL110-19
FODENS FL110-19
GMC 455834
GMC 457365
GMC 7451389
GMC 7451652
GMC 9422073
HYATT 568
IHC 128082R91
IHC 288322C91
IHC 307064C91
IHC 420145C91
IHC 69004R91
TIMKEN 928737C91

NTN 4T55175C + 4T55437
SKF K55175 + K55437
TIMKEN 55175 + 55437
TIMKEN 55175C + 55437
TYSON 55175C + 55437
USA-FSN 3110-00-227-2406
USA-FSN 712622
USA-FSN M0126045750

IBI GROUP 40899

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3750 in OD 111.13 mm
1.1875 in W 30.16 mm
55176 + 55437
ABC 55176 + 55437
BOWER 55176 + 55437
GMC 9422624
TIMKEN 55176 + 55437
YALE TOWNE 306551

IBI GROUP 40899.01

TAP CONE-CUP, TAP VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3750 in OD 111.13 mm
1.2818 in W 32.56 mm
HM907635 +
HM907614

IBI GROUP 40900

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3750 in OD 111.13 mm
1.5000 in W 38.10 mm
K535 + K532
FAG K535 + K532
IHC 36606H
SKF K535 + K532
TIMKEN 535 + 532

IBI GROUP 40901

TAP CONE-CUP, CHAM VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3750 in OD 111.13 mm
1.5000 in W 38.10 mm
535 + 532A
ABC 535 + 532A
AEC 249-46
ALBION 61921
ALLIS-CHLM E1716
BMC 61921
BMC 62221
BOWER 535 + 532A
COLES 614114
DEERE JOHN JD7339
EATON 4945
ERF SLB4-12
FAG K535 + K532A
GMC 100624
MYSTER 578W
IHC 170516R91
IHC 17319H
IHC 74442R91
LEYLAND 61921
LEYLAND 69121
NBC 535 + 532A
SCAMMELL 61921
SKF K535 + K532A
TIMKEN 535 + 532A
TYSON 535 + 532A
WEST.ELEC. 159A415H06

IBI GROUP 40902

MATCHED SET WITH SPACER,
TWO CONES & TWO CUPS
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3750 in OD 111.13 mm
3.1250 in W 79.38 mm
535 + 535 + 533D
BOWER 535 + 535 + 533D
GMC 446332
GMC 9412519
TIMKEN 535 + 535 + 533D
TYSON 535 + 535 + 533D

IBI GROUP 40903

DBL TAP CUP & 2 CONES
1.7500 in ID 44.45 mm
4.3750 in OD 111.13 mm
3.1250 in W 79.38 mm
535 + 535 + 533D
BOWER 535 + 535 + 533D
GMC 446332
GMC 9412519
TIMKEN 535 + 535 + 533D
TYSON 535 + 535 + 533D

IBI GROUP 40904

TAP CONE-CUP, TAP VARIES
FROM ADJOINING IBI GROUP
1.7500 in ID 44.45 mm
4.4375 in OD 112.71 mm
1.1875 in W 30.16 mm
55176 + 55443
ABC 55176 + 55443
ATLAS 122-42-00-33-122-42-00-
38
BOWER 55176 + 55443
BOWER 55176C + 55443

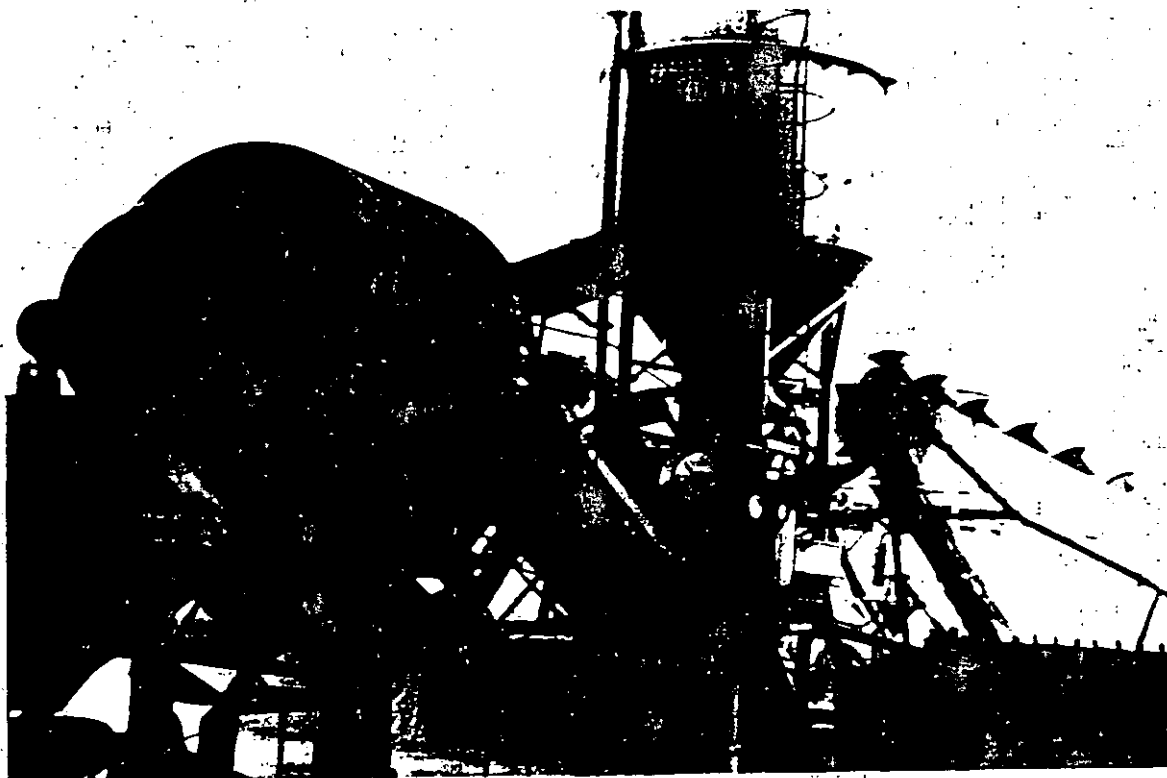
BALEROS

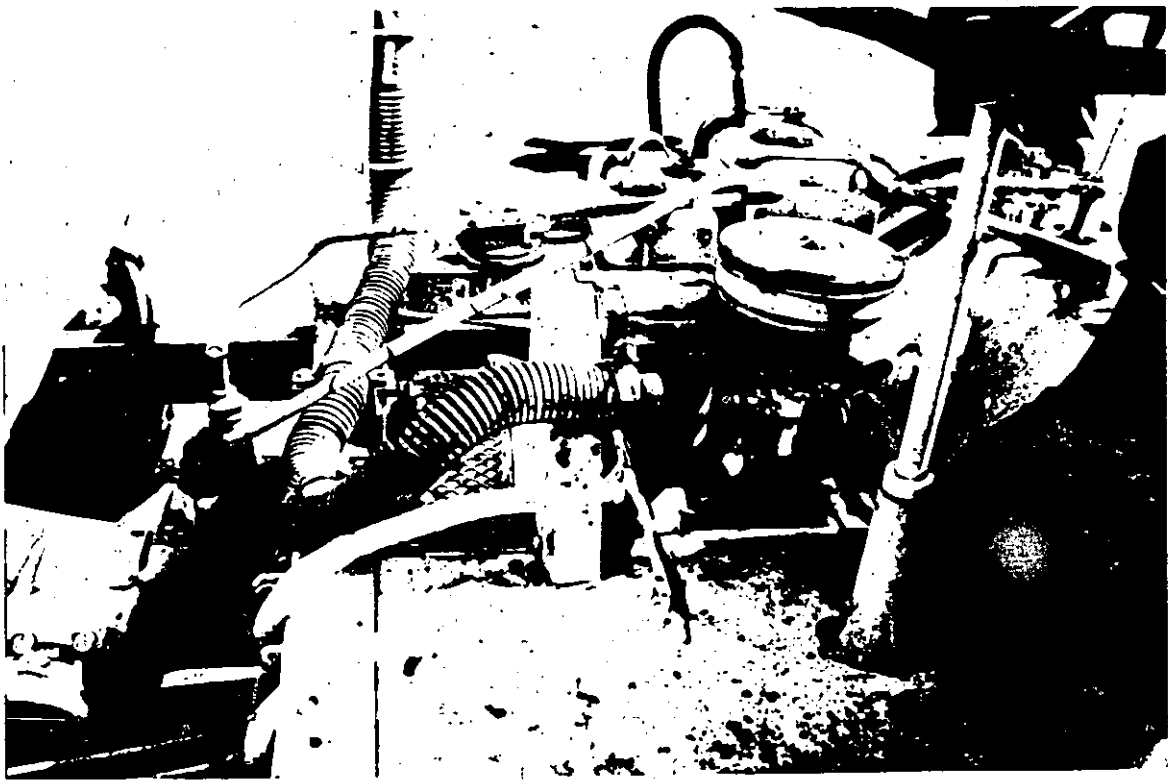
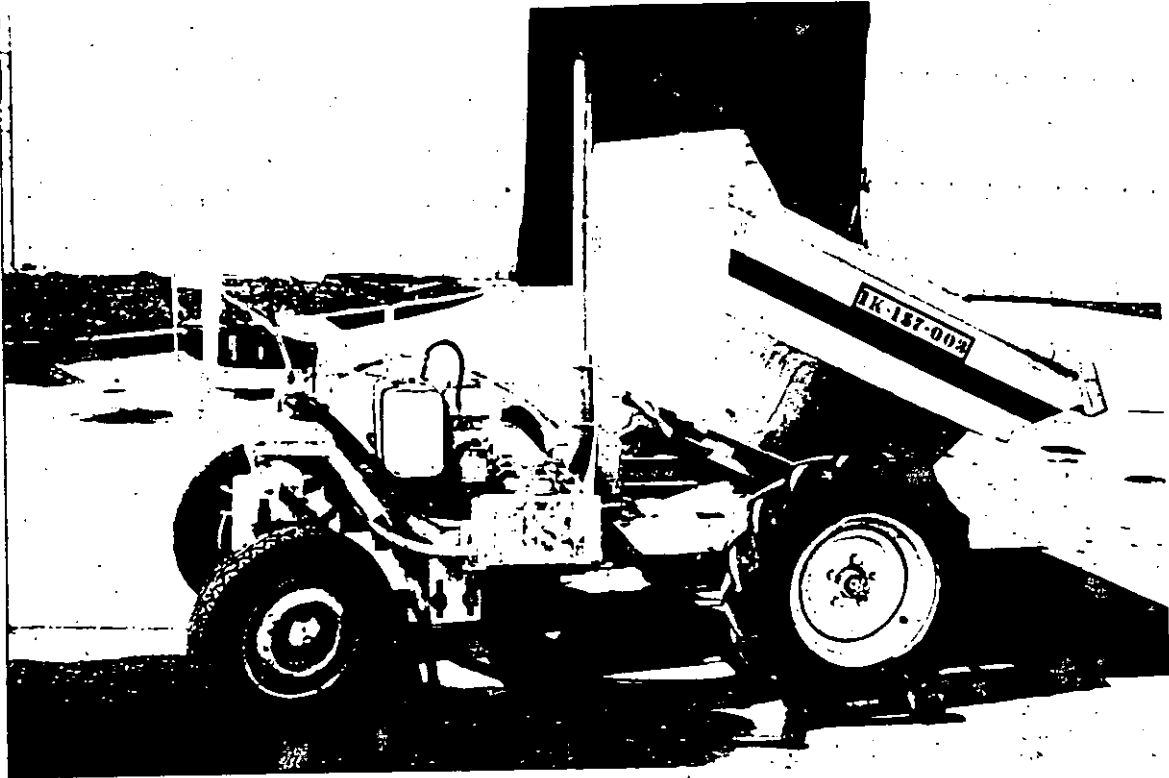
**CONVERSION PARA DETERMINAR EL REVENIMIENTO DE LA MEZCLA  
MEDIANTE UN AMPERIMETRO**

**VENTAJAS :**        **DAR EL REVENIMIENTO CORRECTO DEL CONCRETO  
HIDRAULICO.**

**APLICACION :**        **EN PLANTAS DE CONCRETO.**

**INSTALACION :**        **MEDIANTE UN AMPERIMETRO Y BOBINA DE IN-  
DUCCION, CONECTADOS AL MOTOR DE LA REVOL-  
VEDORA (TROMPO), SE DETECTA A TRAVES DEL  
CONSUMO DE AMPERES, SI LA MEZCLA TIENE EL  
AGUA NECESARIA O NO.**





**CONVERSION DE UN MOTOR DE GASOLINA A MOTOR DIESEL  
Y MODIFICACION DE SISTEMA HIDRAULICO EN UNA GRUA  
HIDRAULICA.**

**COMO EJEMPLO DE CONVERSION EN UNA GRUA MARCA BULL  
MOOSE DE MODELO MUY ATRASADO Y CON PROBLEMAS DE  
SUMINISTRO DE REFACCIONES.**

**VENTAJAS.-**

**POR LO OBSOLETO DE LOS SISTEMAS EL EQUIPO  
SE OPERABA DEFICIENTE Y LENTAMENTE, AL  
CONVERTIR SE AUMENTA LA POTENCIA DEL  
MOTOR, EL SISTEMA HIDRAULICO DE PLUMA Y  
DIRECCION OBTIENE MAYOR RAPIDEZ Y DURACION  
POR LO QUE MEJORA EN GENERAL LA EFICIENCIA  
DEL EQUIPO.**



**CONVERSION DE UN MOTOR DE GASOLINA A MOTOR DIESEL  
Y MODIFICACION DE SISTEMA HIDRAULICO EN UNA GRUA  
HIDRAULICA.**

**APLICACION.-**

**EN GRUAS DE MODELOS ATRASADOS DE  
CAPACIDADES DE 5 A 10 TONELADAS.**

**INSTALACION.-**

**SE MODIFICA EL EMBRAGUE Y LA CONCHA DEL  
ACOPLAMIENTO AL MOTOR, SE ADAPTAN  
LOS SOPORTES, LA BOMBA HIDRAULICA SE  
CAMBIA POR UNA DE MAYOR GALONAJE Y DE  
FABRICACION NACIONAL.**





**CONVERSION DE UNIDAD COMPRESORA DE TIPO ROTATIVO  
ACCIONADA POR ROTOR DE PALETAS A COMPRESORAS DE  
TORNILLO.**

**VENTAJAS.-**

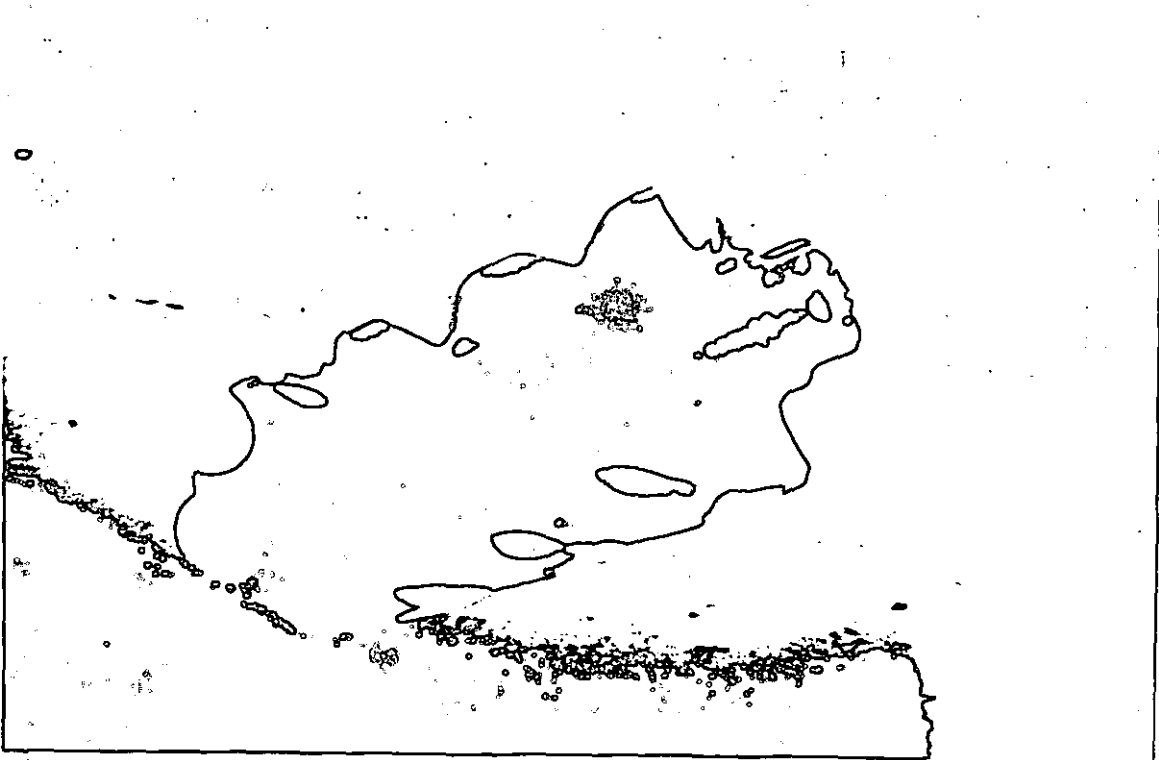
**EL AHORRO RESULTA SIGNIFICATIVO POR EL  
CONSUMO DE LAS ASPAS, SEPARADORES, BA-  
LEROS Y ADEMAS DE QUE SE ESCASEAN EN EL  
MERCADO SON CARAS. EL RENDIMIENTO Y LA  
EFICIENCIA DEL COMPRESOR ES MAS ALTO Y  
SUS AJUSTES Y TOLERANCIAS SE HACEN DE  
UNA MANERA FACIL.**

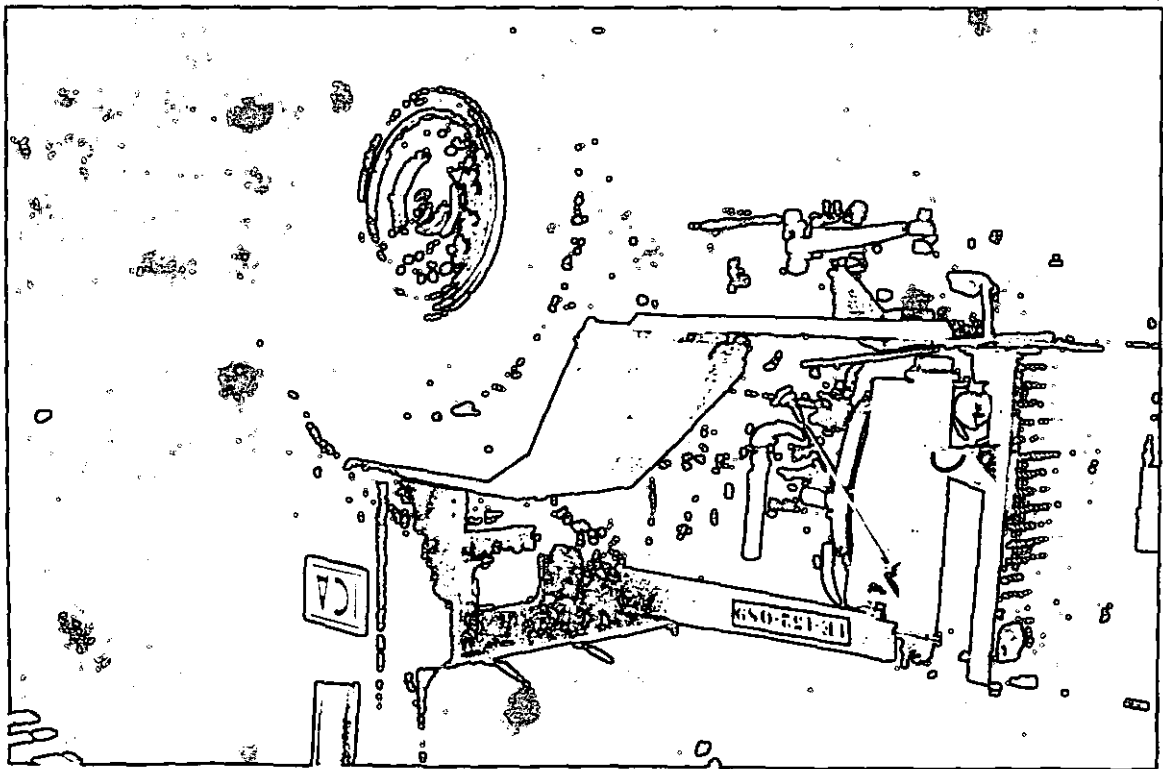
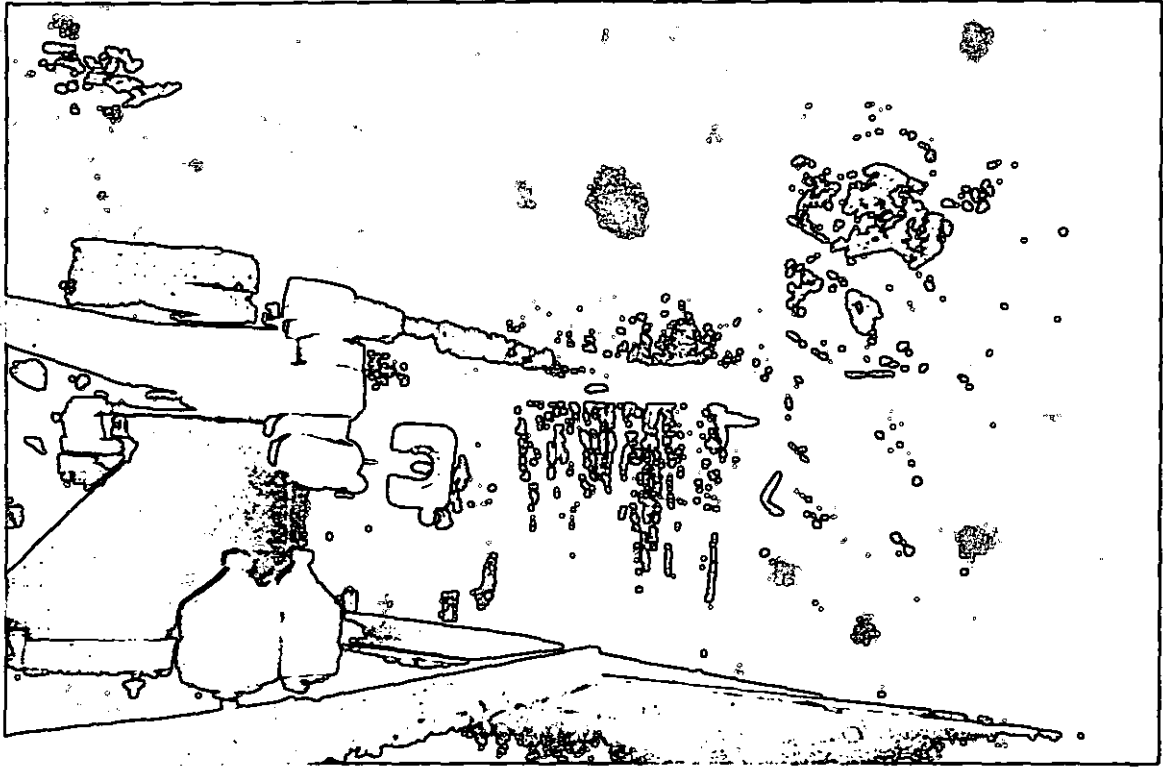
**APLICACION.-**

**COMPRESORES PORTATILES DE UNA Y DOS ETAPAS  
Y DE ALTA Y BAJA PRESION.**

**INSTALACION.-**

**YA EXISTEN EN EL MERCADO PAQUETES DE  
CONVERSION PRACTICA PARA INSTALARSE  
CON MINIMAS MODIFICACIONES.**





## NUEVOS SISTEMAS DE VOLADURAS DE ROCAS

### ANTECEDENTES :

DESDE FINES DEL SIGLO PASADO, SE HAN UTILIZADO PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN PARA VOLADURA MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS, INICIALMENTE ESTE TIPO DE HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN FUERON DISEÑADAS PARA SER OPERADAS MEDIANTE EL USO DE LA ENERGÍA PROPORCIONADA POR EL VAPOR DE AGUA Y LA APLICACIÓN DE ÉSTOS PROCEDIMIENTOS EN EL TUNELEO Y EN LA MINERÍA BAJO SUPERFICIE, FORZÓ AL USO DE AIRE COMPRIMIDO Y CON SECUEMENTE AL DESARROLLO DE COMPRESORES DE AIRE.

EN 1861 SE UTILIZÓ POR PRIMERA VEZ LA PERFORACIÓN NEUMÁTICA PARA EL TUNELEO EN EUROPA Y EN 1865 EN ESTADOS UNIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SU PRIMER TUNEL.

INICIALMENTE SE DESARROLLO EL MARTILLO DE FONDO COMO LA HERRAMIENTA NEUMÁTICA DE PERFORACIÓN Y DEBIDO A LA UTILIZACIÓN DE ESTOS PROCEDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE TUNELES Y A LOS PROBLEMAS QUE PRESENTA LA UTILIZACIÓN DE UN MARTILLO DE FONDO DURANTE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL, SE DESARROLLÓ LA UTILIZACIÓN DE MARTILLOS DE CABEZAL DE LA MÁQUINA PERFORADORA, QUE TRANSMITEN LA ENERGÍA NECESARIA AL ACERO DE PERFORACIÓN Y A TRAVÉS DE ÉSTA A LA BARRENA, COMO SE VE, ÉSTE ÚLTIMO

2.

PROCEDIMIENTO QUE EN EL TUNELEO ES NECESARIO Y MUY ADECUADO, PIERDE EFICIENCIA EN LA TRANSMISIÓN DE LA ENERGÍA, COMPARADO CON EL USO DE MARTILLO DE FONDO QUE PERMITE LLEVAR LA ENERGÍA PRÁCTICAMENTE A LA BROCA CON MENORES PÉRDIDAS DE CARGA.

EL ÉXITO DEL MARTILLO EN EL CABEZAL Y SU DESARROLLO TECNOLÓGICO, FUE DE TAL MAGNITUD, QUE DESPLAZÓ TOTALMENTE EL DISEÑO ORIGINAL DEL MARTILLO DE FONDO EN TODO TIPO DE PERFORACIONES, AÚN EN AQUELLAS REALIZADAS VERTICALMENTE DESDE LA SUPERFICIE, DONDE RESULTA MÁS INDICADO SU USO.

LA TECNOLOGÍA DESARROLLADA EN SUECIA EN EL CAMPO DE VOLADURA DE ROCAS, SE EMPEZÓ A EXTENDER EN TODO EL MUNDO Y EN NUESTRO PAÍS PARTICULARMENTE, HABIENDO ADOPTADO SUS PROCEDIMIENTOS, Y POR LO MISMO EL USO DE SUS MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, DURANTE ESTE SIGLO.

ES INTERESANTE HACER NOTAR QUE LOS PROCEDIMIENTOS SUECOS DE VOLADURA FUERON INFLUENCIADOS EN FORMA MUY IMPORTANTE POR EL AMBIENTE DONDE SE IMPLEMENTARON Y DESARROLLARON, ( PENÍNSULA ESCANDINAVA ), QUE ES PRINCIPALMENTE GRÁNITICA Y CUYAS CARACTERÍSTICAS DE DUREZA, INDICAN EL USO PREFERENTEMENTE DE DIÁMETROS PEQUEÑOS.

3.

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE HA CREADO LA NECESIDAD DE MOVER GRANDES VOLUMENES DE ROCA, PRINCIPALMENTE EN LA MINERÍA A CIELO ABIERTO Y EN LAS GRANDES PRESAS, LO QUE HA PERMITIDO EL USO DE EXCAVADORAS Y DE CAMIONES DE GRAN CAPACIDAD. EN FORMA NATURAL, SE HAN IMPLEMENTADO LOS SISTEMAS Y MÁQUINAS DE PERFORACIÓN DE AGUJEROS DE GRAN DIÁMETRO, LOGRANDO ASÍ BALAN -- CEAR EL EQUIPO DE EXCAVACIÓN QUE SE UTILIZA EN ESTOS CASOS.

INICIALMENTE LOS SISTEMAS DE PERFORACIÓN UTILIZADOS PARA LOGRAR AGUJEROS DE GRAN DIÁMETRO, HAN SIDO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÁQUINAS PERFORADORAS CON UNA GRAN CAPACIDAD DE EMPUJE Y TORSIÓN, PARA PERFORAR A ROTACIÓN ENTRE 8" Y 15" DE DIÁMETRO Y A PROFUNDIDADES ENTRE 12 Y 15 MTS. APROXIMADAMENTE. -- ESTAS MÁQUINAS RESULTAN DE GRAN TAMAÑO Y PESO, DIFÍCILES DE MANIOBRAR Y CON UN COSTO POR UNIDAD MUY ALTO, AL IGUAL QUE -- LAS HERRAMIENTAS QUE SE UTILIZAN.

ULTIMAMENTE SE HA RETOMADO EL DISEÑO ORIGINAL Y SE HAN REDISEÑADO Y MEJORADO NOTABLEMENTE LOS MARTILLOS DE FONDO, HA -- CIÉNDOLOS CADA VEZ MÁS EFICIENTES, -- LO QUE HA PERMITIDO EL -- USO DE MÁQUINAS MÁS LIGERAS, MANIOBRABLES Y POR LO TANTO MÁS ACCESIBLES EN SU PRECIO Y OPERACIÓN, PARA LOGRAR UNA PERFORACIÓN A PERCUSIÓN, MÁS ECONÓMICA Y A LOS MISMOS DIÁMETROS Y --

4.

PROFUNDIDADES QUE AQUELLAS QUE LO HACEN SOLAMENTE A ROTACIÓN.

LA PERFORACIÓN A GRAN DIÁMETRO HA CAUSADO GRANDES CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE VOLADURA PERMITIENDO UNA MAYOR ECONOMÍA EN LA EXTRACCIÓN DE LAS ROCAS, SIENDO TODO LO ANTERIOR - EL MOTIVO DE ESTE TRABAJO.

5.

VOLADURAS DE ROCAS EN PERFORACIONES DE DIAMETRO GRANDE

EL HABERSE HECHO ACCESIBLES LOS PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN PARA VOLADURA A DIÁMETROS GRANDES, MEDIANTE GRANDES MÁQUINAS O EL USO DE MARTILLOS NEUMÁTICOS, SE HICIERON EVIDENTES SUS VENTAJAS SOBRE LA PERFORACIÓN A PEQUEÑOS DIÁMETROS - COMO SON :

1. MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA ( MAYOR EFICIENCIA ).
2. MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN (  $m^3/ML$  ).
3. MENOS SUB-BARRENACIÓN POR  $m^3$  .
4. MAYOR FRAGMENTACIÓN DEL PISO DEL BANCO.
5. MEJOR MANEJO DE LA ENERGÍA LIBERADA.
6. ECONOMÍA EN EL EXPLOSIVO.
7. MENOS MÁQUINA POR  $m^3$  .
8. MENOS PERSONAL POR  $m^3$  .
9. MENOR ADMINISTRACIÓN POR  $m^3$  .
10. MEJOR SUPERVISIÓN A MENOR COSTO POR  $m^3$  .



6.

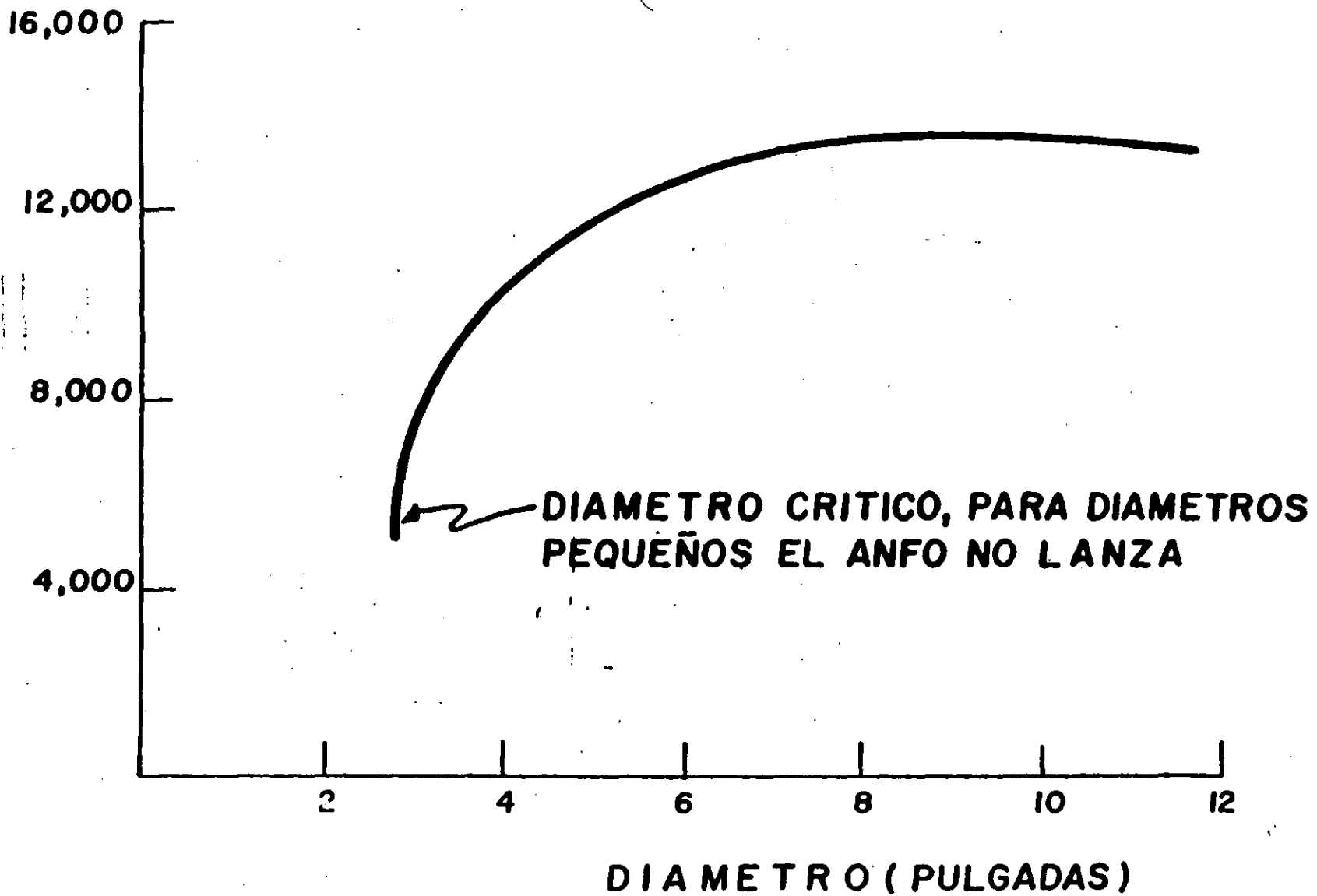
1. MAYOR CAPACIDAD DE VOLADURA ( MAYOR EFICIENCIA ) .

EL NITRATO DE AMONIO ALCANZA DIFERENTES VELOCIDADES DE ONDA AL EXPLOTAR EN AGUJERO DEPENDIENDO DEL DIÁMETRO DE ÉSTE, CONFORME SE PUEDE APRECIAR EN LA FIG. 1, DONDE AL INCREMENTAR EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN SE INCREMENTA LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN, POR EJEMPLO : EL ANFO AL EXPLOTAR EN UN AGUJERO DE 3" DE Ø, ALCANZA UNA VELOCIDAD DE ONDA DE 7,000 PIES/SEG., PERO AL HACERLO EN UN AGUJERO DE 7" DE Ø, ALCANZA 12,000 -- PIES/SEG. Y EN UN AGUJERO DE 9" DE Ø, ALCANZA 13,000 PIES/ - SEG.

CON LO ANTERIOR SE PUEDE CONCLUIR QUE AL UTILIZAR ANFO EN DIÁMETROS PEQUEÑOS SE ESTA PERDIENDO GRAN PARTE DE SU EFI- - CIENCIA, LO QUE NO SUCEDE EN FORMA MUY IMPORTANTE EN AGUE- - LLOS CASOS EN QUE EL AGUJERO TIENE UN DIÁMETRO MAYOR A 8". - TODAVÍA EN DIÁMETROS CERCANOS A 6" SE ALCANZAN VOLADURAS ADE- CUADAS Y MÁS EFICIENTES QUE LAS QUE SE LOGRAN EN DIÁMETROS - DE 3".

SE PUEDE CONCLUIR QUE LA UTILIZACIÓN DE ANFO EN DIÁMETROS - GRANDES RESULTARÁ EN UNA GRAN ECONOMÍA EN LA CANTIDAD DEL EX PLOSIVO UTILIZADO Y EN EL COSTO. ADEMÁS AL PODER DESARRO -

VELOCIDAD DE DETONACION (PIES / SEG.)



VELOCIDAD DE DETONACION EN BARRENOS CARGADOS CON ANFO

7.

LLAR EL EXPLOSIVO MAYOR ENERGÍA EN EL AGUJERO GRANDE, LA PRESIÓN QUE SE DESARROLLA DENTRO DEL BARRENO ES MAYOR Y POR LO TANTO EL FRACTURAMIENTO QUE SE PUEDE LOGRAR EN UNA MISMA --ROCA, ES TAMBIÉN MAYOR POR ESTE SOLO HECHO.

## 2.- MAYOR RENDIMIENTO DE BARRENACION ( M<sup>3</sup>/ML ).

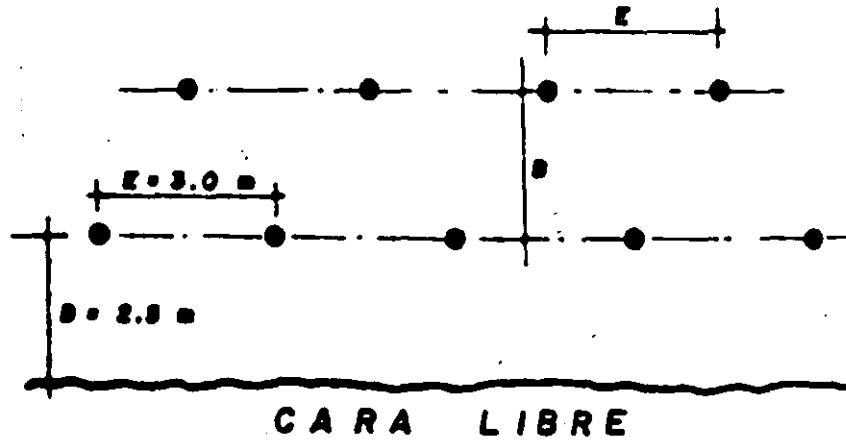
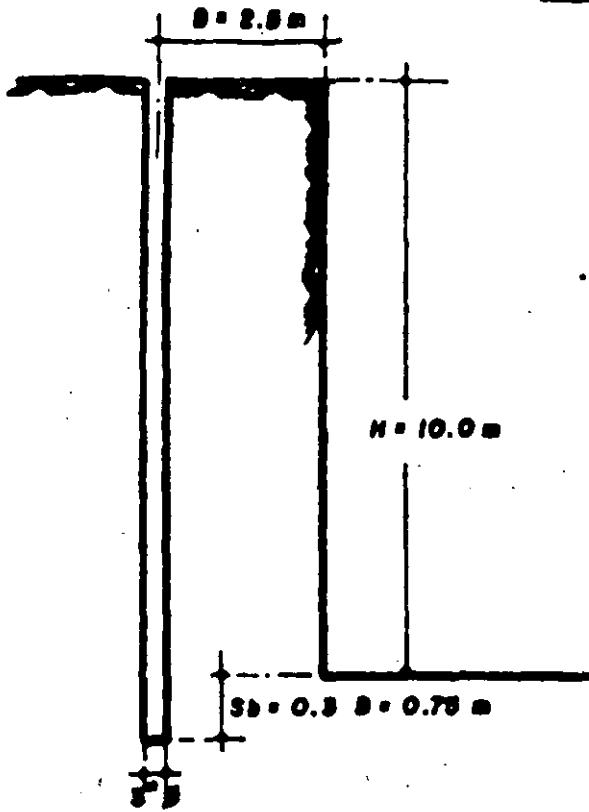
AL UTILIZARSE UN DIÁMETRO PEQUEÑO DE PERFORACIÓN, EL PATRÓN DE VOLADURA ES MENOR AL QUE RESULTA AL PERFORAR A UN DIÁMETRO MAYOR.

POR EJEMPLO :

EN EL BANCO DE LA PRESA DE " EL GUINEO " (FIG. NO. 2), EN EL ESTADO DE GUERRERO, SE UTILIZÓ UN PATRÓN DE VOLADURA DE 2.50 X 3.00 M. AL PERFORAR CON 3" DE Ø, EN UNA GRANODIORITA, CONTENIENDO 7.50 M<sup>3</sup>/ML DE BARRENACIÓN.

AL EFECTUAR UNA VOLADURA A MAYOR DIÁMETRO, ES POSIBLE TENER UN PATRÓN DE VOLADURA MAYOR, COMO FUE, EN EL MISMO CASO DE " EL GUINEO ", DE 4.50 X 5.50 M. AL PERFORAR A 6" Ø EN LA MISMA GRANODIORITA, CON UN VOLUMEN DE 24.75 M<sup>3</sup>/ML.

**BANCO "EL GUINEO", GRO.**  
**BARRENACION A 3" Ø**



**BARRENACION A 6 1/2" Ø**

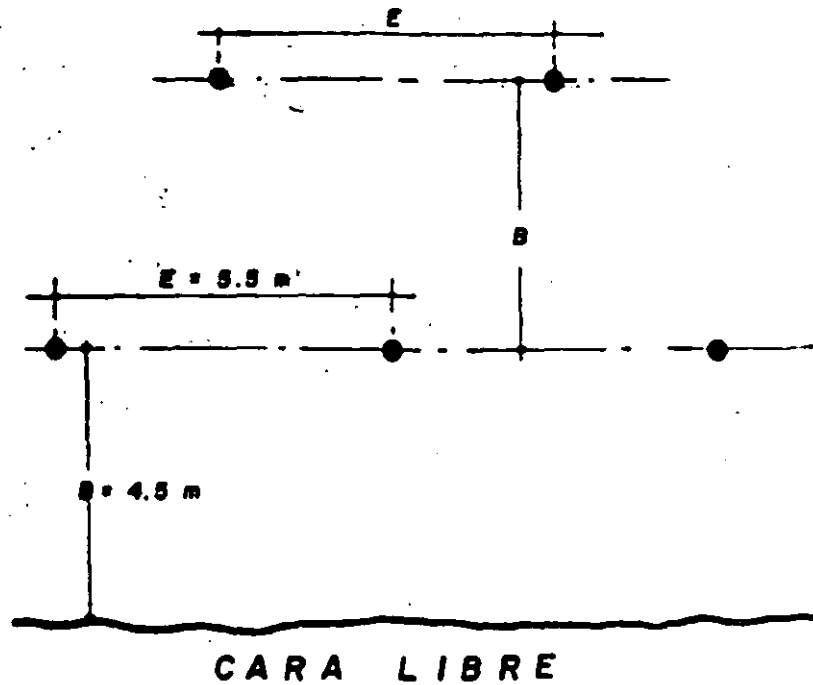
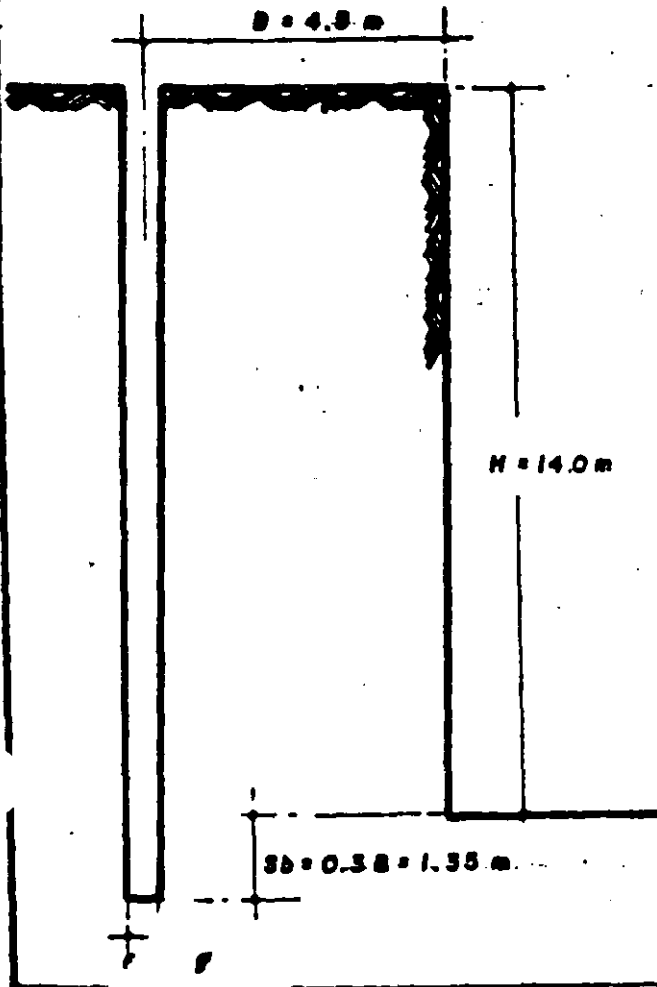


FIG. 2

8.

COMO SE VE, EN EL EJEMPLO ANTERIOR EL VOLUMEN OBTENIDO POR -  
ML. DE PERFORACIÓN DE 6" DE Ø, FUE 230 % MAYOR QUE EL QUE SE  
OBTUVO AL PERFORAR A 3" Ø.

EL RENDIMIENTO DE BARRENACIÓN EN EL MISMO CASO DEL EJEMPLO, -  
FUE EL SIGUIENTE :

AL PERFORAR A 3" DE Ø SE TUVO UN RENDIMIENTO DE 9.0 ML/HR.

AL PERFORAR A 6½" DE Ø CON UN MARTILLO DE FONDO SE OBTUVO UN  
RENDIMIENTO DE 13.0 ML/HR. EN ESTE CASO, NO SOLAMENTE SE -  
IGUALÓ LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN, SINÓ QUE FUE 44 % MAYOR-  
AL PERFORAR AL DIÁMETRO MAYOR DE 6½".

CABE HACER LA ACLARACIÓN DE QUE PARA LOGRAR ESTE RENDIMIENTO  
CON MAYOR DIÁMETRO DE PERFORACIÓN, SE UTILIZARON MÁQUINAS -  
MÁS GRANDES, DE MAYOR CAPACIDAD, CON MAYOR VOLUMEN Y PRESIÓN  
DE AIRE, CON LO QUE SE INCREMENTÓ EL COSTO HORARIO.

SERÁ NECESARIO EN CADA CASO HACER UN ANÁLISIS ECONÓMICO DE -  
DETALLE, PERO SE PUEDE ESPERAR COMO GENERALMENTE HA SUCEDIDO  
UNA REDUCCIÓN EN EL COSTO DE PERFORACIÓN POR M<sup>3</sup>.

9.

3. MENOR SUB-BARRENACION POR M<sup>3</sup> .

AL TENER LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR UN PATRÓN DE VOLADURA - CON MAYOR ESPACIAMIENTO, EN LA MISMA FORMA SE INCREMENTA LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR UN BORDO (B) MAYOR, CONFORME SE INCREMENTA EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN. LO ANTERIOR PERMITE DISEÑAR UNA MAYOR ALTURA DE BANCO (H) (SI ÉSTE LO ADMITE).

AÚN MANTENIENDO LA MISMA RELACIÓN (B/H) ENTRE BORDO Y ALTURA DE BANCO Y POR LO TANTO EL MISMO PORCENTAJE DE BARRENACIÓN - POR ML. PERFORADO ( $0.3B$ ), COMO EL VOLUMEN EXPLOTADO POR CADA BARRENO SE INCREMENTA, POR EJEMPLO EN EL CASO DE "EL GUINEO", DE 7.5 A 24.75 M<sup>3</sup>, ES DECIR EL 230%, AL BARRENAR CON 6½" DE Ø, SE REDUCE EL PORCENTAJE DE SUB-BARRENACIÓN POR M<sup>3</sup> DE ROCA EXPLOTADA, EN LA MISMA PROPORCIÓN.

CUANDO LA PROPORCIÓN (B/H) ENTRE BORDO Y ALTURA DE BANCO VARÍA, INFLUIRÁ TAMBIÉN EN FORMA NEGATIVA O POSITIVA.

EN EL EJEMPLO DE "EL GUINEO", LA ALTURA DE BANCO PERFORADO CON 3" DE Ø ERA DE 10.0 M. Y LA SUB-BARRENACIÓN 0.75 M., ES DECIR UN COEFICIENTE DE 0.075 M/ML.

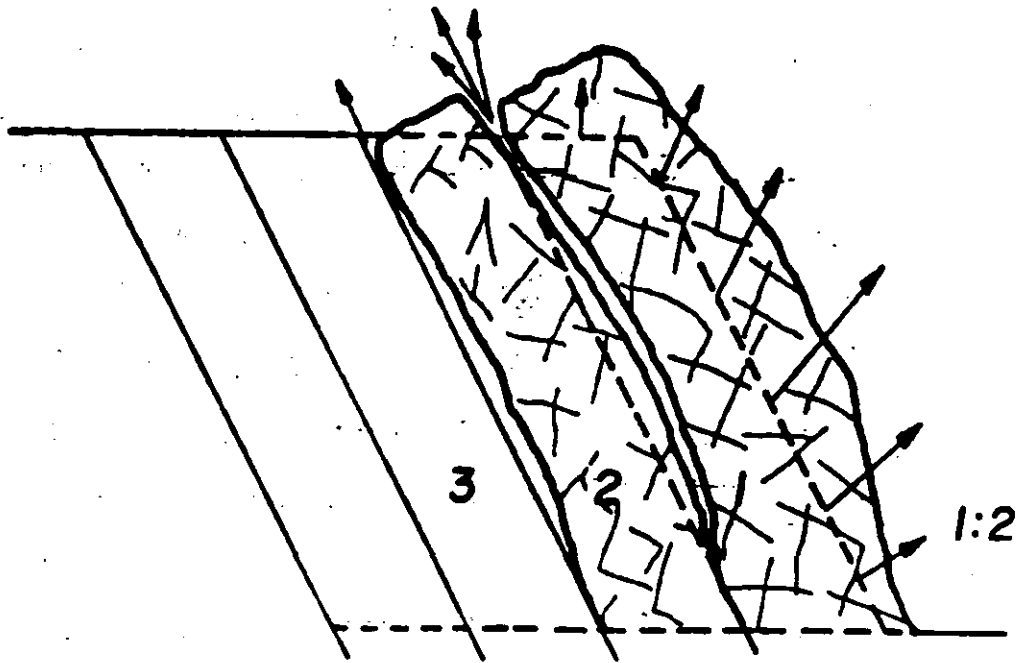
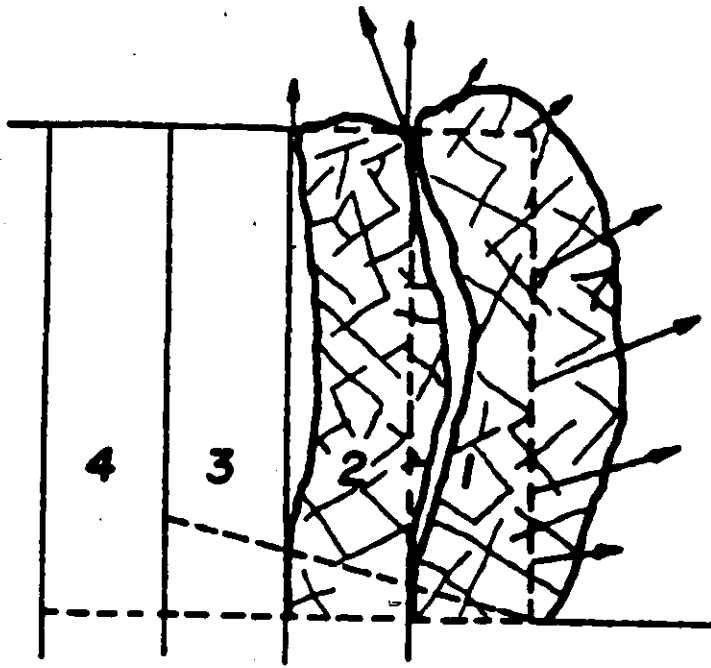
10.

LA ALTURA DE BANCO PERFORADO A 6½" DE Ø FUÉ DE 14.0 M. Y LA-SUB-BARRENACIÓN DE 1.35 M. ES DECIR SE TUVO UN COEFICIENTE - DE 0.096 M/ML.

EN EL EJEMPLO DE " EL GUINEO " RESULTÓ UN 28 % MEJOR, LA RELACIÓN BORDO-ALTURA DE BANCO, CUANDO SE PERFORÓ A 3" DE Ø. - EN ESTE CASO DEBIÓ DISEÑARSE UNA ALTURA DE BANCO MÁS ADECUADA PARA PERFORACIÓN DE 6½", COMO HUBIERA SIDO EL ALCANZAR -- UNA ALTURA (H) DE 18.0 M., CON LO QUE NO SE HUBIERA PERDIDO EFICIENCIA POR ÉSTA RAZÓN.

SIN EMBARGO EN EL EJEMPLO A PESAR DE QUE LA ALTURA DE BANCO NO FUÉ LA MÁS ADECUADA, RESULTÓ MUCHO MEJOR LA RELACIÓN DE - SUB-BARRENACIÓN POR M<sup>3</sup> OBTENIDO AL PERFORAR A 6½" DE Ø - - (0.055 M/M<sup>3</sup>) QUE AL PERFORAR A 3" DE Ø (0.1), ES DECIR FUE UN 82 % MEJOR.

SIEMPRE SERÁ NECESARIO CONSIDERAR LA POSIBILIDAD O NO DE EXCAVAR CON UNA MAYOR ALTURA DE BANCO, SI LA FORMACIÓN GEOLÓGICA Y DEMÁS CONDICIONES TOPOGRÁFICAS Y PIEZOMÉTRICAS LO PERMITEN, YA QUE EL FRACTURAMIENTO QUE SE LOGRA, SE INCREMENTA AL SER MÁS ALTO EL BANCO, YA QUE EL MOMENTO FLEXIONANTE QUE GENERA LA PRESIÓN DEL BARRENO FAVORECE LO ANTERIOR COMO SE INDICA EN LA (FIG. NO. 3).



MOMENTO FLEXIONANTE

$$M = \frac{wl^2}{8}$$



11.

4. MAYOR FRAGMENTACION DEL PISO DEL BANCO.

CONFORME SE VIÓ EN EL EJEMPLO DE " EL GUINEO ", LA SUB-BARRENACIÓN AL SER EFECTUADA A UN MAYOR DIÁMETRO, ES PROPORCIONALMENTE MAYOR, POR LA RELACIÓN QUE GUARDA CON EL BORDO (0.3B)

LO ANTERIOR TIENE GRAN IMPORTANCIA EN LA FRAGMENTACIÓN DEL PISO DEL BANCO A LA BASE DEL BORDO, DEBIDO A QUE LA CARGA DE FONDO SE COLOCA A UNA MAYOR PROFUNDIDAD Y ADEMÁS LA CONCENTRACIÓN DE CARGA EN ESTE PUNTO EN PARTICULAR, ES MUCHO MAYOR, YA QUE ESTÁ EN FUNCIÓN DEL CUADRADO DEL DIÁMETRO, LO QUE PERMITE LIBERAR UNA ENERGÍA MÁS GRANDE AL EFECTUAR LA VOLADURA EN UN DIÁMETRO MAYOR Y HACERLO COMO YA SE COMENTÓ, A UNA MAYOR PROFUNDIDAD, LO QUE REDUCE LA POSIBILIDAD DE PRESENTACIÓN DE ÁREAS POCO FRACTURADAS EN EL ÁREA DEL PISO (PATAS), QUE CUANDO SE PRESENTAN, OBLIGAN A UNA BARRENACIÓN Y VOLADURA ADICIONAL QUE INCREMENTAN EL COSTO.

ES INTERESANTE MENCIONAR LO QUE MENCIONAN AL RESPECTO ULF -- LANGEFORS Y KIHLSSTROM, EN SU LIBRO DE TÉCNICAS MODERNAS DE VOLADURA DE ROCA (1963) PAG.44, "LA DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA AFECTA AL PODER DE ROTURA : UNA CARGA DE FONDO ALARGADA, TENDRÁ MENOS EFECTO EN DICHO FONDO, QUE SI ESTUVIERA ENTERAMEN-

12.

TE CONCENTRADA EN ÉL". ESTE CONCEPTO ACLARA LO DESCRITO ANTERIORMENTE.

5. MEJOR MANEJO DE LA ENERGIA LIBERADA.

COMO YA SE COMENTÓ, SE LOGRA TENER UNA MAYOR EFICIENCIA AL UTILIZAR PERFORACIONES DE MAYOR DIÁMETRO PARA VOLADURA, ÉSTO DEBIDO A QUE LA PRESIÓN DE BARRENO QUE SE LOGRA, ES MAYOR -- CONFORME SE INCREMENTA EL DIÁMETRO, YA QUE LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN ES MAYOR EN AGUJEROS MÁS GRANDES.

LA PRESIÓN QUE SE LOGRA EN EL BARRENO, ES LA SIGUIENTE :

$$A. \quad P_b = 1.60 \times 10^{-3} \quad v^2$$

$P_b$  = PRESIÓN DEL BARRENO (LBS/PULG<sup>2</sup>).

$\rho$  = DENSIDAD DEL EXPLOSIVO (GR/CM<sup>3</sup>)

$v$  = VELOCIDAD DE DETONACIÓN (PIÉ/SEG)

EJEMPLO PARA 4", 7" Y 9" DE Ø.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 4" Ø - 10,400 FT/SEG.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 7" Ø - 12,000 FT/SEG.

VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN 9" Ø - 13,000 FT/SEG.

UTILIZANDO COMO EXPLOSIVO NITRATO DE AMONIO.

13.

CON UNA DENSIDAD DE  $0.85 \text{ (GR/CM}^3 \text{)}$ , SE TIENE:

B. PERFORACIÓN DE 4"

$$P_{b4} = 1.69 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3 \text{)} \times 10,400^2 \text{ (PIE/SEG)}$$

$$P_{b4} = 155,372 \text{ (LBS/PULG}^2 \text{)}$$

PERFORACIÓN DE 7"

$$P_{b7} = 1.69 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3 \text{)} \times 12,000^2 \text{ (PIE/SEG)}$$

$$P_{b7} = 206,856 \text{ (LBS/PULG}^2 \text{)}$$

PERFORACIÓN DE 9"

$$P_{b9} = 1.60 \times 10^{-3} \times 0.85 \text{ (GR/CM}^3 \text{)} \times 13,000^2 \text{ (PIE/SEG)}$$

$$P_{b9} = 242,768 \text{ (LBS/PULG}^2 \text{)}.$$

COMO SE OBSERVA, LA PRESIÓN QUE SE LOGRA EN UN AGUJERO DE 9" DE Ø, ES DE 242,768 LBS/PULG<sup>2</sup>, CUANDO EN 4" DE Ø, SOLO SE OBTIENEN 155,372 LBS/PULG<sup>2</sup>.

DE ACUERDO CON LA TABLA NO. 1, AL EFECTUAR LA VOLADURA EN 4" DE Ø, SE SOBREPASA 4.4 VECES LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN GRANITO Y AL HACERLO EN 9" DE Ø, SE SOBREPASA PRÁCTICAMENTE 7.0 VECES LA RESISTENCIA DEL GRANITO, SI LA ROCA ES BUENA TRANSMISORA DE LA ONDA, SE PUEDE LOGRAR POR ÉSTA RAZÓN

TABLA No. 1

DUREZAS DE MINERALES Y ROCAS

<u>ROCA 6 MINERAL</u>	<u>RESISTENCIA A LA COMPRESION</u> <u>P.S.I. (KG/CM2)</u>		<u>DUREZAS</u> <u>ESCALA MOHS</u>	
DIAMANTE			10.0	
CARBORUNDO			9.5	
ZAFIRO			9.0	
SERPENTINA			8.5	
TOPACIO			8.0	
CIRCON			7.5	
CUARZO	60,000	(4,200)	7.0	
HORTENO	55,000	(3,900)	6.5	
ORTOCLASA			6.0	
MAGNETITA	15,000	(1,050)	5.5	
ESQUISTO (c)	30,000	(2,100)	5.0	
APATITA (c)			4.5	
GRANITO (c)	35,000	(2,500)	4.0	
DOLOMITA (c)	28,000	(1,980)	3.5	
CALCITA (b)	18,000	(1,200)	3.0	
GALENA (b)			2.5	
POTASA (a)	9,000	( 630)	2.0	
YESO (a)			1.5	
TALCO (a)			1.0	

**N O T A :** Dureza es la resistencia a la abrasión de una superficie lisa. Una medida aproximada puede ser hecha rayando el material con la uña (a), ó con una moneda de cobre (b) y una navaja (c). Resistencia a la compresión de rocas, los valores presentados son valores promedio.

14.

UNA MAYOR FRAGMENTACIÓN, DE SER ASÍ NECESARIO.

SI SE PERFORA UNA ROCA CON MENOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y CON BUENAS CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LA ONDA, SE PODRÁ REDUCIR EL FACTOR DE CARGA, PARA LOGRAR EL RESULTADO DESEADO Y LA REDUCCIÓN ECONÓMICA CORRESPONDIENTE.

COMO SE VÉ, LLEVANDO A CABO PERFORACIONES GRANDES, SE TIENEN MAYORES POSIBILIDADES DE FRACTURAMIENTO Y/O DE MANEJO DE LAS CARGAS DENTRO DEL BARRENO, PARA ALCANZAR EL EFECTO DESEADO, CON LO QUE ES POSIBLE TENER UN MAYOR CONTROL DE LA ENERGÍA QUE SE LIBERA EN LA VOLADURA, UTILIZANDO ÚNICAMENTE LA NECESARIA EN CADA CASO.

## 6. ECONOMIA EN EL EXPLOSIVO

EL INCREMENTO DE LAS VELOCIDADES DE DETONACIÓN DEL ANFO, AL UTILIZARSE EN AGUJEROS CON DIÁMETRO MAYOR, ES REPRODUCIDO, CON CIERTA RELACIÓN, POR ALGUNOS HIDRO-GELES DISPONIBLES EN NUESTRO PAÍS, POR LO QUE ES POSIBLE REDUCIR LA CARGA DE FONDO, AL INCREMENTAR EL DIÁMETRO DE PERFORACIÓN.

15.

EN EL EJEMPLO DEL " EL GUINEO ", SE TUVO LO SIGUIENTE, UTILIZANDO UN MISMO FACTOR DE CARGA.

DIAMETRO PERF.	6½"	3"
RELACIÓN DE FACTOR DE CARGA.	0.98	1.0
CARGA DE FONDO	18.8 %	32.4 %
CARGA DE COLUMNA	81.2 %	67.6 %
CARGA TOTAL	100.0 %	100.0 %

SE OBSERVA LA IMPORTANTE REDUCCIÓN EN EL PORCENTAJE DE CARGA DE FONDO UTILIZADA EN 6½" CON RESPECTO A LAS PERFORACIONES DE 3", LO QUE REDUNDÓ EN UNA ECONOMÍA DE LA VOLADURA TAMBIÉN SE OBTIENE UNA MEJORA SUSTANCIAL, EN EL PRECIO DE ADQUISICIÓN DEL EXPLOSIVO EMPACADO A DIÁMETROS GRANDES, CON RESPECTO A LOS DIÁMETROS PEQUEÑOS. ESTA MEJORA INCIDE TAMBIÉN EN EL MANEJO Y COLOCACIÓN DEL EXPLOSIVO DENTRO DEL BARRENO, REDUCIENDO EL TIEMPO DE CARGADO, LA MANO DE OBRA UTILIZADA Y LOS TIEMPOS OCIOSOS.

ES EVIDENTE QUE CONFORME SE INCREMENTA LA CAPACIDAD DE VOLADURA POR MÁQUINA, SE TENDRÁ UN MENOR NÚMERO DE ÉSTAS EN EL

16.

FRENTE DE TRABAJO, LOGRANDO REDUCIR LA OPERACIÓN ESPECIALIZADAS, MEJORANDO TAMBIÉN LA CALIDAD DE LA SUPERVISIÓN AL REDUCIR LOS GRUPOS DE MAQUINARIA, TANTO DESDE EL PUNTO DE VISTA-MECÁNICO, COMO OPERATIVO Y TÉCNICO.

LO ANTERIOR FACILITA EL LOGRAR UN MEJOR BALANCE DEL EQUIPO - DE BARRENACIÓN CON EL DE CARGA Y TRANSPORTE, SOBRE TODO CUANDO SE TRATA DE EXCAVAR Y MOVER VOLUMENES IMPORTANTES.

AL REDUCIR LA OPERACIÓN, SUPERVISIÓN Y MANTENIMIENTO, EN FORMA NATURAL SE REDUCE LA CARGA ADMINISTRATIVA DEL FRENTE DE TRABAJO.

EN BASE A LO COMENTADO ANTERIORMENTE, SE PUEDE CONCLUIR QUE- EL USO DE PERFORACIONES DE MAYOR DIÁMETRO Y POR LO TANTO PATRONES MÁS AMPLIOS PARA VOLADURA DE ROCAS, DA COMO PRIMER RESULTADO UN INCREMENTO NOTABLE EN EL VOLUMEN QUE PUEDE SER EXPLOTADO POR UNA MÁQUINA.

EN SEGUNDO LUGAR, EL USO DE MARTILLOS DE FONDO RESULTA EN UN INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE PERFORACIÓN DE UNA MISMA MÁQUINA Y POR ÚLTIMO, TODO LO ANTERIOR INCIDE EN UNA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE EXPLOTACIÓN DE ROCA, ASÍ COMO UNA REDUCCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE EXCAVACIÓN, COMPARADO CON LOS PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN A ROTACIÓN Y CON MARTILLO EN EL CAPEZAL, QUE SON NORMALMENTE UTILIZADOS EN ESTE TIPO DE TRABAJOS.



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

***CURSOS ABIERTOS***

***II CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION***

*Del 22 de Junio al 17 de Julio*

***MODULO I***

***MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS***

***P L A N E A C I O N***

***ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ***

***PALACIO DE MINERIA***

***JUNIO***

***1992***



1.- INTRODUCCION.

Uno de los campos de la ingeniería civil, relacionado con la ejecución física de las obras, es el campo de la construcción. En él, se utilizan los recursos disponibles en calidad y cantidad tales, que la obra resultante sea de la mejor calidad posible, se haya realizado a un costo razonable y en el tiempo previsto.

Para lograr lo anterior, se requiere llevar a cabo, previamente, la planeación y programación cuidadosas de todas las actividades involucradas en la obra, utilizando las técnicas y elementos disponibles para representar esquemáticamente en el papel, aquello que posteriormente habrá de suceder en el campo, y estar preparado para resolver las eventualidades que, sin duda alguna, surgirán durante la etapa de construcción.

Los elementos que dispone el encargado de la planeación y programación de obras son cada vez más abundantes, (computadoras con diversos programas, nuevas técnicas de representación gráfica); sin embargo, no debe perderse la vista que la parte esencial del proceso es el ser humano; es él quien define la estrategia constructiva a seguir y toma en todo momento, las decisiones que le van guiando al objetivo fijado. En otras palabras, las computadoras ayudan, indudablemente, a acelerar el proceso de cálculo, y permiten, por tanto, analizar rápidamente más alternativas, pero no pueden realizar por si solas el trabajo total de programación.

Otra observación importante es la siguiente: no puede concebirse un ingeniero dedicado a la programación de obras, si no tiene suficiente experiencia en relación con ellas.

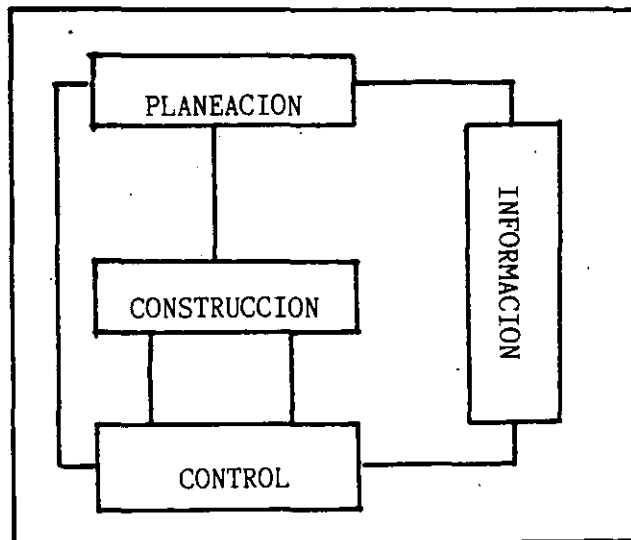
La veracidad de la planeación es función directa de la experiencia de quien la realiza.

## 1.1 PLANEACION

Es conveniente distinguir la acepción correcta de dos términos que con frecuencia se usan indistintamente: planeación y programación.

Tratado de enmarcar en una definición lo que significa el primero de estos términos, podemos decir que: Planeación, es el proceso de análisis sistemático, documentado y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una situación, y la definición y ordenamiento de los actos que conduzcan a ese mejoramiento.

La planeación como actividad fundamental está presente en todas y cada una de las acciones que el ingeniero civil realiza formando parte, en el caso particular de la construcción, de un proceso que se continúa con la ejecución y control de la obra.



LA PLANEACION COMO PARTE DE UN PROCESO

La planeación, puede asociarse a un cierto marco de referencia: podemos planear nuestras actividades personales ó familiares, planear un procedimiento constructivo ó la compra de equipo, la contratación de mano de obra o la previsión de materiales. En un marco más amplio, podemos hablar de la planeación de un sistema de comunicaciones terrestres del desarrollo agrícola ó industrial de determinadas zonas del país, de la distribución de los asentamientos humanos ó del establecimiento de reservas ecológicas. Finalmente, podríamos enumerar planes a nivel mundial en los que se estructuran y ordenan actos con la participación de diferentes naciones de nuestro planeta.

Como se ve, el nivel de información y la trascendencia de la toma de decisiones aumenta en importancia a medida que el marco de referencia para el que se efectúa la planeación crece.

## 1.2 Programación

Podemos ubicar como etapas extremas de la planeación:

- a).- Conocimiento de la situación que se pretende cambiar.
- b).- Creación de un programa que ordene en el tiempo y en el espacio, el desarrollo de los actos necesarios.

Esta segunda etapa es precisamente lo que podemos definir como PROGRAMACION de la obra; en ella, habremos de establecer entre otras cosas, el número y secuencia de actividades en que vamos a ordenar la obra y, en base a los volúmenes por ejecutar y los recursos disponibles, la duración de cada una de estas actividades para, después de la

aplicación de alguna ó algunas técnicas algorítmicas, obtener información relacionada con el costo y duración total del proyecto.

Se dan a continuación algunos elementos relacionados con la planeación. Al final de estas notas, se incluye un texto programado sugiriendo al lector lo estudie siguiendo las instrucciones que ahí se señalan.

## CONSTRUCCION

Dentro de los campos en la profesión del Ingeniero Civil ocupa un lugar preponderante la construcción. En la realización de una obra, este campo sigue inmediatamente al diseño y precede a los de operación y mantenimiento de obras. Consiste la construcción en la realización de una obra combinando materiales, obra de mano y maquinaria con objeto de producir dicha obra de tal manera que satisfaga una necesidad normalmente colectiva, y que cumpla con las condiciones planteadas por el diseñador, entre las que se cuenta con primordial importancia la seguridad.

La construcción puede definirse como uno o varios procesos de producción en el o los que se combinan en alguna forma recursos (materiales, obra de mano y maquinaria) para lograr el producto terminado. Se trata pues de un típico proceso industrial, que solo difiere del clásico en que las obras normalmente son diferentes y se requiere estudiar un proceso que será diferente para cada obra; en cambio el proceso típico industrial es repetitivo.

## MOVIMIENTO DE TIERRAS

Entre estos procesos es muy común encontrar el movimiento de tierras, que puede ser parte del proceso total o todo el proceso. Consiste el Movimiento de Tierras en combinar maquinaria, materiales y obra de mano, a fin de obtener la obra o parte de la obra de acuerdo con lo planeado en el diseño.

El problema de selección de equipo trata de determinar que tipo, modelo y tamaño de máquinas deberá usar el ingeniero para realizar su proceso dentro de las restricciones impuestas por el proyecto. Al definir esto el ingeniero estará planeando el proceso constructivo, o dicho en otra forma definirá en todos sus puntos el procedimiento de construcción a usarse.

## PROCESOS

Podemos pues presentar la construcción (válido para el movimiento de tierras) como uno o varios procesos de transformación con una entrada; los recursos y una salida, la obra terminada.

## 1.- TOMA DE DECISIONES

El ingeniero que se ocupa del movimiento de tierras tiene que planear anticipadamente el equipo a utilizarse en el proceso. Esto lo hace seleccionando varios tipos de máquinas en ciertas combinaciones que él sabe le producirán la obra de acuerdo con el diseño. Se le presentan, pues, varias alternativas, una de las cuales escogerá para realizar las obras. Esto constituye la toma de una decisión. Una decisión es simplemente una selección entre dos o más cursos de acción. Podemos decir --- pues que la selección del equipo en movimiento de tierras es un caso de la toma de decisiones.

La toma de decisiones puede realizarse intuitiva o analíticamente. Si se aplica la intuición normalmente se usa lo que ha sucedido en el pasado y aplicando este conocimiento se estima lo que puede suceder en el futuro, con cada una de las vías de acción, y en función de esta apreciación se toma la decisión. La decisión tomada analíticamente consiste en un estudio sistemático y evaluación cuantitativa del pasado y del futuro, y en función de este estudio se selecciona la vía de acción más adecuada. Ambos métodos se usan comunmente en el problema de selección de equipo.

## 2. OBJETIVOS

Si queremos hacer la selección de un camino entre varios que se presentan y que solucionarán el problema, tendremos en alguna forma que comparar las posibles soluciones. Se presenta el problema de cómo compararlas, en función de qué, cómo valuarlas. Debemos, consecuentemente, determinar un objetivo u objetivos que nos sirvan para valuar dichas vías de acción o caminos alternativos.

La labor del ingeniero está orientada por la economía, es decir, tiene como objetivo fundamental adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad. Aún cuando no es raro que en su labor el ingenie

ro se enfrente a problemas con objetivos contradictorios, en el caso de la selección de equipo sus decisiones están orientadas por el criterio económico.

La valuación de las alternativas será entonces una valuación de tipo económico, habrá que determinar el costo de las entradas a lo largo del tiempo y el beneficio que proporcionará la salida, también a lo largo del tiempo, para cada alternativa. De la comparación de estos -- costos-beneficios saldrá una manera de comparar las alternativas en que se basará la toma de decisiones. El debe tener un conocimiento profundo de los costos, y debe poder definir los costos físicamente generados por el uso de su alternativa, así como los derivados al usar la solución propuesta por él.

La selección dependerá, del criterio económico. La evaluación de las alternativas podría tomar la forma de:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Costo}}$$

También puede decirse que lo que busca el ingeniero es hacer máximas las utilidades.

#### PROCEDIMIENTO PARA TOMAR DECISIONES

Definido el problema deberá hacerse un análisis del mismo. En esta fase se recaba toda la información que nos de un conocimiento profundo y completo del problema, con el objeto de poder definir y valuar el mismo, lo que traerá como consecuencia una selección más depurada de las distintas alternativas-solución que se formulará en la siguiente etapa de la toma de decisión. Esta definición y valuación - del problema se hará tomando en cuenta el objetivo.

En la siguiente fase se toman todas las alternativas posibles o cursos alternativos de acción. En este caso es muy importante, para escoger las alternativas posibles, la preparación técnica del ingeniero.

La tercera fase consiste en comparar estos posibles cursos de acción en función del objetivo y al final de esta fase podremos tomar ya una decisión que vaya guiada al objetivo propuesto.

Por último se considera una última fase de especificación e implementación, en la cual se hace una descripción completa de la solución elegida y su funcionamiento.

### 3. CERTEZA - RIESGO - INCERTIDUMBRE

Se dice que una decisión se toma bajo certeza cuando el ingeniero conoce y considera todas las alternativas posibles y conoce todos los estados futuros de la situación consecuencia de tomar dichas alternativas, y a cada alternativa corresponde un solo estado futuro.

Se dice que una decisión se toma bajo riesgo si a cada una de las alternativas corresponden diversos estados futuros, pero el ingeniero conoce la probabilidad de que se presente cada uno de ellos.

Se dice que la decisión se toma bajo incertidumbre si el ingeniero no conoce las características probabilistas de las variables.



**PROBLEMA (Decisiones bajo certeza)**

Un constructor ha contratado la preparación de dos kilómetros de camino. El contrato incluye (1) limpieza, (2) excavación y relleno. El derecho de vía debe ser limpiado como preparación para la excavación o relleno.

Un total de 5 hectáreas deben ser limpiadas y 21,500 m<sup>3</sup> deben ser removidos. El volumen de cortes debe ser igual al volumen de rellenos y las distancias para el movimiento de tierras son tales que la excavación, transportación y compactación serán consideradas como una operación. El trabajo puede realizarse en tres fases: la fase uno, es limpiado de la estación cero a la 50, la dos, limpiado de las restantes estaciones y en excavación y relleno de la cero a la 50, la tres, excavación y relleno del resto de las estaciones.

La cantidad de trabajo a desarrollar puede expresarse mediante la tabla:

FASE i	LIMPIEZA		EXCAVACION Y RELLENO	
	Estaciones	Cantidad (Hs.)	Estaciones	Cantidad (M <sup>3</sup> )
1	0 a 50	2.20	—	—
2	50 —	2.80	0 — 50	6,000
3	—	—	50 —	15,500

Ahora bien, los tipos de equipo disponibles para ejecutar el proyecto son:

EQUIPO	TIPO Y DESCRIPCION	NUMERO DISPONIBLE
Tractores	A (con cuchilla)	1
	B (con cuchilla)	1
	C (sin cuchilla)	4
	D (sin cuchilla)	1
	E (sin cuchilla)	2
Escrepas	F (jalada por C)	3
	G (jalada por D)	1
Escrepa-tractor (combinación fija)	H (tractor)	5
	I (escrepa)	5
Plancha de rodillos	J	4

Estos equipos pueden usarse sólo o combinados, el total de posibles combinaciones son 23. Por ejemplo, la limpieza con una unidad de A ó B o una combinación de ambas. La excavación, acarreo y volteo puede hacerse con los equipos, C + F, D + G, H + I + C, etc. todas las combinaciones son conocidas del contratista.

¿Qué decisiones debe tomar el constructor?

### PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE DECISIONES BAJO RIESGO

#### PROBLEMA (Decisiones bajo riesgo)

Un constructor ha obtenido un contrato al cotizar considerando  $20 \text{ kg/cm}^2$  como resistencia media del suelo. Sin embargo, al contratar el cálculo detallado obtiene la información de que en el 70% de los casos se han diseñado cimentaciones para  $50 \text{ kg/cm}^2$  y para  $20 \text{ kg/cm}^2$  en sólo el 30% restante.

El razonamiento del constructor es como sigue:

- a) Si usa para diseño  $50 \text{ kg/cm}^2$  y la resistencia es de  $50 \text{ kg/cm}^2$  gana \$70,000.00 pesos extra.
- b) Si usa para diseño  $50 \text{ kg/cm}^2$  y la resistencia es de  $20 \text{ kg/cm}^2$  pierde por reparaciones etc. \$190,000.00 pesos.
- c) Si usa para diseño  $20 \text{ kg/cm}^2$  y la resistencia es de  $50 \text{ kg/cm}^2$  se están desperdiciando \$70,000.00 pesos y convencionalmente se considera una penalización del 12% (\$8,400.00 pesos).
- d) Si usa para diseño  $20 \text{ kg/cm}^2$  y la resistencia es de  $20 \text{ kg/cm}^2$  no gana ni pierde.

¿Qué decisión debe tomar si además puede usar pruebas de laboratorio con los siguientes costos?

- a) Por una sola serie de pruebas \$20,000.00
- b) Por dos series de pruebas \$35,000.00

	$\theta_1$	$\theta_2$	
$a_1$	70,000.00	-190,000.00	$50 \text{ kg/cm}^2$
$a_2$	-8,400.00	0	$20 \text{ kg/cm}^2$
	$50 \text{ kg/cm}^2$	$20 \text{ kg/cm}^2$	

**PROBLEMA (Decisiones bajo incertidumbre)**

Al construir las pilas de concreto para un puente sobre un río no estudiado se dispone de tres sitios  $S_1, S_2, S_3$  para poner la planta mezcladora. Cada uno de ellos a distintos niveles. Dependiendo de las lluvias en la cuenca, el río puede causar daños de distinta magnitud según se muestra en la tabla anexa.

¿Qué sitio se elegiría para poner la planta?

	0 - 50 $m^3/S$	50 - 100 $m^3/S$	100 - $m^3/S$
$S_1$	1,000	100,000	100,000
$S_2$	0	10,000	100,000
$S_3$	0	0	10,000

#### 4. PROCESO - SISTEMAS

Al analizar el proceso constructivo y planearlo nos encontraremos que en realidad estamos encontrando el grupo de decisiones que permitirán el logro de nuestros objetivos.

Para estudiar este proceso será indispensable analizar todas - las variables o las más importantes que intervienen en él, las relaciones entre ellas y cómo una variación en cada una de ellas influye en que el - resultado final se acerque más o menos a nuestro objetivo. Esto en realidad equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción - en función del objetivo.

Normalmente las variables tienen limitaciones. Podremos tener limitaciones en tiempo, en recursos, en sumas mensuales a gastar, etc.

Muchas veces los cursos alternativos de acción son muy grandes en número, y por esto es conveniente para compararlos con facilidad, encontrar cómo cada valor de la variable influye en la salida del proceso.

#### 5. RESTRICCIONES

En la fase de análisis se fijan normalmente las restricciones o limitaciones. Estas pueden provenir de las especificaciones del diseñador, de limitaciones propias de la empresa, o restricciones externas.

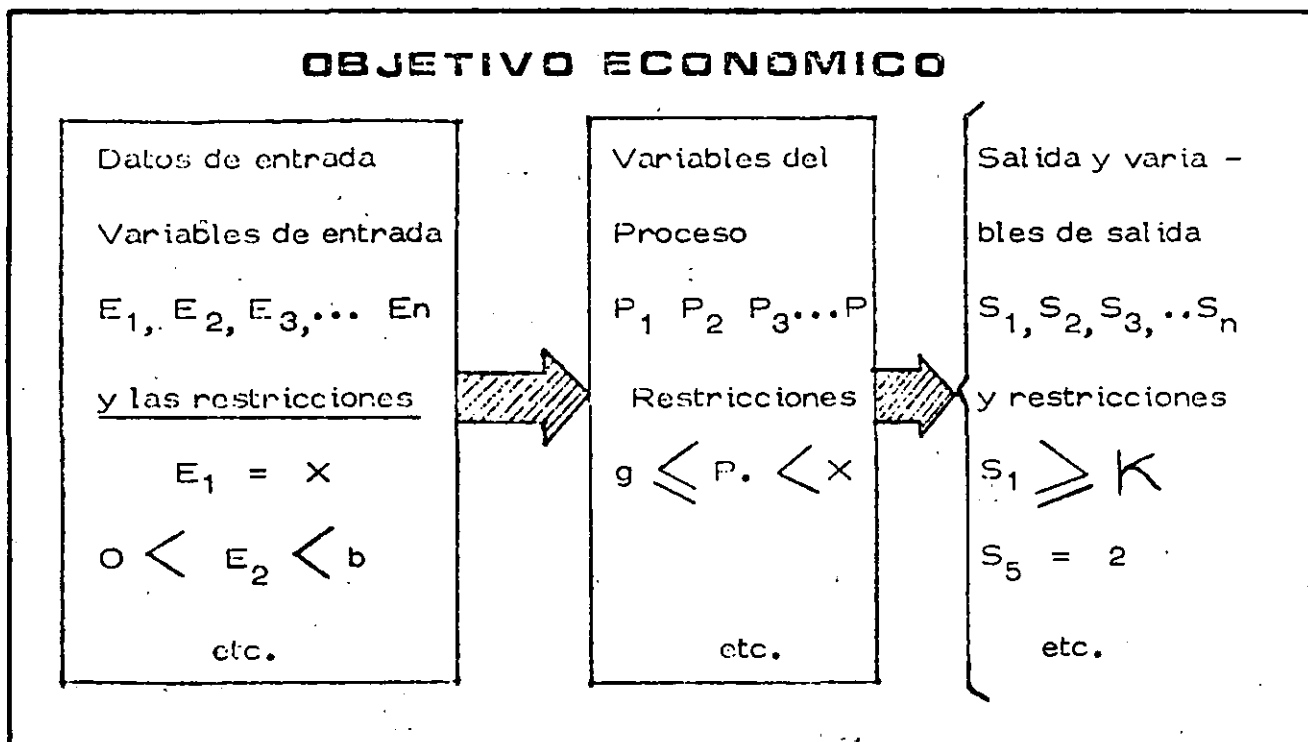
Es muy conveniente que el ingeniero no se cree restricciones ficticias, que le limitarán el encontrar soluciones alternas posibles. Esto limitaría la aplicación de la técnica del ingeniero.

## 6. SELECCION DE VARIABLES

No es fácil encontrar las variables; por otro lado no todas influirán importantemente en el proceso, es pues conveniente definir las variables significativas, esto es las que modifiquen importantemente la salida valuada en función del objetivo. Las variables pueden ser:

- a) Controlables, aquellas que podremos variar a nuestro antojo.
- b) Las que no pueden ser controladas o manipuladas en el proceso, pero que influyen en la salida.

Podemos pues definir nuestro método de decisión usando la siguiente notación:



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

7. DECISION MINIMIZANDO COSTO DIRECTO

Este es un método comunmente usado en la obra para definir el equipo adecuado y en general tomar la decisión de qué procedimiento debe usarse en una obra determinada. Tiene la ventaja de su simplicidad, pero considera como sistema la actividad específica a analizar y no considera la relación de las diferentes actividades o subsistemas de la obra entre si.

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

8. DECISION CONSIDERANDO GASTOS INDIRECTOS.

Puede considerarse el sistema obra completo, lo cual es complicado, pero más comunmente se consideran algunas variables significativas que tienen que ver con gastos generales y se controlan como tales. Por ejemplo considerar el Costo del Almacén, Costo del Financiamiento, etc.

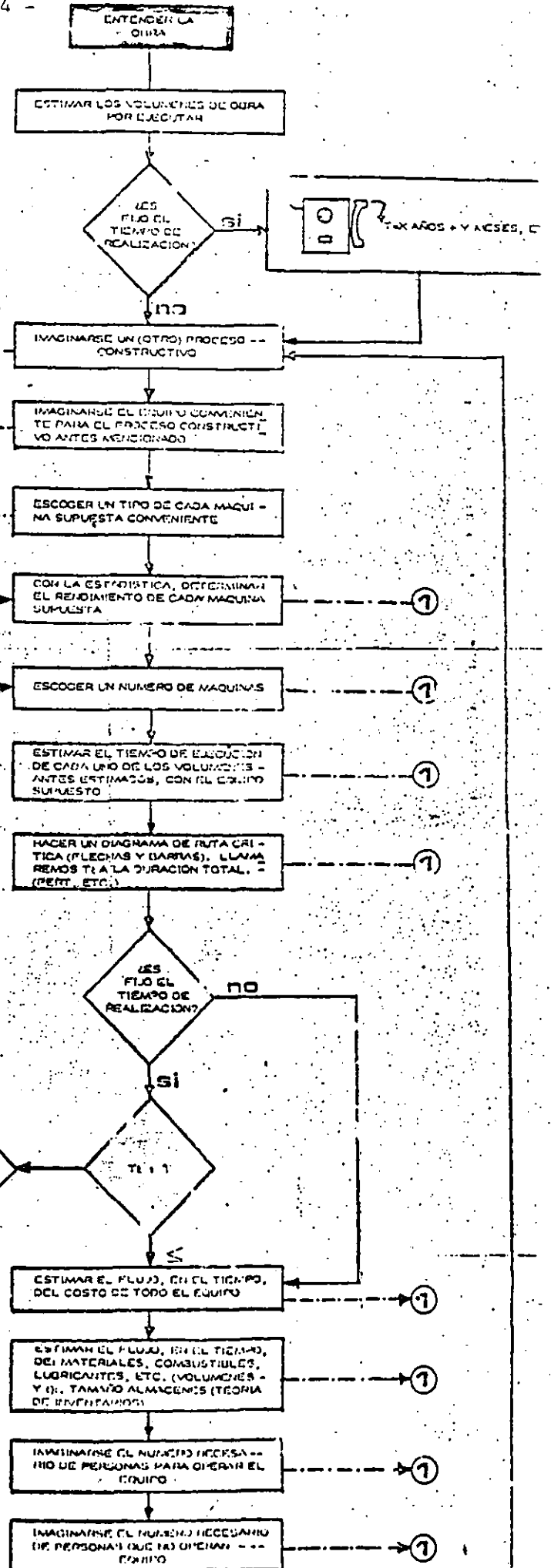
FLUJO DE INFORMACION

Se adjunta flujo de actividades para evaluar una alternativa, este flujo es de carácter general y tendrá las modificaciones que el tipo especial de obra indique. La decisión del tipo de equipo puede hacerse repitiendo la evaluación alternativa por alternativa seleccionando la más conveniente desde el punto de vista económico. Es común este sistema.

# EXPERIENCIA ESTADÍSTICA MENTAL

①

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



①

①

①

①

①

①

①

①

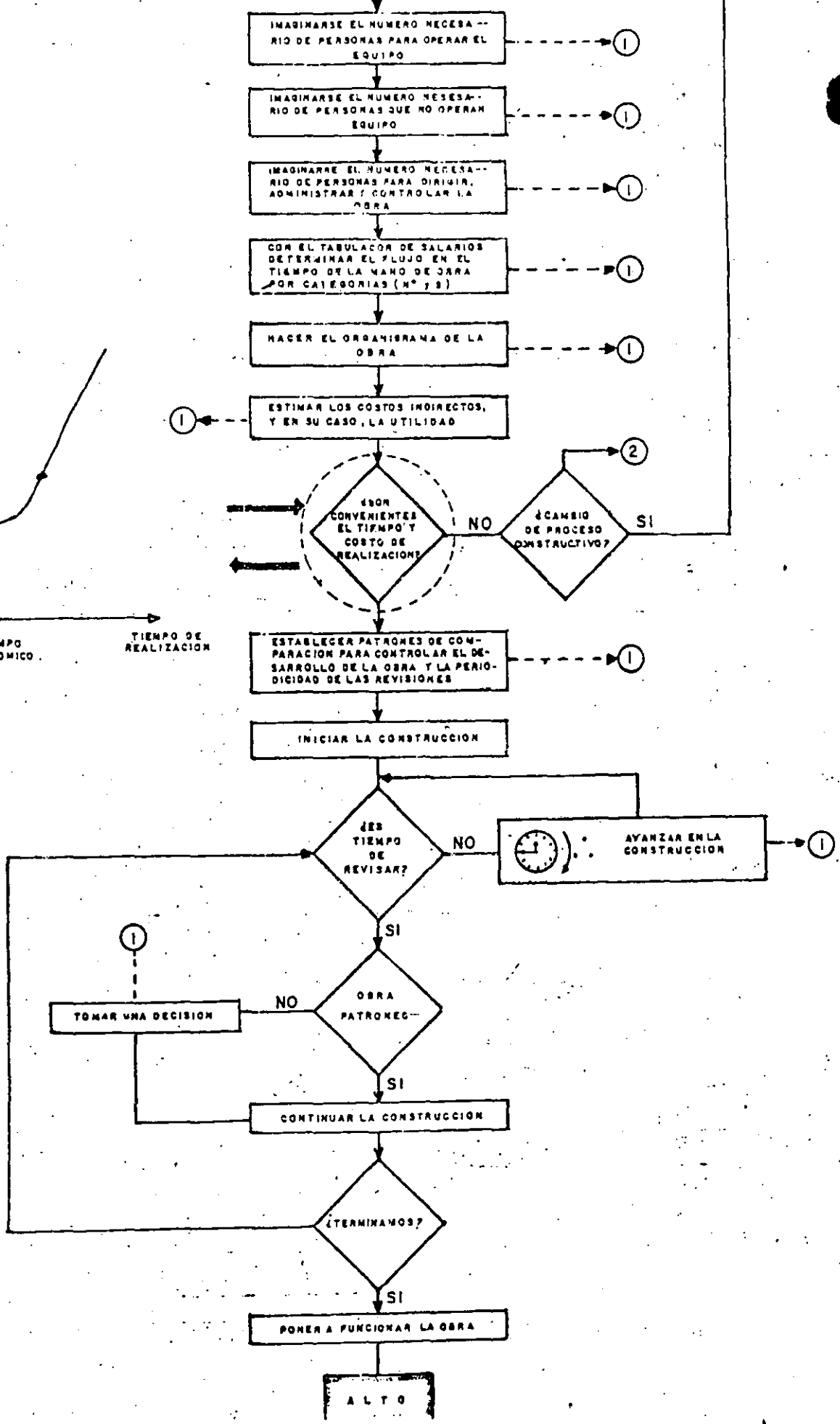
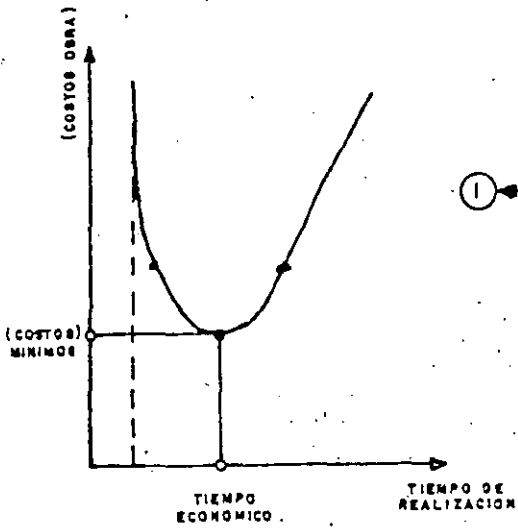
②

①

①

①

①



ALTO



## 9. DECISIONES A NIVEL GERENCIA

Las decisiones a nivel gerencia se tomarán considerando el sistema-empresa. En este sistema las obras son subsistemas.

Es común que una decisión a nivel gerencia modifique una decisión aparentemente óptima considerando el sistema obra. Esto si no es explicado adecuadamente puede ocasionar problemas serios entre las relaciones ejecutor-gerente; pues aparece como contradictorio el hecho de que se proponga una solución a nivel de obra, que ha sido convenientemente analizada y la decisión sea diferente y en apariencia menos conveniente .

Es difícil aplicar un método cuantitativo que tome en cuenta todas las variables significativas. Sin embargo, se consideran algunas que son de especial relevancia, por ejemplo, los aspectos financieros.

## 10. PROCEDIMIENTO PRACTICO

### 10.1 PROGRAMA GENERAL

Por ser muy difícil planear de conjunto todo el proceso, es común que el ingeniero divida este proceso en subprocesos y optimice - estos subprocesos por separado. Posteriormente podrá analizar estos subprocesos integrados en el proceso total para una segunda etapa de optimización.

Es muy frecuente que esta división en subprocesos o "actividades" lo haga a través del programa general.

Esto le permite, al mismo tiempo que subdivide, tener un esquema en el que todas las actividades están ligadas por su relación de tiempos de ejecución, cosa muy conveniente para no perder de vista el proceso total.

Para realizar el Programa General se presentan las siguientes etapas que se enlistan a continuación:

- a) Estudiar la Obra
- b) Desglosar Actividades
- c) Definir Procedimientos
- d) Determinar Tiempos
- e) Ordenar Actividades

Estudiar la obra y el desglose del proceso en subprocesos o actividades ya se habían comentado, y solo es conveniente decir que las actividades serán tanto más importantes cuanto menor sea el detalle del programa.

Al definir los procedimientos constructivos lo haremos en esta primera etapa de una manera general, sin un estudio muy profundo.

En seguida determinamos tiempos de duración de las actividades y ordenamos las mismas de acuerdo con su posición temporal, es decir colocándolas de tal manera que queden ordenadas respecto al tiempo de su realización.

Esto puede hacerse fácilmente mediante redes de actividades.

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

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

## 10.2 EJEMPLO DE PROGRAMACION DE EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

Es usual para la planeación de Excavaciones y Terracerías separar éstos del programa general y planearlos de conjunto.

Por esto es usual seguir las siguientes fases:

- a) Marcar Actividades
- b) Plantear Programas
- c) Programas Zonales
- d) Programas Totales
- e) Retroalimentación
- f) Estudio Económico
- g) Definir Procedimientos

Se marcan primero aquellas actividades del programa general que -- tengan que ver con las excavaciones específicamente (fig. # 2).

En seguida y con los datos del programa total se colocan en un programa generalmente de barras, teniendo cuidado de marcar holguras (fig. #3).

Estos programas se hacen en las diferentes zonas geográficas de la obra, definiendo volúmenes totales a ejecutar por zona, y pasando estos programas de volúmenes por ejecutar a gráficas (fig. # 4).

En seguida se agrupan si se ve conveniente estos programas zonales en un programa total.

Después se procura una retroalimentación de estos datos al programa parcial y al general de manera que se modifique el programa de producción a fin de uniformizarlo buscando ahorros en insumos.

Esta uniformización se busca primero usando las holguras. En la fig. # 5 se ve el resultado de una uniformización utilizando este procedimiento. La fig. # 6 muestra la gráfica de producción correspondiente al programa modificado. Se ve que el máximo de producción se ha disminuído con respecto al de la gráfica 4, a que se hizo referencia previa.

Si es necesario para uniformizar la producción se puede revisar el programa general haciendo las correcciones necesarias.

En seguida con las producciones de la zona uniforme hasta donde sea posible se pasa a realizar un estudio económico donde se define -- comparando las diferentes alternativas para realizar, el trabajo desde el punto de vista económico.

De las alternativas elegidas se derivan los procedimientos de construcción detallados que se pasan a especificar y luego a implementar.

### 10.3 IMPLEMENTACION

Al implementar la planeación hay que estar concientes de dos factores muy importantes:

El primero es que es indispensable planear también los mecanismos de control que permitan revisar continuamente si lo ejecutado es igual o sensiblemente igual a lo planeado.

Como consecuencia de variaciones detectadas por el control, se tiene que modificar la planeación, y de aquí resulta el siguiente factor que consiste en que la planeación es una actividad continua a lo largo de la obra.

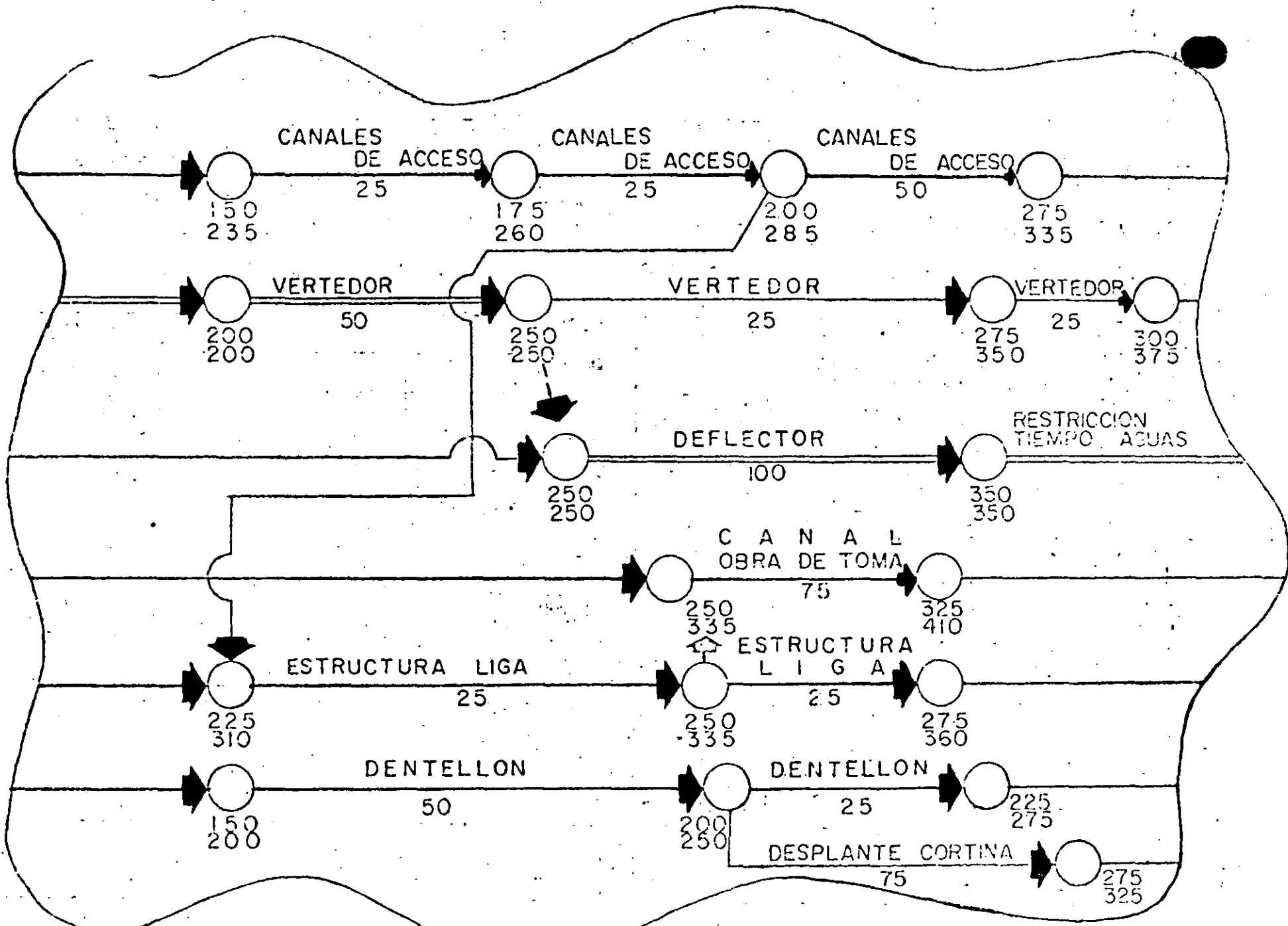


FIG. 10

PROGRAMA DE EXCAVACIONES (MATERIAL COMUN)

Fig. # 5

C O N C E P T O		150 1	175 2	200 3	225 4	250 5	275 6	300 7	325 8	350 9	375 10	400 11
CANALES DE ACCESO	20000		2000									
CANALES DE ACCESO	15000			7500	7500							
CANALES DE ACCESO	12000					6000	6000					
VERTE D O R	70000			10000	30000							
VERTE D O R	30000								30000			
VERTE D O R	39000									30000		
DEFLECTOR	120000					30000	30000	30000	30000			
CANAL OBRA TOMA	24000						6000	6000	4000	4000		
ESTRUCTURA LIGA	2000					2000						
ESTRUCTURA LIGA	2000						1000	1000				
DENTELLON	50000	25000	25000									
DENTELLON	10000			10000								
DESPLANTE CORTINA	80000					30000	25000	25000				
	SUMA PARCIAL	25000	45000	47500	47500	68000	70000	64000	64000	43000		
	SUMA ACUMULADA	25000	70000	117500	233000	303000	367000	431000	474000			

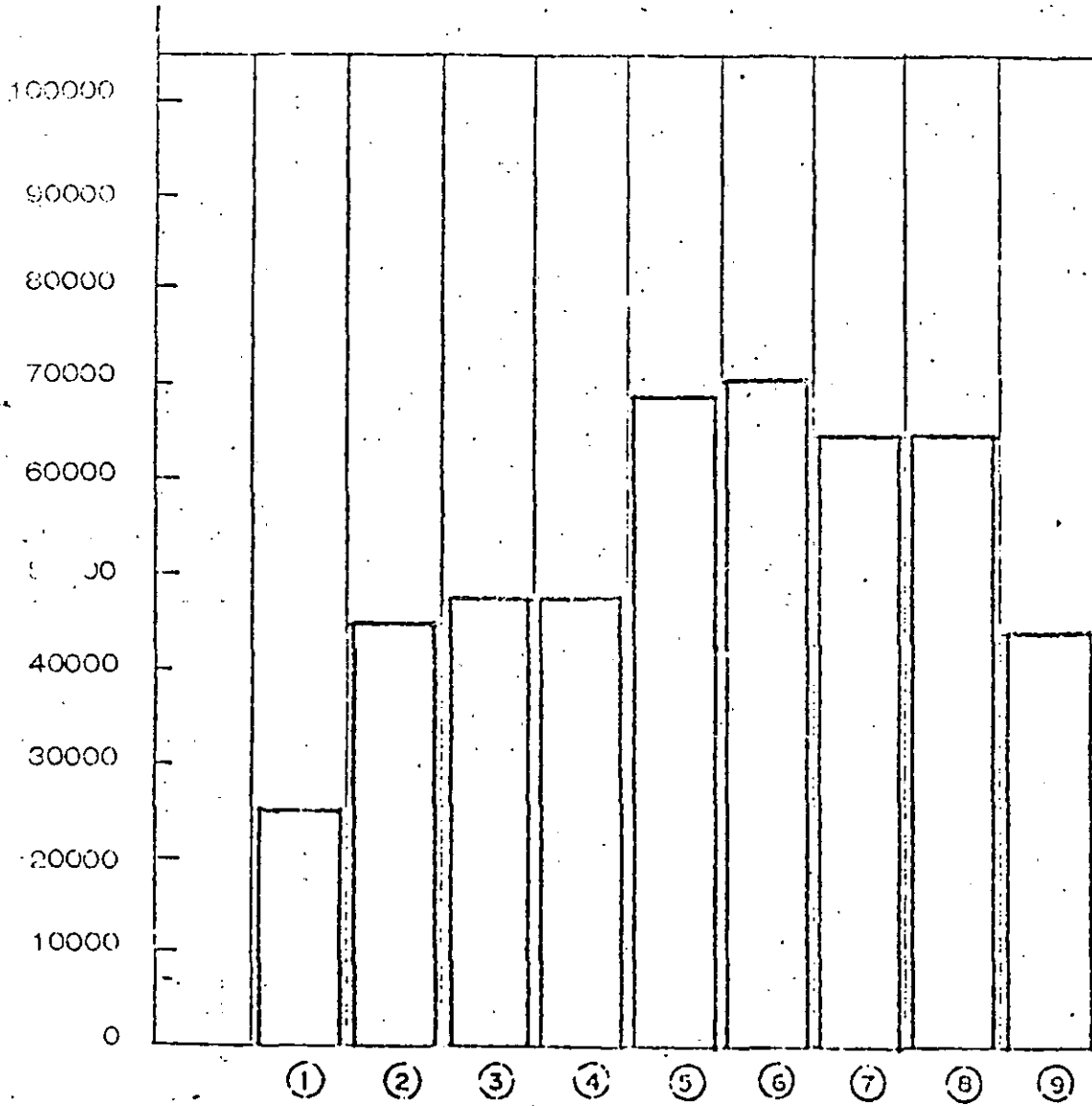
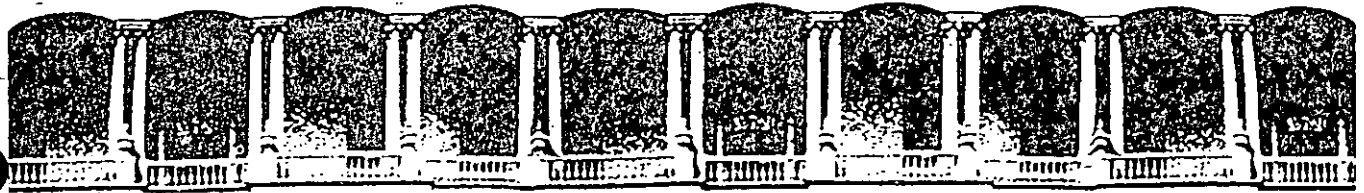


Fig. # 6



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

**CURSOS ABIERTOS**

**III CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCION 1992**

**MODULO I: MOVIMIENTO DE TIERRAS**

*Del 22 al 26 de junio de 1992*

**COMPACTACION**

**ING. SALVADOR MEJIA**

**JUNIO-1992**



## COMPACTACION EN EL CAMPO

COMPACTACION

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

## I. INTRODUCCION

La palabra "compactación" resulta de sustantivar el Adjetivo "compacto", que deriva del latín "compactus", participio pasivo de "compingere" que quiere decir unir, juntar.

Desde tiempos antiguos se ha reconocido la conveniencia de compactar los terraplenes de los caminos. Los métodos primitivos incluían llevar borregos de un lado para otro del terraplén y arrastrar con caballos -- aplanadoras pesadas de madera.

Hasta hace pocos años se podía contar con la compactación hecha por las unidades de transporte y por aplanadoras casuales, junto con los asentamientos naturales, para estabilizar los terraplenes, de modo que -- retuvieran su forma y soportaran las cargas que se colocaran sobre ellos.

En los últimos quince años ha habido un gran progreso en la ciencia de la compactación de los suelos. Los estudios de laboratorio han resuelto muchos problemas del comportamiento del suelo, y los fabricantes han diseñado una amplia variedad de equipo para producir el máximo de compactación con el máximo de economía.

La compactación de los suelos debe ajustarse de la forma más adecuada, ya que, a excepción de unas correctas características de drenaje, es el factor que tiene mayor influencia en las condiciones funcionales de cualquier obra civil, como pueden ser terraplenes, sub-bases, bases y -- superficies de rodamiento.

Se desprende de lo anterior, que la vida útil de una obra, en la que interviene la compactación, dependerá en gran parte del grado de compactación especificado, el cual deberá ser estrictamente controlado.

La realización de proyectos cada vez más ambiciosos y de programas -- más agresivos ha originado una intensa y constante evolución del equipo de compactación.

Se ha introducido mejoras, tales como: poderosos sistemas hidráulicos, sensores electrónicos confiables, diseños más funcionales, mayor -- 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 tipo de material, han obligado a los fabricantes de equipo de compactación a diseñar máquinas compactadoras capaces de balancear al tiro con la compactación, para evitar -- interferencia de actividades y pérdida de tiempo, lo que da por resultado un proyecto antieconómico.

## 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 generícos, da lugar a los grupos GC y SC.

2) SUELOS FINOS.

También en este caso el Sistema considera a los suelos agrupados, formando 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 Myala) 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 generico 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 generico 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.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL GRUPO		SUMINISTRO DEL GRUPO (L)	NOMBRES TÍPICOS	INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS
(El tamaño de las partículas mayores de 75 micras, (S) y las fracciones o pesos relativos de las fracciones de partículas menores de 75 micras, (L) y (P) se basan en los métodos de ensayo de los Estados Unidos.)				
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de 75 micras de diámetro en el material que pasa la malla # 200 (0)	ARENAS Más de la mitad de la fracción que pasa la malla # 200 (0) es arena gruesa (más de 47.5 micras) y menos de 25% es arena fina (menos de 250 micras). ARENAS Más de la mitad de la fracción que pasa la malla # 200 (0) es arena gruesa (más de 47.5 micras) y menos de 25% es arena fina (menos de 250 micras).	Gravas bien graduadas, mezclas de gravas y arenas con poca o nada de finos	GW	Diseño de nombre: (S) en el nombre de las fracciones de partículas de 75 micras y arriba; (L) en el nombre de las fracciones de partículas de 75 micras y abajo de las fracciones de partículas de 75 micras y arriba; (P) en el nombre de las fracciones de partículas de 75 micras y abajo de las fracciones de partículas de 75 micras y arriba. Información descriptiva pertinente por el símbolo entre paréntesis.  Para los suelos materiales orgánicos - información sobre estratificación, compacidad, consistencia, conductividad de humedad y características de drenaje.  EJEMPLO Arenas limosas con grava, como un 20% de grava de partículas duras, arcillosas y de 10% de tamaño máximo, arena gruesa y fino de partículas redondeadas a 100 micras, alrededor de 15% de finos de plásticos de baja resistencia en estado seco, compacto y mojado en el lugar, arena silíceo, (SM)
		Gravas mal graduadas, mezclas de gravas y arenas, con poca o nada de finos	GP	
		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	GM	
		Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	GC	
		Arenas bien graduadas, arenas con grava con poca o nada de finos	SW	
		Arenas mal graduadas, arenas con grava con poca o nada de finos	SP	
SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad de la fracción que pasa la malla # 200 (0) es limo o arcilla (menor de 75 micras) y menos de 5% es arena gruesa (más de 47.5 micras) y menos de 25% es arena fina (menos de 250 micras).	ESTRATIFICACION EN EL ESTADO SECO (Resistencia a la expansión) (Resistencia a la contracción)  OLANCIANCIA (Consistencia seca al límite plástico)  TENACIDAD (Límite plástico)	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos	ML	Diseño de nombre: (L) en el nombre de la plasticidad, contenido y tamaño máximo de las partículas gruesas; (L) en el nombre de la plasticidad, contenido y tamaño máximo de las partículas gruesas; (L) en el nombre de la plasticidad, contenido y tamaño máximo de las partículas gruesas; (L) en el nombre de la plasticidad, contenido y tamaño máximo de las partículas gruesas. Información descriptiva pertinente y parámetro entre paréntesis.  Para los suelos materiales orgánicos información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado mojado como en estado seco, conductividad de humedad y drenaje.  EJEMPLO Limo arcilloso, como, ligeramente plástico en el estado reducido de agua, con un contenido de agua de 20%, y un contenido de arcillas finas de 15%.
		Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres	CL	
		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	OL	
		Limos inorgánicos, limos mucosos o dubucosos, limos arcillosos	MH	
		Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas francas	CH	
		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos arcillosos de media plasticidad	OH	
SUELOS ACTIVAMENTE ORGANICOS	Existencia de materia orgánica por su color, olor, reacción capilar y frecuencia por su test de plasticidad	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

(1) Clasificaciones de "tercer orden" que poseen las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos.  
(2) Todos los tamaños en los 20 y en este corte son los U.S. Standard.

DIRECTORIO DE ALUMNOS DEL  
III CURSO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCIÓN  
MODULO I, MOVIMIENTO DE TIERRAS  
DEL 22 AL 26 DE JUNIO DE 1992.

- 1.- BADILLO CORTES MIGUEL  
ING. SUPERVISOR "A"  
PETROLEOS MEXICANOS  
REFORMA No. 46, COL. RUIZ CORTINEZ, COATZINTLA, VERACRUZ  
TEL. 378 03 - 91 782 3 78 03
- 2.- BARREDA AMICON BENJAMIN  
SUBDIRECTOR TECNICO  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, UNIDAD DE  
INSPECTORES DE D. Y OPERACION, DIRECCION DE AEROPUERTOS  
Y CAMINOS, CENTRO NACIONAL S.C.T. CUARPO A, ALA PONIENTE  
4o. PISO., TEL. 519 08 29, 530 30 60 X 5305
- 3.- BURGUEÑO PADILLA CLAUDIO ANTONIO  
ESPECIALISTA TECNICO  
PETROLEOS MEXICANOS  
INTERIOR CAMPO PEMEX, 200. PISO  
SUBGERENCIA INGENIERIA Y CONSTRUCCION, REGION NORTE,  
POZA RICA VER. TEL. 205 60 EXT. 2897 y 3501 DFNA.  
216 90 DDM.
- 4.- ECHEVERRI CALLE ERNESTO  
PROFESOR DE CONSTRUCCION, JEFE DE CONSTRUCCIONES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE MANIZALES CARRERA 27 No. 64-60, MANIZALES COLOMBIA  
TEL. B1 00 00 DFNA., 85 51 76 DDM.
- 5.- FUENTES GARCIA  
TECNICO SUPERIOR  
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, DIRECCION DE  
AEROPUERTOS Y CAMINOS  
CENTRO NACIONAL SCT CUERPO A, ALA PONIENTE 4o PISO  
TEL. 519 48 18
- 6.- GARCIA ABUILAR LEONIDAS ERNESTO  
INGENIERO CIVIL  
VICEMINISTERIO DE VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO  
1a. AVENIDA SUR, No. 630, DIRECCION DE PROMOCION,  
HABITACIONAL, TEL. 22 24 66 EXT 215, SAN SALVADOR,  
EL SALVADOR.
- 7.- LACAYO MARTINEZ JUERGENS  
RESPONSABLE DE DIRECCION DE TECNICAS CONSTRUCTIVAS  
MINISTERIO DE CONSTRUCCION Y TRANSPORTE, NICARAGUA  
BELLO HORIZONTE K-1-13, MANAGUA, NICARAGUA  
TEL. 27 221

- 8.- LOPEZ PARDO DONATO  
ENCARGADO DE FRENTE  
TIASA (GRUPO PROTEXA)  
OCAMPO Y NAYARIT, COL. LONGORIA, NUEVO LAREDO, TAMAULIPAS  
TEL. 4 05 50, 5 65 51 LADA 871
- 9.- LUNA ESCANAME MARIO  
CONTROL DE MAQUINARIA DE CONSTRUCCION  
EQUIPOS NACIONALES S.A. DE C.V. (GRUPO ICA)  
CAMINO A SAN MATEO IZTACALCO No. 400, CUAUTITLAN IZCALLI,  
EDO. DE MEXICO, TEL. 872 14 77
- 10.- MARTINEZ ESCOBAR FRANCISCO JOSE  
COORDINADOR DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION  
PEMEX  
URANO No. 420, COL. YLANG, YLANG, BOCA DEL RIO, VERACRUZ  
TEL. 21 71 BB EXT 270 ó 404 DFNA., 34 58 81 DOM.
- 11.- MENDOZA DIAZ LUCINDO  
INGENIERO CIVIL, DEPTO. INGENIERIA Y CONSTRUCCION  
PEMEX  
CARDENAS, TAB., TEL. 91931-157714 y 91931-10052  
(VILLA HERMOOSA, TABASCO)
- 12.- MOLINA MILLANES MANUEL GABRIEL  
SUPERINTENDENTE GENERAL  
TIASA (GRUPO PROTEXA)  
OCAMPO Y NAYARIT, COL. CENTRO, NUEVO LAREDO, TAM  
OBRA: AUTOPISTA MONTERREY-NVO. LAREDO  
TEX 40550, 565 61 LADA 871
- 13.- PEREZ GARCIA JUAN CARLOS  
U.P.A.E.P.  
PUEBLA PUE., TEL. 46 89 13 y 00 EXT 34 DFNA.
- 14.- PINEDA PALACIOS  
INGENIERO MECANICO  
EQUIPOS NACIONALES S.A. DE C.V. (GRUPO ICA)  
CAMINO SAN MATEO IZTACALCO No. 400, CUAUTITLAN IZCALLI  
EDO. DE MEXICO, TEL. 872 10 95
- 15.- POLO CESAR  
JEFE DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION-DIRECCION DE OBRAS Y  
CONSTRUCCIONES-MUNICIPIO DE PANAMA  
PANAMA, PRDY DE PANAMA  
APARTADO POSTAL 736 ZONA 9A, TEL. 27 31 90, 27 47 96
- 16.- RODRIGUEZ FERNANDEZ ESSIE  
MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (M.T.C.)  
CALLE MONZON, DIAGONAL A LA PLAZA MONZON, CORO-ESTADO  
FALCON-VENEZUELA, TEL. 068 511154 EXT. 27 DFNA.

- 17.- RODRIGUEZ RAMIREZ GERARDO  
INGENIERO CIVIL  
SANTO DOMINGO, REP. DOMINICANA, TEL. 684 60 41
- 18.- ROSAS RIVERA ARNOLDO  
SUPERINTENDENTE DE TERRAC. Y PAVIM.  
TIASA-(GPD. PROTEXA)  
PERIFERICO AREA METROPOLITANA MTY-ALLENDE, NUEVO LEON.  
LIBRAMIENTO NTE, CRUZ CON LINCOLN MTY, N.L.  
TEL 81 00 99, 81 00 79, 81 00 86, 81 00 88 (FAX)
- 19.- RUSTRIAN FONSECA ROBERTO  
INGENIERO CIVIL, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y  
CONSTRUCCION, AGUA DULCE VERACRUZ, MEXICO  
TEL. 3 01 10
- 20.- SANHUEZA GALLARDO  
INGENIERO CIVIL  
UNIVERSIDAD DE CHILE, FACULTAD DE INGENIERIA (IDIEM)  
PLAZA ERCILLA 883-SANTIAGO  
FOND 2382973 - 6982071 ANEXO 14B
- 21.- SOTO FLORES GERARDO  
JEFE DE FRENTE  
TIASA.- GRUPO PROTEXA  
PERIFERICO STRS MRYTOPOLIYSNS MTY.- ALLENDE N.L.  
LIBRAMIENTO NTD. CRUZ CON AVE. LINCOLN MTY, N.L.  
TEL. 81 00 99 , 81 00 79, 81 00 86