

195  
20j



**Universidad Nacional Autónoma  
de México**

**Facultad de Ingeniería**

**“ MANTENIMIENTO, COSTOS Y REEMPLAZO  
DE EQUIPO DE CONSTRUCCION ”**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de  
**INGENIERO CIVIL**

p r e s e n t a

**FERNANDO ENRIQUE ROMERO AUDIFFRED**



México, D. F.

1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**MANTENIMIENTO, COSTOS**

**Y REEMPLAZO DE EQUIPO**

**DE CONSTRUCCION**

# I N D I C E

---

Tema I	INTRODUCCION	1
Tema II	DESCRIPCION DEL PRINCIPAL EQUIPO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION	4
	II.1 Tractores	4
	II.2 Cargadores Frontales	8
	II.3 Escrepas	10
	II.4 Dragas	14
	II.5 Retroexcavadoras	16
	II.6 Motoconformadoras	19
	II.7 Compactadoras	19
	II.8 Equipo de Barrenación	23
	Comentarios	25
Tema III	CONCEPTOS BASICOS DE MANTENIMIENTO	26
	III.1 Recursos Utilizados en el Mantenimiento	27
	III.1.a Recursos Fisiscos	27
	III.1.b Recursos Humanos	28
	III.1.c Recursos Económicos	32
	III.2 Funciones de Apoyo	33
	III.2.a Funciones Administrativas	33
	III.2.b Funciones Técnicas	34
	III.2.c Funciones de Construcción	35
	Comentarios	36



Tema IV	MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA	37
IV.1	Clasificación del mantenimiento	37
IV.1.a	Mantenimiento Planeado	38
IV.1.b	Mantenimiento No Planeado	41
IV.2	Controles	41
IV.2.a	Control de Mantenimiento	41
IV.2.b	Control de Costos	47
IV.2.c	Control de Resultados	48
IV.3	Laboratorio de Análisis de Aceite	51
IV.3.a	Objetivos	51
IV.3.b	Ventajas	53
	Comentarios	55
Tema V	COSTOS DE MAQUINARIA	56
V.1	Depreciación	56
V.1.a	Factores de Depreciación	57
V.1.b	Depreciación Contable	57
V.1.c	Depreciación Fiscal	58
V.1.d	Depreciación Financiera	58
V.1.e	Métodos de Depreciación	59
V.1.f	Ejemplo	62
V.2	Intereses	64
V.2.a	Métodos de Cálculo de Capital Medio Invertido	64
V.2.b	Cálculo del Cargo por Inver- sión	66
V.2.c	Ejemplo	66
V.3	Seguros	67
V.4	Mantenimiento	68
V.5	Consumos	70
V.6	Operación	75
V.7	Maquinaria en Ocio	76
	Comentarios	78

Tema VI	REEMPLAZO DE EQUIPO COMO ACTIVO FIJO	79
VI.1	Importancia de los Proyectos de Reemplazo	79
VI.2	Factores que Determinan el Reemplazo	80
VI.2.a	El Deterioro Físico	80
VI.2.b	El Cambio de Necesidades	80
VI.2.c	Obsolescencia	81
VI.3	La Vida Económica	81
VI.4	Factores que Determinan la Vida Económica	83
VI.4.a	Costos de Operación en Efectivo	83
VI.4.b	Costos de Oportunidad por -- Descompostura y Pérdida de -- Productividad	85
VI.4.c	Costos de Oportunidad por Obsolescencia	85
VI.4.d	Costos de Propiedad del Equipo	86
VI.5	Métodos Utilizados en el Reemplazo de Equipo	86
VI.5.a	Método de Comparación Simple	86
VI.5.b	Método de los Costos Promedios Acumulados	86
VI.5.c	Método del Valor Actualizado	87
	Comentarios	88
Tema VII	CONCLUSIONES	89
	BIBLIOGRAFIA	92

# TEMA 1

## INTRODUCCION

## T E M A I

### INTRODUCCION

---

Desde el momento en que el hombre dejó la vida nómada por la sedentaria, se vio en la sumamente difícil tarea de resolver sus necesidades de todo tipo (de abastecimiento, religiosas, de comunicaciones, habitacionales, etc.).

El hombre, desde ese momento, tendría que ingeniárselas para realizar desde pequeñeces hasta sus más grandes obras. En un inicio se utilizaría a sí mismo, más tarde emplearía la fuerza de los animales, aplicaría descubrimientos e inventos hasta desencadenar en la Revolución Industrial.

Todo esto le trajo a la producción un nuevo factor: El tiempo. El hombre empezó a tratar de producir más en menos tiempo, minimizando su costo y maximizando la producción.

Este último cambio y la vertiginosa explosión demográfica que se ha presentado desde hace casi dos siglos, forzaron al hombre a construir cada vez, obras de mayores dimensiones en mucho menor tiempo. Esto despertó un mayor interés en la creación de máquinas menos rudimentarias que sustituyeran al humano en el campo de la construcción, logrando movilizar grandes volúmenes a largas distancias con un menor costo.

En la actualidad, la construcción se ha convertido en un campo con gigantesca competencia entre constructores, donde la productividad, el costo y el tiempo van tan ligados, que descuidar cualquiera de ellos significa hacerse a un lado en la lucha por sobrevivir a la crisis, en la cual la maquinaria es pieza clave.

Como todos sabemos, la maquinaria de construcción y sus refacciones son generalmente de importación. Esto implica que las compras de maquinaria nueva disminuyan debido a su cada vez más alto costo de adquisición, teniendo como resultado, que el empresario tratará de aumentar la vida útil de su equipo sacrificando a cambio la productividad del mismo.

La única solución a este problema que ahora afronta la industria de la construcción, es el darle a la maquinaria un constante y adecuado mantenimiento, así como una buena operación. De esta manera, aumentaremos la longevidad de nuestros equipos y reduciremos al máximo la pérdida de productividad por la antigüedad de los distintos conjuntos que los integran.

Aunque al leer el título de este trabajo, se piense que es un error que un Ingeniero Civil trate temas que pertenecen a los Ingenieros Mecánicos, creo que es fundamental hacer conciencia en todos nosotros, que la operación del equipo, por parte del Ingeniero Civil, requiere no sólo del conocimiento de las capacidades y los rendimientos (que inclusive no son de nuestro completo dominio), sino también y primordialmente una continua selección de los factores que puedan conducir a un mayor rendimiento y en el cuidado continuo sobre los factores mecánicos y humanos que intervienen en la ejecución de una obra.

La conservación preventiva del equipo y de las máquinas, se basa en lo anterior. Decisiones y órdenes provenientes de Ingenieros Civiles, recaen en su uso inadecuado acelerando su destrucción, precisamente por la falta de cuidado, como forzamientos, cargas excesivas, velocidades de operación no recomendadas, haciéndolas trabajar continuamente sin detenerlas para darle algún servicio, etc. Del uso adecuado se desprende reponer oportunamente las partes desgastadas, tanto para evitar daños mayores, como para tener la seguridad del trabajo mismo, en cuanto a tiempo y eficiencia.

Debido a que el equipo es ya una parte vital de la producción, el presente trabajo tiene la intención de hacer ver lo importante que es su buen funcionamiento mediante un correcto mantenimiento y control; olvidado ya por el ingeniero civil.

A continuación se describen los conceptos básicos del mantenimiento, para después profundizar en ellos; se describen características del equipo; costos; conclusiones de todo lo anterior, así como recomendaciones producto de lo mismo.

# TEMA 2

DESCRIPCION DEL PRINCIPAL  
EQUIPO UTILIZADO EN LA  
CONSTRUCCION

## T E M A    I I

### DESCRIPCION DEL PRINCIPAL EQUIPO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION

---

Ya que vamos a tratar un tema que se refiere a incrementar la producción de la maquinaria, es necesario efectuar una sencilla revisión a los equipos más comúnmente utilizados en la industria de la construcción.

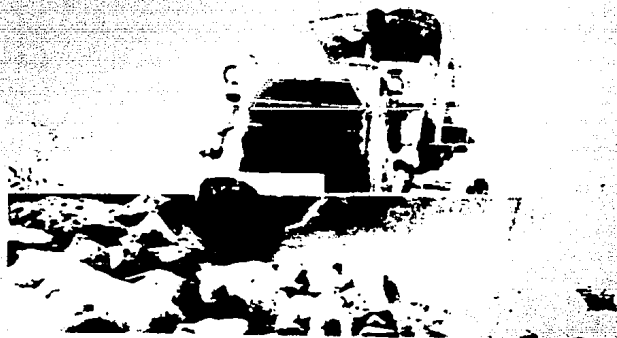
#### II.1    TRACTORES

Los tractores de orugas están formados por una sección central o chasis que contiene el motor, la transmisión, los sistemas de dirección, y dos bastidores de las orugas que soportan la tracción y le proporcionan apoyo.

El motor es generalmente diesel, aunque los modelos más pequeños son de gasolina. Su potencia se especifica en potencia neta, que significa la potencia en el volante con el motor moviendo todos sus accesorios normales.

Los tractores de oruga de transmisión mecánica tienen un embrague en el motor o en el volante con uno o dos discos, que se usa para cortar la transmisión de potencia cuando se para la máquina o se cambian velocidades.





Las máquinas grandes pueden tener un reforzador hidráulico para reducir el esfuerzo del operador y para obtener una presión suficiente para asegurar su conexión.

La transmisión forma generalmente una unidad compacta. Los engranes en la actualidad suelen ser de construcción helicoidal, sincronizados. El número de velocidades varía en los diferentes modelos y marcas de dos a ocho velocidades hacia adelante y de una a seis en reversa.

Los tractores de orugas son los más compactos y de mayor versatilidad para empujar o arrastrar, que se hayan construido. Sin embargo, su velocidad de operación es baja y tienen el inconveniente del gran número de partes que componen las orugas que están sujetas al desgaste. Además, a menos de que estén equipados con zapatas especiales, gastan y perjudican los pavimentos sobre los que trabajan.

En los últimos años, se han perfeccionado considerablemente los tractores con llantas neumáticas para su uso industrial medio y pesado, que pueden reemplazar a los tractores de orugas en algunos usos, como para jalar escrepas, hacer terraplenes en los cortes de los caminos, en excavaciones en material blando y en el trabajo de patios.

El punto débil de los tractores con propulsión en dos ruedas es que a pesar de ser excelentes en pavimentos, sus ruedas patinarán sobre terreno resbaloso o flojo, enterrándose ellos mismos y atascándose fácilmente. Para controlar esta falta, es necesario que una gran parte del peso del tractor y de la carga descansen sobre las ruedas propulsoras. Esto se ha logrado satisfactoriamente en las escrepas y en algunos cargadores, pero no así en los bulldozers.

Los tractores con propulsión en dos ruedas, son de costo de compra y de operación, menor que los de oruga.

El tractor con propulsión en las cuatro ruedas ocupa una posición intermedia entre el de orugas y el de propulsión en dos ruedas. Su tracción no es tan buena como la de banda y garras, pero es suficiente para la mayor parte de las necesidades.

Esta máquina necesita más potencia y peso que una de

orugas para hacer la misma clase de trabajo. Tiene grandes ventajas sobre la de orugas por lo que respecta a velocidad y poder utilizarse en las carreteras y es más estable y cómoda en terreno irregular o duro. No se adapta bien para trabajar sobre lodo por la mayor presión sobre el terreno y porque patinan las ruedas.

Durante los últimos años, el tractor con propulsión en las cuatro ruedas ha venido a ser un factor indispensable en los movimientos de tierras. Su aplicación, que ha tenido mayor éxito, es en los cargadores frontales.

Los bulldozers son tractores equipados con una hoja de empuje frontal que puede levantarse o bajarse con un central hidráulico o cable y que se utiliza para excavar y empujar.

Los angledozers son bulldozers cuyas hojas se pueden inclinar para empujar lateralmente el material excavado cuando el tractor se mueve hacia adelante. Cuando sus hojas se colocan rectas, hacen el mismo trabajo que los bulldozers.

La hoja es una estructura maciza que tiene un respaldo y una base; es una hoja plana o cuchilla de acero tenaz, que protege por delante y por debajo, el resto de la hoja.

Los brazos de empuje son grandes vigas huecas, que van desde una conexión articulada al tractor, a la parte inferior de la hoja.

El sistema elevador de la cuchilla puede ser hidráulico o a base de un cilindro o de dos. Otros bulldozers usan el sistema de elevador de cables. Los de cables tienen varias ventajas sobre los hidráulicos. Suben y bajan la cuchilla más rápidamente y comienzan a moverse de golpe, lo que es muy efectivo para aflojar el terreno.

Por lo que toca al mantenimiento, los cables tienen que ser cambiados periódicamente; en cambio, los sistemas hidráulicos no tienen una parte que se gaste tan de prisa.

Generalmente, se usa sistema hidráulico en los bulldozers chicos y medianos, mientras en los grandes se prefiere el sistema de cables.

El ripper montado en tractor es una de las herramientas más nuevas y útiles usadas en el movimiento de tierras. De uno a tres grados, con sus dientes van soportados en una barra transversal o viga que se levanta y se empuja hacia abajo por un par de cilindros hidráulicos. Tiene dos usos principalmente en los movimientos de tierras; uno, es facilitar la excavación de suelos atacables; otro, competir con los explosivos para atacar material que no se puede atacar en otra forma.

## II.2 CARGADORES FRONTALES

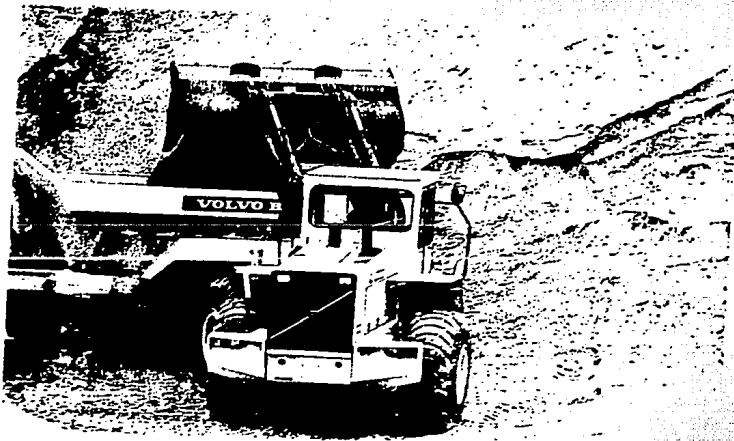
La transformación más avanzada del bulldozer es el tractor con cucharón en el extremo frontal para excavación. Esta máquina recibe el nombre de cargador frontal.

El cargador frontal puede instalarse en cualquier tipo de tractor. Para el trabajo pesado, se utilizan los de orugas y los de cuatro ruedas motrices neumáticas y para el trabajo más ligero, los de dos ruedas motrices neumáticas.

Para lograr un buen rendimiento de los cargadores frontales de oruga, hay que hacer una buena selección de la zapata necesaria dependiente de cada trabajo específico. Si las zapatas son planas, las orugas patinarán bastante. Esta tendencia a patinar, amortigua todas las partes del tractor contra los impactos de la carga, pero a menudo, interfiere con la dirección y tracción e impide que toda la potencia de la máquina se aplique al trabajo. Las zapatas con semigarras o semiplanas, proporcionan mejor tracción pero aún patinarán con facilidad en condiciones resbalosas. Las garras completas dan buena tracción y ayudan a la excavación, pero hacen a la máquina muy susceptible a dar tirones; forma bordos detrás de las orugas y somete a la máquina y al cucharón a impactos y sobrecargas que pueden acortar materialmente la vida del cucharón.

El cucharón es una caja de construcción simple con una cuchilla pesada de acero templado al frente. Los cucharones para los modelos de oruga tienen capacidad desde 3/4 hasta 4 yardas cúbicas. Los tractores de ruedas tienen cucharones más pequeños.

El cucharón tiene básicamente tres movimientos de trabajo: se levanta y baja por medio de dos cilindros



hidráulicos, que lo controlan a través de los brazos de empuje; se inclina o gira entre las posiciones de acarreo y descarga y articulaciones; y se llena y retrocede mediante el movimiento hacia adelante y de reversa del tractor.

Los cargadores frontales montados sobre cuatro ruedas motrices, son máquinas de excavación muy versátiles e importantes. También se les ha encontrado un uso valioso como transportadores entre bancos de material y tolvas cercanas.

Los tamaños de los cucharones varían de 1 yarda a cinco yardas cúbicas.

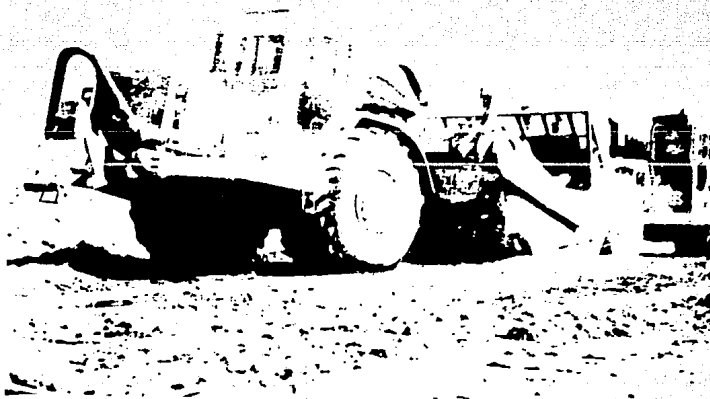
El radio de giro es mayor que el de los de orugas, de manera que se necesita gran espacio para maniobrar los cargadores frontales de ruedas. Se usaron, en un principio, como máquinas de traspaleo, pero actualmente y debido a los grandes adelantamientos mecánicos que se les ha hecho, son excavadoras para arena, grava, boleos y roca bien tronada.

Utilizan llantas muy grandes. Estas sirven para proporcionar una excelente flotación que les permite trabajar en la mayoría de las bases. Opera sin dificultad en arena, pero en superficies resbalosas ocasionan pérdida de tracción.

### II.3 ESCREPAS

Las escrepas, son máquinas para excavar, conformar y acarrear, con una caja montada en el centro que transporta o arrastra cargas y su descarga la efectúa por el fondo. Pueden arrastrarlas tractores de orugas o de ruedas o tener propulsión propia y pueden operarse con cables, cilindros hidráulicos, motores eléctricos o controles de mano. Las escrepas son las máquinas que se emplean directamente cuando se alteran cortes y terraplenes, en una gran variedad donde el suelo es suficientemente firme para soportarlas.

La escropa puede excavar, acarrear y extender en un ciclo normal de trabajo. Puede trabajar sola si es necesario, pero su rendimiento generalmente aumenta si se ayuda de otras máquinas. Trabaja en capas delgadas tanto al cortar como al



vaciado, sin tener límite en el número de capas, de manera que su eficiencia no se afecta especialmente por la profundidad del corte o por la altura del terraplén. Su uso produce una compactación considerable de los terraplenes.

Las escrepas no solamente dan grandes rendimientos en el movimiento de grandes volúmenes de tierra, sino que son excelentes para hacer conformaciones de presión; la cuchilla va entre las ruedas delanteras y traseras, de manera que no le afecta el cabeceo, y el operador puede controlar su posición con mucha precisión.

Tiene tres partes básicas de operación. La caja, que es la parte que transporta la carga, equipada con una cuchilla, una tapa delantera, el eyector y el control. La estructura de su bastidor consta de un eje trasero rígido, el eje delantero, más angosto está sujeto al yugo o cuello de ganso por medio de un pivote que le permite dar vuelta y oscilar. Una barra de tiro está rigidamente sujeta al eje delantero y contiene una conexión giratoria.

El movimiento, dirección y excavación, se hace mediante la potencia suministrada por el tractor de tiro. Cuando se requiere potencia mayor, se auxilia el tractor de tiro con un tractor de empuje.

Los últimos perfeccionismos para aumentar la potencia de la escropa y la tracción, consisten en la adición de potencia de tracción a las ruedas motrices. Esto se puede lograr por medio de un motor adicional o por motores eléctricos montados en los cubos de las ruedas.

Las escrepas de autopropulsión o motoescrepas, van unidas a un tractor de cuatro o dos ruedas por medio de un pivote vertical o de un juego de articulaciones con pivotes verticales.

El tractor de dos ruedas y suspensión superior va enganchado sobre el eje o pivote y esto permite eliminar las ruedas delanteras, convirtiendo al tractor y la escropa en una sola unidad.

Con esta construcción, todo el peso del tractor obra sobre las ruedas delanteras. Son del mismo tamaño que las del remolque o escropa, pero con dibujo antiderrapante para lograr



mejor tracción. La potencia de una escrepa y la tracción, se puede aumentar montando un segundo motor atrás, de manera que pueda impulsar las ruedas traseras.

La potencia adicional y la tracción obtenida duplicando motores, convertidores y ruedas de tracción, permite a estas escrepas poder cargarse a si mismas, acelerar rápidamente para alcanzar su velocidad de acarreo y por lo general no se atascan.

Estas escrepas con tracción en las cuatro ruedas pueden trabajar solas cuando es necesario, y algunas veces, resulta económico hacerlo así. Pero con tractores empujadores que ayuden a la carga, se aumenta la producción y se reduce el costo.

Las escrepas tándem son aquellas en la que un sólo tractor remolca dos escrepas. Las escrepas se cargan una cada vez, por lo tanto, el tiempo de carga es el doble aproximadamente que el de una escrepa. El tiempo para empujar no es se duplica, porque se ahorra algo teniendo que hacer contacto una sólo vez para las dos cargas. Las cargas se pueden vaciar una cada vez o las dos al mismo tiempo.

Todas las escrepas pueden cargarse a si mismas parcialmente; pero se llega a un momento en que es necesario toda la fuerza del tractor para empujar el material que ya está cargado.

Existen modelos especiales de escrepas, llamadas autocargadoras que permiten a la escrepa cargar la última yarda, solamente con una dificultad un poco mayor a la de la primera. Se utiliza un mecanismo elevador que retira el material de la cuchilla, depositándolo en el interior de la caja. Esta elevación se efectúa por medio de una cadena de cangilones. Cargará la mayor parte de los materiales que pueden excavarse con la cuchilla y quebrarse con los cangilones, pero no se adapta a trabajos en suelos pedregosos.

Este tipo de máquinas, no necesitan un tractor que las empuje, si las condiciones del suelo le proporcionan tracción a la escrepa.

## II.4 DRAGAS

La ventaja principal de la draga sobre los demás equipos es su gran alcance, tanto par la excavación, como para la descarga, además de su capacidad de trabajar sobre el nivel natural de terreno. Debe preferirse para la carga de unidades de transporte, cuando la tierra no es muy dura y donde la rasante original es mejor que la nueva debido al agua.

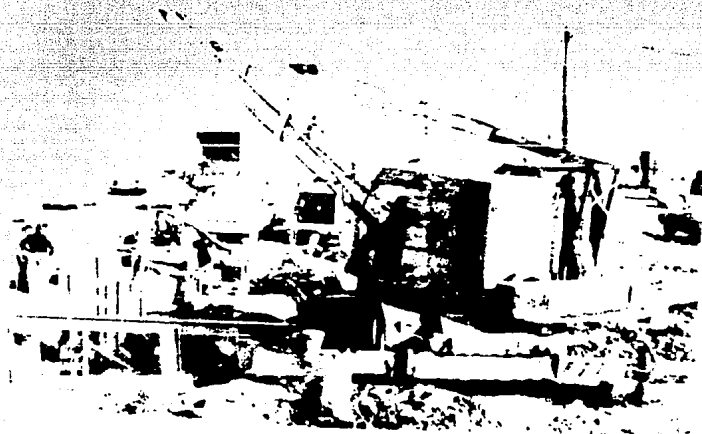
Gracias a su gran alcance y rendimiento, excava con efectividad donde no es necesario cortar con precisión taludes verticales y cuando se tenga espacio disponible para efectuar las maniobras de oscilación. La draga es el único dispositivo práctico para hacer excavaciones extensas en lodo, porque su alcance le permite manejar una gran superficie desde un sólo lugar.

La pluma de la draga está formada, por lo menos, de dos secciones, que disminuyen de tamaño hacia los extremos. La parte inferior está reforzada para articularse en los pasadores de pie y en la parte superior para sostener las poleas.

El cucharón de la draga lleva en la parte delantera un par de cadenas de arrastra que se colocan en unos soportes en los que se puede cambiar el punto de aplicación de la tensión, subiéndolos o bajándolos. Las cadenas de arrastre convergen en un yugo de arrastre al que se sujeta el extremo del cable de arrastre. Las cadenas elevadoras se conectan a pasadores hacia el extremo trasero de los costados del cucharón y suben verticalmente a una barra separadora, luego se encuentran en las conexiones en la cubierta de la polea de descarga, al extremo del cable elevador.

Los cucharones se fabrican en varios modelos de pesos: ligeros, medianos, pesados y extrapesados, dependiendo de que tan blando o abrasivo sea el material a excavar.

Son de uso normal los cucharones con perforaciones en el respaldo y en los lados, son útiles para la excavación en agua, ya que ésta sale por los agujeros al cargar el cucharón y el resto sale al elevarlo.



Las dragas pueden estar montadas sobre orugas, sobre ruedas o sobre un camión.

Debido a su largo alcance, estas máquinas están diseñadas para la construcción de diques, canales, dragado de ríos y de gran utilidad en minas de carbón.

El cucharón de almeja es un equipo muy útil que sirve para excavaciones a profundidad, angostas y traspaleos de materiales. Consiste en una pluma semejante a la de la draga, con dos poleas para cable en la pluma y dos de operación en la punta; además un cucharón suspendido de las poleas de operación por dos cables.

Los cucharones se pueden encontrar de varios tipos de dientes, con bordes planos o curvos, con bordes sin dientes, con o sin cortadores laterales, con placas de lastre para darle pesantez y con varios pesos, anchos y formas para condiciones especiales.

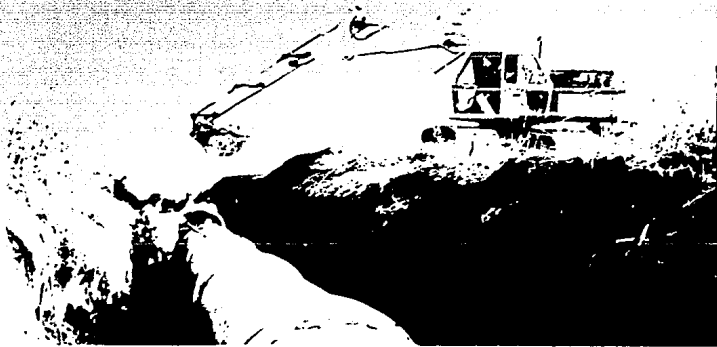
Los usos más comunes de los cucharones de almeja son en las excavaciones de pozos de visita, alcantarillas, zanjas, cimentaciones para diques y muelles, en la construcción de los muros Milán para el Metro.

Existen cucharones con más de dos quijadas. Pueden usarse para manejar rocas grandes, leña y otros objetos voluminosos que el cierre de las quijadas les da un agarre excelente.

## II.5 RETROEXCAVADORAS

La pala retroexcavadora, trabaja mejor excavando por debajo del nivel en que se apoya.

El equipo de retroexcavadora tiene una pluma auxiliar, una pluma y un brazo.



Su cucharón tiene un borde y dientes, generalmente lleva un par de cortadores laterales. El cucharón es más ancho en el frente que en la parte de atrás, para facilitar la descarga; los cortadores son más anchos que el cucharón, y lo protegen del desgaste lateral y evitan que se atore. La anchura del corte lo determina la distancia entre las cuchillas exteriores de los cortadores. Tienen una capacidad de 1/2 ó 5/8 de yarda cúbica hasta 2 yardas cúbicas.

Como mencionamos al principio, las retroexcavadoras pueden trabajar abajo del nivel donde se apoya, quedando la máquina y algunas veces los camiones de carga fuera del todo; roca, etc.

La retroexcavadora se adapta para hacer cortes en el suelo superficial, pudiendo hacerlos de poca profundidad, quitar despalmes de la roca antes de atacarla, para derrumbar barros altos, y especialmente para excavar zanjas.

El cucharón se llena mejor, bastante abajo de las orugas, pero pierde en penetración cerca de la profundidad máxima. Lo que se debe a que los dientes no pueden golpear el terreno en un ángulo tan grande, y la dirección de la tensión se mantiene más arriba que acercando el cucharón.

Hay retroexcavadoras combinadas, o sea, que en un chasis o camión especial, se le coloca en la parte trasera un equipo de retroexcavadora y en la parte delantera un equipo de carga frontal.

El cargador frontal es de gran ayuda para las operaciones de la retroexcavadora sirviendo de contrapeso, quita obstáculos, nivela zonas de trabajo y rellena zanjas. La retroexcavadora a su vez le sirve de contrapeso al cargador, pero tiene el inconveniente de ser muy pesada y alta con respecto a la seguridad y a la comodidad.

El inconveniente de este tipo de retroexcavadoras es su rotación que está limitada a 180 grados, así como la poca capacidad de su cucharón.

## II.6 MOTOCONFORMADORAS

La motoconformadora, es una máquina utilizada principalmente en la conformación y acabado, mas que en la excavación o transporte.

La mayor parte de las motoconformadoras tienen seis ruedas, con tracción en las cuatro trasera. Hay tipos especiales que tienen tracción en las seis ruedas.

El chasis o bastidor, consiste de dos vigas contraventeadas que soportan el motor y controlan la sección, que converge para formar una sola viga que termina en el mismo eje delantero.

La hoja está unida a un anillo que está suspendido del bastidor elevado e impulsado por una barra de tiro que está sujeta a la parte delantera del bastidor.

Las llantas, generalmente, tienen el mismo tamaño en todas las ruedas. El piso tiene bordos diagonales en las ruedas propulsoras para obtener la máxima tracción en terrenos blandos o sueltos. Las llantas delanteras tienen costillas gruesas corridas alrededor de ellas para ayudar a resistir los empujes laterales.

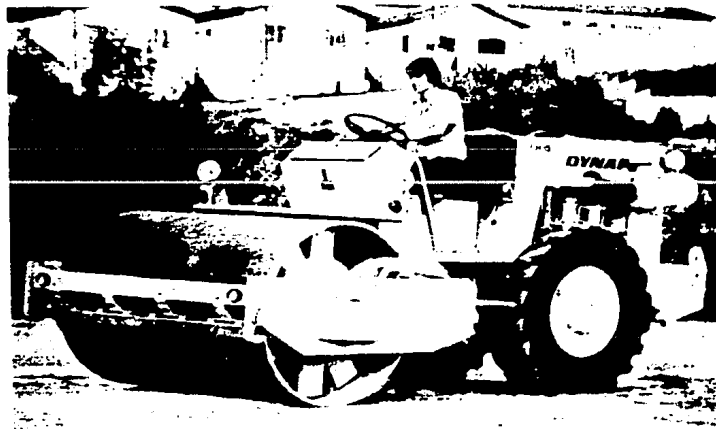
Para superficies duras, la motoconformadora se ayuda de un escarificador que consta de unos dientes que penetran en los suelos donde la cuchilla no puede entrar. Para trabajos ligeros se usan todos los dientes, para una penetración profunda o rotación de superficies que tienden a amontonarse en frente de los dientes, usualmente se quitan los alternos.

## II.7 COMPACTADORAS

Las compactadoras de rodillos de acero liso, se utilizan en la construcción de la mayoría de las superficies bituminosas y en el aplanado de caminos de grava y algunas subrasantes.







Estas producen una superficie uniforme y sólida, pero no compactan profundamente en proporción a su peso. Se fabrican en modelos de tres rodillos y en tándem.

Los pesos usualmente son entre 5 y 15 toneladas, el peso se puede aumentar mediante la colocación de lastres de acero en los rodillos o poniendo tapas laterales a los rodillos y llenándolos de agua y arena.

Los rodillos están equipados con limpiadores, que se mantienen en ligero contacto con la superficie mediante resortes. Estos son esenciales para evitar que el material se pegue en los rodillos, quitándoles uniformidad en su superficie.

Los rodillos compactadores o de pata de cabra constituyen la herramienta estándar para compactación de terraplenes. Consisten de tambores de acero equipados con patas salientes y se remolcan por medio de bastidores. Sobre una capa de relleno suave, el rodillo compactará algo la superficie, mientras que las patas comprimen con mayor fuerza.

Pueden combinarse dos o más unidades en bastidores múltiples. En la parte posterior del bastidor, se colocan limpiadores para quitar la tierra atorada entre los dientes.

Los rodillos compactadores pueden ser de propulsión propia o arrastrados por tractores de orugas o ruedas. Un bulldozer puede arrastrar un rodillo apisonador mientras excava el relleno, de manera que tanto la nivelación como la compactación puede ser hecha por un operador.

Las compactadoras neumáticas son recipientes de carga de semiremolque completo sobre llantas neumáticas usualmente de dibujo antiderrapante liso.

Los rodillos vibratorios van provistos de un motor que produce vibraciones y origina que la vibración sacuda las partículas del suelo, de manera que responden más fácilmente al peso de la compactadora, hacen salir al aire y al agua hacia la superficie y aumentan el peso efectivo de la máquina empujando las ruedas hacia abajo.

## II.8 EQUIPO DE BARRENACION

Las herramientas ligeras y medianas para barrenar y romper, funcionan generalmente por medio de aire comprimido suministrado por compresores portátiles, impulsados por motores industriales de tipo comercial. Estas máquinas absorben el aire atmosférico, lo comprimen y lo envían por mangueras a las herramientas.

Hasta recientemente todos los compresores usados en los trabajos de excavación eran del tipo de pistón. Los compresores portátiles que se fabrican actualmente son giratorios, de aspas de tornillo.

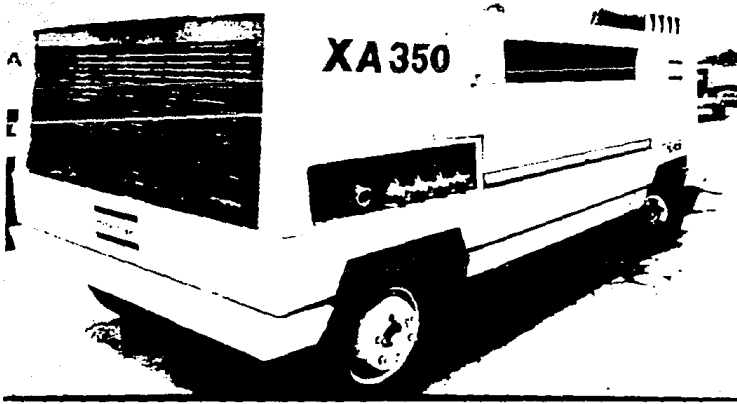
Cuando la demanda de aire es muy grande para un sólo compresor puede obtenerse con dos o más de cualquier tamaño descargando en un sólo sistema de abastecimiento.

Las perforadoras de roca neumáticas que se usan para excavación son generalmente máquinas que golpean y hacen girar una barrena de acero con una broca.

Las más ligera, hasta de 30 lbs. siempre se operan a mano. Estas perforadoras se usan generalmente en barrenación a poca profundidad. A las perforadoras de mano se les llama martillos o pistolas. Los golpes estrellan, rebanan o trituran la roca, la rotación presenta superficies nuevas de ataque y el aire que se aplica directamente para soplar a través de las barrenas saca el polvo y los pedacitos de roca.

Estas unidades se clasifican generalmente por diámetro del cilindro en vez de por el peso. Los tamaños ordinarios son de 2 5/8", 2 3/4", 3", 3 1/2", 4", 4 1/2" y 5 1/4" de diámetro en el cilindro.

Las perforadoras pesadas pueden tener propulsión propia. Consta de una guía o carro, una conexión hidráulica y un brazo en un bastidor transversal entre un par de orugas. Las orugas se operan separadamente por motores de aire reversibles que operan a través de relaciones de engranes.



## COMENTARIOS

Hemos dado una ligera revisión a los equipos que más comúnmente utilizamos en los distintos tipos de construcción. Quizás algunos conceptos fueron tratados muy vagamente, pero la finalidad fue dar una idea de cada uno de ellos.

Como en el caso de de un médico, es necesario que éste conozca perfectamente el cuerpo humano como para poder estar seguro, de que lo que hace a cierto paciente es lo mejor. También sabe el médico, al igual que nosotros, que para mantener el cuerpo hay que alimentarlo y ejercitarlo.

De la misma manera, el capítulo anterior, explicó los diferentes equipos de modo de que se nos facilite conocerlos y entenderlos. A su vez, debemos comprender que el alimento y ejercicio en un cuerpo humano es tan necesario como el mantenimiento en cualquier máquina.

# TEMA 3

## CONCEPTOS BASICOS DE MANTENIMIENTO

## T E M A    I I I

### CONCEPTOS BASICOS DE MANTENIMIENTO

---

El mantenimiento, está representado por todas aquellas actividades que sistemáticamente llevamos a cabo con el fin de lograr una operación continua, reducir al mínimo las reparaciones y alargar en lo posible la vida útil del equipo que utilizamos en los diferentes frentes de trabajo.

Esta debe ser una responsabilidad del ingeniero civil, ya que, de su correcto seguimiento o no, depende directamente la productividad de la maquinaria.

Las actividades que generalmente se asocian al mantenimiento son las siguientes:

- Programas de recursos humanos, de equipo, materiales y económicos.
- Los programas de servicio y su ejecución.
- La frecuente limpieza.
- La inspección y el diagnóstico.
- La corrección del mal funcionamiento y sustitución de partes defectuosas.
- El control administrativo de los recursos utilizados

y los costos correspondientes.

- Interpretación y análisis de resultados.

Es conveniente señalar que es muy importante y valioso en este proceso, que se integra en el accionar de una obra, la retroalimentación y mejoramiento de sistemas mediante el análisis de los resultados.

### III.1 RECURSOS UTILIZADOS EN EL MANTENIMIENTO

Para realizar el mantenimiento, se requiere contar con todos los recursos necesarios para que se ejecute correctamente y en el tiempo programado; evitando así retrasos en la producción, que repercuten en el costo de la obra.

Estos recursos los podemos clasificar en cuatro grupos:

- Recursos Físicos.
- Recursos Humanos.
- Recursos Materiales.
- Recursos Económicos.

#### III.1.a Recursos Físicos

Estos son de dos tipos:

1) Instalaciones adecuadas:

a.- Bodega:

La bodega es el sitio donde se almacenan tanto refacciones como herramientas, con el fin de guardarlo todo en un sólo lugar de manera segura.



- b.- Taller mecánico:  
Este es el sitio donde se llevan a cabo las reparaciones y servicios a los diferentes equipos. Deberá estar provisto de rampas, fosos, bancos de trabajo y todas las herramientas necesarias para poder efectuar las reparaciones mayores.
- c.- Patio de estacionamiento:  
Es el lugar en el cual se colocan las máquinas que se encuentren en espera de reparación o servicio, las que estén listas para ser llevadas a los frentes de trabajo y donde se coloquen los días que no se labore.
- d.- Almacenamiento de combustible:  
Aquí se alojan todas las reservas que se tengan en la obra de diesel, gasolina, aceites, etc. Generalmente se encuentra cerca o del taller mecánico o de la bodega para su mejor control y disponibilidad.

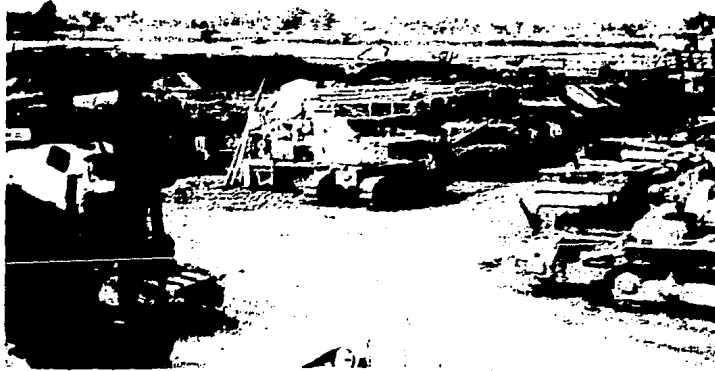
Se recomienda tener juntas estas instalaciones para un mejor desempeño de todas las actividades y sobre todo un mejor control de obra.

## 2) Equipos Auxiliares:

- a.- Unidades móviles de mantenimiento:  
Este tipo de equipos se encuentran generalmente en obras con alto número de máquinas, en las que es preferible tener estas unidades a estar llevando la maquinaria hasta el taller mecánico. Cuentan con todo lo necesario para efectuar servicios sencillos como sopleteado, engrasado, etc.
- b.- Pipas de Combustible:  
Las pipas son indispensables en casi todas las obras. Tienen la función de suministrar el combustible que sea necesario dentro de la obra; poniendo el ejemplo de una draga que se transita por medio de orugas, tardaría demasiado en ir, del frente donde se encuentre, a cargar combustible y regresar; o bien que fueran por el combustible de la obra en tambos, haciendo viajes continuos.

### III.1.b Recursos Humanos

Los recursos humanos los separaremos en tres grupos:



TALLER MECANICO Y PATIO DE ESTACIONAMIENTO

1) Personal Técnico Administrativo:

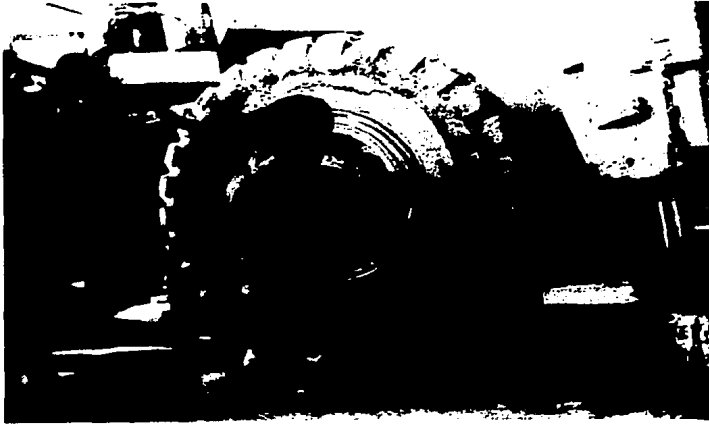
- a.- Ingenieros Mecánicos:  
Se encargan de supervisar las reparaciones, adquisición de equipos y refacciones que se le soliciten, programación de servicios, etc.
- b.- Ingenieros Civiles:  
Cuya función es la de solicitar su maquinaria de acuerdo a su programa de obra, observar en sus frentes que las máquinas a su cargo sean empleadas adecuadamente, checar los rendimientos, etc.
- c.- Sobrestantes de Maquinaria:  
Generalmente son personal que han sido mecánicos desempeñando este tipo de actividades durante muchos años, siendo ya capaces de coordinar a un grupo de mecánicos no tan experimentados, de manera que serian el equivalente al cabo de una cuadrilla.
- d.- Mecánicos y Auxiliares:  
Son todos aquellos que se encargan directamente de hacer las reparaciones y servicios que los distintos equipos requieren.

2) Personal Obrero:

- a.- Operadores:  
Este es el personal, que como su nombre lo indica, se ocupa de la operación de los equipos. Generalmente es personal que está especializado en un cierto tipo de maquinaria, ya que la ha utilizado durante largo tiempo.
- b.- Ayudantes:  
También son conocidos como maniobristas. Su función es básica en lo que se refiere a la operación, ya que existen muchos ángulos en los que el operador no tiene visibilidad, así que el ayudante le indica desde otro punto lo que debe hacer.

3) Instructores:

Son los encargados de mejorar la utilización del equipo, mediante diversos cursos que se les dan, tanto al personal técnico administrativo, como al obrero, en cada una de sus áreas.



MECANICO Y OPERADOR

### III.1.c Recursos Materiales

Se dividen en dos partes:

#### 1) Consumos:

Los consumos son todos aquellos elementos que la maquinaria va consumiendo durante su operación y cierto tipo de elementos que requieren ser cambiados con una periodicidad corta y determinada, como son los filtros.

Los consumos los podemos tener en cuatro diferentes tipos:

a.- Combustibles

b.- Lubricantes

c.- Filtros

d.- Otros

#### 2) Repuestos:

Tenemos a continuación dos categorías de repuestos:

##### a.- De Soporte:

Esta categoría comprende a todos aquellos repuestos que son elementos que sufren desgaste. Tal sería el caso de algunos tipos de mangueras, casquillos, bandas, pernos, etc.

##### b.- De Riesgo:

Son aquellos que nos permiten resolver cualquier eventualidad en forma inmediata, evitando que se pare por mucho tiempo la actividad de una obra o un frente. Un caso podría ser un neumático, parte de un tránsito, etc.

### III.1.d Recursos Económicos

Se refieren al dinero, o en su defecto, crédito disponible para la compra de consumos y repuestos; para el pago a

mecánicos especializados, ajenos a la obra; para el soporte de reparaciones que no se puedan efectuar en el taller dentro de la obra; etc. En pocas palabras, todo aquello que se relacione con el mantenimiento y la operación.

### **III.2 FUNCIONES**

#### **DE APOYO**

Ya que hemos visto los recursos necesarios para el mantenimiento, ahora debemos conjuntarlos de tal modo que logremos obtener un funcionamiento correcto y adecuado al tipo de obra.

Para lograr esto, llevamos a cabo una serie de funciones de apoyo, que las dividiremos en tres.

- Administrativas
- Técnicas
- De Construcción

#### **III.2.a Funciones Administrativas**

Las funciones administrativas son:

1) Compras:

- a.- Programadas
- b.- Urgentes

2) Almacenes

3) Contabilidad

4) Costos

5) Personal

En las funciones administrativas, encontramos aparejadas las labores de compras y almacén que nos permiten hacer la adquisición programada y/o urgente, de repuestos y consumos; con el apoyo económico, para su debido pago; contable, llevando los registros de todos estos movimientos; de costos, hasta para elaborar precios unitarios y de personal, teniendo un control sobre quien labora en estas actividades; adecuando todo al tamaño, tipo y volumen de la obra por realizar.

### III.2.b Funciones Técnicas

Las funciones técnicas son dos:

- 1) Fabricante
- 2) Experiencia

Esto nos quiere decir que las funciones técnicas son todas aquellas que, generalmente, tienen como fuente y origen, el fabricante y las experiencias que se hayan obtenido ya sea en obra o en el mismo taller.

Mediante lo anterior, podemos establecer que estas funciones comprenden:

- Normas
- Especificaciones
- Recomendaciones
- Equivalencias
- Substituciones
- Modificaciones
- Diseño
- Otros

Todo lo anterior, tiene la finalidad de lograr la operación continua y eficiente del equipo por nuestro personal de campo.

### III.2.c Funciones de Construcción

Estas funciones son de cuatro tipos:

#### 1) Selección de Maquinaria:

Una de las funciones del personal de obra, será la correcta selección del equipo, tratando de adecuar al máximo las capacidades a las necesidades de la obra.

#### 2) Utilización Adecuada:

Deberá cuidarse de que el equipo sea utilizado para desempeñar labores para las cuales ha sido fabricado. En caso contrario, no únicamente se puede estropear la máquina, sino que las vidas de quienes se encuentren cerca, corren peligro.

#### 3) Operación Experimentada:

Para una segura y eficiente operación, se requiere de un operador con experiencia en el equipo, de modo que, el personal y la maquinaria trabajen fuera de peligro y a su vez, la máquina dé un alto rendimiento.

#### 4) Disponibilidad Para Mantenimiento:

Debemos tener presente, dentro de nuestra programación, el tiempo del que se dispondrá para el mantenimiento de cada uno de los equipos, ya que en ciertos tipos de obras, el detener una máquina significa detener la obra; en tal forma, que afecte lo menos posible la productividad y el estado físico de la máquina.



## COMENTARIOS

Nos damos cuenta ahora de todos los recursos que intervienen en el mantenimiento. Todos son importantes y descuidar uno de ellos es sinónimo de descuidar el mantenimiento.

Es importante hacer ver que el mantenimiento no comprende únicamente refacciones y mecánicos, sino que son muchas personas y cosas las que lo integran; entre ellas se encuentra al Ingeniero Civil. Ya que es él quien ha de llevar las obras, pues es necesario que su interés por el mantenimiento de su equipo, se le fomente desde sus etapas iniciales de desarrollo.

También analizamos lo que son las funciones de apoyo y lo necesarias que son para poder relacionar los diferentes recursos. Aquí podemos ver el hecho de que existe relación hasta en una salida de almacén y una reparación mayor; en qué mecánico tiene cierta herramienta; en que una máquina nos hace perder dinero por no ser operada correctamente y darnos bajos rendimientos; así podríamos dar una infinidad de casos y nunca acabaríamos.

De la correcta correlación de recursos y funciones, se va a desprender un buen mantenimiento y una reducción de costos.

# TEMA 4

## MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

## **T E M A    I V**

### **MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA**

---

Ya hemos visto los elementos y relaciones con los que contaremos al tener equipo en nuestras obras, en lo referente a su conservación.

Ahora analizaremos el mantenimiento en si, su funcionamiento y algunos detalles que considero de interés.

#### **IV.1    CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO**

Clasificaré el mantenimiento de una manera sencilla, en dos grupos: El mantenimiento planeado y el no planeado.

#### IV.1.a Mantenimiento Planeado

Este tipo de mantenimiento, se divide a su vez en dos subgrupos:

##### 1) Predictivo

###### a.- Estadístico:

- Información técnica del fabricante.
- Bitácora.
- Estandarización.
- Inventarios.
- Rendimientos y costos.
- Diagnóstico periódico.
- Avalúo periódico.
- Reconstrucción.
- Reemplazo.

Este tipo de mantenimiento es sumamente interesante, debido a su sofisticación.

Para su correcto seguimiento, es indispensable llevar un historial a lo largo de toda la vida de la máquina, para lo cual usaremos una bitácora, que más adelante veremos.

De acuerdo a los diferentes informes técnicos, provistos por los fabricantes, es posible llegar a una estandarización de normas, refacciones e inclusive tipos de lubricantes.

Es indispensable, en especial para el ingeniero civil, que se logre tener un control de rendimientos y costos, de modo

de poder visualizar bajas en rendimientos y aumento en el costo, quizás por causa de una mala operación, o de alguna posible falla del equipo.

El diagnóstico periódico, se ha logrado llevar por medio de muestras de aceites de los distintos componentes de las máquinas, facilitando -gracias a la experiencia- el poder detectar focos de falla inminente, evitando así que sucedan. También se integra un equipo que va al lugar donde se encuentra trabajando la maquinaria y ahí mismo se le analizan sus presiones, temperaturas, y otros factores que indican el estado general de la misma.

Por medio del avalúo periódico y de todo lo anterior, se toman decisiones sobre conservar una máquina por medio de una reconstrucción o reemplazarla.

## 2) Preventivo

### a.- Rutinario:

- Del operador.
- Del personal de campo.
- Del equipo de lubricación.

### b.- Periódico:

- Servicio de 100 hrs.
- Servicio de 500 hrs.
- Servicio de 1000 hrs.

### c.- Programado:

- Reparación menor o parcial.
- Reparación mayor o total.

El mantenimiento preventivo puede ser definido como el desarrollo de una serie de actividades y políticas, destinadas a conservar el equipo; esta conservación es producto de inspecciones regulares y sistemáticas basadas en las recomendaciones de los fabricantes y la experiencia adquirida durante el desarrollo de los trabajos.

Mediante la inspección y atención rutinaria de equipo, es posible detectar piezas próximas a fallar, ya sea por falta de ajuste que se pueda efectuar en el momento, evitando una reparación posterior, o bien a causa de un desgaste normal; en cuyo caso se tomen las medidas necesarias para el reemplazo de piezas gastadas antes que fallen por completo.

Es necesario hacer una rutina del chequeo que hacen tanto el operador, como el personal de campo y el equipo de lubricación, de modo de que ellos puedan detectar anomalías.

Con la experiencia adquirida, se tiene ya conocimiento de los servicios y chequeos que se le tienen que hacer a cada tipo de máquina periódicamente, evitando así un pronto desgaste del mismo.

el objetivo principal del mantenimiento preventivo se puede resumir en los siguientes puntos:

- Menor tiempo perdido como resultado de reducir paros de maquinaria por reparaciones importantes.
- Mejor conservación y duración de la maquinaria evitando su reposición antes de tiempo.
- Menor costo por concepto de reparaciones en gran escala, pues son prevenidas mediante revisiones y reparaciones oportunas de rutina.
- Identificación de equipo que presenta fallas repetitivas, pudiendo así señalar la necesidad de un mejor adiestramiento del operador, o bien el reemplazo de la máquina.
- Mejores condiciones de seguridad, durante la operación del equipo.

Antes de efectuar las revisiones de rutina, se debe considerar la hora y el lugar más apropiado para hacerlas: Desde el punto de vista del departamento de mantenimiento, lo más aconsejable es el taller mecánico, pero hay que tomar en cuenta el factor producción. Por lo mismo las revisiones normales de 100 horas, deben efectuarse en horas en que el equipo esté fuera de servicio, que generalmente son cuando termina la jornada de trabajo. El lugar será el mismo donde está trabajando la máquina, excepto si se describe alguna falla que justifique su traslado al taller, en este momento se considerará como caso especial y se le dará el mismo tratamiento.

#### IV.1.b Mantenimiento No Planeado

A este tipo de mantenimiento también le podemos llamar mantenimiento accidental.

Es producto de falta de conocimiento en la operación de la máquina, de falta de capacidad o de imprudencias del operador en trabajos ejecutados en obra y pueden representar desde paros o costos sin importancia, hasta la pérdida total de la unidad.

#### IV.2 CONTROLES

##### IV.2.a Control de Mantenimiento

Un sistema de mantenimiento no es completo si no comprende un método para su control. Esto es posible mediante la utilización de formatos, en las que fácilmente se vacían diversos datos referentes a la máquina o máquinas que posea la obra o empresa.

Debido a que hay gran variedad en cantidad y uso de estas formas; aquí veremos las más comunes e indispensables para cualquier constructora.

### 1) 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 situaciones extrañas. (Forma 1)

El 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 de la atención que merezca y entonces pierde su valor como detector de los problemas del equipo, ya que el operador mismo, quien al estar en contacto directo con la máquina, puede escuchar ruidos anormales que deben ser analizados cuidadosamente por el personal de mantenimiento y corregir el mal.

### 2) Control de Servicios

La persona encargada del Departamento de Maquinaria en la obra, deberá llenar diariamente las lecturas de los horómetros que contienen los reportes de los operadores.

Esta forma (Forma 2) contendrá, de este modo, toda la información de las lecturas de los horómetros y los servicios que se le hicieron con su fecha correspondiente.

### 3) Programa de Servicio

Con base en el reporte anterior, se podrá formular un programa que contenga la iniciación y terminación de actividades o trabajos. (Forma 3).

Este programa tendrá que ser realizado por el Jefe de Maquinaria y deberá ser autorizado por el Jefe de Obra; ya que el tiempo que duren los servicios, será el tiempo que la máquina estará sin producir.



fecha \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

nombre del operador \_\_\_\_\_

no. \_\_\_\_\_ turno \_\_\_\_\_ frente \_\_\_\_\_

<b>TIEMPO TOTAL</b>	
horómetro inicial _____	final _____
equipo _____	
horas efectivas _____	

TIEMPO PERDIDO	de	a	horas
reparación _____			
_____			
ocioso _____			
_____			
_____			

<b>OBSERVACIONES</b>			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
<b>firma</b>			

**FORMA 1**  
**REPORTE DEL OPERADOR**  
**Fernando E. Romero A.**  
**Tesis Profesional**

EQUIPO \_\_\_\_\_

OBRA \_\_\_\_\_

MES \_\_\_\_\_

día	hrs. trabajadas	hrs. ociosas	hrs. en reparación	observaciones

**FORMA 2  
CONTROL DE SERVICIOS  
Fernando E. Romero A.  
Tesis Profesional**

OBRA \_\_\_\_\_

MES \_\_\_\_\_

equipo	horómetro actual	horómetro de servicio	clase de servicio	fecha

**FORMA 3**  
**PROGRAMA DE SERVICIO**  
**Fernando E. Romero A.**  
**Tesis Profesional**

Así por ejemplo, un servicio de 100 hrs., en algunas máquinas puede tomar tan sólo el tiempo que el personal obrero tarda en comer; un servicio de 500 hrs. se puede realizar durante la noche.

#### 4) Carta de Mantenimiento

Esta forma se realiza para cada tipo de máquina en especial, hecha en base a la experiencia acumulada en equipos similares.

En estas cartas se especifican todas las operaciones que es necesario realizar para darle a la máquina el servicio que le corresponde; de 100, 500, 1000 hrs. o cualquiera de otro tipo.

#### 5) Bitácora

La bitácora no es otra cosa más que el control histórico de la máquina, es decir que hay una bitácora para cada equipo. Si tuviéramos tres tractores iguales, tendríamos tres diferentes bitácoras.

Consta de:

##### 1.- Fotografías de la máquina.

- Envío de la maquinaria.
- Recepción de la máquina.
- Cada seis meses.

##### 2.- Control de mantenimiento.

- Son todas las formas antes mencionadas.

##### 3.- Copias de los controles de envío y recepción del equipo.

4.- Informes de diagnóstico.

- Reporte de la camioneta de diagnóstico (si hay).
- Reporte del laboratorio de aceites (si se realiza).

5.- Copias certificadas de:

- Factura de la máquina.
- Pedimento de importación de la misma.

6.- Otros

- Registro de reparaciones efectuadas.
- Facturas de reparaciones mayores.
- Etcétera.

IV.2.b Control de Costos

La mayor partida de gastos de operación en el equipo, es el costo de mantenimiento y reparaciones.

Durante un periodo de ocho años, se puede gastar una cantidad equivalente al 100 % del precio de compra para mantener este 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 ocasionan altos costos en el año en que ocurre. Por esta 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 con un 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 quiero decir que se necesitan 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 o un material. Por ejemplo: filtros, soldaduras, estopa. Cada usuario será responsable de definir su propio criterio.

## 2) Cargos.

Lo más recomendable es que todo lo que se necesite comprar o pagar para el mantenimiento y operación del equipo, sea por medio del almacén.

El almacén, mediante la utilización de vales de salida, dispondrá de las refacciones, materiales o combustibles de acuerdo a como se le soliciten. Posteriormente, le harán los cargos al Departamento de Maquinaria por cada máquina.

Finalmente, el Depto. de Maquinaria hará los cargos al costo de obra por frente o por cuenta.

Es importante mencionar que gracias a estos últimos, es posible realizar juicios y evaluaciones, en lo referente a reemplazos y reconstrucciones de unidades.

En el campo de la construcción, su importancia es vital para poder conocer el costo real de nuestra producción, así como consideraciones en la elaboración de concursos, precios unitarios, presupuestos, etcétera.

### IV.2.c Control de Resultados

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

## 1) Métodos Empíricos.

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

El registro de los datos, tales como tiempo muerto del equipo, tiempo de utilización, tiempo muerto del personal por causas de mantenimiento, etc., puede hacerse mediante tablas o cuadros, o gráficas, o ambas cosas.

La técnica más eficaz para aplicar los métodos empíricos consiste en llevar el registro de lo indicado anteriormente en forma gráfica, los 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 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 periodo del tiempo pasado y midiendo con él los sucesivos periodos.

Cuando durante un periodo, ciertas características del sistema de mantenimiento mejoran, mientras que otras empeoran, como sucede generalmente, es necesario establecer un criterio para determinar si al final de cuentas el mantenimiento mejoró o empeoró; dicho criterio debe ser económico, de carácter estimativo normalmente.

## 2) Métodos Racionales.

Estos métodos son comúnmente llamados método de índices, y a continuación daremos algunos que pueden ser representativos.

1.- Eficiencia Administrativa de Mantenimiento.

$$\frac{\text{hrs.hombre extras}}{\text{hrs.hombre total}} \times 100$$

Este indice nos detecta la cantidad de tiempo extra que estamos empleando en el mantenimiento.

2.- Cobertura de Mantenimiento Planeado.

$$\frac{\text{hrs.de mantenimiento planeado}}{\text{hrs.que trabajo la máquina}} \times 100$$

Este nos informa el tiempo llevado en realizar el mantenimiento planeado en relación con las horas de producción del equipo.

3.- Efectividad de Mantenimiento.

$$\frac{\text{hrs. de mantenimiento no planeado}}{\text{hrs. de mantenimiento planeado}} \times 100$$

Aquí se refleja la cantidad de tiempo invertido en emergencias, con respecto al total de mantenimiento planeado.

4.- Costo de Mantenimiento No Planeado.

$$\frac{\text{Costo de mantenimiento no planeado}}{\text{Costo total de mantenimiento}} \times 100$$

En este indice se observa lo que cuestan las emergencias contra el costo total del mantenimiento.

De la misma manera, pueden crearse muchos otros parámetros que ayuden a evaluar el mantenimiento.



### IV.3 LABORATORIO DE ANALISIS DE ACEITE

Actualmente, el mayor paso que se ha dado en el campo del mantenimiento planeado, consiste en el análisis espectrofotométrico del aceite lubricante.

Este es el muestreo periódico del lubricante, determinando las condiciones de trabajo de los diferentes conjuntos de un equipo, mediante el análisis de los aceites, el cual, nos identifica las partículas provenientes de los conjuntos en desgaste.

Se toma una muestra de aceite y se analiza la concentración de partículas metálicas que contiene, pudiendo suponer que pieza o piezas presentan mayor desgaste en el conjunto.

#### IV.3.a Objetivos

Primordialmente, analizar el aceite de las diferentes partes, sistemas o conjuntos de las máquinas, tiene dos objetivos.

El primero consiste en poder detectar oportunamente alguna pieza que esté próxima a sufrir un colapso; evitándose de esta manera, no sólo que otras unidades se estropeen también, sino hasta accidentes.

El segundo, radica en poder llevar estadísticas de vida útil de piezas y conjuntos, pudiendo así programar reparaciones mayores y evitando fallas súbitas.

Lo anterior nos lleva a que el muestreo del aceite es una excelente forma de reducir el mantenimiento no planeado y disminuir los tiempos ociosos por descomposturas que pudieran tomarnos por sorpresa sin contar con refacciones o herramientas necesarias.

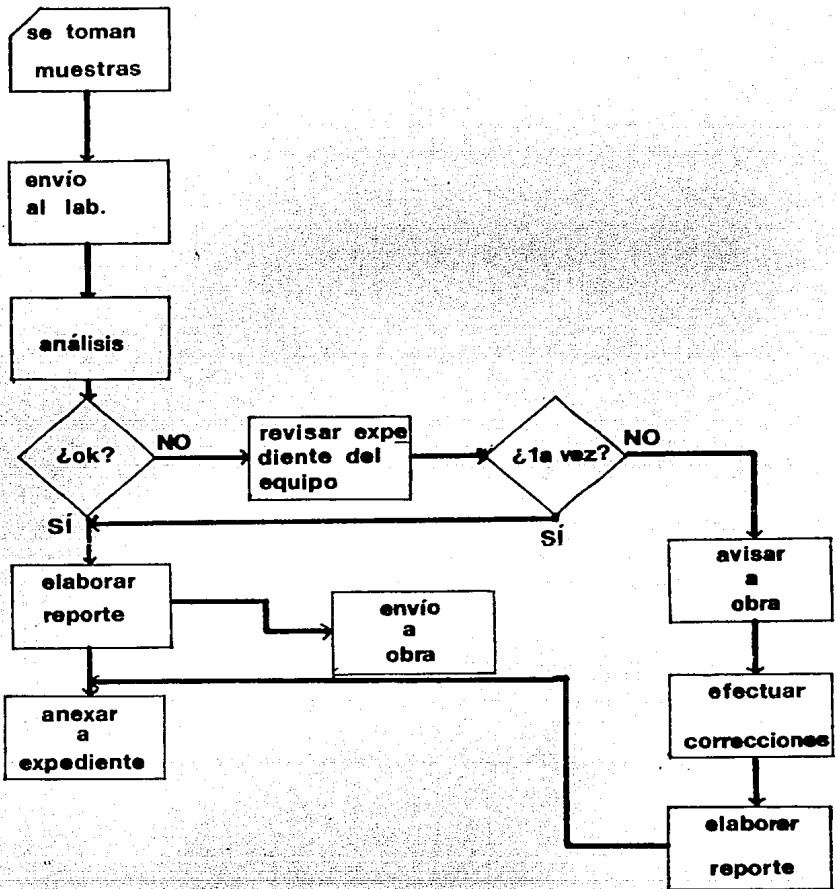


DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DEL ANALISIS DE ACEITE

Fernando E. Romero A.  
Tesis Profesional

#### IV.3.b Ventajas

Las ventajas que brinda el laboratorio de análisis de aceite son:

- 1.- Mostrará claramente las primeras señales de desgaste excesivo, lo cual es anuncio de una falla próxima.
- 2.- Se podrá planear con anticipación los días de paro de la maquinaria.
- 3.- Facilitará el poder efectuar reparaciones programadas.
- 4.- Indicará con qué urgencia hacer correcciones o fijar la fecha de una reparación.
- 5.- Contribuirá a que los costos de mantenimiento se reduzcan.

Para obtener la muestra de aceite, sólo se invierten unos cuantos minutos por conjunto. Se puede tomar mediante una pistola de succión.

Es importante recalcar que el laboratorio que lo realice, no analiza las condiciones del aceite ni tampoco predice fallas súbitas por roturas de piezas; sólo proporciona información sobre piezas con desgaste, así como la presencia de elementos extraños al aceite (agua, polvo, combustible, etc.).

#### IV.3.c Interpretación.

Las muestras se interpretan mediante límites de desgaste establecidos en base a comparativas de muestras de aceites enviados de obras considerando, a su vez, el análisis del aceite virgen y 100 hrs. de trabajo de lubricante.

Se analiza la concentración del aceite de:

- Aluminio

- Cobre
- Fierro
- Silicio
- Cromo
- Estaño
- Plomo
- Plata

Esto se hace en cada conjunto, que son:

- Sistema hidráulico
- Motor
- Transmisión
- Diferencial
- Mandos finales

**Aclaraciones:**

1.- Si las lecturas aumentan, tratar de averiguar la razón. Un cambio de carga, de operación, o una reparación reciente, pueden hacer que las lecturas muestren un aumento. Si no ha sucedido nada de lo anterior, el aumento es una indicación de mal funcionamiento.

2.- Normalmente, un cierto nivel de desgaste de cada metal es una indicación de falla; sin embargo, hay excepciones.

3.- La máquina y el lugar de trabajo son factores muy importantes que se deben conocer al hacer un análisis de los resultados de las partículas de desgaste. Un historial de cada máquina, bien mantenido al día, establecerá curvas de "Tendencias de fallas". Estas curvas permiten deducir cuando se debe hacer una reparación o dar mantenimiento.

## COMENTARIOS

Del primer subtema, se hizo una clasificación que, como dije el principio, es muy sencilla; es decir, no se necesita ser mecánico o ingeniero para entenderla, y por lo mismo no es difícil poder clasificar una reparación o servicio en ella.

En el subtema de controles, analizamos la importancia de llevarlos, de manera general, pero adaptables a cualquier tipo y tamaño de obra o empresa. Se hace patente su utilidad a fin de evitar sobrecostos y poder tomar decisiones a cualquier nivel.

El subtema de laboratorio de análisis de aceite, tal vez no sea de gran utilidad inmediata para un ingeniero civil; pero, para un empresario, considero que aplicarlo le será de mucha ayuda siendo propietario de maquinaria. Realmente me pareció interesante este punto y por eso decidí incluirlo en el tema.

# TEMA 5

COSTOS DE

MAQUINARIA

## T E M A V

### COSTOS DE MAQUINARIA

---

Para interpretar y/o realizar el análisis del costo de cualquier equipo, es necesario conocer los elementos que influyen en él.

#### V.1 DEPRECIACION

En la acepción más común del término, depreciación es la disminución del valor que sufre un activo físico (una planta, equipo, máquina, edificio, etc.) en el curso del tiempo. Al aplicar esta definición, es necesario distinguir dos clases de valores:

- 1) El valor comercial o valor de cambio del objeto, el cual se rige por las leyes del mercado.
- 2) El valor para el propietario o costo de oportunidades del objeto, el cual se mide por la utilidad que éste puede reportarle, ya sea mediante su venta o uso.

Por consiguiente, al calcular la depreciación es necesario emplear el concepto de valor que sea aplicable al problema de que se trate.

### V.1.a Factores de Depreciación

La pérdida de valor de un activo puede deberse a cambios físicos sufridos por el mismo (factores endógenos), o a cambios del ambiente técnico-económico (factores exógenos). Los cambios físicos de un inmueble, equipo o instalación, incluyen el desgaste o rotura de sus partes, la corrosión, desintegración o alteración de las propiedades de los materiales componentes, y las deformaciones y desajustes debidos a vibraciones, impactos o choques. Los factores exógenos de la depreciación más importantes son: la obsolescencia resultante de la aparición de nuevos productos técnicamente superiores, que hacen antieconómico prolongar el uso del activo en servicio; la desaparición de la necesidad del activo, que hace a éste inútil; y los cambios de la demanda de servicios, que hacen que un activo deje de ser adecuado para satisfacer económicamente.

### V.1.b Depreciación Contable

Desde el punto de vista de la contabilidad, la depreciación tiene otro significado: el costo de un activo se considera como un gasto anticipado que debe distribuirse entre los años de operación o "vida" de dicho activo, de una manera racional y sistemática.

El cargo anual que se hace recibe el nombre de "cargo por depreciación", y forma parte de los costos de operación. Supongamos, por ejemplo, que se adquiere en este momento una máquina cuyo costo es de \$1'000,000.00. La erogación de esta suma se distribuye entre los años de vida de la máquina, como cargo por depreciación, contra las utilidades que se espera obtener de su operación. Contablemente no sería correcto considerar la erogación actual de \$1'000,000.00 como un gasto de operación contra las utilidades del año en curso;

Los costos de los activos que no se consumen de inmediato, o en un plazo muy corto, se denominan costos capitalizables, y son distribuibles entre los años de vida de dichos activos, como cargos por depreciación. Estos cargos, al sumarse a los gastos de operación para determinar el costo del producto, permiten la recuperación del capital invertido a través



del precio de venta, el cual tiene que ser superior.

#### V.1.c. Depreciación Fiscal

El punto de vista de la contabilidad está acorde con el criterio fiscal del gobierno. Para las utilidades de un año no se permite considerar como costo de operación las erogaciones capitalizables que se hagan, cuyo monto deberá distribuirse entre los años de vida supuestos de los activos correspondientes, contra las utilidades futuras. En el ejemplo mencionado, si se dedujera la erogación de \$1'000,000.00 como costo de operación contra los ingresos del año en curso, la utilidad disminuiría en esta misma cantidad, y los impuestos bajarían, digamos, 400,000.00 (40% de 1'000,000.00).

Si por el contrario, la erogación se distribuye entre los próximos cinco años a razón de 200,000.00/año, se tendrá durante ese lapso una disminución de impuestos de 80,000.00 (40% de 200,000.00). La reducción total de los impuestos a pagar sería la misma ( $5 \times 80,000.00 = 400,000.00$ ), pero la empresa, en vez de recibir inmediatamente el beneficio del ahorro, lo recibiría en forma diferida durante los siguientes cinco años. El diferimiento del ahorro impositivo significa que la empresa tiene que pagar 400,000.00 más de impuestos este año, a cambio de pagar 80,000.00 menos durante cinco. El adelanto en el pago de impuestos es desfavorable para la empresa, por lo cual a ésta le conviene depreciar sus activos capitalizables en el menor plazo posible, mientras al gobierno le beneficia lo contrario. Por esta razón, la ley determina la vida mínima de las diferentes clases de activos, para fines fiscales.

La ley de impuestos sobre la renta en su artículo 45, nos dice los por cientos máximos autorizados para maquinaria y equipo, siendo del 25 % para la industria de la construcción, incluyendo automóviles, camiones de carga, tractocamiones y remolques.

#### V.1.d Depreciación Financiera

Analicemos ahora el significado de la depreciación desde el punto de vista financiero. Se ha visto que el cargo por depreciación se toma en la contabilidad como un costo, el cual se

deduce de los ingresos para determinar la utilidad. Sin embargo, la depreciación no es un costo en efectivo, lo cual significa que al ser percibida como parte de los ingresos, estos proveen una reserva que permite recuperar el capital invertido inicialmente. La depreciación y las utilidades retenidas constituyen mecanismos a través de los cuales la empresa genera el capital interno necesario para sus inversiones, ya sean éstas de conservación, modernización o expansión. Debe advertirse que al hablar de la depreciación como una reserva, no se infiere que se vaya depositando ésta en algún fondo especial; significa simplemente que el capital consumido por deterioro y obsolescencia de los activos capitalizables se recupera a través del producto de dichos activos.

#### V.1.e Métodos de Depreciación

En general, la distribución del costo de un activo a lo largo del tiempo se muestra en la figura 5.1.

Los métodos más usuales para analizar esta distribución son los dos siguientes.

##### 1) Método de Línea Recta.

Este procedimiento es el más sencillo de todos, tanto aritméticamente como contablemente; de ahí su popularidad y su gran difusión en empresas en que la evolución industrial, por su carácter incipiente, no ha planteado la necesidad de hacer consideraciones más profundas sobre la forma en que deba llevarse a cabo la recuperación de la inversión.

Mediante este procedimiento basta dividir el valor de depreciación de los activos fijos de trabajo (valor original) menos el valor neto de desecho, entre el número del periodos que comprende la vida probable del bien:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{V_o - V_d}{\text{vida probable}}$$

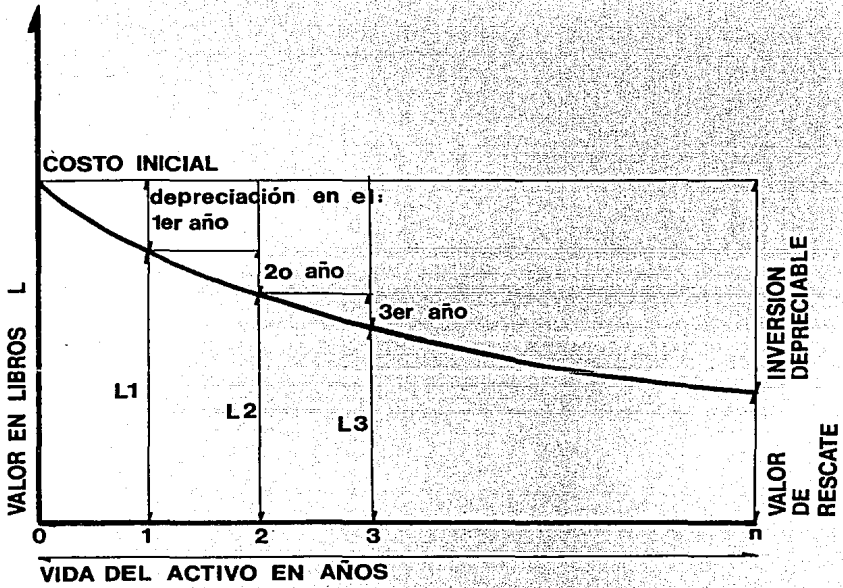


FIGURA 5.1

**DISTRIBUCION DEL COSTO**  
 Fernando E. Romero A  
 Tesis Profesional

Esto da por resultado cargos uniformes por periodo, y el procedimiento puede funcionar en forma más o menos satisfactoria cuando la producción a través de los diferentes periodos sea también uniforme, con la salvedad de las erogaciones de mantenimiento; en otros términos, para que el método de línea recta pueda funcionar satisfactoriamente dentro de una empresa se requiere:

- 1.- Que la producción sea uniforme.
- 2.- Que correlativamente se implante al procedimiento de la provisión para conservación y mantenimiento.

## 2) Método de Unidades Probables de Producción.

El hecho de que la producción no es uniforme a través de los diferentes periodos, sea debido a que las condiciones mismas de la demanda la acentúe en determinada época del año (industrias llamadas de temporada, tales como refrescos, juguetes, ropa, etc.), o bien porque la industria se encuentra dentro de una etapa gradual de mayor aprovechamiento de su maquinaria e instalaciones o del fenómeno contrario, motivado por restricciones de la demanda, hace inoperante todos aquellos métodos que se traduzcan en cargos uniformes por periodos, puesto que siendo distinta la producción dentro de cada uno, el cargo a los costos por unidades producida será diferente también, lo cual, es contrario al concepto básico de los activos fijos de trabajo que representan capacidad potencial de producción de determinada cantidad de artículos, lo que hace injustificado que unos absorban mayor proporción de este valor que otros.

Bajo semejantes consideraciones surgió la necesidad de predeterminar en qué cantidad de unidades (pieza, kilogramos, metros, horas trabajadas, etc.) se traducirá la capacidad potencial (potencial quiere decir supuesto) de los activos fijos de trabajo, y ha llegado a tal grado de cuantificación de esta capacidad, que existen numerosos tipos de maquinaria (ciertos motores, determinada máquina agrícola, etc.), en la que el fabricante garantiza determinado volumen de rendimiento de la misma, simplificándose en esta forma el trabajo de presupuestar el volumen probable de producción.

Predeterminadas las unidades de producción de un activo fijo, el cálculo de la depreciación se simplifica totalmente, basta con dividir el valor a depreciar (Vd) entre el total de unidades probables de producción para obtener un factor que se aplica a las unidades reales producidas en cada período.

Cuando sea factible la estimación anticipada de estas unidades, el procedimiento descrito resulta ideal.

La única desventaja del procedimiento radica en la imposibilidad física de determinar el número de unidades probables de producción de un activo fijo.

#### V.1.f Ejemplo

##### A) Método de Línea Recta.

Valor original	\$ 250.000.00
Valor de desecho	10.000.00
Valor a depreciar	240.000.00
Vida útil probable	10 años

$$\text{depreciación anual} = \frac{\text{Vo} - \text{Vd}}{\text{vida útil}}$$

$$= \frac{250.000.00 - 10.000.00}{10 \text{ años}}$$

$$= \$ 24.000.00 / \text{año}$$

ANO	ANUAL	ACUMULADA	VALOR NETO
1	24,000.00	24,000.00	226,000.00
2	24,000.00	48,000.00	202,000.00
3	24,000.00	72,000.00	178,000.00
4	24,000.00	96,000.00	154,000.00
5	24,000.00	120,000.00	130,000.00
6	24,000.00	144,000.00	106,000.00
7	24,000.00	168,000.00	82,000.00
8	24,000.00	192,000.00	58,000.00
9	24,000.00	216,000.00	34,000.00
10	24,000.00	240,000.00	10,000.00

B) Método de Utilidades Probables de Producción.

Con los datos anteriores y suponiendo que la vida útil del activo es para 120,000 unidades de producción.

$$\text{Depreciación por unidad} = \frac{V_o - V_d}{U.P.P.} = \frac{240,000.00}{120,000.00} = 2.00$$

ANO	UNIDADES PRODUCIDAS	DEPRECIACION ANUAL	DEPRECIACION ACUMULADA	VALOR NETO
1	8,000.00	16,000.00	16,000.00	234,000.00
2	10,000.00	20,000.00	36,000.00	214,000.00
3	12,000.00	24,000.00	60,000.00	190,000.00

4	15,000.00	30,000.00	90,000.00	160,000.00
5	14,000.00	28,000.00	118,000.00	132,000.00
6	17,000.00	34,000.00	152,000.00	98,000.00
7	16,000.00	32,000.00	184,000.00	66,000.00
8	15,000.00	30,000.00	214,000.00	36,000.00
9	13,000.00	26,000.00	240,000.00	10,000.00

Sobre la base de horas trabajadas, seguiríamos un procedimiento similar, obteniéndose una cuota por cada hora trabajada.

## V.2 INTERESES

El cargo por intereses en algunas ocasiones se le llama cargo por inversión, principalmente para definir la naturaleza de este factor que influye en el costo horario, lo que quiere decir que toda inversión que se hace en bienes de producción, tiene un costo el cual es derivado del uso del dinero. Quizá una forma más clara de presentar este cargo sería señalado que si en lugar de invertir en maquinaria de construcción se ahorra la misma cantidad en una financiera, este capital redeviría en interés de acuerdo con las tasas oficialmente aceptadas o por otra parte si se tiene que recurrir a una institución financiera para comprar el equipo sería necesario pagar una cantidad en efectivo por el uso de dinero, representativo del interés que la Banca cobra por financiar la adquisición de bienes de producción.

### V.2.a Métodos de Cálculo de Capital Medio Invertido

La determinación de la tasa que debe utilizarse para calcular este cargo por inversión es variable de acuerdo con el negociamiento de los créditos, la cual se aplica al valor medio del capital invertido durante la vida económica de la maquinaria. En este aspecto, las bases y normas para la contratación de obras públicas señalan que el capital medio invertido es igual a:

$$\frac{V_a + V_r}{2}$$

donde:

$V_a$  = Valor de adquisición

$V_r$  = Valor de rescate

Que resulta en realidad una forma sencilla y práctica para calcular el capital medio invertido.

En algunos casos se utiliza la expresión:

$$\frac{n + 1}{2n} V_a$$

donde:

$n$  = número de años de utilización de la máquina.

La Asociación de Contratistas Generales de los Estados Unidos (libro amarillo) últimamente considera que la fórmula que debe usarse para calcular el capital medio invertido es como sigue:

$$\frac{(n+1) + s(n+1)}{2n} V_a$$

donde:

$s$  = valor de rescate en decimales



## V.2.b Cálculo del Cargo por Inversión

La tasa de interés varía de un país a otro y con el tipo de moneda que se utilice. Cuando las operaciones financieras se hacen en dólares o en monedas muy sólidas, la tasa es menor que cuando se utilizan monedas inestables y pudiendo estar sujetas a una posible devaluación.

A los valores medios del capital invertido derivados de cualquiera de las expresiones señaladas anteriormente se les aplica la tasa anual correspondiente y se obtiene el cargo anual por inversión, la cual dividido entre el número de horas que la máquina trabaja por año, arroja el cargo horario por este concepto.

## V.2.c Ejemplo

Se realiza una inversión de \$1'000,000.00 en la compra de una rompedora y su valor de rescate es del 10 % con un periodo económico de 5 años.

Obtener con las distintas fórmulas, el valor del capital medio.

Primer caso:

$$\frac{\$1'000,000.00 + \$100,000.00}{2} = \$550,000.00$$

Segundo caso:

$$\frac{5 + 1}{2} \times 5 \times \$1'000,000.00 = \$600,000.00$$

Tercer caso:

$$\frac{(5 \times 1) + 0.1(5-1)}{2 \times 5} \times \$1'000,000.00 = \$640,000.00$$

Como se observa, según el método que se utilice, se obtienen diferentes valores del capital medio invertido. Sin embargo, si en el segundo caso "n" fuera meses o días en lugar de años, el resultado tiende a 0.5, lo cual lo hace similar al primer caso cuando el valor de rescate es igual a cero.

Aparentemente se está estudiando la posibilidad de modificar las bases y normas para la contratación de obras públicas de tal modo que se acepte utilizar el segundo caso para el cálculo de los capitales medios invertidos.

### V.3 SEGUROS

En este concepto deben incluirse todos aquellos cargos resultantes por el aseguramiento de la maquinaria de construcción con empresas dedicadas a este propósito, pero también se puede considerar el autoaseguramiento o sea que la propietaria del equipo acepte todos los riesgos derivados por el transporte y el uso de las máquinas en lugar de pagar los servicios a terceras personas.

Los tipos de seguro que deben tomarse en cuenta son aquellos que protegen al equipo de construcción en los siguientes casos:

- Transporte y maniobras de carga y descarga.
- Uso del equipo en la construcción.
- Responsabilidad civil derivada de los daños a terceras personas.

El cargo horario por seguros, debe definirse en función al capital medio invertido calculado con cualquiera de los tres casos mencionados anteriormente, aplicando a este valor la tasa o prima anual que cobran las empresas aseguradoras y dividiéndolo entre el número de horas que la máquina trabajen al año.

En términos generales el seguro por el uso del equipo de construcción tiene una prima del orden del 1.5 % más un 7 % de

impuesto sobre el importe de la prima y además una cuota fija, relativamente baja, que cobran las empresas por contratar el seguro. La tasa correspondiente al aseguramiento de las máquinas durante su transporte, maniobras, carga y descarga es de un 0.18 % anual y en el caso de responsabilidad civil y de acuerdo con los riesgos que se estipulan será necesario pagar cuotas adicionales incrementándose éstas por el impuesto. Por todo lo anterior es conveniente considerar una prima anual del 2 % sobre el capital medio invertido para calcular este cargo.

Los riesgos más frecuentes contra los cuales se adquiere este seguro, son los de transportación, robo, incendio, colisiones, volcaduras, rayos, explosiones, daños a propiedad ajena, etc. Lo difícil de asegurar, son riesgos inesperados como pudieran ser guerras, devaluaciones, y en general, todos aquellos actos que definitivamente son imprevisibles y en los cuales no se puede valorar el importe de los daños.

Es cien por ciento recomendable que no se pretenda ahorrar en este renglón, sino al contrario, debe establecerse una política sana de aseguramiento de las máquinas y evitar con esto, circunstancias imprevistas que puedan lesionar seriamente la economía de una empresa constructora.

#### V.4 MANTENIMIENTO

Este cargo corresponde a las reparaciones mayores y menores que se le hagan a la máquina durante toda su vida económica para mantenerla en condiciones eficientes de trabajo y comprende reparaciones de campo y en taller realizadas por el prioritario del equipo o en talleres ajenos. También es muy frecuente considerar el llamado mantenimiento preventivo que permitirá que la máquina siga trabajando sin pérdidas de tiempo evitando con esto un deterioro anticipado y quizá en algunos casos eliminar deficiencias en los procedimientos de construcción cuando trabaje en dependencia con otras máquinas.

Las bases y normas para la contratación de obras públicas señalan que este cargo debe hacerse en función de la depreciación mediante la aplicación de un coeficiente que es variable según el tipo de máquina y la modalidad de la obra, pues

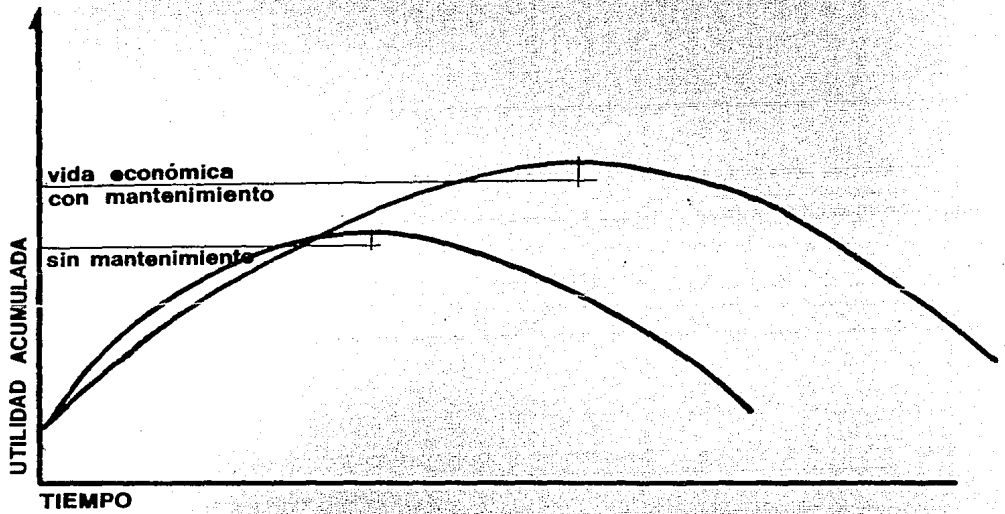


FIGURA 5.2

COMPARATIVA DE UTILIDADES  
Fernando E. Romero A.  
Tesis Profesional

será muy diferente el mantenimiento cuando se trabaja en condiciones ligeras.

$$M = Q \times \text{Dep.}$$

Para la aplicación de este coeficiente, los diversos tratadistas que han hecho estudios en este aspecto nos presentan valores numéricos que más o menos tienen semejanza con la realidad, pero se considera que la mejor forma de determinar los cargos por mantenimiento será mediante un cuidadoso registro de todos los gastos que se hagan en este sentido como son mano de obra, refacciones, materiales, transportes, instalaciones y pagos a talleres ajenos.

El "libro amarillo" ofrece coeficientes para calcular el costo de las reparaciones y además indica que de éstos, el 35 % es mano de obra, el 45 % refacciones, el 8 % talleres, el 8 % transportes y el 4 % por reparaciones en talleres ajenos. Adicionalmente señala que en el caso de equipo usado todos estos gastos deberán incrementarse en un 25 % y si se trata de trabajos muy severos, añadirse un 30 %.

## V.5 CONSUMOS

Los cargos por consumos son las erogaciones que provienen del uso de:

- 1) Fuentes de energía motriz requeridas como son: combustible diesel o gasolina, electricidad, aire comprimido, vapor de agua, geotérmica, nuclear, etc.
- 2) Aceites lubricantes para el carter del motor, transmisión, mandos finales, sistemas hidráulicos y grasas.
- 3) Llantas, cuyo importe debe deducirse del valor de adquisición de las máquinas para que puedan manejarse, como elementos de consumo.
- 4) Piezas de desgaste rápido, que no están incluidas en el cargo por mantenimiento.

-----

                  TABLA PARA EL CALCULO DE CONSUMOS

-----

CONCEPTO	CARGO
<b>COMBUSTIBLES</b>	
Gasolina	$0.277 \times \text{HP} \times \text{Pc}$
Diesel	$0.151 \times \text{HP} \times \text{Pc}$
Gasolina (motor de arranque de máquina diesel)	$0.002 \times \text{HP} \times \text{Pc}$
Eléctrico	$0.653 \times \text{HP} \times \text{Pkwh}$
<b>LUBRICANTES</b>	
Aceite motor diesel	$0.0034 \times \text{HP} \times \text{Pl}$
Aceite motor gasolina	$0.0023 \times \text{HP} \times \text{Pl}$
Aceite hidráulico	$0.0009 \times \text{HP} \times \text{Pl}$
Grasa	$0.001 \times \text{HP} \times \text{Pg}$
<b>VARIOS</b>	
Llantas	$\text{Vll} / \text{Hv}$
Piezas especiales de desgaste	$\text{Vp} / \text{Hv}$

-----

**NOTAS:**

HP	= Potencia nominal del motor
Pc	= Precio del combustible
Pkwh	= Precio del kilowatt-hora
Pl	= Precio del lubricante
Pg	= Precio de la grasa
Vll	= Precio de las llantas
Vp	= Precio de las piezas especiales
Hv	= Vida económica en horas

En la tabla anterior se presentan datos para calcular los consumos en caso de carecer de experiencias propias.

El cargo por combustibles (E), se representa por:

$$E = C \times P_c$$

donde:

C = Cantidad de combustible necesario por hora efectiva de trabajo.

P<sub>c</sub> = Precio del combustible, que puede ser gasolina o diesel.

La expresión anterior puede aplicarse también a la energía motriz, que se requiera para los motores accionados por electricidad o aire comprimido.

Por lo que se refiere a lubricantes, la fórmula que se utiliza para determinar este cargo (A), es:

$$A = A_l \times P_l$$

donde:

A<sub>l</sub> = Cantidad de aceite lubricante necesario por hora efectiva de trabajo, que debe incluir los consumos durante la operación de la máquina y los cambios periódicos de aceite.

P<sub>l</sub> = Precio de lubricantes puesto en la máquina.

Cuando se trabaja con motores eléctricos, se debe tomar en cuenta la eficiencia que tienen para convertir la energía eléctrica en mecánica.

Los factores que influyen en la eficiencia de un motor eléctrico, en términos generales son los siguientes:

- 1) Porcentaje de potencia utilizada con respecto a la potencia nominal.
- 2) Diseño mecánico y electromecánico.
- 3) Altura sobre el nivel del mar.
- 4) Tipo de motor y características del par de arranque.
- 5) La edad de la máquina.

La cantidad de energía consumida (E), en kilo-watts-hora (KWH) es como sigue:

$$E = 0.653 \times \text{HPn}$$

donde:

HPn = Potencia nominal en caballos de potencia.

Cuando se utilizan máquinas accionadas con motores de aire comprimido, se podría calcular el cargo en forma semejante conociendo el consumo de aire comprimido por hora efectiva de trabajo y aplicándole el precio correspondiente. Sin embargo, en estos casos por regla general, el aire comprimido se produce mediante compresores que a su vez están accionados por un motor de combustión interna o eléctrica.

Uno de los cargos más importantes en relación a los consumos es el que deriva por el uso de llantas o neumáticos, que representan una parte substancial del precio del equipo nuevo, y que deben depreciarse a un ritmo más acelerado que la máquina.

La vida económica de las llantas se determina de acuerdo con experiencias directas para distintos equipos y condiciones de trabajo, teniendo una vida básica de las llantas que es de 6,000 horas. Su duración depende de siete condiciones, que son :

- 1) Velocidad
- 2) Superficie de rodamiento



- 3) Posición de las ruedas
- 4) Capacidad de carga del equipo
- 5) Grados de curvatura
- 6) Pendientes longitudinales
- 7) Combinaciones de las anteriores.

Se puede calcular el cargo de llantas (L1), en forma precisa, de la siguiente manera:

$$L1 = \frac{\text{Precio de llantas}}{\text{Vida económica de llantas}}$$

Finalmente, el último cargo por consumos (Pe), que es el relativo al de elementos de desgaste rápido se calcula mediante la expresión siguiente:

$$Pe = \frac{Vp}{Hr}$$

donde:

Vp = Valor de adquisición de piezas especiales de desgaste rápido.

Hr = Horas de vida económica de las piezas especiales de desgaste rápido.

Para tomar en cuenta este cargo se debe considerar que no haya sido incluido en los cargos fijos, y que las piezas especiales estén sujetas a condiciones severas de trabajo que producen un deterioro superior al normal, por ejemplo: cuchillas y gavilanes de la hoja de un tractor que continuamente estuviera trabajando en roca, o casquillos de un desgarrador en condiciones semejantes. Otros elementos de desgaste rápido, pudieran ser mangueras, brocas, acero de barrenación, etc., siempre que estos elementos no estén considerados en el precio unitario como consumo de materiales.

## V.6 OPERACION

El cargo por operación de equipo se refiere a los salarios de los operadores y ayudantes incluyendo todas las prestaciones que señalan las leyes correspondientes, las cuales transformadas a valores horarios forman parte del costo por hora efectiva de las máquinas.

Sería muy deseable que desde el momento en que se adquiere una máquina, hasta la época en la cual se reemplace, se venda o llegue al término de su vida económica, siempre la manejará el mismo operador y en esta forma no sólo tendríamos garantía de un correcto manejo, sino también un mejor y más adecuado mantenimiento. Esta situación se presenta en muy pocas ocasiones dado el carácter aleatorio de la Industria de la Construcción y además porque nuestros trabajadores, sin menoscabo de su calidad, son de carácter inquieto y por razones muy ajenas a la construcción tiende a desplazarse a lo largo del territorio en donde exista trabajo.

El equipo siempre deberá contar con una persona que lo maneje y atienda, tanto en las horas de trabajo como en el resto del tiempo y nunca deberá quedar una máquina sin el operador correspondiente, de tal suerte que se pueda afirmar que el cargo por operación del equipo sería el cociente de dividir las percepciones totales del personal durante la vida económica de la máquina, entre el número de horas efectivas en el mismo periodo. Adicionalmente, siempre existirán remuneraciones distintas a las señaladas por la ley, como son las bonificaciones que en mayor o menor grado deben otorgarse y sin las cuales faltaría el incentivo que motiva a lograr la máxima producción durante el desarrollo de los trabajos. Cuando se carece de este aliciente se refleja muy claramente en una disminución en el rendimiento de las máquinas.

Otra erogación que no debe escatimarse es la originada por la capacitación, para elementos especializados y aquéllos que por sus aptitudes naturales pueden formar parte de las futuras cuadrillas de operación. Estas inversiones frecuentemente se desprecian y como consecuencias, se pierde la seguridad de contar con personal adecuado y oportuno que redundaría en beneficio de la propia organización, no obstante que no existe una recuperación directa.

En gran parte de la industria de la construcción y en particular a lo que se refiere a la pesada, tiene una gran influencia la utilización de la maquinaria, y como consecuencia, la necesidad de contratar personal de operación, por lo que aparte de cumplir con los requisitos legales en materia de salarios y otorgamiento de bonificaciones, es muy conveniente proporcionar el máximo de incentivos para lograr retener al personal capacitado, para ello es recomendable que, además de los cursos de capacitación continuos, se atiendan aspectos de servicios adecuados en los campamentos, comedores, dormitorios, actividades recreativas, etc., tanto para los operadores como para sus familiares, concretamente ofreciéndole un trato diferencial para arraigarlos. A la fecha se acostumbra considerar a los operadores como eventuales y contratarlos por obra determinada, cuando en realidad los que han mostrado interés y capacidad suficiente deberían integrarse como personal de planta, como lo son los empleados administrativos y técnicos. En esta forma, es probable que mucho elemento humano que actualmente se estanca en las ciudades percibiendo bajos salarios en trabajos de tipo administrativo, se vería motivada para que, terminado su primaria o secundaria, tomara un curso corto de operación de maquinaria y saliera al campo a cubrir ese déficit que existe siempre en la industria de la construcción.

#### V.7 MAQUINARIA EN OCIO

El costo de la maquinaria siempre se calcula en función del trabajo efectivamente realizado, sin embargo, en muchas ocasiones se requiere integrar lo que cuesta un equipo en ocio, debido a que no puede trabajar o retirarse por razones ajenas al propietario del equipo, y que deben estar presentes en la obra, como es el caso de trabajos de emergencia, de suministro inoportuno de recursos o datos de: proyecto, o cuando se requiere tener máquinas de acarreo inactivas durante el tiempo de espera para los colados de concreto, etc.; en fin, habrá muchas ocasiones en que se requiera calcular el costo horario de las máquinas en ocio.

De acuerdo con la nomenclatura establecida, el costo en ocio sería igual a los cargos fijos por hora, sin embargo, se considera que esto no es absolutamente cierto, pues tampoco puede eliminarse al cargo por salarios de operación salvo en el caso

que los salarios estén ya considerados en las horas efectivas de trabajo.

El mantenimiento, quizá, pueda eliminarse cuando sean breves los periodos en que está ociosa la maquinaria; los consumos definitivamente no gravan a una máquina en ocio.

Concretamente un criterio para calcular costos horarios de equipo en ocio, sería:

- 1) Para efectos de la depreciación se puede considerar el plazo fiscal de amortización, puesto que en una máquina estacionada se está depreciando por razones de obsolescencia e inflación. En ocasiones se acepta solamente un porcentaje de la depreciación establecida, aspecto que es muy discutible.
- 2) Los cargos por intereses, seguros e impuestos en su caso siempre gravan a las máquinas en ocio.
- 3) El mantenimiento deberá incorporarse al cargo por hora ociosa cuando los periodos en que no se trabaja son más o menos prolongados. En caso contrario solamente deberá tomarse en cuenta el mantenimiento menor.
- 4) No existen cargos por consumos.
- 5) Debe incluirse el salario del operador a excepción de que se hubiera considerado en los costos por hora efectiva.

## COMENTARIOS

En este tema, hemos tratado los diferentes puntos que comprenden un costo horario.

Estos conceptos son de suma importancia, debido a que en la mayoría de los casos, los costos horarios se calculan sin realmente tener conciencia de todo lo que implican, desde la depreciación hasta la operación.

El último subtema es, a mi juicio, básico, ya que tener una máquina en ocio, es pagar por no producir, lo que es un despilfarro. En los casos en que es necesario, se programa el equipo en ocio, para garantizar la terminación oportuna de los trabajos, y no tener maquinaria ociosa más tiempo del requerido.

# TEMA 6

## REEMPLAZO DE EQUIPO COMO ACTIVO FIJO

## T E M A VI

### REEMPLAZO DE EQUIPO COMO ACTIVO FIJO

---

#### VI.1 IMPORTANCIA DE LOS PROYECTOS DE REEMPLAZO

La formulación de una política racional de reemplazo de maquinaria puede ser determinante para la evolución tecnológica y económica de una empresa.

Si el reemplazo es pospuesto más allá de un tiempo razonable, la empresa puede encontrarse con que sus costos de producción se elevan al grado de que le hacen perder competitividad en el mercado. Esto se debe a que los costos que realizamos en conceptos como reparaciones, cada vez van en aumento y su valor de venta es cada vez menor.

Sin embargo, también un reemplazamiento prematuro o indebido origina en la empresa una disminución de su capacidad de

emprender proyectos de inversión más rentables. Quedará más claro cuando veamos las siguientes gráficas.

## VI.2 FACTORES QUE DETERMINAN

### EL REEMPLAZO

Las principales causas que provocan que un equipo sea reemplazado son:

- El deterioro físico.
- El cambio de necesidades.
- La obsolescencia.

#### VI.2.a El Deterioro Fisico

El uso de un equipo provoca su deterioro a través del tiempo, esto trae como consecuencia elevación de los costos por causas:

- 1.- Pérdidas de tiempo debidas a descomposturas cada vez más frecuentes.
- 2.- Por mayor consumo de combustible o de energia.
- 3.- Por pérdida de potencia o eficiencia.
- 4.- Reparaciones mayores.
- 5.- Etcétera.

#### VI.2.b El Cambio de Necesidades

Cuando existe un cambio del tipo de trabajo por efectos



de la demanda, puede ocasionar que una máquina que se tenga, resulte insuficiente o sobrada para atender la carga de trabajo a la que está sometida. Este sería el caso de un compresor de 600 PCM que se encuentra trabajando con dos rompedoras neumáticas porque no haya trazo para más; o una retroexcavadora compactando una zanja con el cucharón.

### VI.2.c Obsolescencia

Cuando en el mercado aparecen innovaciones tecnológicas en el tipo de equipo que se utiliza en una empresa, esta ve incrementados sus costos de oportunidad. Es decir el costo que se puede ahorrar si compra el nuevo activo que es más eficiente.

### VI.3 LA VIDA

#### ECONOMICA

La vida económica de un activo fijo, en este caso un equipo de construcción, es el periodo de tiempo que transcurre desde que dicho activo entra en operación hasta que se alcanza la maximización de las utilidades generadas por el mismo, tal y como se muestra en la figura 6.1.

Existen realmente dos tipos de problemas relacionados con la vida de la máquina que influyen en las más importantes decisiones relacionadas con la misma:

- Del equipo que ya se tiene.
- De los reemplazos futuros.

El primero es un problema de sustitución del equipo que ya no es suficientemente rentable para la empresa. El segundo es un problema de estimación de la vida económica con el objeto de determinar cuanto tiempo conviene retener el activo.

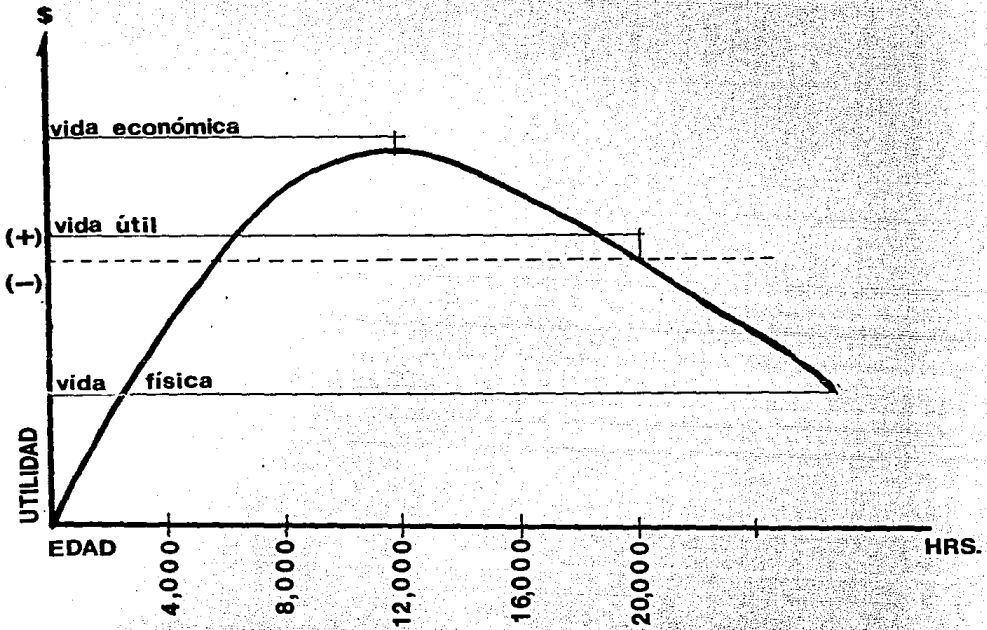


Figura 6.1

**VIDA DEL EQUIPO**  
**Fernando E. Romero A.**  
**Tesis Profesional**

La estimación de la vida económica puede resultar muy útil también para los siguientes propósitos:

- Establecer políticas de reemplazo.
- Estimar costos de operación.
- Planear actividades futuras de la empresa.

#### VI.4 FACTORES QUE DETERMINAN LA VIDA ECONOMICA

La vida económica de un equipo es función de los patrones de variación que a través del tiempo tienen los costos siguientes:

- De operación en efectivo.
- De oportunidad por descomposturas y pérdidas de productividad.
- De oportunidad por obsolescencia.
- De propiedad del activo.

La variación de estos costos a lo largo del tiempo se representa gráficamente en la figura 6.2, donde se observa que los tres primeros aumentan con el tiempo con lo que acortan la vida económica. El último disminuye con el tiempo por lo que tiende a alargar la vida económica.

La vida económica queda determinada por el tiempo en el cual la suma de los costos anteriores se minimiza.

##### VI.4.a Costos de Operación en Efectivo

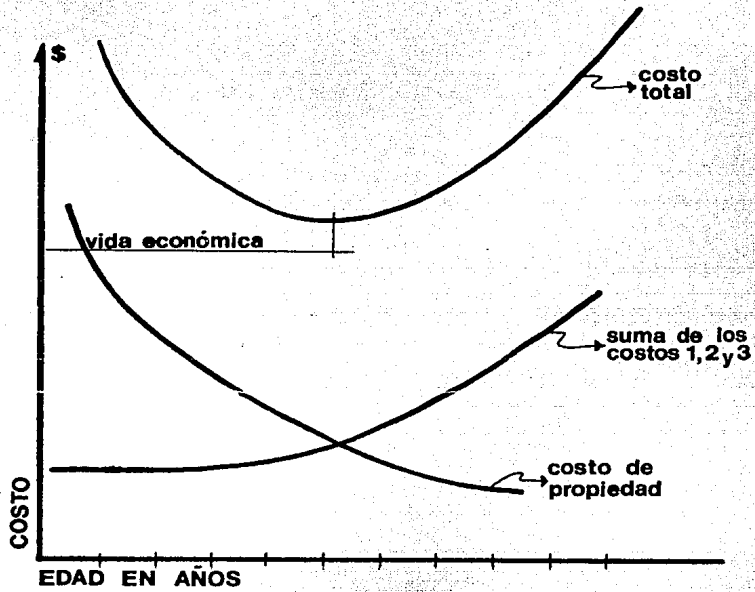


Figura 6.2

**VARIACION DE COSTOS**  
**Fernando E. Romero A.**  
**Tesis Profesional**

Estos costos incluyen los cargos de consumos de combustibles, lubricantes, energía y otros, mano de obra y materiales de operación y mantenimiento rutinario, materiales y mano de obra de reparaciones y mantenimiento preventivo y los costos indirectos variables de talleres.

Los costos de operación en efectivo no deben incluir los cargos por depreciación e intereses ya que estos se encuentran dentro de los costos de propiedad. Se deben añadir en este renglón todos los costos en efectivo que dependan de la edad de la máquina.

#### **VI.4.b Costos de Oportunidad por Descompostura y Pérdida de Productividad.**

Se incurre en estos costos cuando un equipo no opera por problemas de descomposturas que hacen necesario sustituirlo temporalmente por otro de la propia empresa o rentado. También se cae dentro de estos costos cuando, por efecto del deterioro físico del equipo, este pierde productividad.

En el primer caso puede determinarse el costo de oportunidad en base a las estadísticas de tiempo hábil perdido por reparaciones y mantenimiento. El segundo en base a los reportes de rendimiento de la máquina.

#### **VI.4.c Costos de Oportunidad por Obsolescencia.**

El Avance tecnológico en los nuevos modelos de maquinaria, puede poner en desventaja a aquéllas que se encuentran en uso, cuando los nuevos modelos resultan más eficientes en la realización del mismo tipo de trabajo.

Estos costos probablemente son los que presentan mayor problema en su estimación, ya que es muy difícil predecir los cambios tecnológicos que se presentarán en un determinado tipo de equipos. Sin embargo, se han desarrollado modelos matemáticos que permiten expresar algebraicamente las tendencias en las variaciones de estos costos.

#### VI.4.d Costos de Propiedad del Equipo.

En este estudio se considera que el costo de propiedad esta compuesto por dos cargos:

- El debido a los intereses sobre la inversión realizada al adquirir la maquinaria.
- La depreciación de la misma.

Si se desea, pueden incluirse en este costo todos aquellos gastos que varían con el tiempo y son debidos a la posesión de un equipo como las tenencias, los seguros, etc.

#### VI.5 METODOS UTILIZADOS EN EL REEMPLAZO DE EQUIPO

Existen diferentes métodos para definir el reemplazo de una máquina.

##### VI.5.a Método de Comparación Simple.

Se utiliza en el caso, muy particular, que se presenta cuando nos enfrentamos a la alternativa de invertir una cantidad importante en mantenimiento no planeado para que una máquina siga trabajando, o venderla y adquirir una nueva que ejecute el trabajo.

##### VI.5.b Método de los Costos Promedios Acumulados.

Se acostumbra usar cuando queremos determinar el tiempo óptimo de reposición, o sea, al cabo de cuantos años habremos de venderlo para comprar uno nuevo.

Se requieren datos estadísticos sobre gastos de mantenimiento que haya sufrido algún equipo similar. También es necesario fijar un ritmo de depreciación. De este modo podemos realizar una tabla observando los costos esperados por año, logrando así obtener en que año debemos cambiarlo.

#### VI.5.c Método del Valor Actualizado

En los métodos anteriores se omite el tiempo en el que se gasta el dinero; lo cual no es correcto si pensamos que en algunas ocasiones habremos de pedirlo prestado y en otras nos abstendremos de utilizarlo en otro campo de actividad económica; en ambos casos es necesario considerar un interés que represente "el costo del dinero".

Este método desarrolla primeramente las fórmulas que permiten actualizar las cantidades que intervienen, ya sea como ingresos o egresos, durante la vida útil del equipo de construcción que estemos analizando.

## COMENTARIOS

La reposición o reemplazo de maquinaria en el momento económicamente oportuno, es uno de los problemas con que invariablemente se enfrentan las dependencias oficiales y empresas privadas poseedoras de equipo.

Sin lugar a dudas, la tendencia general de los propietarios de maquinaria, es reemplazarla en función de una serie de circunstancias que, la mayoría de las veces, nada tiene que ver con un estudio cuidadoso sobre la determinación del momento óptimo de reemplazo.

Por eso quise enfatizar con las gráficas, el hecho de reemplazar el equipo en el momento adecuado, antes sería desaprovechar la inversión, y después perder por los altos costos.



# TEMA 7

## CONCLUSIONES

## T E M A VII

### CONCLUSIONES

---

Se puede analizar el tema de esta tesis, desde el punto de vista de empresarios o responsables de la propiedad del equipo y, por otro lado, como ingenieros.

No necesariamente un buen ingeniero es un buen empresario y, sin embargo, la mayoría de las compañías constructoras funcionan con esa dualidad.

Actualmente, para subsistir, se necesita de la técnica, del conocimiento de los elementos que intervienen en la construcción y se requieren dotes de empresarios para poder valorar todos los factores que nos llevan al éxito o al fracaso y que unidos a la experiencia de los que nos han precedido, nos capaciten no sólo para provecho nuestro, sino de la comunidad en que vivimos.

Se requiere, y mucho se ha hablado de ello, el tener elementos capacitados, como empresarios, ingenieros, mecánicos y operadores que no sean improvisados sino que tengan los conocimientos técnicos de lo que representa el cuidado, mantenimiento y operación del equipo.

La posesión de maquinaria implica el conocimiento de la misma, desde su adquisición, para el fin al que se le destina y a las responsabilidades que su uso y manejo traen aparejadas, en cuanto al desarrollo de los trabajos que se nos encomiendan, para lograr su máxima utilización.

La utilidad disminuye al ejecutar menor volumen de obra, que puede deberse a falta de trabajo o en el caso peor a la falta de un mantenimiento y reparación oportuna y adecuada del equipo.

De lo anterior, se desprende la obligación que tenemos como ingenieros de conocer la realidad de lo que puede esperarse del empleo de máquinas, en cuanto a su eficiencia y a lo que significa ésta, en la interpretación del costo.

Ya no en función de empresario, sino de ingeniero, conviene meditar en el incremento que sufre el costo de obra, por paros de máquinas, cuando esto se debe a una condición mecánica, por falta de previsión, por descuido o mal mantenimiento.

Es impresionante la cantidad de dinero que en máquinas, está bajo la responsabilidad del superintendente y debe mantenerlas trabajando eficientemente.

La buena conservación, la que debe ser rutinaria, es la que produce los más bajos costos de conservación.

El superintendente debe ver de que su almacén tenga lo necesario, así como que su equipo de mecánicos tengan todas las herramientas a la mano. Debe tener comunicación constante con sus operadores y conocer sus problemas.

Es necesario conocer todo lo referente a los costos que implica el tener un equipo, ya que de este modo podremos lograr maximizar la producción y/o disminuir el costo. Debemos tratar de lograr:

- Incrementar la vida económica de la máquina.
- Disminución del costo de reparaciones.

- Disminución de costo por máquina parada.
- Incrementar las horas disponibles.
- Incrementar su valor de rescate.

Es necesario tener una política en lo que se refiere al reemplazo de equipo. Como ya vimos, la iniciación de un nuevo trabajo, las oportunidades que se presentan en el mercado de maquinaria y el tener capital extra disponible, son algunos de los factores que pueden influir para que un propietario decida reemplazar el equipo que posee; esto ocasiona, la mayoría de los casos, una pérdida de inversión, por reemplazar el equipo antes de haber alcanzado la recuperación máxima. Por otra parte, una política contraria a la anterior; retener la máquina por tiempo indefinido, evidentemente conllevará gastos excesivos de mantenimiento.

El problema de reemplazo de equipo ante estas dos posibilidades, deberá enfocarse hacia la determinación de un punto de equilibrio, donde los costos acumulados sean mínimos o donde el rendimiento de la inversión sea máxima tomando en consideración la influencia que tienen todos los factores que intervienen durante la vida económica de la maquinaria.

## B I B L I O G R A F I A

---

- 1.- MOVING THE EARTH  
Herbert L. Nichols jr.  
North Castle Books  
1963
- 2.- MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN OBRA  
Ing. José Luis Sandoval Rocha  
Maquinaria Túnel, S.A. de C.V.  
1986
- 3.- EQUIPO DE CONSTRUCCION, TOMO II  
División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional Autónoma de México  
1983
- 4.- EQUIPO DE CONSTRUCCION, TOMO III  
División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional Autónoma de México  
1983
- 5.- ADMINISTRACION DE LA MAQUINARIA  
Ing. Armando Villagómez Gordillo  
Construcciones, Conducciones y Pavimentos, S.A. de C.V.  
1986
- 6.- CONSERVACION PREVENTIVA DE LAS MAQUINAS Y EQUIPO DE  
CONSTRUCCION  
Cámara Nacional de la Industria de la Construcción  
Cámara Nacional de la Industria de la Construcción  
1971