

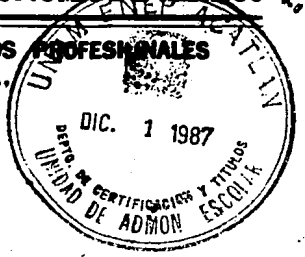
TESIS CON:
FALLAS DE ORIGEN

291



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"**



**USO Y SELECCION DE EQUIPO PESADO
UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

LEOBARDO ALEJANDRO AGUILAR ZAMBRANO

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.

" USO Y SELECCION DE EQUIPO PESADO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCION "

		<i>Página:</i>
	<i>Introducción</i>	<i>1</i>
<i>CAPITULO I</i>	<i>Clasificación y campos de aplicación del equipo pesado</i>	<i>2</i>
	<i>Tractores</i>	<i>2</i>
	<i>Bulldozer y variantes</i>	<i>11</i>
	<i>Hojas topadoras</i>	<i>18</i>
	<i>Arado desgarrador</i>	<i>31</i>
	<i>Cargador frontal</i>	<i>40</i>
	<i>Equipo de acarreo</i>	<i>60</i>
	<i>Motoriveladoras</i>	<i>75</i>
	<i>Retroexcavadoras</i>	<i>79</i>
	<i>Equipo de compactación</i>	<i>85</i>
<i>CAPITULO II</i>	<i>Factores que intervienen en la selección del equipo pesado</i>	<i>96</i>
	<i>Clasificación de los suelos</i>	<i>96</i>
	<i>Métodos de sondeo y exploración</i>	<i>104</i>
	<i>Factores técnicos</i>	<i>108</i>
	<i>Factores económicos</i>	<i>121</i>
<i>CAPITULO III</i>	<i>Descripción de los métodos de selección del equipo pesado</i>	<i>126</i>
<i>CAPITULO IV</i>	<i>Perspectivas futuras del equipo pesado</i>	<i>134</i>
	<i>Conclusiones</i>	<i>137</i>
	<i>Bibliografía</i>	<i>138</i>

Introducción:

El principal problema a resolver al planear la ejecución de una obra en donde se requiere el uso de maquinaria pesada, es seleccionar el equipo adecuado para atacar dicha obra.

Se deben tomar en cuenta una serie de factores que pueden variar mucho aún y cuando se trate de obras muy parecidas, esto es que, aún cuando se construyan 2 presas de características similares en una misma zona, no necesariamente se requerirá el mismo equipo ó procedimiento constructivo para su ejecución.

El ingeniero que se ocupa del "Movimiento de Tierras" debe anticipar el equipo a utilizar en dicho proceso y esto lo realiza tomando en cuenta las diferentes combinaciones de máquinas disponibles, que en conjunto, producirán la obra de acuerdo al diseño.

A pesar de no contar con una clasificación que defina al equipo estándar del equipo especial ya que dependiendo del tipo y la magnitud de la obra se caerá en uno u otro caso, en el desarrollo del tema se tratará el equipo que es más común utilizar como es el caso de las tractores, sus variantes y equipo auxiliar, equipo de acarreo (escrapas y camiones), motor niveladoras, retroexcavadoras y equipo de compactación. En cada caso se establece en los trabajos que pueden ejecutar así como los rendimientos que de ellos podemos obtener.

Tomando en cuenta que el equipo a tratar se destina al trabajo del suelo y al transporte y acarreo de tierra y materiales es conveniente estudiar primero el material que se va a excavar, cortar, desplazar, ó apisonar determinando su clasificación, antes de la construcción y para llevar a un buen término la misma, se debe efectuar un estudio geotécnico ya que la selección del equipo a utilizar se hará en gran parte, tomando en cuenta la información relativa a los distintos tipos de materiales que se van a trabajar.

Se tiene además de las características del material que se va a manejar, una serie de factores tanto técnicos como económicos que son de suma importancia para seleccionar el equipo adecuado a nuestros fines, aspectos que se deben tomar en cuenta para adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad, sin perder de vista los objetivos y limitaciones propias de la empresa ejecutora.

Por otra parte no se debe descuidar la oportuna actualización y renovación del equipo ya que de otra forma se tendrían serios problemas al tener que trabajar con equipo anticuado o incluso obsoleto.

Un punto indispensable para la mejor asimilación de los temas a tratar, es la ilustración de ellos por medio del desarrollo de ejemplos, por lo que se le da un especial interés al planteamiento de problemas que ayuden a tal fin.

CAPITULO I

Clasificación y Campos de Aplicación del Equipo Pesado.

A1.- TRACTORES.

Se denomina como tractor a una máquina autónoma, capaz de convertir la energía del motor a energía de tracción. Su principal objetivo es el de remolcar ó empujar otras máquinas ó materiales, por medio del sostén y maniobra de diversos equipos.

El tractor debe tener, entre otras, las siguientes características; robustez, manejabilidad, economía de funcionamiento y potencia adaptable al uso previsto. Se tiene dos tipos de tractores;

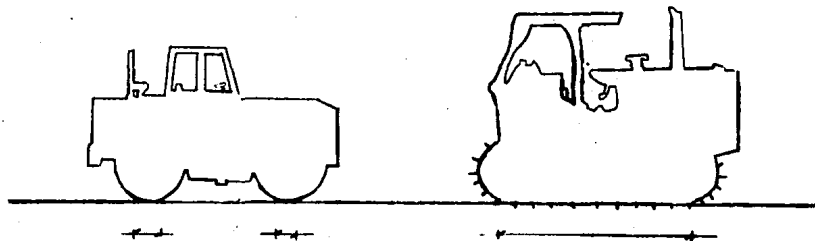
1).- Tractor sobre orugas.

2).- Tractor sobre neumáticos.

A.1.1.- Tractor sobre orugas.

La oruga es una banda de rodaje sin fin sobre la que engranan las ruedas motrices, está compuesta de zapatas de acero fijas a eslabones paralelos unidos entre sí por pernos.

En el tractor de orugas la superficie de contacto es mucho mayor y la tracción más eficaz, la oruga se adhiere al suelo y permite desarrollar esfuerzos de tracción muy superiores a los que permiten las ruedas solas.



Superficie de contacto entre el órgano de rodadura y el suelo.

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

La capacidad de un tractor está en función de su potencia y su peso. La potencia nos determina la fuerza tractiva disponible en el gancho ó barra de tiro y está afectada por la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie donde se desplaza la máquina y por la pendiente. El peso es muy importante, ya que la tracción máxima que puede proporcionar una unidad no exceda el producto del peso, por el coeficiente de tracción para la superficie del camino en particular, independientemente de la potencia que suministre el motor.

Coefficientes aproximados del factor de tracción en el suelo;

<i>material</i>	<i>Pneumáticos</i>	<i>Orugas</i>
Concreto rugoso seco	0.40	0.45
larga arcillosa seca	0.55	0.90
marga arcillosa mojada	0.45	0.70
marga arcillosa con surcos	0.40	0.70
arena seca	0.20	0.30
arena y grava mojada	0.40	0.50
Cantera	0.65	0.55
Carino de grava suelta	0.36	0.50
Nieve compacta	0.20	0.25
Tierra firme	0.55	0.90
Tierra floja	0.45	0.60
Carbón amoninado	0.45	0.60
Hielo	0.12	0.12

Los tractores de oruga reparten el peso de la máquina sobre una gran superficie de terreno. Por esta causa, la presión ejercida sobre el suelo es pequeña (varía de 0.3 a 0.6 kg/cm²) y de esta manera puede trabajar en terrenos poco consistentes y en caso de mal tiempo.

La anchura de las orugas varía de 18 a 72 cm según la potencia y el modelo del tractor.

Una oruga ancha no forzosamente es ventajosa, la naturaleza del suelo tiene una influencia considerable sobre el esfuerzo máximo de tracción que se puede obtener, por otra parte es difícil conducir un tractor de orugas demasiado largas ó demasiado anchas, en la laceria de una rotina las orugas demasiado anchas no permiten una buena posición de trabajo.

La velocidad de éstas máquinas es limitada ya que rara vez exceden los 11 Km/hr. en la máquina sobre orugas, el cambio de velocidad en marcha ocasiona una considerable pérdida de velocidad a causa de la resistencia de la oruga sobre el terreno.

Por otra parte la circulación por carretera se vuelve difícil por la degradación que causa la oruga en los revestimientos de las carreteras.

Las hojas de especificaciones que ofrecen los fabricantes, nos proporcionan las características para estimar correctamente la eficiencia de una máquina. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que todos los datos se basan en un 100 % de eficiencia en las operaciones, como ésto es algo que no se puede conseguir de modo consistente, ni aún en condiciones óptimas, se deben ajustar los resultados que se dan en las tablas mediante factores de corrección, para compensar el grado de eficiencia alcanzado, la holgura del operador, condiciones de los caminos de acarreo, altitud y otras razones que pudieran reducir la producción.

Otras razones menos directas, pero también importantes que aún y cuando no pueden expresarse en tablas ó gráficas deben tomarse en cuenta son; facilidad de servicio, seguridad, disponibilidad de partes y comodidades y facilidad de manejo que se brinda al operador.

A través de los años se vienen implementando mejoras a los modelos que si bien presentan algunas ventajas como son; mayor adaptabilidad, más potencia ó mayores velocidades en general conservan casi las mismas características como se puede apreciar en las siguientes tablas donde se indican las especificaciones de algunos tractores de orugas marca Caterpillar.

Especificaciones de Tractores de Orugas marca Caterpillar.

Características:

- 1).- Potencia al volante. (en HP y Kw).
- 2).- Peso de operación (en Kg).
- 3).- Modelo de motor.
- 4).- Revoluciones por minuto indicadas del motor.
- 5).- Número de cilindros.
- 6).- Contacto con el suelo de una zapata estándar (en m²).
- 7).- Largo total sin hoja (en mts.).
- 8).- Ancho con zapata estándar (en mts.).
- 9).- Altura sin partes superiores (en mts.).

Capacidades:

- 10).- Sistema de enfriamiento (en lts.).
- 11).- Torque de combustible (en lts.).
- 12).- Carter (en lts.).

Tipos y anchos de Hojas:

- 13).- Recta (en mts.).
- 14).- De giro Horizontal.
- 15).- Universal.
- 16).- De giro e inclinación con potencia.
- 17).- Remontiguada.

	D 3 ✓	D 3B ✓	D 4D ✓	D 4E ✓	D 5 ✓	D 5B ✓	D 6C ✓
1 HP	62.00	65.00	75.00	75.00	105.00	105.00	140.00
1 Kw	46.00	48.00	56.00	56.00	78.00	78.00	104.00
2	5967.00	6604.00	8554.00	8816.00	10500.00	11700.00	13910.00
3	3204	3204	3304	3304	3306	3306	3306
4	2400	2400	2000	2000	1750	1750	2000
5	4	4	4	4	6	6	6
6	1.12	1.12	1.22	1.22	1.79	1.79	2.17
7	2.77	2.77	3.18	3.18	3.63	3.63	3.73
8	1.78	1.78	1.98	1.85	2.20	2.36	2.36
9	1.73	1.70	1.71	1.93	1.97	1.93	2.11
10	24.60	24.60	30.00	30.00	34.00	34.00	39.00
11	113.60	116.00	208.00	242.00	246.00	246.00	295.00
12	11.90	11.90	19.90	18.90	27.50	27.50	27.50
13	2.13	2.13	2.44	2.44	3.15	3.15	3.20
14	--	--	3.12	3.12	3.63	3.63	3.89
15	--	--	--	--	--	--	--
16	2.41	2.41	--	--	--	--	--
17	--	--	--	--	--	--	--

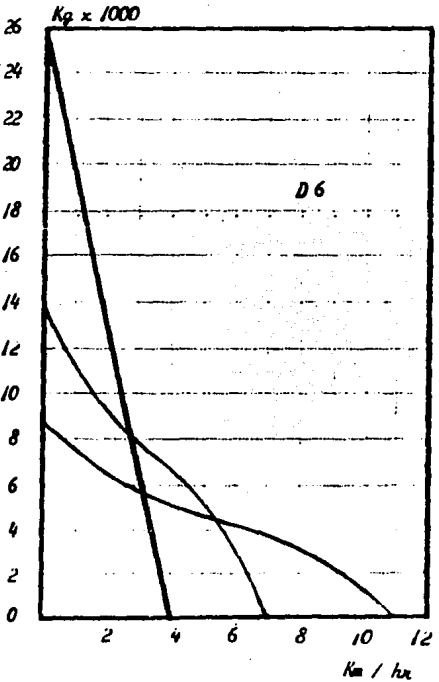
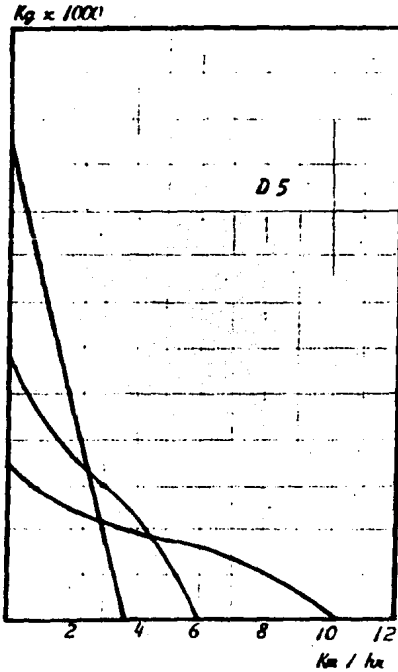
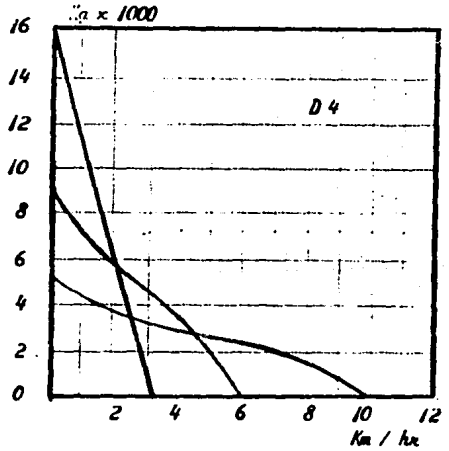
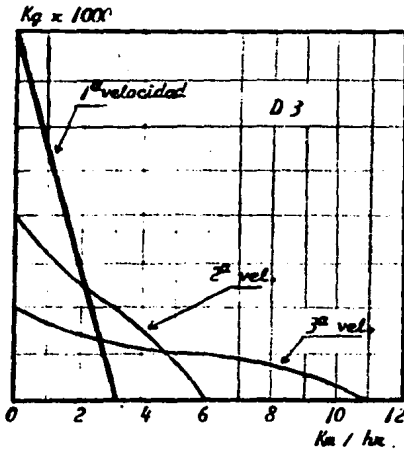
* El peso de operación incluye lubricantes, refrigerante, combustible, control hidráulico, hoja y operador.

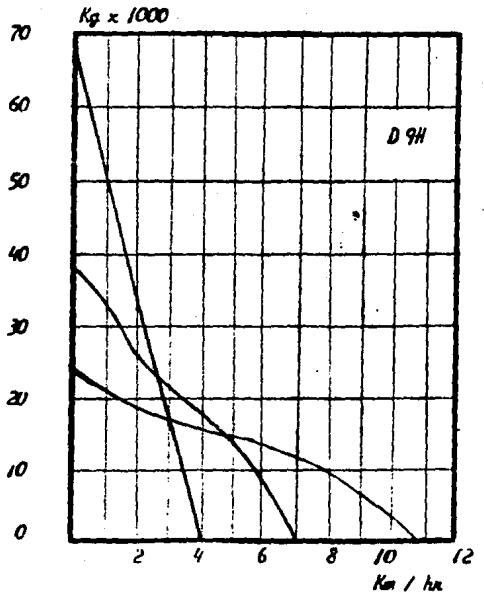
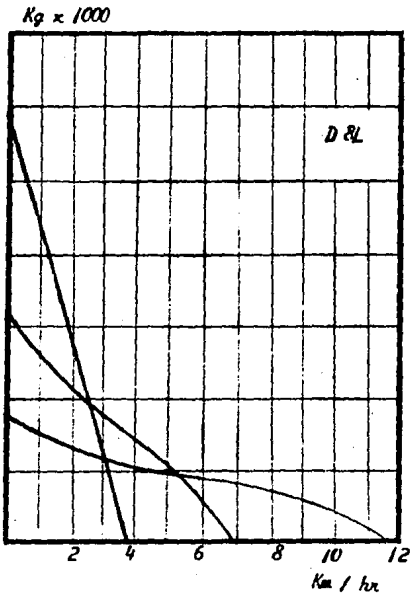
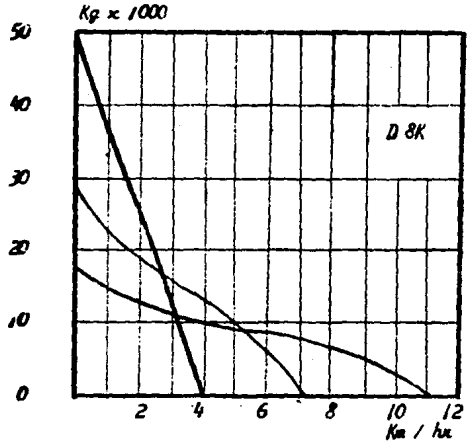
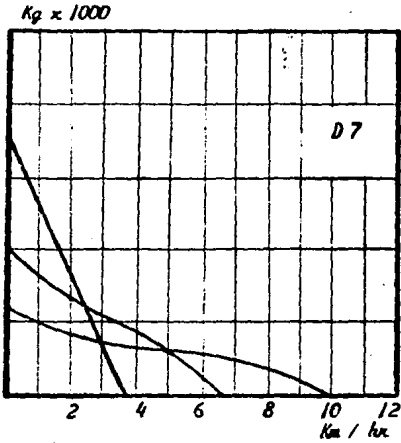
✓ Para estos modelos también se tienen en L.G.P. (baja presión en el suelo), y también en S.A. (aplicación especial) con características similares.

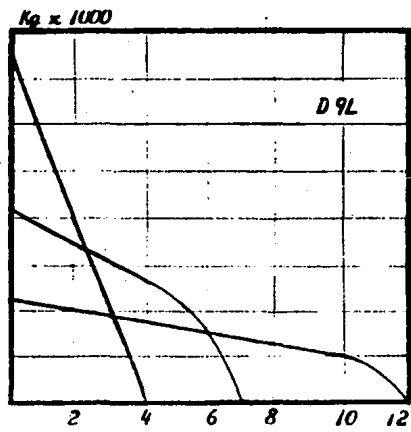
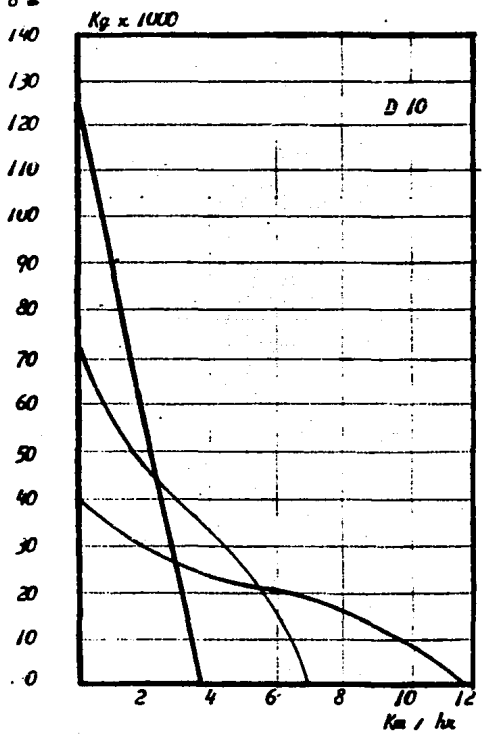
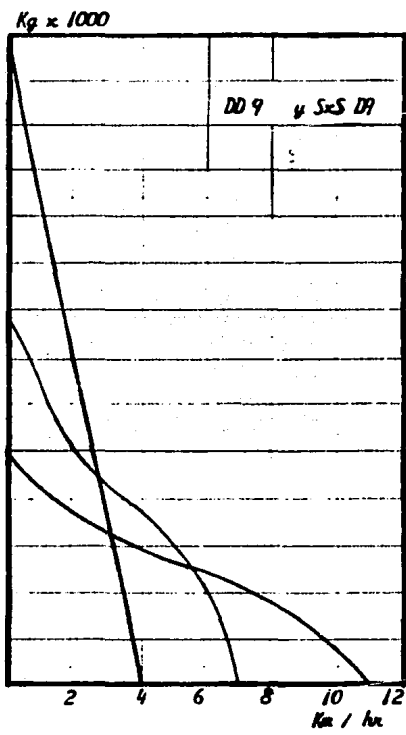
	D 6D ✓	D 7G ✓	U 7F	D 8H	D 8K	D 8L	D 9H
1 HP	140.00	200.00	180.00	270.00	300.00	335.00	410.00
1 Km	104.00	149.00	134.00	201.00	224.00	250.00	306.00
2	14200.00	20802.00	19802.00	31521.00	32523.00	37305.00	43620.00
3	3306	3300	3306	0342	0342	3408	0353
4	1400	2000	2000	1280	1330	1400	1375
5	6	6	6	6	6	8	6
6	2.17	2.75	2.76	3.26	3.51	3.26	4.10
7	3.73	4.19	4.45	5.20	5.26	4.95	5.59
8	2.76	2.54	2.55	2.70	2.79	2.84	3.10
9	2.05	2.16	2.24	2.44	2.39	2.90	2.69
10	34.00	45.00	45.00	117.00	121.00	100.00	155.00
11	295.00	435.00	435.00	507.00	643.00	753.00	870.00
12	27.50	27.50	27.50	33.00	33.00	47.00	43.00
13	3.20	3.68	3.68	4.04	4.04	4.17	4.39
14	3.89	4.27	4.27	4.72	4.72	4.85	4.88
15	--	3.81	3.81	4.24	4.20	4.50	4.80
16	--	--	--	--	--	--	--
17	--	--	--	3.81	3.81	3.81	3.07

	D 9G	D 9L	D 10	DD 9G	DD 9H	S+S D9H
1 HP	385.00	460.00	700.00	770.00	820.00	820.00
1 Km	287.00	343.00	522.00	574.00	612.00	612.00
2	40960.00	50762.00	87772.00	106500.00	107860.00	110900.00
3	0353	3412	0348	0353 (21)	0353 (21)	0353 (21)
4	1330	1900	1800	1330	1375	1375
5	6	12	12	6 1121	6	6
6	4.10	4.10	5.56	8.22	8.22	9.27
7	5.50	5.32	5.92	13.00	12.95	7.95
8	3.05	3.19	3.61	3.30	3.10	7.32
9	2.80	3.17	3.48	3.00	3.02	2.90
10	151.00	129.00	197.00	151 ^c / ₁₄	155 ^c / ₁₄	155 ^c / ₁₄
11	757.00	965.00	1446.00	757 "	870 "	870 "
12	43.00	57.00	79.00	43 "	43 "	43 "
13	4.39	4.54	5.49	--	--	--
14	4.88	--	--	--	--	--
15	4.80	4.97	6.05	--	--	8.54
16	--	--	--	--	--	--
17	3.07	3.32	3.81	3.40	3.07	--

Gráficas de tracción en la barra de tiro contra velocidad.







80
70
60
50
40
30
20
10
0

4.2).- Tractor sobre neumáticos.

El tractor enlartado es el resultado del esfuerzo por obtener unidades con mayor velocidad que las obtenidas con el tractor de orugas. Las máquinas actuales son capaces de desarrollar velocidades máximas de 50 K.P.H. sin embargo estas velocidades se obtienen sacrificando tracción, por otra parte debido a la menor área de contacto entre la llanta y la superficie de acarreo los tractores enlartados se hundén más en las superficies suaves aumentando así la resistencia al rodamiento.

Para disminuir el esfuerzo motor, se tiende a construir neumáticos de grandes dimensiones que necesitan una fuerza más pequeña para lograr el desplazamiento. Al igual que los de orugas los tractores enlartados se catalogan por su peso y potencia.

La tracción desarrollada por un tractor enlartado se expresa en Kg-Rimpull, esto es una medida del esfuerzo de tracción que es capaz de desarrollar un motor en la superficie que soporta sus ruedas motrices.

Existen dos tipos de tractores enlartados, los de dos y los de cuatro ruedas, cada uno con ciertas ventajas en comparación con el otro.

El tipo de dos ruedas tiene la fuerza motriz y la dirección en las mismas ruedas, generalmente se destinan al remolque de un equipo determinado, como la escropa, debido a la concentración del peso sobre las ruedas motrices, pueden desarrollar más RIMPULL que una unidad de cuatro ruedas, semejante en potencia de motor.

Las ruedas delanteras de una unidad de cuatro neumáticos, se utilizan generalmente para fines de dirección. Para utilizar éste modelo en las mejores condiciones, es necesario transportar la mayor parte de la carga sobre el eje motor, con el fin particular de aumentar la adherencia. Para ello se puede lastrar el tractor, llenando con un 75 % las ruedas traseras de un líquido anticongelante e inflándolas después.

Otro procedimiento de lastrado, es con masas equilibradas en el cubo de la rueda. También se construye el llamado "Tractor de silla", que está diseñado para arrastrar escropas de dos ruedas y varionetas de volteo, éstos tractores llevan un pivote real, para conectar el equipo que va a arrastrar.

El tractor con propulsión en las cuatro ruedas, ocupa una posición intermedia entre el de orugas y el propulsión en dos ruedas. Su tracción no es tan buena como la de bandas 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, pero conserva las ventajas propias de los neumáticos.

La tracción en las cuatro ruedas es casi ineficaz cuando se trata de cargas móviles como las que se presentan al arrancar troncos, pero es muy buena cuando una carga pesada se puede cargar gradualmente, sin pérdida de velocidad, como en los "Buldozer" ó las escropas en material suave.

En la mayor parte de los tractores con propulsión en las cuatro ruedas, se tiene mecanismos para operar con tracción solamente en dos ruedas y la dirección se puede dar con las ruedas traseras, las delanteras ó con las cuatro al mismo tiempo.

Entre las ventajas adjudicadas al tractor de dos ruedas en relación al de cuatro, están las siguientes;

Tipo de dos neumáticos:

Mayor maniobrabilidad.

Mayor tracción en el eje motriz.

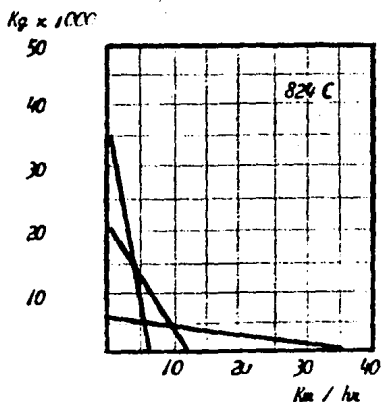
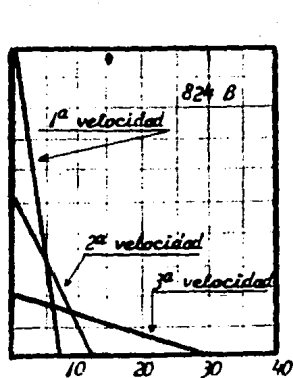
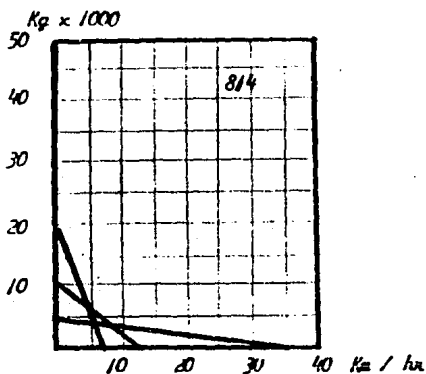
Menor resistencia al rodamiento al alinear un eje.

Menos llantas que proporcionar y mantener.

Especificaciones de tractores de llantas marca Caterpillar:

Modelo	Potencia al volante		Peso de operación Kg	Modelo de motor	Revoluciones del motor R P M	Número de cil.	Tipos de hojas		
	HP	Kw					S	C	SA
814	170	127	18 750	3 306	2 200	6	3.65	—	—
824 B	300	224	32 900	D 343	—	6	4.05	3.75	4.10
824 C	310	231	30 380	3 406	2 100	6	4.05	3.75	4.10

Gráficas de tracción en las ruedas propulsoras contra la velocidad:



Tipo de cuatro neumáticos:

Hayon confianza del operador en la máquina por las mejores propiedades de dirección, buena tendencia de no botar en caminos ásperos.

Hayon velocidad del tipo a las dos características anteriores.

Pueden operar como unidad independiente. Al separarlo de la unidad de arrastre.

Elección de un tractor.

Es esencial conocer a fondo las condiciones en que se va a realizar el trabajo. En un principio, al seleccionar un tractor, se asocia a las orugas con la potencia y a los neumáticos con la velocidad, teniendo en cuenta a la vez la longitud de los recorridos, las condiciones del terreno y la naturaleza de los materiales.

El tractor rara vez se utiliza solo, como un órgano aislado para efectuar un trabajo determinado, como surtir; arrancar árboles ó cepas con cable ó el arrastre de piedras pesadas en obras de montaje. Generalmente se emplea para empujar y remolcar ó sostener algún accesorio para mover tierras.

Aún cuando el campo de aplicación del tractor oruga es muy amplio, entre sus principales funciones se encuentra;

- a).- Servicio de remolque fuera de carretera, sobre terrenos vírgenes, labrados, mo vedizos, pantanosos ó con pendiente pronunciada (generalmente inaccesibles a tractores con neumáticos) pre,erentemente en distancias pequeñas ó medias.
- b).- Trabaja en tandem, como empujar ó jalador, para proporcionar el aporte de energía necesario a otros aparatos, permitiendo obtener cargas máximas disminuyendo así el ciclo de operación.
- c).- Con ayuda de hojas se emplea para empuje de tierras explanación ó excavación de materiales diversos.
- d).- Tracción de aparatos de nivelación, desgarradores arados anónomados, etc.

La principal ventaja del tractor de oruga, comparado con el de neumáticos, es su aptitud para trabajar, eficazmente en terrenos desprovistos de carreteras ó con condiciones topográficas que hacen imposible el empleo del tractor de neumáticos, como son pendientes muy pronunciadas, ó suelos de poca resistencia, así como en rocas duras ó resacas que pueden provocar cortes a los neumáticos.

Por otra parte el tractor con neumáticos tiene más ventajas que el de orugas en trabajos a grandes distancias y en terrenos que permitan una velocidad razonable. Para aumentar la adherencia de los neumáticos y protegerlos a la vez, algunos fabricantes han previsto colocar sobre los neumáticos cadenas articuladas a manera de formar una pequeña oruga.

Cuando las zonas de aplicación de los tractor de oruga y los neumáticos coinciden, sólo se pueden determinar cuál de ellos es el apropiado mediante un análisis más detallado.

BULLDOZER Y WINDMILLS:

El bulldozer es un tractor equipado con una hoja de empuje frontal, que puede levantarse ó bajarse por medio de cables ó de control hidráulico y que puede ser montada sobre tracción de orugas ó de llantas.

El término bulldozer incluye, además de éstos, al angledozer, al tiltadozer, al lidozer y al pushdozer.

Cuando la hoja puede levantarse y bajarse verticalmente y está montada perpendicular a la dirección de avance la máquina se denomina bulldozer. En el angledozer, la hoja se monta formando un ángulo con la dirección de avance siendo la hoja más larga y más angosta.

El tiltadozer, es un bulldozer en el que la hoja puede pivotar en su plano, al rededor del eje longitudinal del tractor, esta hoja es idéntica a la del bulldozer.

En el bulldozer, se puede regular la inclinación de la hoja, tanto para el corte como para el empuje, en función de la naturaleza del material.

Por último, el pushcozer es un tractor equipado con una placa de empuje, con o sin amortiguación y a menudo posee esta misma placa en la parte posterior, para el trabajo en tandem.

Ninguno de los sistemas de elevación (de cables e hidráulicos) es superior al otro, ya que los dos tienen ventajas en diferentes condiciones de operación.

En el control de cables se tiene simplicidad de instalación y de operación, fácil reparación y se reduce el peligro de dañar la máquina, ya que la hoja se mueve hacia arriba al pasar sobre obstrucciones rípidas, como son las rocas grandes.

Entre las ventajas del control hidráulico se tiene; produce una alta presión hacia abajo sobre la hoja, además de su peso, para hundirla en el suelo, se puede mantener un ajuste más preciso en la posición de la hoja.

En lo referente al uso de orugas ó llantas para el bulldozer, depende de los mismos imperativos ya descritos para el tractor.

El bulldozer como ya se mencionó es un bulldozer en el que la hoja se inclina a la izquierda ó a la derecha o más de poder adoptar la posición recta central. Si bien puede desarrollarse todos los trabajos del bulldozer es preferible utilizar la hoja angulable para excavaciones de un terreno en pendiente para la construcción de terraplenes y es superior a la hoja recta en operaciones de relleno. Sus desventajas son; es costosa en lugares conocidos, se tiene dificultades para dar vuelta con carga y se afectan sus articulaciones.

La cuchilla del bulldozer es idéntica a la del bulldozer, pero el pivote que puede realizar sobre el eje longitudinal del tractor le permite realizar algunas actividades con mayor facilidad como son; el arranque de gruesos árboles, la excavación de ranjas y los trabajos a media ladera.

En el bulldozer la facilidad para regular la inclinación de la hoja es de suma importancia, ya que esta operación permite el corte ó empuje en función de la naturaleza del material.

El pushcozer ó empujador puede estar montado sobre orugas ó neumáticos y debe tener un peso ó potencias convenientes, a menudo se utiliza un bulldozer cuya hoja debe tener un refuerzo al centro que puede ser una placa de empuje añadida. El punto de contacto con la escena tiene lugar cuando el conductor de ésta baja la cuchilla al nivel del suelo y al tomar contacto se deben evitar grandes choques.

Para ello se recomienda que el empujador espere a la escena a 45° del eje del trabajo, cuando la escena lo ha pasado, el empujador se coloca detrás de ella a una velocidad ligeramente superior, teniendo cuidado en colocarse de manera que el tarán de la cámara se encuentre al centro de la cuchilla, en este momento la escena debe disminuir ligeramente su velocidad para que el empujador realice el empuje principal. Si, el empujador tiende a desviarse del eje de empuje este debe disminuir inmediatamente su velocidad bajo riesgo de cigallar los neumáticos o de ocasionar se daños con el tarán.

El bulldozer es una máquina muy versátil, se tienen obras en donde pueden utilizarse de manera óptima o bien en operaciones como;

Limpieza del terreno de árboles y troncos.

Abertura de brechas por entre montes y terrenos rocosos.

Movimiento de tierra ó roca disgregada.

Limpieza de escenas.

Relevamiento de ranjas y nivelación.

Limpieza de escenas en los sitios de construcción.

Mantenimiento de los caminos y drenajes.

Excavación en línea recta.

Excavación por curvas y en forma superficial.

El bulldozer se usa ampliamente para la limpieza de terrenos. Para el desbroce, se hunde la hoja unos 40 cms, y se empuja levantando la hoja alternativamente. Si hay árboles, no muy grandes, se baja la cuchilla unos centímetros abajo de la superficie del suelo. Si el árbol es de mediano grosor, la tala se realiza ejerciendo sobre el tronco un empuje, de abajo hacia arriba, apoyando la hoja a unos 50 cms, del suelo.

Debe evitarse precipitar el bulldozer contra el tronco, ya que al riesgo de averías, se añade el peligro de que el árbol caiga sobre el operador.

Para árboles gruesos, se asegura que ninguna rama muerta pueda caer, después se excava una zanja alrededor del tronco para cortar las raíces horizontales, se hace una rampa de aproximación para aumentar el brazo de palanca y se procede como con el árbol mediano. El arranque del tocón se realiza de manera análoga.

Existen hojas en "V" ó "Arrancatocones" y una armazón elevada con mayor alcance y control separado, los árboles se empujan con la armazón superior para que se inclinen permitiendo encajar el Arrancatocones fácilmente, la hoja en V empuja el árbol a un lado para manejarlo con otras máquinas.

Otra forma de limpiar árboles de los terrenos, es utilizando cables de acero sujetos al extremo de tractores, el cable arranca de raíz la mayoría de los árboles cortando a los demás. Se utilizan cables que van de 1" a 2", si se quiere mantener al cable a una altura del terreno, se utiliza una bola hueca de acero, conectada en el punto medio.

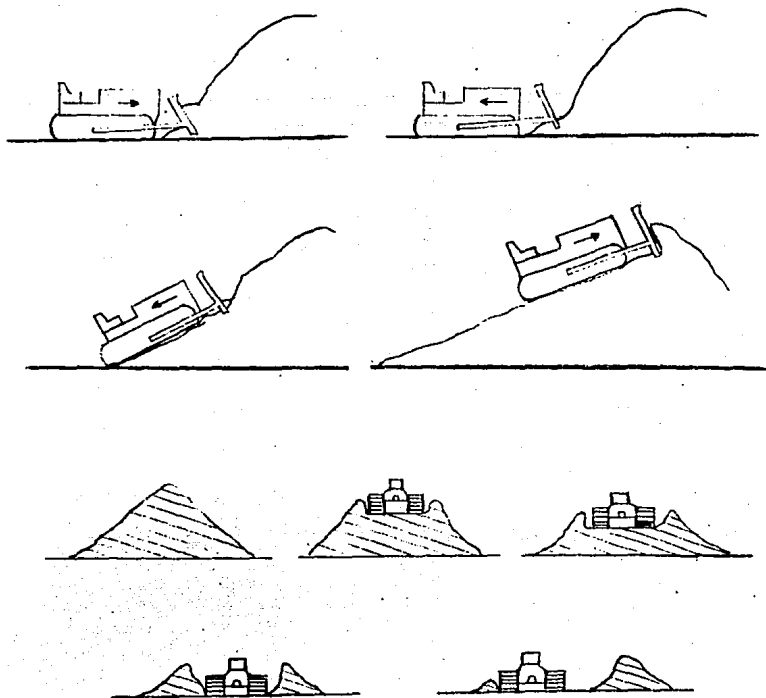
La excavación con bulldozer, se hace bajando la cuchilla a la profundidad de corte permitida por la naturaleza del material y la potencia de la máquina. El tractor se opera moviéndolo hacia adelante ó con menor frecuencia hacia atrás y levantando y bajando la hoja, para ponerla en contacto con el material para cortar, extenderlo ó transportarlo.

En las excavaciones pesadas, para obtener una operación eficiente, es necesario mantener el bulldozer empujando la mayor cantidad de tierra que pueda sin perder velocidad, sin que el movimiento del tractor se haga muy lento ó que patinen las orugas.

Se puede extender montones de tierra moviéndose dentro de los mismos con la hoja a la rasante deseada. Si el montón es muy grande ó duro para que la máquina lo quite de una pasada ó si se tiene que extender en varias direcciones la primera pasada puede hacerse de manera que se corte parte del montón hasta la rasante.



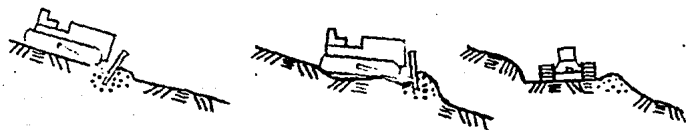
Otra forma es cortar parte del copeite hacia abajo, si se opta por este método pero el bulldozer no puede mover la parte que puede alcanzar, se puede hacer una rampa aflojando el suelo empujando y luego extendiendo con la hoja al mismo tiempo que se retrocede, haciendo presión hacia abajo de manera que la hoja pueda que dar en contacto con el montón a un nivel superior.



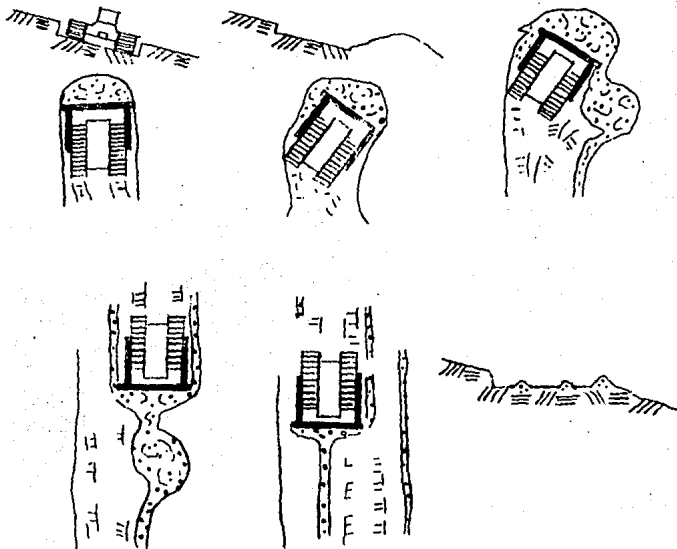
Los suelos plásticos (limo pegajosos ó arcilla) tiran hacia abajo de la hoja al ser empujada para atravesarlos. Por esta razón las hojas ajustables deben colocarse de manera que penetren menos, evitando un exceso de excavación al hacer varios cortes muy delgados. Con frecuencia al excavar de la forma ordinaria, se debe rellenar después los lugares excavados de mas.

Un bulldozer que no tenga manera de inclinar la hoja lateralmente, contará a mayor profundidad del lado cuesta abajo ó en el terreno más blando. En un talud esta tendencia puede contrarrestarse de varias maneras.

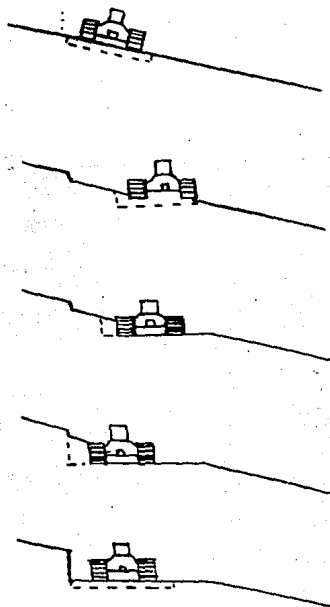
Se puede abrir una caja empujando hacia abajo el material para que el bulldozer pueda empezar su corte lateral a nivel o con una inclinación opuesta a la del talud transversal.



El bulldozer puede cortar y voltear hacia abajo levantando la hoja cortando más ó menos a nivel para después ampliarlo ó conformarlo.



Los contes de pica piro, undiuidá pueden hacerse empezando en la parte superior del talud de manera que después de la primera pasada la oruga que queda más alta se pueda hacer caminar en la ranja excavada en la pasada anterior.



Los bulldozers se pueden emplear en laderas con taludes moderados, los modelos con orugas anchas trabajan en las inclinadas 30° ó más, sin embargo corren mucho riesgo de volcarse, a menos que se tenga cuidado.

Una máquina que aparentemente tiene un amplio margen de seguridad puede levantarse bruscamente de lado al pasar sobre una piedra la oruga más alta al mismo tiempo que la inferior entre a un agujero ó trabaje en terreno blando. Esto es menos probable que suceda si la máquina va empujando en vez de sólo desplazarse porque irá a menor velocidad llevará la hoja cerca del suelo y le dará estabilidad la carga.

Se debe evitar trabajar en declives de terreno congelado porque las orugas pueden funcionar como patines y permitir a la máquina deslizarse incontrolablemente. Este peligro también se presenta en los taludes de rocas, especialmente los esquís arcillosos con sus techos paralelos a la superficie.

Un talud que tenga mucha inclinación puede algunas veces trabajarse haciendo "caminar" el bulldozer diagonalmente.

Los bulldozer pueden con seguridad subir y bajar pendientes fuertes. La eficiencia de la excavación y acarreo es mucho mayor hacia abajo y puede disminuir hasta cero en las pendientes de subida.

El corte debe hacerse hacia abajo siempre que sea posible y en terreno muy duro, puede ser conveniente excavar cuesta abajo, aún cuando el material tenga que empujarse hacia arriba de la misma ladera para utilizarlo.

La dirección puede ser errática en pendientes fuertes, ya sean ascendentes ó descendentes, debido al desajuste de las orugas y a la desviación del centro de gravedad.

Las pendientes de 25° ó más deben subirse de frente y no en reversa debido al menor equilibrio y tracción.

El manómetro de la presión del aceite debe vigilarse atentamente en estas condiciones, marque muchos motores no se lubrican correctamente al quedar muy inclinados, especialmente al combinarse una pendiente fuerte con un nivel de aceite muy bajo, que aún daría lubricación adecuada en terreno a nivel.

OPERACION EN TALUDS DE LOS TRACTORES DE CARRILES CATERPILLAR.

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

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

Deben considerarse los siguientes puntos importantes:

-Velocidad de viaje. A velocidades altas, las fuerzas de inercia tienden a disminuir la estabilidad del tractor.

-Desigualdades del terreno o superficie. Debe aplicarse una considerable tolerancia cuando el terreno ó superficie es desigual.

-Accesorios instalados. Los bulldozers, aguilones laterales, malacates, y cualquier otro equipo montado, alteran el equilibrio de la máquina.

-Tipo de suelo. Los rellenos de tierra nuevos pueden ceder bajo el peso del tractor. Los suelos rocosos suelen ocasionar el deslizamiento de las máquinas.

-Deslizamiento de los carriles debido a cargas excesivas. A causa de esto, los carriles a nivel inferior podrían excavar el suelo y aumentar la inclinación del tractor.

-Implementos instalados en la barra de tiro (arcos para tirar de troncos, vagones de dos ruedas, etc.), podrían reducir el peso en el carril más elevado.

-Altura de enganche en el tractor. Cuando se utiliza una barra de enganche alta, el tractor es menos estable que si tiene una de altura estándar.

-Equipo operatio. Debe considerarse con cuidado la estabilidad y otros distintivos del equipo operado por el tractor.

-Ancho de las zapatas. Las zapatas anchas tienden a reducir la acción de excavación, ó sea que el tractor es más estable.

La cantidad de material empujado, se aprecia por la importancia de los desmontamientos que se producen en los lados y por encima de la hoja, si son exagerados y el tractor se llena, basta pasar a una velocidad inferior y levantar un poco la hoja, lo suficiente para que el tractor pueda acelerar. El material escurrido por los lados, debe remplazarse para mantener una carga completa.

Para empujes a gran distancia se ejecutan muchas pasadas incompletas seguidas de una pasada final de acabado que recoge condones dejados en las anteriores pasadas.

En terreno blando y a largas distancias, el rendimiento se acrecienta haciendo trabajar dos bulldozers en paralelo con las hojas próximas la una a la otra, reduciendo así los desmontamientos laterales aumentando la carga empujada.

Para excavaciones en terreno duro cuando la hoja no se debe inclinar hacia adelante (tipdozer). Para empujar la hoja debe estar vertical ó hacia atrás para reducir la fricción.

Si la hoja no está después de ajustar la inclinación, se debe limitar la franja de corte, para lo cual, se inclina una esquina de la hoja, si es posible, ó haciendo el corte a poca profundidad y los dientes cortos se enmalman a los lados.

Si se vá a mover con el bulldozer un volumen considera te de material duro debe aflojarse con un diente escarificador para reversa ó con un escarificador por separado.

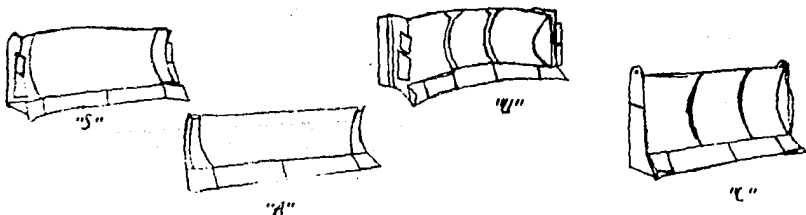
Ciclo de Operación del Bulldozer: La mayor parte de las excavaciones con bulldozers se hacen con movimientos de vaiven, con la máquina puesta en una dirección a través de la excavación, dividiendo el ciclo en excavación, acarreo y extendido del material. Es así, porque las distancias cubiertas son generalmente muy cortas y las vueltas, especialmente en tierra blanda, toman tiempo y destruyen la conformación, por lo que resulta más rápido y más fácil regresar, en reversa, al corte, que dar dos vueltas para poder usar una velocidad mayor. En los acarneos de 30.00 mts. ó mayores pueden resultar mejor las vueltas, a menos que la máquina tenga una reversa muy rápida.

En la parte del ciclo en la que la máquina vá de reversa, puede utilizarse un escarificador de reversa de un diente en la hoja, para aflojar el material para el siguiente acarreo.

Los tractores tienen diversas aplicaciones y aditamentos específicos para cada caso, entre los principales tenemos aditamentos frontales y aditamentos posteriores (arado desgranador, escarificación ó nipper)

a).- Aditamento ,runtal (hoja, cuchilla ó dozer)

Los fabricantes de tractores to son también de sus propias hojas. El tractor puede utilizar varios tipos de hojas topadoras como son;



Recta	-----S
Angulable	-----A
Universal	-----U
Montiguadora	-----C
Espaciadora de rellenos	-----FS
Giro horizontal e inclin. con potencia	-----PAT
Universal para material liviano	-----LNU
Caja para materias livianas	-----LNB
Caja para materias pesadas	-----HNB
Universal para rellenos sanitarios	-----SLFU

Las hojas topadoras utilizadas en trabajos generales son la Universal (U) y la hoja recta (S).

La Hoja Universal posee grandes alas para facilitar el empuje de grandes cargas a largas distancias, en habilitación de tierras, amontonamiento, alimentación de tolvas, ó juntar material para los cargadores. No tiene muy buena penetración, pues su relación de HP por metro de cuchilla es menor que en la hoja "S", por lo que es mejor con material liviano ó relativamente fácil de empujar. Si se equipa con cilindros de inclinación, mejora su capacidad para abrir zanjas, extraer materiales en potrosos y nivelar.

La hoja Recta es la más adaptable de todas (es un diseño de "U" modificada). Por ser más pequeña que la "U" es más fácil de maniobrar y puede empujar una gran variedad de materiales, tiene una relación más alta de H.P. por metro de cuchilla que la hoja "U", de modo que su penetración, es mejor, obteniendo buenas cargas. También se puede equipar con cilindros de inclinación, aumentando su adaptabilidad. Esta hoja puede mover materiales más densos.

Para trabajos especiales las más utilizadas son las hojas; angulable (A), montiguadora (C), tipo caja (LNB) y la Universal Balderson (LNU). Estas hojas se diseñan para aumentar la producción en ciertas operaciones con la desventaja que la especialización reduce la adaptabilidad de la hoja.

La hoja angulable puede situarse en posición recta ó a un ángulo de 25° a cada lado. Se ha diseñado para el empuje lateral, corte inicial, para coninos, rellenos y abertura de zanjas. En estos trabajos reduce las maniobras requeridas en las operaciones. Su bastidor "C" es adecuado para accesorios para empuje, desmonte de tierras, despeje de nieve y otros.

La hoja montiguadora se utiliza para el empuje de traillas en marcha permitiendo hacer contacto a una velocidad relativa de 8 h.p.h. Es poco ancha lo que facilita la maniobrabilidad y la visibilidad.

La hoja topadora de tipo caja fabricada por la Balderson es de lados altos para mover grandes volúmenes de materiales livianos en largas distancias.

La hoja Universal para material liviano de la Balderson, está diseñada para amontonamiento, carbón y trabajos de recuperación de materiales. Bueve grandes volúmenes de materiales livianos no cohesivos.

Para que un dozer trabaje en buenas condiciones, ya se ha mencionado que su distancia de desplazamiento no debe sobrepasar una cierta longitud, del orden de los 50 a 60 mts para tracciones de onuyas y de 100 mts para las de neumáticos. El suelo debe ser lo suficientemente blando ó se necesita escarificarlo previamente.

El dozer debe poder cambiarse en una distancia corta (20mts como máximo). Por otra parte, durante el desplazamiento se tiene una pérdida lateral de tierras considerada en un 5% por estación de 30 mts después de la inicial. Un buen operador trabaja entre cordones formados previamente a los lados para evitar pérdida de material por es

cumimiento. Cuando se trabaja cuesta arriba el volumen disminuye en 4 % por cada 1 % de pendiente y a la inversa cuando se va cuesta abajo (ésta pérdida es inversa a la pendiente sobre la tracción).

Para calcular la producción de las hojas topadoras se puede hacer de dos formas; a).- Utilizando las gráficas de producción proporcionadas por los fabricantes.

b).- Determinando el tiempo del ciclo.

Como los dos métodos nos dan rendimientos máximos se les debe aplicar los factores de corrección pertinentes.

PRODUCCION CON HOJAS TOPADORAS CALCULO SEGUN FORMULAS Y REGLAS.

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

Debe utilizarse la siguiente fórmula;

Producción (m³ sueltos/hr) = Producción máxima x Factores de corrección.

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

- 1.- 100 % de eficiencia (60 minutos/hora).
- 2.- Tiempos fijos de 0,5 minutos en máquinas con Servo-Transmisión.
- 3.- La máquina excava por 15 m. y luego empuja la carga para arrojarla desde el borde de una escarpa.
- 4.- Densidad de la tierra: 1370 kg/m³ mater. suelto y 1190 kg/m³ en banco. El material se expande 30 % (factor volúmet. de conversión es 0,769).
- 5.- Coeficiente de tracción:
 - a. Máquinas de carriles-0,5 ó más.
 - b. Máquinas de ruedas-0,4 ó más.
- 6.- Se utilizan hojas de control hidráulico.

Para estimar la producción en m³ en banco, debe aplicarse el adecuado factor volumétrico de conversión (ver página 110) a la producción corregida, la cual se obtiene como se ha indicado.

Producción (m³ en banco/hr) = (M³ sueltos/hr) x Factor volumétrico.

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

Para el cálculo de la producción de las hojas topadoras por medio del tiempo del ciclo se determina la siguiente fórmula:

en donde;

$$P = \frac{C \cdot E}{T}$$

P = Producción de la hoja.

C = Capacidad de la hoja.

E = Eficiencia horaria.

T = Tiempo del ciclo.

La capacidad de la hoja se puede determinar por varias fórmulas, las dos primeras están en función únicamente de las dimensiones de la hoja, siendo ambas muy conservadoras, y en la tercera se involucra además el tipo de material a mover.

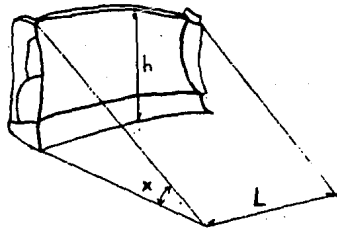
$$a). \quad C = \frac{L \cdot 10h}{2} \cdot \frac{L \cdot 60h}{3} \times \frac{2}{3} L = 0.59 h^2 L$$

en donde;
h = altura de la hoja.
L = longitud de la hoja.

$$b). \quad C = \frac{h^2 L}{4} = 0.79 h^2 L$$

$$c). \quad C = \frac{h^2 L}{2 \operatorname{tg} x}$$

en donde;
tg x = ángulo de reposo del material.
 si *tg x* = 2:1 = 1/2
C = *h*² *L*



La eficiencia horaria es el tiempo de trabajo útil en una hora y normalmente varía de 40 a 50 minutos por hora.

Para determinar el tiempo del ciclo se deben considerar las velocidades medias del dozer sobre la distancia considerada. Esto se logra de varias maneras como son:

- a).- Observación directa en obra.
- b).- De los cuadros que relacionan la tracción en la barra de tiro con la velocidad y que son proporcionados por el fabricante.
- c).- Deduciendo la velocidad de la fórmula de la fuerza tractiva.
- d).- Considerando la velocidad media como un 80 % de la velocidad máxima del tractor.

FACTORES DE CORRECCION:

CORRECCIONES SEGUN LAS CONDICIONES DEL TRABAJO

		Tractor de Carriles	Tractor de Ruedas
experiencia			
OPERADOR:	Excelente (Más de 10 años)	1.00	1.00
	Bueno (De 3 a 10 años)	0.75	0.60
	Deficiente (Menos de 3 años)	0-0.60	0-0.50

MATERIAL:

1. Peso-factor de corrección;

$$\frac{1700 \text{ kg/m}^3 \text{ banco}}{\text{Peso efectivo/m}^3 \text{ banco}}$$

$$\delta \frac{1360 \text{ kg/m}^3 \text{ suelto}}{\text{Peso efectivo/m}^3 \text{ suelto.}}$$

2. Tipo-

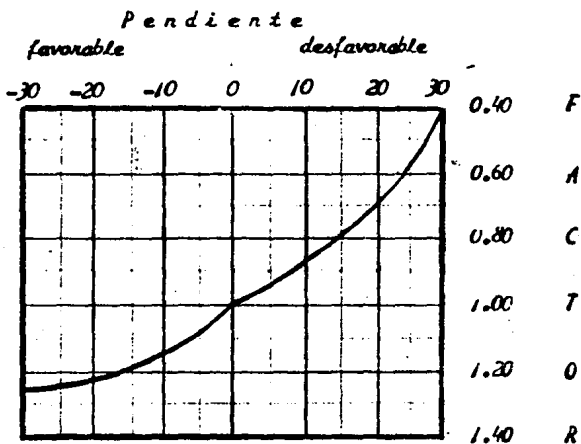
de Carriles: de ruedas:

Material suelto amontonado	1.20	1.20
Difícil de cortar; congelado con cilindro de incl. lateral	0.80	0.75
sin cilindro de incl. lateral	0.70	—
hoja con control de cable	0.60	—
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, material no adhesivo ó material muy pegajoso)	0.80	0.80
Roca desgarrada ó dinamitada	0.60-0.80	—
Empuje por método de Zanja	1.20	1.20
Empuje con dos tractores juntos	1.15-1.25	1.15-1.25
Visibilidad; polvo, lluvia, nieve, niebla u oscuridad	0.70	0.70
Eficiencia del trabajo 50 min/h	0.84	0.84
eficiencia del trabajo 1/3 min/h	0.75	0.75
transmisión directa (tiempo fijo de 0.1 min)	0.80	—
(*) Nota:		
Hoja angular (A)	0.50-0.75	—
Hoja amontiguada (C)	0.50-0.75	0.50-0.75
Hoja con desgarradores (R)	1.00-1.50	—
DS de entrecala estrecha	0.90	—
Material liviano		
Hoja U (carbón)	1.20	1.20
Hoja con caja (montones)	1.30	1.30

PLANTILLES: Véase la gráfica de factores de pendientes. (pag. 23)

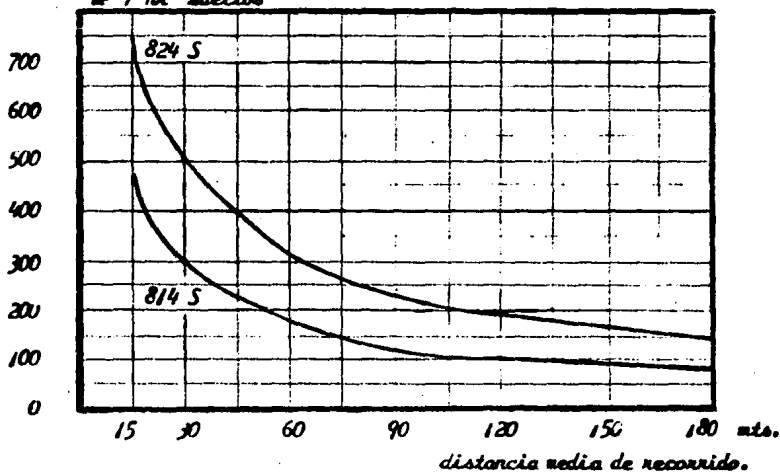
(*) NOTA:

Las hojas angulares y las amontiguadas no se consideran implementos de producción. Según sean las condiciones de trabajo, la hoja A y la C rinden del 50 % al 75 % de las hojas rectas. El objeto de las hojas con desgarradores es elevar la producción con materiales duros y aumentar la adaptabilidad de un tractor topador. En ciertas aplicaciones y condiciones de trabajo, la hoja R iguala ó supera el rendimiento de la recta.

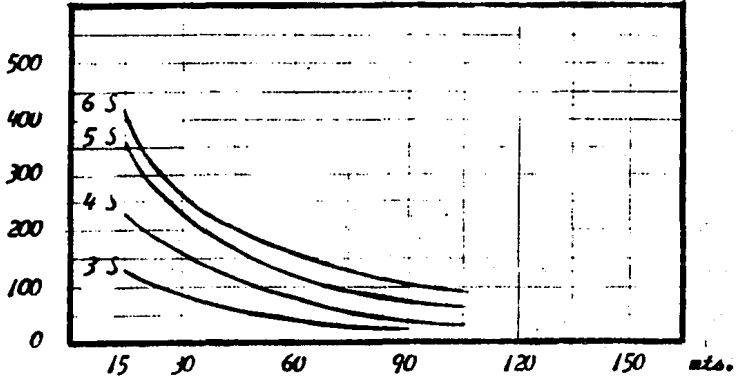


Gráfica de la producción estimada de tractores de ruedas con
hojas Topadoras Rectas (S).

m³ / hr sueltos

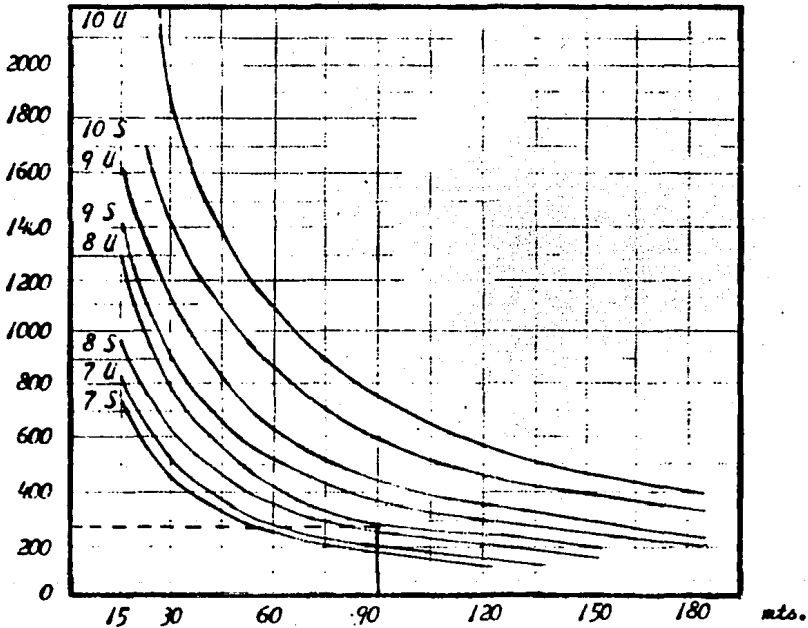


m³ / hr sueltos.



Producción estimada de los tractores de carriles con hojas Rectas (S) y hojas Topadoras Universales (U).

m³ / hr sueltos.



Hojas Topadoras para las máquinas de fabricación Caterpillar:

Marca: Modelo	Caterpillar						Balderson					
	S	U	A	C	FS	PAT	LIU	LIIB	HMB	SLFU	PAT	
D 3	x					x						
D 4			x				x				x	x
D 5	x		x				x				x	x
D 6	x		x				x				x	x
D 7	x	x	x				x	x	x		x	
D 8	x	x	x				x	x	x		x	
D 9	x	x	x				x	x	x		x	
DD 9				x								
S x S D 9		x					x	x				
D 10	x	x		x								
814	x						x				x	
824	x						x	x			x	

Eficiencia en el trabajo: E : excelente B : buena M : mediana	PRODUCCION		De uso Especial						
	Con cilindro de inc. lat.		Hoja de giro horizontal	Hoja con amort.	Hoja de caja Balders.	LIU	Hoja Kg C&E	Hoja V	Ras tri llo
	S	U							
<u>EMPUJE EN PRODUCCION</u>									
Apilamiento mediano	B	E	B		E	E			
Baterias corrientes	E	B	M	M	B	B			
Baterias teracas	B	M	M		M	M			
Apilamiento p/cargadores	B	E	M		E	E			
Esparcir, mezcla, relleno	E	E	E		E	B			
operación final p/nivel	E	B	E		B	B			
Relleno de zanjas	B	E	E		E	E			
Abertura de zanjas	B	B	E		B	B	B		
Formación de bancales	E	E	E		E	E			
Empuje de rocas	B	M		B	M	M			
<u>TRABAJOS INICIALES</u>									
Prep. para edificar	B	B	B			B	M	M	
Construcción caminos	B	B	B			B	B		
Extracción de tocones	B	B	M			B	E	B	B
Extracción de rocas	B	M	M			M			E
<u>CONFORMACION DEL SUELO</u>									
Terrazas y drenaje	E	B	E			B	M		
Construcción albercas	B	B	M			B	M		
Habilitación de tierras	E	E	M		E	E	M		
<u>EMPUJE EN LA CARGA</u>									
E. temporal o plancha	B	M			E				
E. continuo	M				E	M			
<u>DESAMONTE DE TIERRAS</u>									
Extinción de matronales	E	M	B			M		E	E
Tala de árboles	E	M	M			M	E	E	
Amontonamiento	M	M	M			M	B		E

Ejemplo:

Determinar la producción por hora de un tractor D 8 K, equipado con hoja tipo Universal (81), con cilindro de inclinación, que mueve una arcilla empacada a una distancia media de 40.00 mts, en una pendiente positiva del 5%. El peso del material es de 1660 Kg/M³ (*) suelto. El operador es bueno y la eficiencia del trabajo se estima en 50 min/hr.:

Cálculo por medio de factores de corrección:

De la gráfica de la pág. 24 se tienen 280 m³ sueltos/hora (producción máxima no corregida).

Factores de corrección aplicables:

- a).- La arcilla empacada es un material "difícil de contar" 0.80
- b).- De la gráfica de la pág. 23 "corrección por pendiente" 0.93
- c).- Corrección por peso volumétrico: $\frac{1360 \text{ kg/m}^3}{1660 \text{ kg/m}^3}$ 0.82
- d).- Por el tipo de operador 0.75
- e).- Eficiencia en el trabajo 0.84

$$\therefore \text{Producción Real} = 280 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hora} \times 0.80 \times 0.93 \times 0.82 \times 0.75 \times 0.84 = 107.62 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

La producción real también se puede determinar por medio del tiempo del ciclo.

- a).- De la tabla de resistencia al rotamiento de la pág. 111 se tiene un valor de 36 a 50 kg/tm (tierra, mantenimiento malo, baches).
- b).- La capacidad de la hoja se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{L \cdot h^2}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

en donde;

C: capacidad de la hoja.

L: longitud de la hoja.

h: altura de la hoja.

tg α : ángulo de reposo del material.

Si el talud del material es de 2: 1 tg $\alpha = \frac{1}{2}$

$$\therefore C = Lh^2$$

(*) Ver tabla de pág. 110

De tablas del fabricante tenemos:

$$L = 4.00 \text{ mts } h = 1.36 \text{ mts}$$

$$\text{sumando } 2g, x = 1/2$$

$$C = 4.20 \text{ m} \times 1.36 \text{ m} = 7.77 \text{ m}^2$$

en donde;

Wt = peso del tractor.

Wc = peso de la carga.

$C.n.r.$ = coeficiente de resistencia al rodamiento.

$C.f.$ = coeficiente de fricción (de no conocerse es válido tomar el 1.25 %).

c). - peso del material excavado:
 $7.77 \text{ m}^2 \times 1660 \text{ kg/m}^2 = 12898.20 \text{ Kg.}$

d). - Resistencia total:

$$R = R \text{ tractor } + R \text{ carga.}$$

$$Rt = Wt \times C.n.r.$$

$$Rc = Wc \times C.f.$$

de tabla de pág. 5 $Wt = 32.5 \text{ ton inc. hoja}$

$$Rt = (32.5 \text{ ton}) (50 \text{ kg/ton}) + (12898.20 \text{ Kg}) (1.25)$$

$$Rt = 17747.75 \text{ Kg.}$$

Corrección por pendiente.

Por cada 1 % de pendiente la tracción requerida aumenta en 10 kg/ton (ver pág. 112)

$$(32.5 \text{ ton} + 12.9 \text{ ton}) \times (10 \text{ kg/ton} \times 5\% \text{ pend}) = 2270.00 \text{ Kg}$$

$$17747.75 \text{ Kg} + 2270.00 \text{ Kg} = 20017.75 \text{ Kg.}$$

e). - Cálculo de la velocidad:

de la pág. 113 F.L. máxima $Wt \times C.T.$

de la tabla de pág. 3 $C.T. = 0.90$

$$\therefore F.L. \text{ max} = 32500 \text{ kg} \times 0.90 = 29250 \text{ Kg.}$$

como F.L. max > Rt corregida, el tractor es capaz de mover la carga.

Si se recurre al cuadro de tracción en la barra de tiro contra velocidad de la pág.

7 se tiene que el tractor podrá desarrollar de ida 2.8 Km/hr. cuando lleva carga.

Si no se tiene la gráfica anterior se emplea la siguiente fórmula;

$$F.T. = \frac{273.6 \times H.P. \times \text{Eficiencia}}{\text{velocidad Km/hr.}} \quad [i.g.]$$

despejando: V y sabiendo que;

$$F.T. \text{ requerida} = Rt.$$

$$V = \frac{273.6 \times 300 \times 0.84}{20017.75}$$

$$V = 3.44 \text{ km/hr}$$

$$V \text{ media} = 3.44 \text{ Km/hr.} \times 0.80 = 2.75 \text{ Km/hr.}$$

$$V \text{ media} = 3.44 \text{ Km/hr.} \times 0.80 = 2.75 \text{ Km/hr.}$$

Como se puede apreciar estos resultados son muy similares.

Velocidad de regreso de la misma gráfica tenemos: 10.1 Km/hr.

El tractor puede operar en reversa, vacío a una velocidad de 12 Km/hr pero los fabricantes recomiendan que al operar el tractor en reversa sea en segunda velocidad

a razón de 8 Km/hr para no dañar el sistema de tránsito por lo que se tomará ésta como velocidad media de regreso.

f).- Tiempo del ciclo:

$$t \text{ ida} = \frac{\text{Longitud}}{V \text{ media ida}} = \frac{0.090 \text{ Km}}{2.75 \text{ Km/hr}} \times 60 \text{ min/hr} = 1.96 \text{ minutos}$$

$$t \text{ regreso} = \frac{0.090 \text{ Km}}{8 \text{ Km/hr.}} \times 60 \text{ min/hr} = 0.68 \text{ minutos}$$

$$t \text{ fijos} = 0.00 \text{ minutos (*)}$$

$$\text{Tiempo del ciclo} = 2.64 \text{ minutos.}$$

g).- Producción:

$$= \frac{\text{cantidad de la hoja} \times \text{eficiencia (ya considerada)}}{\text{tiempo del ciclo.}}$$

$$= \frac{7.77 \text{ m}^3 \text{ sueltos} \times 60 \text{ min/hr}}{2.64 \text{ minutos}}$$

$$= 176.59 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hr.}$$

h).- Factores de corrección:

Material difícil de contar 0.80

Factor por pendiente ya considerado

Peso volumétrico ya considerado

Condiciones de trabajo 0.75

Eficiencia honoraria ya considerado

i).- Producción final:

$$= 176.59 \times 0.80 \times 0.75$$

$$= 105.95 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hr.}$$

Nota aplicable a ambos procedimientos;

En acarneos mayores a 30.00 mts el volumen se reduce en un 5 %. En éste caso tenemos dos estaciones subsiguientes por lo que la producción real queda;

a).- Por factores de corrección;

$$107.62 \times 0.95 \times 0.95 = 97.13 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hr.}$$

b).- Por el tiempo del ciclo:

$$105.95 \times 0.95 \times 0.95 = 95.62 \text{ m}^3 \text{ sueltos/hr.}$$

Como se puede apreciar ambos métodos arrojan resultados muy similares.

(*) Si se analiza el ciclo considerado las vueltas del tractor la velocidad media de regreso debe ser los 12 Km/hr $\times 0.80 = 9.6$ Km/hr reduciendo el tiempo de regreso a 0.56 minutos. Quedando un tiempo del ciclo de 2.62 minutos.

Ejemplo: Comparación de costos del manejo de material de las mismas características , bajo las mismas condiciones, pero con diferentes empujadores.

La distancia de acarreo será de 60,00 mts con una hoja recta (S), el material acarreado es tierra excavada mojada y se trabaja en tiempo lluvioso, la eficiencia de trabajo es de 45 min/hr con un operador bueno en una pendiente favorable del 10%.

a).- De la gráfica de producción técnica de caterpillar (pág. 24) se tiene:

DPG	.....	260 m ³ /hr
DBK	.....	360 "
DPH	.....	520 "
D10	.....	860 "

b).- Factores de corrección:

tipo de operador	.....	0.75
peso volumétrico de tabla de pág. 110		
P.V.S. Tierra excavada mojada		1600 Kg/m ³ .

.. 1360 Kg/m³

1600 Kg/m ³	.....	0.85
Tipo de material: difícil de empujar	....	0.80
visibilidad; lluvia	.....	0.80
eficiencia de trabajo	.....	0.75
pendiente	.....	1.13
estación subsecuente: I	.....	0.95

c).- Factor único:

$$F.U. = 0.75 \times 0.85 \times 0.80 \times 0.80 \times 0.75 \times 1.13 \times 0.95 = \dots\dots\dots 0.33$$

d).- Producciones netas:

DPG	260 x 0.33	.....	85.80 m ³ /hr.
DBK	360 x 0.33	.....	118.80 "
DPH	520 x 0.33	.....	171.60 "
D10	860 x 0.33	.....	283.80 "

e).- Costo horario

DPG	.....	\$ 183 412.00
DBK	.....	\$ 248 709.00
DPH	.....	\$ 407 009.00
D10	.....	\$ 669 375.00

f).- Costo de producción:

$$DPG = \frac{\$ 183\,412.00 \text{ hr}}{85.80 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 2\,137.67$$

$$DBK = \frac{\$ 248\,709.00 \text{ hr}}{118.80 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 2\,093.51$$

$$D9H = \frac{\$ 407\,009.00 \text{ hr}}{171.60 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 2\,371.85 \text{ m}^3$$

$$D10 = \frac{\$ 669\,375.00 \text{ hr}}{283.80 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 2\,358.62 \text{ m}^3$$

g).- Comparación de costo por H.P.

$$D7G = \frac{\$ 183\,412.00}{200 \text{ H.P.}} = \$ 917.06 \text{ H.P.}$$

$$D8K = \frac{\$ 248\,704.00}{300 \text{ H.P.}} = \$ 829.03 \text{ H.P.}$$

$$D9H = \frac{\$ 407\,009.00}{410 \text{ H.P.}} = \$ 992.70 \text{ H.P.}$$

$$D10 = \frac{\$ 669\,375.00}{700 \text{ H.P.}} = \$ 956.25 \text{ H.P.}$$

Si se tuvieron a disposición los tractores anteriormente descritos y la elección de la máquina adecuada se rigiera exclusivamente por el criterio económico, el tractor requerido sería el D8K.

b).- Arado desgarrador (también llamado escarificador ó ripper).

Otro aditamento muy útil de los tracciones es el arado desgarrador que en los últimos años ha venido a revolucionar la excavación en roca ó en los materiales densos mineros como de tipo III ó tipo C que normalmente requieren del uso de explosivos ó barrenación para su afloje, pero que en muchos de los casos puede ser atacado con el uso del arado.

El arado se acopla en la parte posterior del tractor y consiste en una viga horizontal la cual tiene en su extremo un vástago vertical que termina en punta. Al penetrar el vástago en el terreno y ser jalado por la fuerza tractiva, rompe la estructura del material que se pretende excavar, logrando así el afloje requerido para que pueda retirarse con bulldozer, excavadora ó motoescrepa, según el procedimiento constructivo que se tenga planeado.

El rendimiento que de los desgarradores podemos esperar depende de dos factores fundamentales que son el peso y potencia de los tracciones que aportan la fuerza tractiva.

Se tienen desgarradores de dos tipos; de bisagra y de paralelogramo de uno a tres dientes, siendo el más utilizado el paralelogramo de un solo diente, es de fundamental importancia conocer el tipo de material que se pretende excavar para decidir sobre el uso del arado, en términos generales la decisión no sólo se apoya en la dureza de la roca si no en sus condiciones geológicas, ya que pueden ararse si se presentan las siguientes características:

- a).- fallas y fracturas
- b).- planos laminados
- c).- intemperización
- d).- dureza mediana
- e).- grano grueso
- f).- fragilidad
- g).- conglomerados empacados en materiales arcillosos.

Actualmente se cuenta con tablas en las que podemos determinar si el material que se piensa arar puede atacarse por éste medio y están basadas en el método de refracción sismográfica.

El vástago, por ser la parte que más se desgasta, se encuentra protegido por un casquillo, la profundidad del vástago en las máquinas actuales llega hasta 84" (2.13 m) siendo las profundidades de penetración más frecuentes de 30 a 40 pulgadas con velocidades de marcha de 2 a 3 Km/hr, las distancias entre pasos depende de las características de la roca y del sistema de carga del material.

La producción de un tractor aflojando material con un arado ó desgarrador depende más de; la separación entre pasos, la penetración del vástago y el peso y potencia de la máquina.

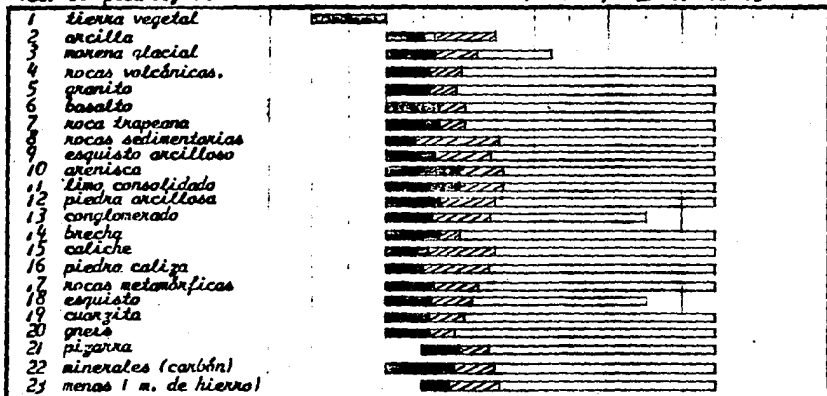
Los vástagos de los arados pueden ser rectos ó curvos. Los rectos se usan generalmente para formaciones macizas ó en forma de bloques; los curvos para las rocas laminadas ó pavimentos de caminos que se rompen por el efecto elevador de la curva. Los arpones pueden tener articulaciones sueltas que permite a los dientes girar ligeramente para aprovechar los puntos débiles de la roca y reducir los esfuerzos laterales cuando el tractor da vuelta.

Los dientes son removibles y pueden ser también reversibles. Deben disponer de medios para graduar la profundidad de corte y el ángulo de penetración.

También existen arados para aplicaciones especiales como los que se usan para tender tuberías y para aflojar carbón de piedra.

Rendimientos estimados del arado en relación con las velocidades de ondas sísmicas.

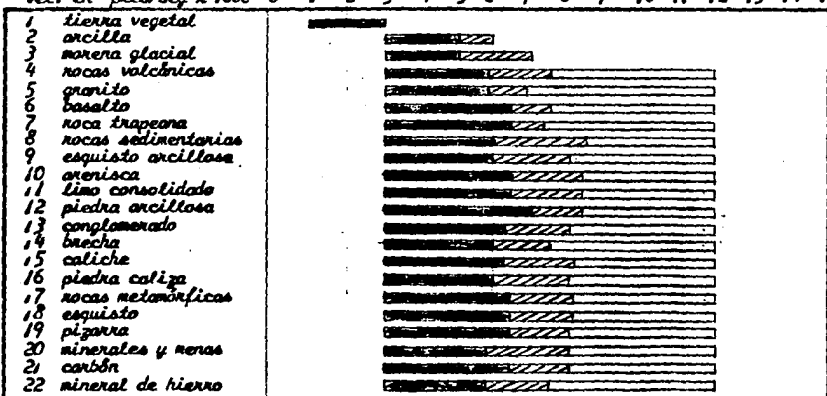
vel. en pies/seg x 1000 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15





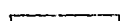
TRACTOR D 76

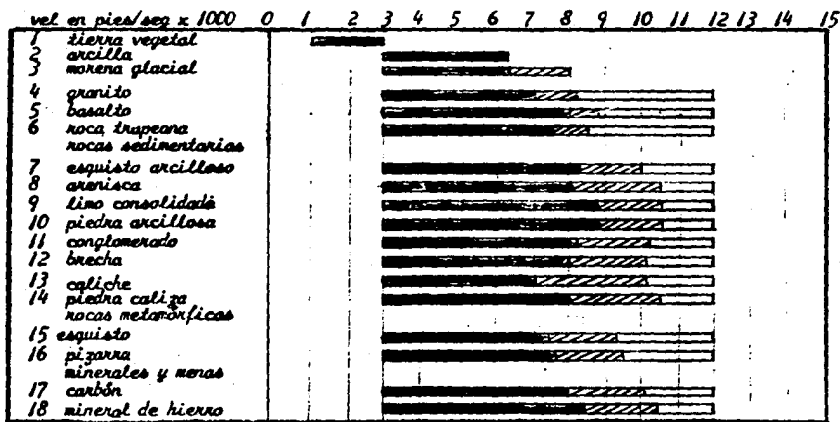
vel. en mts./seg. x 1000 0 1 2 3 4

vel. en pies/seg x 1000 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

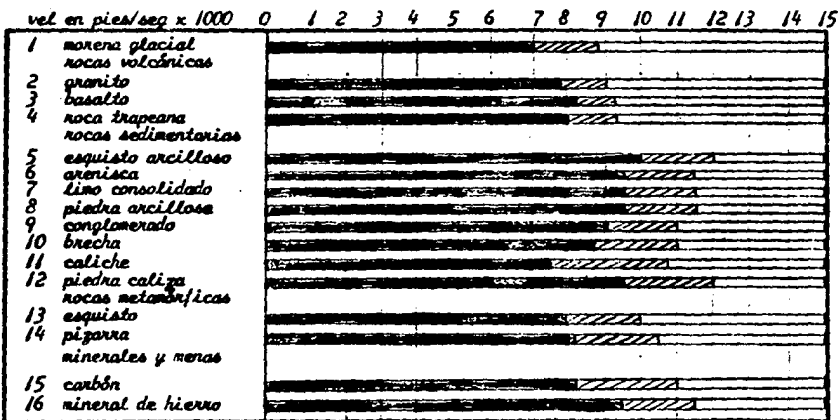
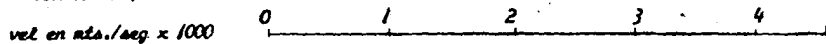


TRACTOR D 8K



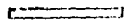
 Desgarrable
 Indefinido
 No Desgarrable.



TRACTOR D 9H

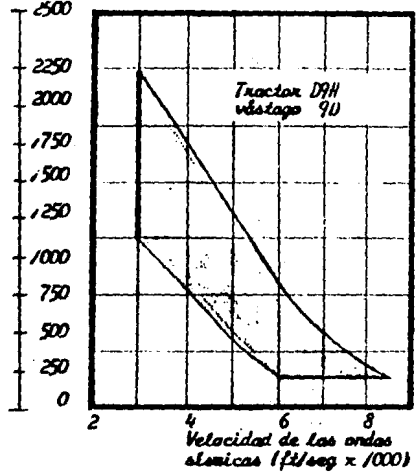
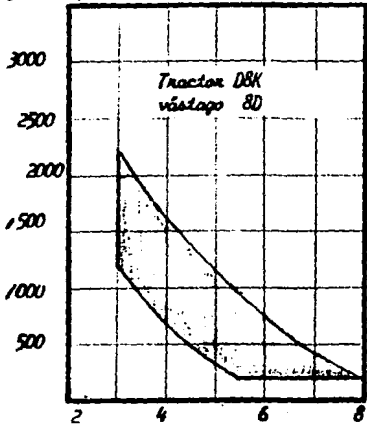


TRACTOR D 10

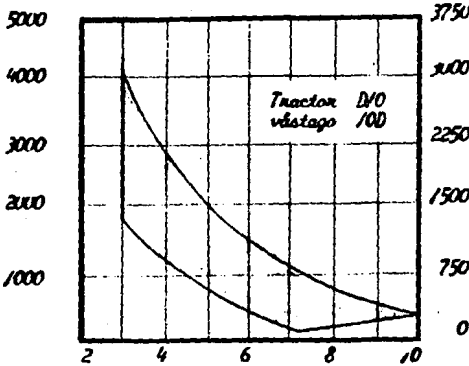
 Desgarrable
 Indefinido
 No Desgarrable.

Producción:
m³ banca/hora

m³ b/h



Gráficas para estimar la producción de los desgranadores



CARACTERÍSTICAS:

- La máquina solamente desgrana, es decir no hace dos trabajos a la vez
- Máquinas de los últimos modelos con un solo diente desgranador.
- 100 % de eficiencia (60 m/h)
- Para toda clase de materiales.
- En rocas volcánicas con velocidad sísmica de más de 2400 m/seg (D10) y de 1750 m/seg (D8 y D9) se debe reducir la producción un 25 %.
- La curva de mayor producción se basa en condiciones favorables por lo que se debe usar la curva menor si se trata de capas laminares gruesas o de tipo vertical ó si existe cualquier otro factor desfavorable.

En la mayor parte de los suelos un tractor grande debe poder operar con tres dientes en el terreno y romper el suelo con más rapidez que una flotilla de escrapas lo pueda cargar. En terreno congelado ó en roca se debe usar un solo diente con una considerable disminución en el rendimiento.

Un tractor empujador solamente puede hacer la escarificación en terreno pesado si dispone del tiempo para preparar suficiente material para las escrapas. Si no es así la escarificación es incompleta ó las escrapas tienen que esperar mucho ó ambas cosas.

Muchos suelos se aflojan tanto cuando se rompen que son difíciles de cargar ó impiden cargar las escrapas tanto como el suelo en su estado natural. Al menos que los resultados que se obtienen sean definitivamente favorables no se debe hacer la escarificación.

La escarificación de las rocas es costeable solamente cuando se puede fracturar a fragmentos de tamaño fino y uniforme. Las escrapas se cargan mal en roca gruesa y sufren mucho daño cuando chocan con fragmentos grandes de roca repetidas veces y con la roca sin quebrar.

La escarificación de los suelos de dureza dudosa pueden producir el efecto de disminuir la producción ó de no aumentarla lo suficiente para justificar el gasto de la escarificación. La ruptura del material utilizando los tres dientes puede disminuir las cargas que se obtendrían utilizando uno ó dos dientes solamente. Muchos contratistas consideran que si se puede atacar un suelo con tres dientes completamente enterrados no necesita escarificación.

Con el bulldozer no se tiene éste problema ya que siempre trabajará mejor en tierra suelta que en formaciones un poco más duras. Lo peor que puede hacer un arado en ellas es desperdiciar esfuerzo, ya que no perjudica la excavación y generalmente la ayuda.

Exceptuando suelos duros (pavimentos ó hielo) cuando se rompa material blando los dientes deben usarse completamente enterrados. Al enterrarlos poco la escarificación resulta irregular y se gastan mucho las puntas.

La clave para reducir los costos de operación por hora, es el operador y se deben de seguir las siguientes reglas:

Siempre se debe de usar la primera velocidad. Los tracciones tienen más tracción en baja velocidad, además disminuye el desgaste del tren de rodaje.

Las cargas de choque y los daños al desgarrador aumentan con la velocidad, por lo que se debe desgarrar lentamente para aumentar la duración del desgarrador.

Siempre que sea posible debe desgarrarse cuesta abajo, pues ésto eleva la producción ya que el peso de la máquina se suma a la potencia y aumenta la tracción.

Cuando haya capas laminares inclinadas, se debe comenzar a desgarrar en el extremo superficial ya que ésto profundiza la punta en el suelo, mejora la penetración y sube la producción.

Cuando se acarrean con motoescrapas materiales desgarrados, se deben manejar ambas máquinas en el mismo sentido, entonces se podrá usar el tractor del desgarrador para empujar motoescrapas en la carga y reducir el desgaste de las cuchillas.

No se debe de retirar todo el material desgarrado; hay que dejar una capa de 10 a 15 cms. (4 a 6 pulg.) ya que ésto mejora la tracción y reduce el desgaste de los tránsitos.

Cuando el acarreo sea con motoescrapas, el desgarrar debe hacerse a profundidad uniforme, reduce el desgaste en las máquinas de acarreo y facilita la carga.

Se debe evitar que el diente penetre cuando el tractor está girando. Cuando se encuentran materiales que oponen mucha resistencia al desgarrar y previo análisis cuidadoso, pue en utilizarse dos tracciones en tandem, el de adelante equinado con el arado y el que va atrás empujando al primero y aplicando el peso de su hoja topadora sobre el propio arado. Para poder aplicar este procedimiento las aradas deben esquinarse con un adaptador que recibe la carga horizontal y vertical del tractor empujador. Un par de tractores D7 puede aplicar una presión hasta de 30 000 kg. en un diente de arado lo que permite quebrar roca muy resistente.

Con el objeto de reducir al mínimo los costos de operación en diferentes condiciones, se dispone de tres diseños de puntas; Para economía, para condiciones moderadas y para condiciones extremas. Además cada diseño, se ofrece en dos ó tres longitudes, para utilizar lo más adecuado en cada una de las diferentes clases de trabajo con desgarrador.

La punta corta es la de menos posibilidades de fractura pero se desgasta fácilmente. La punta mediana posee gran resistencia a la acción del desgaste y resiste bien las cargas de choque sin quebrarse. La punta larga es la más resistente al desgaste pero por su longitud es más probable que se fracture más que las otras dos.

La elección de la punta más adecuada depende del material a atacar y del tipo de tractor, una guía para esta operación es la siguiente;

punta que debe usarse.

Datos sobre el desgarramiento

D7 D8 D9 D10

Operación en tandem	corta	corta	corta	corta
Un vástago para:				
condiciones extremas	corta	media	corta	corta
condiciones medias	larga	larga	media	larga
condiciones abrasivas.....	larga	larga	larga	larga

Se debe utilizar siempre la punta más larga que no se quiebre con frecuencia. Lo mejor es probar diferentes puntas para determinar cual es la más económica.

Los costos en desgarramiento deben compararse con otros métodos para a) lo por ó fragmentar el material, usualmente el de voladuras, sobre la base de costo por metro cúbico en banco. Se tienen cuatro métodos para estimar la producción al desgarrar.

11.- El mejor método es hacer perfiles transversales en la zona y luego medir el tiempo invertido en desgarrar.

Después de retirar el material fragmentado, vuelva a efectuar perfiles transversales para determinar el volumen de material extraído. Este volumen dividido por el tiempo invertido en desgarrar es la tasa de desgarramiento la cual se expresa en m³ banco/hr.

21.- Otro método consiste en medir el tiempo invertido en desgarrar y contar las cargas de la tralla durante un tiempo determinado. Pesando ó calculando la cantidad medida de carga por tralla se tiene la información necesaria para determinar el número de m³ en banco/hr.

31.- El método menos exacto, pero que se emplea con frecuencia por su rapidez, consiste en medir el tiempo de recorrido del desgarrador en una distancia determinada. El tiempo medio de un ciclo debe obtenerse utilizando los tiempos de varios ciclos e incluir también el tiempo en los virajes ó retrocesos. Se mide, además, el arco medio, el espaciamiento y la penetración del desgarrador. Con estos datos se obtiene el volumen por ciclo, que es la base para calcular la producción en m³ en

banco/hr. La experiencia indica que los resultados de este método, son del 10 al 20 % más altos que utilizando el de perfiles, que es más exacto.

4).- Se puede encontrar la producción aplicando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{V \times A \times h}{n} \times f$$

en donde;

P: Producción en m³/b/hr.

V: Velocidad media del tractor en mts/hr

A: Separación entre pasos en mts.

h: Penetración del vástago en mts.

n: Número de pasos para aflojar.

f: Factor de conexión determinado por observación directa y que fluctúa entre 0.70 y 0.50 para material de tipo I a tipo III.

Además de los métodos mencionados anteriormente se cuenta con las gráficas de producción proporcionadas por el fabricante.

Ejemplo; Calcular la producción de un tractor D9 con desgarrador No. 9 con un diente. El espacio entre pasadas es de 0.91 mts. La velocidad media incluyendo deslizamiento y paradas es de 1.6 Km/hr. Cada 91.00 mts, que es una pasada, se invierte 0.25 de minuto en levantar y hacer girar el diente, efectuar el viraje y bajar otra vez el diente. La penetración del desgarrador es de 0.61 mts. El tractor trabaja con desgarrador en toda la jornada (no se emplea parte del tiempo en el empuje de trillado, ni con la hoja topadora).

a).- Tiempo por pasadas:

$$1.6 \text{ Km/hr} = 26.67 \text{ mts/min}$$

$$\frac{91.00 \text{ mts de c/pasada}}{26.67 \text{ mts/min de veloc.}} = 3.41 \text{ min.}$$

$$3.41 \text{ min} + 0.25 \text{ min de viraje} = 3.66 \text{ min.}$$

b).- Número de pasadas por hora:

Si se considera una eficiencia de 45 min/hr tenemos:

$$\frac{45 \text{ min/hr}}{3.66 \text{ min/pasada}} = 12.30 \text{ pasadas/hr.}$$

$$12.30 \text{ pasadas/hr} \times 50.51 \text{ m}^3/\text{pasada} = 621.27 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

c).- Volumen desgarrado:

$$91.00 \text{ m} \times 0.91 \text{ m} \times 0.61 \text{ m} = 50.51 \text{ m}^3/\text{pasada.}$$

d).- Producción:

$$12.30 \text{ pasadas/hr} \times 50.51 \text{ m}^3/\text{pasada} = 621.27 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Solución aplicando la fórmula.

$$P = \frac{V \times A \times h}{n} \times f$$

$$= \frac{1600 \text{ m/hr} \times 0.91 \text{ m} \times 0.61 \text{ m}}{1} \times 0.60$$

$$= 532.90 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

comparando ambos métodos se tiene:

$$\frac{621.27}{532.90} = 1.17$$

17 % de diferencia.

Un tractor con un arado 8D tipo paralelograma de un solo diente, debe desgarrar roca con una velocidad sónica de 4000 ft/seg la penetración del vástago es de 0.60 mts. la distancia entre pasadas sucesivas es de 0.90 mts. de la gráfica de producción ideal se ajustan 575 m³/hr (medidas en banco) * Calcular la producción real si se trabaja con un tractor D8K

a).- Solución por gráfica;

Producción real = producción ideal x eficiencia.

$$P.R. = (575 \text{ m}^3/\text{hr}) \times (50/66 \text{ in/hr}) = 479.17 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

b).- Solución por el tiempo del ciclo;

se tomará una distancia total para desgarrar de 100 mts (desgarrando de ida y vuelta)

tiempo de recorrido = tiempos fijos + tiempos variables

$$T.V. = \frac{100 \text{ mts}}{1500 \text{ mts/hr}} \times \frac{60 \text{ min/hr}}{1 \text{ h}} = 4.00 \text{ min}$$

$$I.F. = (0.25 \text{ min}) \times (2 \text{ vueltas}) = 4.50 \text{ min.}$$

$$\# \text{ de ciclos / hr} = \frac{50 \text{ min/hr}}{4.5 \text{ min/ciclo}} = 11.11 \text{ ciclos/hr.}$$

Volumen desgarrado por ciclo

$$(100 \text{ mts}) (0.90) (0.60) = 54 \text{ m}^3/\text{ciclo}$$

Producción por hora

$$(54) (11.11) = 599.94 \text{ m}^3 \text{ banco/hr.}$$

c).- Solución aplicando la fórmula;

donde;

P producción m³/hr

A separación entre pasadas m

h anchuras del vástago m

V velocidad 1500 m/hr

n número de pasos para ajustar

f factor de corrección (se determina

por observación directa y fluctúa entre 0.50 y 0.70 de mat. I a III)

$$P = \frac{V \times A \times h}{n} \times f$$

* La penetración máxima de este tipo de desgarrador es de 48" (1.22 m) si la penetración en estas condiciones es del 50% se tomar valores de la curva desfavorable.

para la velocidad dada es material tipo II. ∴

$$= \frac{(1500 \text{ m/hr}) (0.90) (0.60)}{(1)} (0.60)$$

Producción = 486 m³ banco/hr ∴

Supongamos un tractor D8K equipado con un desgarrador de un diente, desgarrando un conglomerado que tiene una velocidad sísmica de 4000 fts/seg. La penetración del diente es de 1.20 mts. y la separación entre pasadas es de 1.00 mts. La velocidad del tractor es de 1.5 km/hr de la gráfica de producción ideal se aflojan 1250 m³/hr

a).- Solución por la gráfica (*)

Producción real = producción ideal x eficiencia.

P.R. = (1250 m³ b/hr) (50/60 min/hr) = 1041.67 m³ b/hr.

b).- Solución por el tiempo del ciclo.

tomando una distancia total para desgarrar de 100 mts. (desgarrando de ida y vuelta)

tiempo de recorrido = tiempos fijos + tiempos variables.

T.F. = (0.25 min) (2 vueltas) = 0.50 min

$$T.V. = \frac{100 \text{ mts.}}{1500 \frac{\text{mts}}{\text{hr}}} \times \frac{60 \text{ min/hr}}{1 \text{ h}} = \frac{4.00 \text{ min}}{4.50 \text{ min}}$$

de ciclos/hr = $\frac{50 \text{ min/hr}}{4.5 \text{ min/ciclo.}}$ = 11.11 ciclos

Volumen desgarrado por ciclo.

= (1.00 mts) (1.00 mts) (1.20 mts) = 1.20 m³/ ciclo.

Producción por hora;

= (1.20) (11.11) = 1,333.20 m³ b/hr.

c).- Solución aplicando la fórmula:

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

$$= \frac{(1500) (1.00) (1.20)}{(1)} (0.60)$$

Producción = 1,080.00 m³ b/hr.

(*) La penetración máxima del desgarrador es de 1.22 mts. por lo que se considera la producción de la curva ideal.

CARGADOR FRONTAL.

El trabajo pesado, incluyendo la excavación de material en su estado natural, es taba reservado casi por entero a las excavadoras giratorias sobre orugas. Los tractores cargadores de hoy en día nacieron principalmente de las necesidades económicas de la vida. La necesidad inmediata era conseguir una máquina que excavara y cargara, un tractor cargador que proporcionase;

- a).- Mayor producción
- b).- Menor costo de funcionamiento
- c).- Mayor movilidad
- d).- Más facilidad de servicio.

Para esto fue necesario desarrollar, motores más potentes, mejores transmisiones, componentes hidráulicos más eficaces, en el caso de cargadores con llantas éstas de berrán de ser más grandes y con base más ancha, diseñadas para suministrar la tracción y flotación necesaria.

Todo el concepto de mover una amplia variedad de materiales, en mayores cantidades, a menor costo gracias a la velocidad, potencia y movilidad, operando eficazmente, y con una sola máquina.

Los cargadores son equipo de excavación, carga y acarreo y por ésta causa es más conveniente en algunos casos que la pala mecánica, pues en ésta es necesario el uso de cariones para el acarreo del material aunque sea a distancias cortas.

El uso de cargadores da soluciones modernas a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y elevar la producción.

Por consecuencia podemos clasificar a los cargadores desde dos puntos de vista; en cuanto a su forma de descarga y en cuanto al tipo de rodamiento.

A) Por la forma de efectúan la descarga se clasifican en :

- a.- Descarga frontal.
- b.- Descarga lateral.
- c.- Descarga trasera.

Descarga Frontal.

Los cargadores con descarga frontal son los más usuales de todos.

Estos voltean el cucharón o bote hacia la parte delantera del tractor accionándolo por medio de gatos hidráulicos.

Su acción es a base de desplazamientos cortos y se usa para excavaciones en sótanos, en el interior, para la manipulación de materiales suaves o fracturados, en los botaderos, en arena, grava, arcilla. También se usa con frecuencia en rellenos de zanjas y en la preparación de agregados a plantas clasificatorias o trituradoras.

Descarga lateral.

Los de descarga lateral tienen un gato adicional que acciona al bote volteándolo hacia uno de los costados del cargador. Esto tiene como ventaja que el cargador no necesita hacer tantos movimientos, para colocarse en posición de cargar el canchón o vehículo que se desee, sino que basta que se coloque el vehículo paralelo, este tipo es más caro que el de descarga frontal, y sólo se justifica su uso en condiciones especiales de trabajo, por ejem, en sitios donde no hay muchos espacios para maniobras, como en rezaga de túneles de gran sección, o en cortes largos de camino, ferrocarriles o canales.

Descarga trasera.

Los equipos de descarga trasera se diseñaron con la intención de evitar maniobras del cargador. En éstos el cucharón ya cargado pasa sobre la cabeza del operador y descarga hacia atrás directamente al camión, a bandas transportadoras o tolvas. Estos equipos resultan sumamente peligrosos y causan muchos accidentes, porque los brazos del equipo y bote cargado pasan muy cerca del operador.

Algunos de estos equipos han sido diseñados con una cabina especial de protección, pero esto resta eficiencia a la máquina porque reduce la visibilidad, además de que anade peso al cargador, han sido desechados para excavaciones a cielo abierto y solo se usa en la zanja de túneles, cuya sección no es suficientemente amplia, para usar otro tipo de cargador.

A este equipo de descarga trasera diseñado especialmente para excavaciones de túneles, se les llama regadoras. Vienen montados generalmente sobre orugas, aunque algunos pequeños vienen sobre ruedas metálicas que ruedan sobre una vía previamente instalada dentro del túnel. Es muy raro encontrar este equipo montado sobre llantas.

B) Clasificación por la forma de rodamiento:

- a.- De carriles (orugas)
- b.- De llantas (neumáticos)

Las orugas son de calibre ancho para manejar la estabilidad contra el volcamiento lateral cuando acarrean cargas pesadas. Los cargadores pesados sobre llantas pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices. Generalmente se utilizan llantas muy grandes. Estas sirven para proporcionar una excelente flotación que les permite trabajar en la mayoría de los terrenos.

Cargadores Frontales montados sobre Neumáticos.

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, son equipos de excavación, carga y acarreo que tienen un cucharón o bote para estos fines y que se adaptan en la parte delantera de los tracciones.

Neumáticos:

Los de base estrecha inflados a alta presión han sido sustituidos por neumáticos de amplia base, alto índice de tracción, gran flotación y larga vida en servicio. Se han desarrollado neumáticos de gran base, sin cámara, especiales para el movimiento de tierra y para actuar sobre roca. Las presiones de inflado más bajas y las bases más amplias, (*) presión por pulgada cuadrada ejercida sobre el suelo por el neumático, es aproximadamente igual a la presión de inflado de neumático.

Para aumentar la duración de las costosas llantas, se debe recomendar a los operadores que no acomoden las cargas mediante arrancones y frenajes bruscos pues esta pésima costumbre, se traduce en severos impactos y frecuentemente causan la rotura del tejido de las lonas de los neumáticos.

La presión de aire apropiada, es base para la duración y el buen funcionamiento de estos equipos.

Cuando la superficie de rodamiento está compuesta de materiales abrasivos y fragmentos de roca que puedan dañar a los neumáticos, es práctica recomendable proteger a éstos, por medio de accesorios que constan de zapatas y eslabones de acero.

(*) dan como resultado que la.

Los cargadores montados sobre neumáticos pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices. Por las duras condiciones de trabajo los cargadores de dos ruedas motrices están siendo desplazados en el movimiento de tierra; su aplicación más bien es para fines agrícolas.

Los cargadores con tracción en las cuatro ruedas, puesto que aprovechan un mayor porcentaje de peso en la máquina comparado con los de tracción en un solo eje, realzan la acción de excavado y acarreo mucho mejor.

La mayoría de los cargadores de cuatro ruedas motrices se dirigen con las ruedas traseras. Sin embargo los hay con dirección frontal e inclusive en las cuatro ruedas.

Algunos cargadores utilizan un mecanismo de dirección que hacen girar la mitad delantera del tractor, incluyendo el sistema articulado del tractor y el cucharón, alrededor de un pivote central. Esto ofrece las mismas ventajas que los de dirección en las ruedas traseras, manteniendo el peso del cargador directamente detrás del cucharón y haciendo que todas las ruedas sigan el rastro del trayecto del cucharón. Además permite que el cucharón gire antes de que vire el tractor, aumentando la facilidad de la rotación, tanto en el banco como sobre el camión, reduciendo de esta manera el tiempo consumido en la distancia de recorrido entre banco y el camión.

La fuerza de empuje describe la capacidad que tiene una máquina para hacer penetrar la cuchara en el material que se excava. La fuerza de tracción útil disponible y las condiciones del terreno determinan la fuerza de empuje disponible. Si el operario de la máquina permite que patinen las ruedas, ello significa que se ha alcanzado la fuerza de empuje máxima y nada se consigue sino reducir la duración de los neumáticos. Cuanto mejores sean las condiciones del terreno, mayor esfuerzo tractor puede ser desarrollado para incrementar la acción de empuje.

CARGADORES FRONTALES MONTADOS SOBRE ORUGAS.

El conjunto formado por el tractor de orugas y el equipo se le llama cargador frontal, tractor pala y más comúnmente traccavo.

En cuanto al sistema hidráulico, controles automáticos, cucharones y motor, se rigen en forma general bajo el mismo principio que los cargadores montados sobre neumáticos.

ORUGAS.

El sistema de tránsito de estos cargadores consta de cadenas formadas por pernos y eslabones, a los cuales se añaden las zapatas de arojo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos, conocidas comúnmente como roles. En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engranaje propulsor que transmite la fuerza tractiva.

Un adecuado ancho y largo de las orugas es necesario para la estabilidad contra el volteamiento lateral cuando acarrear cargas pesadas.

El tipo de zapatas de las orugas utilizadas, tienen una influencia considerable en la técnica de excavación.

En ocasiones se utiliza la zapata lisa para no deteriorar la superficie de trabajo, pero ésta tiene el inconveniente de que patinan bastante sobre muchos suelos e impide que toda la potencia de la máquina se aplique al trabajo.

Cuando por condiciones de trabajo se necesita que el cargador gire muy frecuentemente, se usan zapatas con garras pequeñas de 1/2" a 3/4" aproximadamente.

Las zapatas lisas o de serigarra no son adecuadas para trabajar en terrenos lodosos, también permiten que la máquina se deslice cuesta abajo cuando trabaja sobre un ta-

lud lateral. La garrn grande da muy buena tracci3n pero presenta dificultad en el pivoteo o giro.

Tambi3n hacen a la m3quina muy susceptible a dar tirones y sonete a 3sta y al cuchar3n non a impactos y sobrecargas que pueden acortar la vida del cuchar3n.

La direcci3n de los cargadores montados sobre orugas se maneja por medio de un sistema de tres pedales. Mediante 3stos se hacen todos los giros y paradas.

BOTES O CUCHARONES

a) Bote ligero

Los equipos que 3nicamente van a cargar materiales sueltos y poco abrasivos tienen un bote ligero y en la parte extrema del labio inferior est3n reforzados por una cuchilla que es la que primero entra en el material que se va a mover.

b) Bote reforzado.

Cuando se necesita excavar adem3s de cargar entonces el bote es un poco m3s fuerte que el anterior y viene equipado con una serie de puntas o dientes repartidos en el mismo sitio en que el anterior lleva cuchilla. Los dientes tienen por objeto facilitar la penetraci3n del cuchar3n dentro del material.

Estos dientes est3n cubiertos por un castillo de acero especial, resistente a la abnasion y cuando sufren desgaste considerable se cambian por nuevos con objeto de proteger a los dientes y al bote mismo.

c) Bote super reforzado con dientes.

Cuando el material que se va a cargar es roca fragmentada o lajar entonces se debe usar un bote especial, super reforzado, que es igual al bote de excavaciones pero m3s fuerte. Algunos botes para roca tienen su borde inferior en forma de "V" y no llevan dientes sino cuchilla.

d) Bote para demolic3n.

Este tipo sirve para cargar desechos y escombros de forma irregular, para esto cuenta con una mandibula con fuerza hidr3ulica cuyos bordes son dentados. Las planchas laterales son desmontables para mejor agarre de materiales grandes.

e) Bote eyector de rocas.

El eyector es utilizado para descargar el material que se encuentra en el bote, ya que 3ste avanza hasta el extremo delantero; por esta causa es posible regular la eyeci3n del material a fin de situar bien la carga y minimizar los choques en la caja del cañ3n.

f) Bote de rejilla.

Se utiliza para el manejo de roca suelta. Las aberturas del fondo permiten que el material indeseable caiga a trav3s de 3stas.

Los fabricantes adem3s de estos tipos hacen otros seg3n las necesidades del cliente. Las capacidades m3s usuales de los botes var3a de 1/2 a 5 yd.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DOS TIPOS DE CARGADORES.

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, se pueden utilizar con ventajas en los siguientes casos;

- a) Cuando los puntos de trabajo están diseminados.
- b) Cuando sea importante el acarreo de material en tramos cortos.
- c) Cuando los materiales están sueltos y pueden atacarse fácilmente con el cucharón.
- d) Donde el uso de orugas sea perjudicial al terreno o por no ajustarse a las restricciones de tipo legal.
- e) Cuando los materiales abrasivos provoquen desgaste excesivo en las orugas, siempre que los neumáticos resistan las condiciones de trabajo.
- f) Donde el terreno es duro y seco.
- h) El radio de giro es mucho mayor que el de orugas, de manera que se requiere más espacio para maniobrar.
- i) La presión sobre el suelo es aún mucho mayor que los de orugas, pero el efecto de compactación de las llantas y las vueltas más graduales le hacen posible trabajar fácilmente en suelos arenosos que se partirán bajo las orugas, causando un excesivo desgaste a éstas.
- j) En superficies, resbalosas pueden ocasionar la pérdida, tanto de la tracción como de la precisión de la dirección.

Una de las características de estos tipos de cargadores, es que da una mayor facilidad de desanclamiento y por ésto, se obtiene mayor rendimiento a distancias considerables de acarreo, en comparación con los de orugas.

Los cargadores frontales montados sobre orugas se pueden utilizar con ventajas en los siguientes casos:

- a.- En terrenos flojos donde el área de apoyo de las orugas aseguran un movimiento adecuado y una estabilidad correcta.
- b.- Cuando las condiciones del terreno o las pendientes exijan buena tracción y amplia superficie de apoyo.
- c.- Donde no hay necesidad de hacer movimientos frecuentes y rápidos.
- d.- Cuando los materiales son duros y no pueden excavar fácilmente.
- e.- En donde los fragmentos de roca pueden dañar los neumáticos.
- f.- En trabajos que requieren volúmenes pequeños.

Por su diseño los cargadores sobre orugas, pueden salvar las irregularidades del terreno y su característica principal en su buena tracción, su baja velocidad y su limitación a distancias cortas de acarreo.

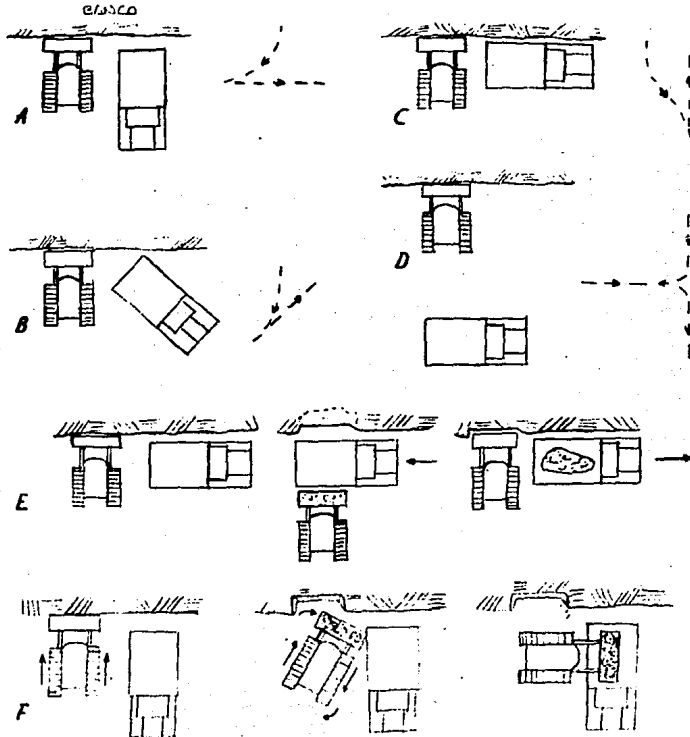
Para la carga de camiones con cargador frontal se deben seguir las siguientes recomendaciones; Una vez lleno el cucharón, se hace retroceder la máquina, mientras retrocede el tractor deberá voltearse de manera que quede de frente al costado del camión que va a cargarse, al avanzar la máquina hacia adelante el cucharón deberá levantarse lo suficiente, de manera que el movimiento hacia abajo de la cuchilla de éste, durante la descarga, no golpee al camión; es una buena costumbre retener el cucharón lo suficientemente alto, mientras retrocede, para librar el costado del camión evitando accidentes.

El operador debe calcular el tiempo de elevación de manera que el cucharón apenas libere con seguridad al camión. El tractor debe llevarse hacia delante hasta que el cucharón esté tan inclinado, sobre la caja, como se desee o hasta que la protección del radiador toque la caja del camión o la llanta.

La primera y la segunda descarga del cucharón se hacen lentamente para reducir el impacto al conión, si el material es pegajoso el cucharón puede sacudirse golpeando contra los topes de descarga, mediante el movimiento rápido de la palanca de la válvula de descarga hacia atrás y hacia adelante. El tractor se coloca en reversa y retrocede levantando el cucharón para librar la caja, si es necesario. Al llegar el conión la máquina se detiene y se dirige al banco con el cucharón en la posición de excavación y bajándolo durante el viaje de regreso.

Un cargador frontal convencional tiene un tiempo del ciclo de 25 a 50 segundos en condiciones ordinarias. La excavación fácil, la colocación adecuada del conión y los cambios rápidos de velocidad favorecen a un ciclo corto. Las máquinas con oruga de rotación contraria con servotransmisión y una elevación rápida pueden lograr ciclos de 15 segundos.

Existen muchos modelos de operación posibles en la colocación de coniones en la maniobra de carga, algunas de ellos son las siguientes:



El método más usado es A en el cual el costado del camión está en ángulo recto con el frente del banco por lo que es necesario dar un cuarto de vuelta doble en cada ciclo de excavación.

En B el camión se estaciona en un ángulo de 45° con el banco de manera que las vueltas del cargador son solo de la mitad. En esta posición algunas cargas pueden llevarse al girar desde el banco hasta dentro del camión con un movimiento de retroceso muy corto incrementando la velocidad de carga por lo que hace a este sistema el mejor.

Con el camión en la posición C se efectúan virajes similares a B pero con un recorrido mayor.

En D el tractor debe dar media vuelta con cada carga para introducirla en el camión y media más para volver al banco. Se tiene más recorrido que en los otros métodos haciéndolo lento e insatisfactorio pero se utiliza a menudo en explotaciones lodosas ó arenosas en donde los camiones están restringidos a ciertos movimientos.

En el método expuesto en E no se tiene virajes siendo rápido y eficiente si se coordina correctamente manteniendo el desgaste del tractor a un mínimo. Es particularmente valioso cuando el suelo está suelto y es muy abrasivo de manera que desgaste rápidamente las orugas si éstas se mueven en el por cambios de dirección.

En F se muestra el efecto de la rotación contraria de las orugas en la disminución del trayecto.

Usualmente el rendimiento del cargador puede aumentarse sustancialmente poniendo una persona a señalar el estacionamiento de los camiones ó entrenando a los conductores de los camiones para estar alerta a las necesidades de la máquina de modo que no sólo tomen posiciones convenientes sino que estén listos para moverse si la máquina se retira de ellos.

Para la descarga en la caja se debe tener en cuenta las dimensiones de la misma y el ancho del cucharón del cargador. Una caja corta puede cargarse completamente copeada mediante la descarga en el centro solamente. Una caja grande puede cargarse bien mediante la descarga alternada al frente y atrás desde un lado, pero existe la tendencia a amontonarla en el centro dejando escasas las orillas, si se desea una carga pesada puede ser mejor cargar la parte posterior desde atrás.

Si se carga en una caja que resulte demasiado alta se puede formar un montón del material en un lado éste montón se mueve hacia el otro lado empujándolo con el cucharón cargado, la tierra puede moverse también con el cucharón colocado en la posición de descarga total. En camiones muy altos se carga por ambos lados, si se ven a llenar muchos camiones puede ser mejor excavar franjas de un metro de profundidad donde circulen los camiones mientras el cargador opera en el nivel más alto. Si el piso de la explotación no debe dañarse se puede formar una rampa donde se mueva el cargador haciéndola de tal manera que éste no se incline demasiado cuando descargue ya que esto reduce el alcance y aumenta el esfuerzo para mantener la posición.

Como ya se mencionó, la carga es más rápida si el camión está tan cerca de la excavación que la máquina tenga apenas espacio cómodo para virar, cuando un banco tiene mucha agua o es muy arenoso para la operación de camiones, puede excavar dentro de éste, acarrear el material hasta suelo firme y ahí colocarlo dentro del camión. La operación cuando la excavación se hace en un lugar y la descarga ó almacenamiento en montones en otro, es similar a la descarga de camiones. Si la distancia es corta (15.00 mts ó menos) o si vá a moverse un gran volumen, es más económico empujar el material con el cucharón con el fondo horizontal, ya que la máquina empuja de dos a tres veces la cantidad de tierra que puede acarrear, lo que en un trayecto corto compensará de sobra la velocidad más lenta.

El acarreo puede hacerse en tercera ó a velocidad máxima, sobre terreno uniforme, mientras el empuje requiere baja ó segunda. Si el cargador tiene una reversa sencilla, el viaje de retorno es lento de cualquier modo y en un acarreo largo será más económico darle vuelta para que regrese rápidamente al banco. El viaje de regreso puede también utilizarse ocasionalmente para nivelar el terreno ya sea mediante empuje o mediante arrastre en retroceso.

Una regla empírica es la de que un cargador frontal cargará los camiones a un promedio de 38 m³ en banco por hora por cada m³ de capacidad al ras del cucharón. Bajo condiciones muy favorables ésta cantidad puede duplicarse, sin embargo las condiciones son más a menudo desfavorables y se realizan las operaciones con descuido. Cuando se compara con una pala de capacidad similar de producción, el cargador tiene las ventajas de moverse con facilidad por todas partes, de limpiar el piso y de mover boteo sin ayuda, de recoger rocas grandes sin utilizar cadenas y utilizarse como bulldozer cuando no está cargando. La pala mecánica puede hacer excavación más difícil, trabajar en pisos más suaves y tener menos gastos de reparación y mantenimiento debido a que sus orugas y rodillos tienen mucho menos uso.

Una cuchilla normal ancha de bulldozer puede sustituir al cucharón. Su uso es económicamente seable si el cargador se va a utilizar como empujador de escrementos. La cuchilla es más resistente que el cucharón, sin embargo el cucharón de ancho estándar hace la mayoría de los trabajos de empuje mejor que un bulldozer quedando inmediatamente disponible para la carga u otro trabajo especial. El cucharón estándar puede utilizarse como un bulldozer contando con él en la posición de excavación y extendiendo con éste más o menos volteado.

Sus ventajas sobre la cuchilla son; la eficiencia muy aumentada debido a la cuchilla afilada; su capacidad para empujar cargas mayores de material y que una buena porción de la carga que es empujada está contenida en el cucharón, en donde causa tan poca carga ó fricción que casi una carga completa de la cuchilla puede empujar adelante del cucharón; al trabajo más rápido de nivelación debido a su mayor capacidad de transporte y a su aptitud para acarrear tierra a las cavidades sin desgarrar las superficies entre ellas; a la facilidad con que los materiales pueden ser extraídos de los bancos y a la exactitud con que puede ser depositado donde se necesita.

Esta máquina tiene un mayor alcance efectivo bajo las orugas que cualquier bulldozer en la posición vertical la cuchilla del cucharón alcanza más de 60 cms. bajo las orugas contando una pared casi vertical hasta esa profundidad. Debido a sus bases anchas las cuchillas de los bulldozers no pueden encajonarse hacia abajo o alcanzar tal profundidad en una corta distancia aún y cuando fueran capaces de tal descenso.

Esta profundidad no puede alcanzarse ordinariamente en un solo corte pero sí con varias con la cuchilla en un ángulo sucesivamente más inclinado o con los brazos de empuje más bajos en cada ocasión. Sólo ocasionalmente es útil en la excavación de zanjas o en el arreglo de los lados de las excavaciones poco profundas ya que el tractor no puede seguir al cucharón sobre la orilla así sin precauciones especiales. Sin embargo esta capacidad de llegar hasta abajo permite a la pala del tractor cruzar salientes pronunciadas sin que el cucharón pierda contacto con el suelo, lo cual es de suma importancia en los trabajos de desmonte.

Es evidente que el operador use más controles en la operación del cargador que en la del bulldozer, otra consideración es la posibilidad de la ruptura del cucharón ya que

no es práctico hacerlo tan pesado o tan resistente como la hoja de un bulldozer.

RENDIMIENTO.

En el movimiento de tierras lo que más nos interesa es minimizar los costos de producción, es decir obtener el costo más bajo posible por unidad de material movido.

Se entenderá por rendimiento al volumen de material movido durante la unidad de tiempo. Este depende de numerosos factores como son:

- a.- Capacidad del cucharón y su posibilidad de llenado.
- b.- Tipo de material.
- c.- Altura del terreno a excavar y la altura de descarga.
- d.- La rotación necesaria entre la posición de excavación y descarga.
- e.- La habilidad del conductor.
- f.- La rapidez de evacuación de los materiales.
- g.- Características de la organización de la empresa.
- h.- Capacidad del vehículo o recipiente que se cargue.

El rendimiento aproximado de un cargador se puede valorar de las siguientes formas:

- A) Cálculo del rendimiento de un cargador por medio de Observación Directa.
La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de materiales movidos por el cargador, durante la unidad horaria de trabajo, cronómetro de mano.

Con este método se obtienen los rendimientos reales, sin embargo, este sistema requiere de contar con la máquina en el frente de trabajo, por esta razón no es posible usarlo para tomar una decisión de compra. Este método nos proporciona un medio objetivo de comparación entre el rendimiento y el rendimiento teórico.

- B) Cálculo de rendimiento de un cargador por medio de Reglas y Fórmulas.

El rendimiento aproximado de un cargador por medio de este método puede estimarse del modo siguiente;

Se calcula la cantidad de material que se mueve en el cucharón en cada ciclo, y éste se multiplica por el número de ciclos por hora. De esta forma se obtiene el rendimiento horario.

$$m^3/\text{Hora} = m^3/\text{Ciclo} \times \text{Ciclos/Hora.}$$

Estimación de la carga en el cucharón;

La cantidad del material en el cucharón de un cargador se estima por dos métodos, ya sea si se recoge de un montón o del banco.

- 1).- Cuando el material es suelto (carga de montones)

La cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo es la capacidad nominal del cucharón afectada por un factor que se denomina "Factor de Carga", expresando en forma de porcentaje, que depende del tipo de material que se cargue. Este factor de llenado o de carga debe tomarse en cuenta pues el cucharón no se puede llenar al ras, más que en terrenos ligeros en condiciones óptimas. En terrenos pesados especialmente arcilla, el cucharón solo se llena parcialmente, mientras que en materiales rocosos el llenado es aún más imperfecto.

$$m^3/\text{Ciclo} = \text{Capacidad nominal del Cucharón} \times \text{Factor de Carga} \quad [m^3 \text{ sueltos}]$$

Ejemplo:

Un cargador 977 L (de orugas) con cucharón de embleo general de $3\ 1/4\ yd^3$ ($2.18\ m^3$) que carga agregados uniformes amontonados tiene una capacidad real de;

$$2.48\ m^3 \times 0.8) \text{ (tabla de pág. sig.) } 2.11\ m^3 \text{ de mat. suelta}$$

2).- Cuando el material se encuentra en el banco como es el caso de excavaciones la capacidad se mide en m^3 en banco. Para convertir a m^3 en banco el material excavado que mueve el cucharón, se aplica un factor volumétrico además del de carga. Quedando la fórmula así:

$$m^3/\text{Ciclo} = \text{Capacidad nominal del cucharón} \times \text{Factor de carga.} \\ \times \text{Factor Volumétrico. [} m^3 \text{ banco.]}$$

Ejemplo:

Calcular la capacidad real del cucharón de un cargador 955 L (de orugas) de $2\ yd^3$ ($1.53\ m^3$), que carga marga de un banco. $1.53\ m^3 \times 1.05 \times 0.81 = 1.30\ m^3$ banco. El factor de carga se puede determinar empíricamente para cada caso en particular o sea por medio de mediciones físicas, o tomarse de los manuales de fabricantes, por ejemplo, tenemos los siguientes valores, tomados de un fabricante: (ver pag. sig.)

(1) Cálculo del rendimiento por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.

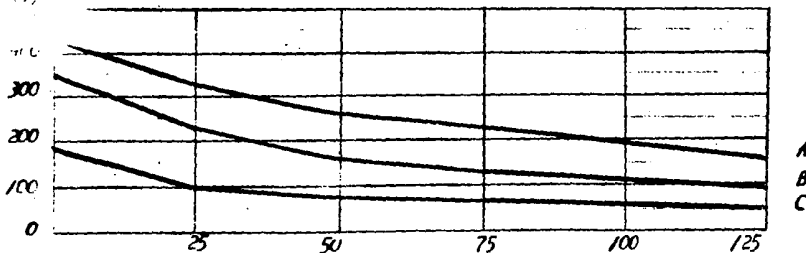
Los fabricantes de equipos cuentan con manuales donde se justifican los rendimientos teóricos de las máquinas que producen para determinadas condiciones de trabajo. Los datos se basan en pruebas de campo, análisis en computadora, investigaciones en el laboratorio, experiencia, etc.

Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que todos los datos se basan en un 100% de eficiencia algo que no es posible conseguir ni aún en condiciones óptimas. Esto significa, que al utilizar los datos de eficiencia y producción, es necesario rectificar los resultados que se dan en las tablas, mediante factores adecuados a fin de compensar el menor grado de eficiencia alcanzada, ya sea por las características del material, la habilidad del operario, la altitud y otros sin número de factores que pudieran reducir la producción en un determinado trabajo.

De las investigaciones y pruebas llevadas a cabo por los fabricantes del cargador marca Michigan, sobre el terreno, se obtuvieron gráficas de producción como las siguientes:

m^3/hr

Producción en m^3/hr .



Distancia del ciclo (en una sola dirección)

- A 275 n serie 11 con cucharón de $4.78\ m^3$
- B 175 n serie 11 con cucharón de $3.06\ m^3$
- C 75n serie 11 con cucharón de $1.34\ m^3$

Supuesto de producción:

Carga de montón terreno firme y llano

Hora de trabajo de 60 minutos

Peso del material 1660 Kg/m³.

Para pendientes adversas de más de 5 % redúzcase la producción en un 2 % por cada 1 % adicional.

MATERIAL SUELTO.

FACTOR DE CARGA.

Agregados húmedos mezclados	95 - 100 %
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100 %
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90 %
Agregados de 1/2" a 3/4"	90 - 95 %
Agregados de 1" o más	85 - 90 %
Marga húmeda	100 - 110 %
Piedra vegetal piedras ralces	80 - 100 %
Materiales cementados	85 - 95 %

MOLADURAS.

Bien fragmentado	80 - 85 %
De fragmentación mediana	75 - 80 %
Mal fragmentado	60 - 65 %

Para determinar el número de ciclos/hr en la operación de un cargador, se debe determinar la eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora, y éste dividido entre el tiempo en minutos del ciclo total.

$$\text{Ciclos/Hora} = \frac{\text{Minutos efectivos por Hora}}{\text{Tiempo total de un ciclo (minutos)}}$$

La eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora, depende de las condiciones del sitio de trabajo y las características de la organización de la empresa. Se puede estimar de la forma siguiente:

Condiciones del sitio del trabajo.	Características de la Organización.			
	Excelente % Min/Hr.	Buenas % Min/Hr.	Regular % Min/Hr.	Malas. % Min/Hr.
Excelentes	84 50.4	81 48.6	76 45.6	70 42.0
Buenas	78 46.8	75 45.0	71 42.6	65 39.0
Regular	72 43.2	69 41.4	65 39.0	60 36.0
Malas	63 37.8	61 36.6	57 34.2	52 31.2

El tiempo total de un ciclo está compuesto por el tiempo del ciclo básico más el tiempo del ciclo de acarreo.

El tiempo del ciclo básico incluyen, el tiempo de carga, descarga, cambios de velocidades, el ciclo completo del cucharón y el recorrido mínimo.

Tiempo de carga:

Materiales agregados uniformes	segundos.
	1.8 - 3.0

Tiempos de carga:

material	segundos
Agregados húmedos mezclados	2.4 - 3.6
Marga húmeda	3.0 - 4.2
Tierra piedras ralces	3.0 - 12.0
Materiales cementados	6.0 - 12.0

Tiempo en maniobras; incluye el que se invierte en el recorrido básico, en cuanto cambios de sentido de marcha y en los virajes. Es de unos 13.2 seg. a plena admisión y con un operador competente.

Tiempo de viaje; si la operación lo requiere, incluye el que se invierte en el acarreo y retorno y puede obtenerse de las tablas de viaje contenidas en este tema, pág. 57.

Tiempo de descarga; depende del tamaño y resistencia del vehículo ó tolva en que se vacía y varía de 0.00 a 6.00 segundos. Los tiempos típicos de descarga en camiones para carretera son de 2.4 a 4.2 segundos.

Ejemplo:

Determinar el ciclo básico si se está excavando y cargando en camiones marga húmeda del banco.

carga (marga húmeda)	3.6 seg.
tiempo de maniobras	13.2 seg.
acarreo (no tenemos)	0.0 seg.
descarga.	3.3 seg.

20.1 seg.

$$20.1 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0.335 \text{ minutos.}$$

$$\frac{60 \text{ min/hora}}{0.335 \frac{\text{min}}{\text{ciclo}}} = \underline{179 \text{ ciclos/hora de 60 minutos.}}$$

El ciclo básico lo podemos tomar en forma teórica de estadística de varias obras o de recomendaciones de fabricantes. Esto nos dice que el tiempo del ciclo básico es del orden 20 a 25 segundos y que se ve afectado por diversos factores que se han estudiado aproximadamente como sigue:

MATERIAL.

Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico.

De diversos tamaños	+1.2
Hasta de 1/8"	+1.2
De 1/8" a 3/4"	-1.2
De 3/4" a 6"	0.0
De 6" o más	+1.8 y más
En el banco o fragmentado	+2.4 y más.

MONTÓN.

Apilado con transportador o tractor a 3 mts. o más	0.0
Apilado con transportador o tolvas de 3 mts.	+ 0.6
Descarga de un camión	+ 1.2

DIVERSOS.

Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico.

Cariones de un solo dueño	+ 2.4
Poseiones en común de camiones y cargador	-2.4
Operación continua	-2.4
Operaciones intermitentes	+ 2.4
Tolvas o camiones pequeños	+ 2.4
Tolvas o camiones débiles	+ 3.0

El ciclo de acarreo, es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga, al lugar de descarga y regresar vacío al lugar de abastecimiento.

El tiempo de este ciclo de acarreo, si se desconoce, puede tomarse de gráficas hechas por los fabricantes o prepararse con datos estadísticos medidos en la obra en forma apropiada.

En la pag. 56 se presentan varias gráficas del tiempo estimado de acarreo o retorno para diversos cargadores, los cuales se han preparado en las siguientes condiciones:

-Sin pendiente.

-Las velocidades son prácticamente las mismas con carga ó sin ella.

-Se considera el tiempo de aceleración en el tiempo de maniobras.

-La posición del cucharón es constante en el recorrido.

-No se incluye el recorrido efectuado en el tiempo de maniobras.

En el cálculo de la producción se requieren los siguientes datos sobre la máquina y trabajo:

Velocidad de la máquina y tamaño del cucharón.

Tipo y tamaño de las partículas.

Densidad y factor volumétrico del material.

Factor de carga.

Distancia de acarreo.

Condiciones del suelo.

Altitud.

Tamaño, altura y tipo del vehículo de acarreo o tolva.

Ejemplo:

Calcular la producción de arena de un cargador 955 L (de orugas) con un cucharón de 2 yd³ acarreado agregados uniformes de montones a una tolva grande ubicada a 300.00 mts. Las condiciones del sitio de trabajo son buenas con una organización regular.

Producción. m³/ciclo x ciclos/hora.

Carga por ciclo:
 $2\text{yd}^3 \times 0.7646 \text{ m}^3/\text{yd}^3 \times 0.95 = 1.45 \text{ m}^3$ sueltas.

Tiempo del ciclo:

tiempo de carga	2.4 seg.
tiempo de maniobras	13.2
tiempo de viaje (ver gráficas)	24.0
tiempo de descarga	4.0
Correcciones:	
por montón	0.6
tolvas	2.4
total	46.6 seg.

$$46.6 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ seg.}} = 0.78 \text{ minutos}$$

Eficiencia en la operación: 42.6 min/hora (ver tabla)

Cargas por Hora:

$$\frac{42.6 \text{ min/hora}}{0.78 \text{ min/ciclo}} = 55 \text{ ciclos/hora}$$

Producción:

$$= 1.45 \text{ m}^3 \text{ s/ciclo} \times 55 \text{ ciclos/hora}$$

$$= \underline{79.75 \text{ m}^3 \text{ s/hora}}$$

PROBLEMA:

Calcular la producción de un cargador de ruedas equipado con cucharón de 3.5 yd³ cargando camiones de 10 m³ de capacidad propiedad de la misma empresa. El material a cargar es grava triturada de 1 1/2" de tamaño máximo almacenada en pilas de 6.00 mts. de altura, la operación es continua con horas de 50 minutos efectivos.

$$\text{Producción} = \text{m}^3/\text{ciclo} \times \text{ciclos/hora}$$

Cálculo del volumen por ciclo:

$$3.5 \text{ yd}^3 \times 0.7646 \text{ m}^3/\text{yd}^3 \times 0.85 = 2.28 \text{ m}^3$$

Tiempo del ciclo:

ciclo básico	25.0 seg.
Correcciones:	
por el tipo de material	0.0
por montón	0.0
posesiones en común	-2.4
operación continua	-2.4
total	20.2 seg.

$$20.2 \text{ seg.} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ seg.}} = 0.34 \text{ minutos}$$

Cálculo de # de ciclos por hora:

$$\frac{50 \text{ min/hora}}{0.34 \text{ min/ciclo}} = 147 \text{ ciclos/hora}$$

Producción:

$$= 2.28 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 147 \text{ ciclos/hora} = 335.16 \text{ m}^3/\text{hora}$$

La producción requerida de un cargador, debe exceder ligeramente la capacidad de producción de los otros elementos determinantes del sistema, es decir, si una tolva puede recibir 300 ton. por hora no debe usarse un cargador con capacidad ni de 500 - ni de 100 ton por hora, si no que debe calcularse cuidadosamente la producción requerida a fin de elegir debidamente la máquina y el cucharón.

La elección del cargador apropiado para un determinado trabajo se puede hacer en forma inversa al procedimiento utilizado para la solución de los problemas anteriores, es decir, si se conocen las necesidades de producción y las condiciones de la obra el problema es calcular la capacidad del cucharón y con esto se elige la máquina.

EJEMPLO:

Elegir el cargador de ruedas adecuado para la carga de camiones si se requieren 250 ton. de grava de 3/8" por hora, este material se tiene en montones de 6.00 mts. de alto y se cuenta con camiones de 6 a 9 m³ de capacidad propiedad de 3 contratistas, las operaciones de carga son continuas, el suelo es duro y parejo facilitando las maniobras y se cuenta con una buena organización.

$$\text{Producción} = \text{m}^3/\text{ciclo} \times \text{ciclos/hora}$$

$$\text{m}^3/\text{ciclo} = \frac{\text{Producción}}{\text{ciclos/hora}}$$

Tiempo del ciclo:

ciclo básico	25.0 seg.
Correcciones:	
tipo de material	-1.2
montón	0.0
camiones independientes	2.4
operación continua	-2.4
total	<u>23.8 seg.</u>

$$23.8 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg.}} = 0.40 \text{ minutos}$$

Eficiencia horaria: 81 % (ver tabla) = 48.6 min/hora

Ciclos por hora:

$$\frac{48.6 \text{ min/hora}}{0.40 \text{ min/ciclo}} = 121.5 \text{ ciclos/hora}$$

Producción: la densidad de la grava de 3/8" = 1720 kg/m³ suelto

$$\frac{250 \text{ ton/hora}}{1.72 \text{ ton/m}^3} = 145.35 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Volumen requerido por ciclo:

$$\frac{145.35 \text{ m}^3/\text{hora}}{121.50 \text{ ciclos/hora}} = 1.2 \text{ m}^3/\text{ciclo}$$

Una vez conocido el volumen requerido por ciclo y tomando en cuenta que por diversas razones los cucharones no siempre conducen la carga indicada se debe elegir un cucharón de más capacidad.

Capacidad del cucharón requerido:

$$\frac{1.20 \text{ m}^3/\text{ciclo}}{0.85 \text{ (factor de carga)}} = 1.41 \text{ m}^3$$

De donde se deduce que se debe de emplear un cucharón de 2 yd³ (1.53 m³)

Elección de la máquina:

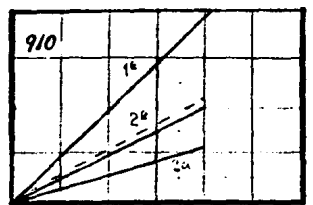
La capacidad requerida de operación de la máquina se determina mediante el volumen que moverá cada ciclo multiplicado por su densidad.

$$1.53 \text{ m}^3 \times 1720 \text{ kg/m}^3 = 2631.6 \text{ kg.}$$

Al consultar las tablas de capacidad de operación recomendada y las de selección del cucharón se tiene que el modelo que cumple con las recomendaciones de operación es el 930 por lo que es la máquina que debe elegirse con un cucharón de 2 yd³ de empleo general.

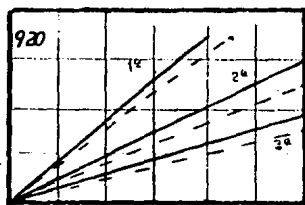
Tiempos de viaje para congeladores de ruedas Caterpillar.

tiempo del viaje en medio ciclo (minutos).



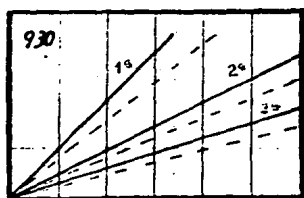
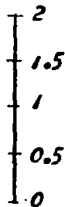
0 100 200 300

Distancia de avance o retroceso

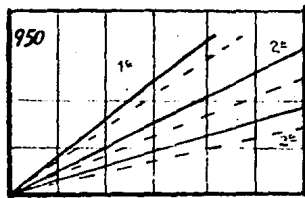


0 100 200 300

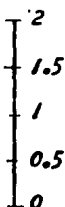
(medio ciclo) en mts.



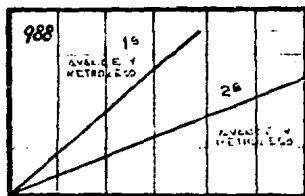
0 100 200 300



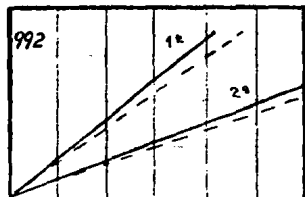
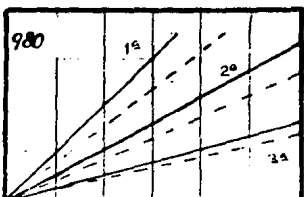
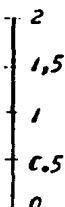
0 100 200 300



0 100 200 300



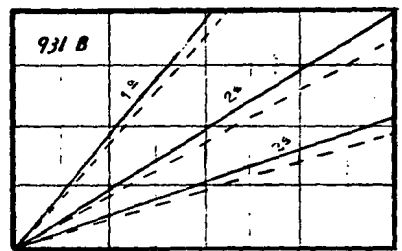
0 100 200 300



— avance
- - - retroceso

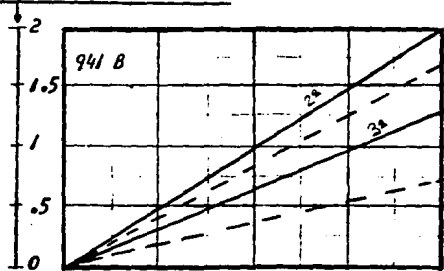
Tiempos de viaje para congeladores de carriles (aterpillan).

tiempo del viaje en medio ciclo (minutos).

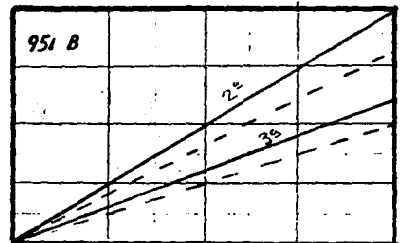


0 50 100 150 200

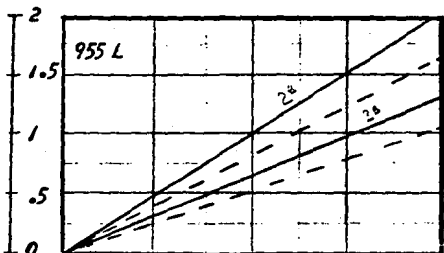
Distancia de viaje en medio ciclo (mts).



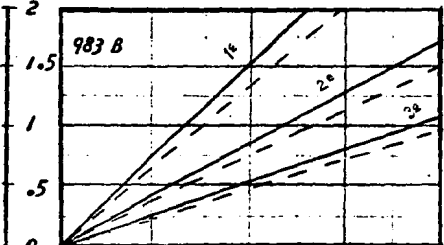
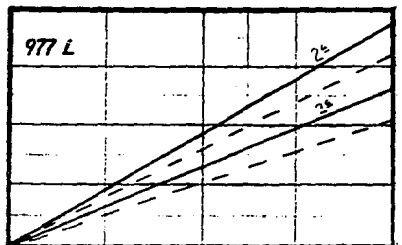
0 50 100 150 200



0 50 100 150 200



0 50 100 150 200

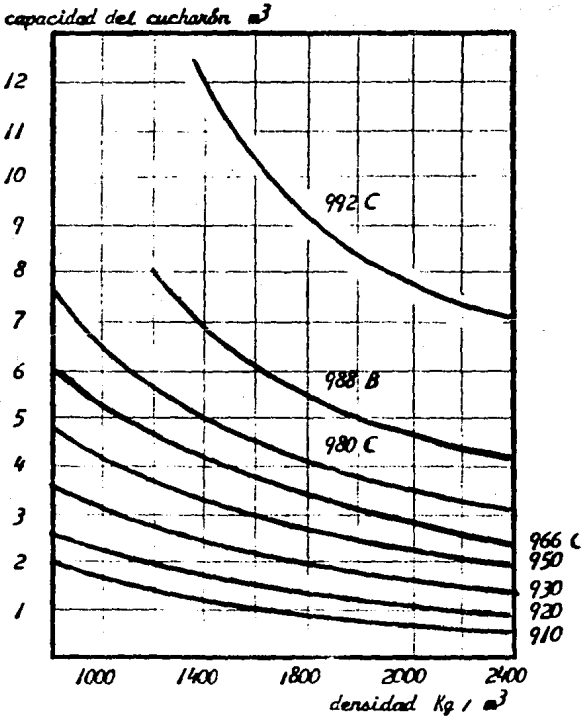


— avance
- - - retroceso

Selección del cucharón en base a la capacidad de operación:

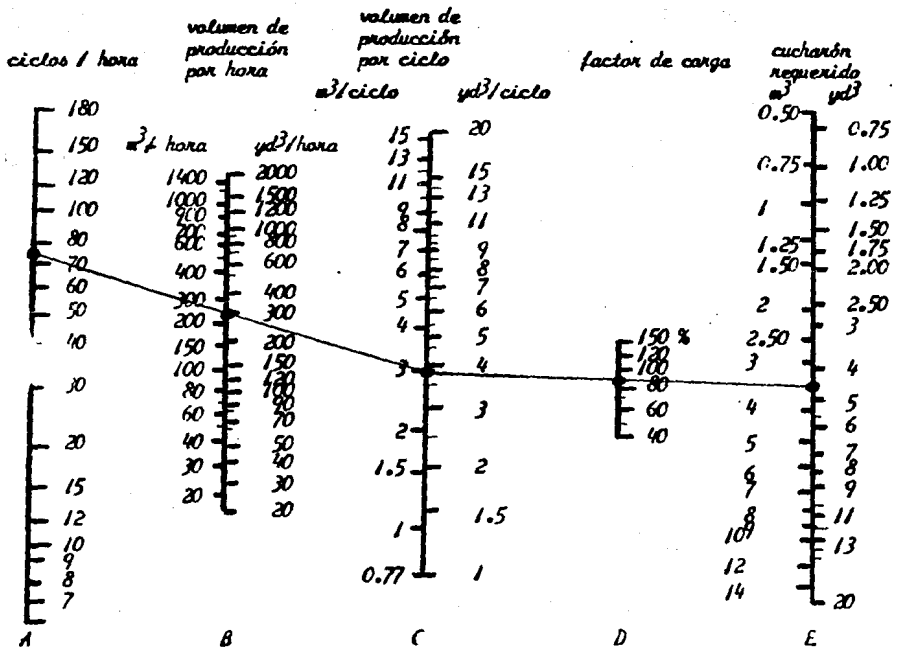
Cargador:	Capacidad de operación recomendada:
910	1 750 kg.
920	2 380 kg.
930	3 050 kg.
950	4 100 kg.
966 C	5 450 kg.
980 C	7 000 kg.
988 B	9 600 kg.
992 C	18 370 kg.

Selección del cucharón en base a la capacidad de operación:



Nomograma para seleccionar el cucharón requerido:

- 1).- Entrar en la columna B con la producción requerida (en el ejemplo 250 m³/hr).
- 2).- determinar el número de ciclos por hora en la columna A (en el ejemplo nos dan 75 ciclos / hora).
- 3).- con una recta unir los puntos A y B y proyectarla a la columna C determinando así el volumen por ciclo.
- 4).- determinar el factor de carga (para éste ejemplo es de 0.90).
- 5).- al unir los puntos C y D encontramos que se requiere un cucharón de 3.4 m³ ó su equivalente en yardas cúbicas (4.5 yd³).



EUQUIPO DE ACARREO.

Las Escrepas.

Las escrepas, conocidas también por los nombres de traillas ó gamellas, son máquinas para excavar, cargar, conformar, transportar y descargar., con una caja montada al centro que transporta o arrastra cargas. Varían mucho en tipos y tamaños, pueden arrastrarlas tractores de orugas ó de ruedas, tener propulsión propia y ser operadas con cables, cilindros hidráulicos ó motores eléctricos.

Estas máquinas son el resultado de unirse entre las mejores máquinas de acarreo y se utilizan en distancias que oscilan entre los 200 y los 3000 mts., compitiendo en costo con los sistemas tradicionales (como es el utilizar cargador y camión), independientemente de otras ventajas como es colocar el material en capas a espesores controlables permitiendo un mayor control en la construcción de terraplenes.

Esta máquina consta fundamentalmente de un chasis que soporta una caja metálica reforzada, una compuerta curva que puede subir o bajar mediante un mecanismo (generalmente hidráulico), una cuchilla de material resistente en la parte inferior de la caja y una placa metálica móvil en la parte interior para desalojar el material contenido en la caja.

Para la ejecución simultánea de la excavación y la carga, el frente de la caja baja a la profundidad de corte deseada, con la compuerta levantada, para dejar una apertura por la cual el material excavado penetra en la caja. La profundidad de la cuchilla y el ancho de la apertura determinan el espesor del corte, debiendo regularse en función de la naturaleza del terreno, de las condiciones de la obra y de la fuerza del conjunto Escrepa - Empujador.

Por lo general es necesario emplear la ayuda de un tractor empujador mientras está cargando la escrepa, este da más regularidad a las operaciones permitiendo una mayor rapidez de carga, la cual conduce a un mayor rendimiento. El tractor puede ayudar a cargar varias escrepas y el número de escrepas depende del tiempo en que es cargada la escrepa y del viaje de ida y vuelta de la misma. Es decir, si se necesita un minuto para cargar una escrepa cuyo tiempo de ida y vuelta es de 5 minutos, un tractor ayudará a la carga de 4 a 5 unidades, mientras regresa la primera.

La penetración de la cuchilla llega a ser hasta de 30 cms. en escrepas de 11 a 20 m³ y del orden de 50 cms. en las de mayor tamaño. A medida que se tira de la escrepa hacia adelante se forja a que entre una tira de tierra en la caja continuando así hasta el llenado de la caja ó hasta que no pueda entrar más tierra tras lo cual se levanta la cuchilla y se cierra la compuerta para evitar el deslizamiento durante el viaje de acarreo.

En pista bien conservada, el transporte se hace a gran velocidad, con la caja tan baja como sea posible para bajar el centro de gravedad. En mal terreno se eleva la caja y se reduce la velocidad. Los virajes se hacen siempre a velocidad moderada.

La descarga del material puede ser por basculación (descarga trasera muy poco utilizada) ó por eyector.

La basculación se efectúa generalmente en montón y con eventual extendido posterior con bulldozer ó con niveladora.

La descarga por eyector se realiza en marcha, se baja la caja y se levanta la compuerta de tal forma que permita el derrame por gravedad del material amontado en la parte delantera. En el transcurso del vaciado la compuerta se levanta progresivamente, despues el eyector entra en acción y empuja el resto del contenido de la caja. El material se extiende en una longitud y con un espesor de acuerdo a la apertura de descarga.

Existe y han existido una gran variedad de éste tipo de maquinaria desde la escrepa

pa de mano, escrepa de arrastre, escrepa de descarga trasera, de descarga delantera, escrepas con elevador de tambor giratorio, etc., hasta llegar a la **MOINESCREPA** que a su vez han evolucionado con el avance de la tecnología.

Escrepa de descarga Trasera: Es básicamente la escrepa ya descrita pero en lugar de eyector posee en la parte posterior una compuerta móvil. Para la descarga se hace pivotar la caja alrededor de un eje horizontal vaciando la carga a voltes, descargando másicamente en montón. Este tipo de escrepa es poco utilizada.

Escrepa de descarga Delantera: Se tiene varios tipos; siendo una aquella en la que la descarga se realiza por gravedad, el bote pivota alrededor de un eje horizontal y baja hacia adelante cayendo la tierra por efecto de su propio peso, por la misma abertura utilizada para su carga, este sistema no es muy empleado.

Existen otros tipos en los cuales el vaciado se realiza por eyector o equipando al bote con un tablero de fondo móvil pudiendo inclinarse dicho tablero para realizar la descarga por empuje y peso propio economizando fuerza motriz.

La principal ventaja de la descarga delantera es permitir una regularización muy precisa en donde muchas veces no se necesita una pasada de acabado, realizando la descarga sin disminuir la velocidad. Estas máquinas pueden ser remolcadas o automotrices.

Escrepa Remolcada o de Arrastre: Pueden ser de dos ó cuatro ruedas, en el primer caso una parte de la carga es soportada por el tractor; en el segundo, son autoestables.

La mayor parte de las escrepas del tipo de arrastre se mueven por medio de tractores de oruga, por disponer éstos de la tracción suficiente para cargar las escrepas que sean de la capacidad que corresponda a su potencia.

Las ventajas previamente discutidas así como las desventajas de los tractores de orugas en comparación con los tractores entantados se aplican, en la mayoría de los casos, a las escrepas tiradas por tractor.

Para distancias de acarreo cortas dá buenos resultados utilizar un tractor oruga y a medida que se incrementan las distancias de acarreo es mejor el tractor entantado.

La pasada en la que se excava requiere del tractor, una potencia mayor que en cualquier otra parte del ciclo, por esta razón muchas veces resulta muy provechoso utilizar para el transporte un tractor entantado con una escrepa de capacidad mayor a la potencia del tractor en la carga, pero suficiente en el acarreo, compensando la falta de potencia con otro tractor (de orugas) en la excavación.

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

Modelo	TIPO	CAPACIDAD	NO. DE MODELO
Motrescrepa	Estándar	8-31 m ³	1
Motrescrepa	De potencia Tandem	11-32 m ³	1
Motrescrepa	De tiro y empuje (Push-Pull)	11-49 m ³	7
Motrescrepa	De autocarga (con mecanismo elevador).	11-31 m ³	3

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

Los Motoescrapas Estándard: Tienen un sólo motor en el tractor que puede ser de uno ó 2 ejes con ruedas neumáticas; para ser cargados requieren de la ayuda de un tractor de orugas que se utiliza como empujador.

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

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

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

- 1.- Se elimina el tractor empujador.
- 2.- Se elimina el problema de desproporción posible entre el número de escrapas convencionales y el empujador.
- 3.- No se carga al costo el tiempo perdido del empujador.
- 4.- Debido a que estas máquinas trabajan en parejas no tienen que esperar por el empujador, no se tiene amontonamiento de máquinas como en las convencionales.
- 5.- Es un equipo balanceado con menor inversión.
- 6.- El costo por el arreglo consiste en un refuerzo especial en los bastidores y el cuello de ganso más el sistema de enganche, representa tan sólo de un 6 a un 7 % de la inversión de una motoescrapa de 2 motores.

Las Motoescrapas Autocargables con Mecanismo Elevador: Funcionan mediante un sistema de paletas elevadoras las cuales van cargando el material dentro de la caja. Este tipo de máquinas no requieren del tractor empujador, se usan para materiales suaves. Son muy útiles para excavar en arenas donde el material es difícil de cargarse con los demás tipos de motoescrapas, su utilización está limitada para acarreos cortos y con pendientes muy suaves.

SECUENCIAS PARA CULULAR LA VELOCIDAD DE TRABAJO DE UNA MÁQUINA:

- 1.- Determinese la Fuerza de tracción necesaria que es la suma de la Resistencia al Rodamiento más la Resistencia por Pendiente.
- 2.- Compárese la Fuerza de tracción necesaria con la Fuerza de Tracción Velocidad disponible de las especificaciones de la máquina.
- 3.- De la comparación anterior seleccíonese la más alta velocidad que es aconsejable usar.
- 4.- En caso necesario considérese la tracción que ofrece el terreno y determinese la Fuerza de Tracción Utilizable - Velocidad.
- 5.- Si el trabajo se lleva a cabo a una altitud mayor de 1 500 mts. corríjase la pérdida de potencia y revlase la nueva velocidad más aconsejable.

Una vez conocida la velocidad adecuada para la máquina en los diferentes tramos del camino de acarreo, estamos en posibilidad de calcular la velocidad media. Los fabricantes aconsejan que se multiplique la velocidad máxima por 0,65, suponiendo que la máquina parte del reposo. Si se tiene que parte de una velocidad inicial el factor se modificará.

En general a lo largo de un camino podemos suponer que se presentará diferentes pendientes, diferentes resistencias al rodamiento y que no son susceptibles o convenientes de modificarse, en este caso las relaciones de transmisión de la máquina

en movimiento, serán variables, es decir, se requerirán varios cambios de Transmisión. Para calcular la velocidad media se requiere en estos casos dividir el cambio en los diferentes tramos y hacer el análisis de cada uno de ellos, calculando su velocidad media.

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

La suma de los tiempos de ida y vuelta más los tiempos fijos nos da el Tiempo Total del ciclo de operación de la máquina.

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

Camiones; Los camiones sirven en el manejo de tierra, agregados, mineral, carbón, y otros materiales. Son unidades de acarreo que, debido a sus altas velocidades al transitar por caminos adecuados, su gran capacidad proporciona costos de acarreo relativamente bajos. Suministran un alto grado de comodidad, ya que el número de camiones en servicio puede aumentarse o disminuirse para permitir modificaciones en la capacidad total de acarreo de la flota. La mayoría de los camiones pueden operarse sobre cualquier camino de acarreo cuya superficie sea lo suficientemente firme y raso, y en el que las pendientes no sean demasiado fuertes. Algunas unidades de las que se emplean hoy en día están diseñadas para trabajar sobre caminos de acarreo, ya que sus tamaños y cargas totales son mayores de los que permiten las carreteras.

Estos camiones se utilizan para acarrear materiales en obras grandes, en donde se justifica su tamaño y su costo.

Los camiones pueden clasificarse de acuerdo con muchos factores, incluyendo los siguientes;

- 1- Tamaño y tipo de motor, gasolina, diesel, butano, propano.
- 2- Número de velocidades ó engranes.
- 3- Número de ruedas motrices, dos-ruedas, cuatro-ruedas, seis-ruedas, etc.
- 4- Número de ejes, y arreglo de las ruedas motrices.
- 5- Método de descarga, trasera o lateral.
- 6- Clase de material acarreado, tierra, roca, carbón, mineral, etc.
- 7- Capacidad, en toneladas o en yardas cúbicas.
- 8- Método de descarga en los camiones de volteo, hidráulico, ó con cables.

Si los camiones se van a comprar para el acarreo de materiales en general, el comprador deberá seleccionar unidades que se adapten a las necesidades del trabajo. Sin embargo, si los camiones se van a emplear en una obra determinada y para un fin en particular, el comprador deberá seleccionar camiones que se ajusten a esos requisitos.

Camiones de Volteo: Los camiones de volteo son adecuados para emplearse en el acarreo de muchos tipos y clases de materiales. La forma de la carrocería, así como la cantidad de ángulos agudos, esquinas, y el contorno de la puerta trasera a través de la que deben fluir los materiales durante la descarga, afectan la facilidad o dificultad tanto la misma. Las cajas de los camiones que se utilizan para acarrear arcilla húmeda, y materiales semejantes, deben estar libres de ángulos y esquinas. La arena seca y la grava fluirán fácilmente en casi cualquier tipo de caja. Si se va a acarrear con tierra, las cajas deberán ser de poca profundidad y con rebeldas inclinadas.

Vagones de vaciado por el fondo. Si las unidades se van a utilizar para acarrear materiales, tales como arena, grava, tierra razonablemente seca, carbón, etc., que fluyen fácilmente, el empleo de vagones de vaciado por el fondo reducirá el tiempo requerido para descargar las unidades. Estas unidades son particularmente adecuadas para usarse en donde los materiales están distribuidos en capas delgadas, en un terraplén, ó en donde se descargan a través de arneros en tolvas. Al depositar las cargas para formar terraplenes, las vagonetas pueden dejar caer sus cargas al estarse moviendo. Cuando descargan en arneros, sólo tendrán que detenerse unos cuantos segundos. La alta velocidad de descarga de estas vagonetas les da una ventaja sobre los camiones de volteo.

Con las puertas a través de las que suelta sus cargas, tienen aberturas limitadas, pueden sufrirse dificultades en la descarga de materiales tales como la arcilla pegajosa, especialmente si están en terrones.

Estos vagones son unidades de acarreo satisfactorias en obras tales como la construcción de presas de tierra, diques, carreteras, aeropuertos, en donde tienen que transportarse grandes cantidades de materiales y en donde los caminos de acarreo pueden

mantenerse en condiciones razonablemente buenas. Pueden cargarse con palas mecánicas, con charras, ó con cargadores de banda móvil. Tienen velocidades máximas de 35 mph, con capacidades de acarreo mayores de 25 yd cu.

Capacidades de camiones y vagones ó vagonetas; Existen cuando menos tres métodos para expresar las capacidades de los camiones y de las vagonetas basculantes; por la carga que pueden llevar, expresada en toneladas; por su volumen al ras; y por su volumen cubreado, los dos últimos expresados en yardas cúbicas.

En algunos casos es posible poner reditas laterales para aumentar la profundidad de la caja del camión ó de la vagoneta, permitiéndole así acarrear una carga más grande. Esta práctica probablemente aumentará el costo horario de operación de la unidad, debido al mayor consumo de combustible, a reducción en la vida de las llantas, a la falla más frecuente de algunas piezas, tales como flechas, engranes, frenos, embraques, y a los mayores costos de mantenimiento. Sin embargo, si el valor del material adicional acarreado es mayor que el aumento total en el costo de operación del vehículo, se justifica la sobrecarga.

1.- Ventajas de los camiones pequeños en comparación con los grandes:

- a. Son más fáciles de maniobrar, lo cual puede ser ventajoso en acarreos a corta distancia.
- b. Tienen velocidades más altas.
- c. Hay menos pérdida en la producción cuando un camión de la flotilla se descompone.
- d. Es más fácil balancear el número de camiones con la producción del excavador, lo cual reducirá los tiempos perdidos por los camiones ó por el excavador.

2.- Desventajas de los camiones pequeños en comparación con los grandes:

- a. Es más difícil la carga con el excavador debido al pequeño espacio para depositarla.
- b. Se pierde más tiempo total para estacionar los camiones debido a que se requiere un número mayor de ellos.
- c. Se necesitan más choferes para acarrear una producción determinada de material.
- d. El mayor número de camiones requerido puede aumentar la inversión total en equipo de acarreo, con más gastos de mantenimiento y teniendo que almacenar más refacciones y hacer más reparaciones.
- e. El mayor número de camiones requerido aumenta el peligro de un embotellamiento en el banco, a lo largo del camino de acarreo, o en el lugar de descarga.

3.- Ventajas de los camiones grandes en comparación con los pequeños:

- a. Se requieren menos camiones, lo cual puede reducir la inversión total en unidades de acarreo, así como el costo de mantenimiento y reparaciones.
- b. Se necesitan menos choferes.
- c. El menor número de camiones facilita la sincronización del equipo y reduce el peligro de embotellamiento de los camiones. Esto es especialmente cierto para acarreos a gran distancia.
- d. Proporciona más espacio para cargarlos con el excavador.
- e. Reduce la frecuencia de estacionamiento de los camiones bajo el excavador.
- f. Hay menos camiones que mantener y reparar, y menos refacciones que almacenar.
- g. Los motores ordinariamente utilizan combustibles más baratos.

4.- Desventajas de los camiones grandes en comparación con los pequeños:

- a. Es mayor el costo del tiempo-camión durante la carga, especialmente cuando el excavador es pequeño.
- b. Las cargas muy pesadas pueden dañar a los caminos de acarreo, aumentando así el costo de mantenimiento de los mismos.
- c. Es más difícil equilibrar el número de camiones con la producción del excavador.
- d. Las refacciones pueden ser más difíciles de conseguir.

e. A los camiones más grandes puede no permitrseles viajar en carreteras. Una regla empírica que frecuentemente se utiliza para seleccionar el tamaño de los camiones, es emplear camiones con una capacidad mínima de cuatro a cinco veces la capacidad del cucharón del excavador, cuando se está haciendo la carga con una pala o con una draya.

RENDIMIENTO DEL EQUIPO PESADO DE ACUERDO.

Dentro de esta clasificación se encuentran las molinoscrepas, y los camiones para juega de carretera principalmente.

Resalta el hecho de que en estos equipos juega un papel importante su capacidad de tracción contra su peso (cargado y/o vacío) y las resistencias que encuentran a su rodamiento.

Para conocer y poder calcular sus rendimientos, conviene familiarizarse con algunas conceptos y aprender el manejo de máquinas que proporcionan los fabricantes.

Fuerza de tracción en llantas (TRIPULL): Este concepto se refiere a la fuerza de tracción que por especificación de construcción tiene disponible en libras o kilogramos una máquina en las llantas a diversas velocidades, la que le permite al rodar, jalar una carga pesada y que se ve afectada por el coeficiente de tracción entre ellas y el suelo.

Resistencia total: Para que una máquina se mueva, se oponen básicamente dos clases de resistencias, la que se conoce como resistencia al rodamiento y la resistencia por vencer alguna inclinación del camino que se maneja precisamente en % de pendiente.

La primera se da en Kg. por tonelada de peso de la máquina, pero puede transformarse en un equivalente a un % de pendiente adversa con lo cual se tiene ambas resistencias en la misma unidad. (% de pendiente). La transformación se efectúa considerando cada 10 Kg/Ton., de resistencia al rodamiento igual a un 1% de pendiente, es decir exacto de una pendiente real topográfica y una pendiente virtual por resistencia al rodamiento, que la máquina debe vencer.

Existen dos maneras de conocer las resistencias al rodamiento:

En la primera se utiliza la siguiente tabla, en que se marcan los diferentes tipos de caminos y su resistencia en Kg/ton, ó en % de pendiente que proporcionan los fabricantes de acuerdo a la experiencia acumulada por sus máquinas.

TIPO DE CAMINO.	RESISTENCIA. Kg/Ton.	%
1.- Superficie dura, lisa estabilizada con humedad y mantenimiento y sin penetración inferior de las llantas.	20	2
2.- Superficie firme, lisa sin estabilizar, con polvo, que se flexiona ligeramente bajo la carga ó está ondulada con mantenimiento regular y algo húmeda.	30	3
3.- Superficie lodosa, con carriles de las rodadas, sin mantenimiento ni estabilización. A. Penetración de las llantas entre 4" y 6"	75	7.5
B. Penetración de las llantas entre 1" y 2"	50 100	5 10
4.- Arena suelta ó Grava.	100-200	10-20
5.- Camino en pésimas condiciones de mantenimiento (blando, fangoso con rodados).		

En la segunda algunos autores sugieren para mayor facilidad lo siguiente:

Camino pavimentado.	35 Kg/ton: 3.5%
Camino revestido	50 Kg/ton: 5 %
Camino sin revestir	65 Kg/ton: 6.5%

Pérdidas por altitud: La potencia de la máquina se ve disminuida por la altitud y aunque cada modelo tiene sus propias características que conviene consultar, puede sumarse una pérdida del 1% por cada 100 metros, después de los 1,500 metros de altura sobre el nivel de mar. Esta pérdida de potencia es directamente proporcional también a una pérdida de tracción en las bandas (impulsi.).

CURVA DE VELOCIDADES/ RESISTENCIA FUERZA DE TRACCIÓN (WRT).

Esta curva, como la que se muestra a continuación relaciona las tres variables anotadas. En la parte inferior se marca la velocidad de tránsito de la máquina en Km/hora y millas/h; y que corresponden a las que trae de fábrica en su travesía y que van desde la primera hasta la octava.

Del lado derecho la resistencia total, toda ella transformada a una pendiente que en este caso va desde el 2% hasta el 30%.

En la parte izquierda la Fuerza de Tracción que puede desarrollar la máquina en sus distintas velocidades marcada en Kg. x 1000 y Kh.

El trazo de esta curva es como sigue:

Sumergimos que la máquina tiene que vencer una resistencia total equivalente a un 10% de pendiente y que conocemos el peso vacío, pues además está marcado en la gráfica, y que llena tiene un peso adicional de 21,000 Kg.

Tomando la línea inclinada del 10% llegamos hasta cortar la línea del peso vacío, de ahí se lleva una línea horizontal hacia la izquierda que nos marca una Fuerza de Tracción necesaria de 2,000 Kg., pero además nos indica que esto lo puede lograr en la 6a velocidad que es de aproximadamente 24 Km/hora.

Si se hace lo mismo, pero conzando la línea del peso de la máquina cargada, nos indica que requiere de una tracción de 4,900 Kg., que se logra en la 4a. velocidad transitando a 13 Km/hora. Como se verá más adelante estas velocidades son óptimas y deben efectuarse por algún coeficiente.

CURVA DE UTILIZACIÓN DE FRENOS (UF).

Conviene aclarar que esta es llamada de varias maneras; en los catálogos en inglés se denomina "retarder curve" y en los editados en español se llama "Rendimiento de los frenos", pero su uso se refiere fundamentalmente a la velocidad óptima a la que según el fabricante puede descender libre en pendiente, considerando su peso, sin necesidad de abusar de los frenos y provocar su calentamiento y desperfectos así como posibles accidentes.

Para manejar esta curva, debe conocerse también la resistencia total, sólo que en este caso y para el uso de la misma debe restarse al % de pendiente el % de resistencia al rodamiento, ya que ésta se opone al descenso libre del equipo. A ello se le llama "Pendiente efectiva" y sólo se usa cuando la resistencia total es negativa.

A continuación se muestra esta curva para la misma motosecrepa CAT-621-B, su trazo es similar a la curva anterior, sólo que no aparece la fuerza de tracción que en este caso no nos interesa conocer.

EJEMPLO:

Una pendiente favorable del 20% con 50 kg/ton de resistencia a la rodadura ¿que pendiente efectiva tendrá?

Sabiendo que 10 kg/ton de resistencia al rodamiento = 1% de pendiente
50 kg/ton = 5% (1% de pendiente desfavorable)
20% (favorable) - 5% (desfavorable) = 15% (favorable)

Empleo de la gráfica OF

EjemPLO:

Una motoescrepa Caterpillar 621-B con una carga útil estimada en 21 800 kg desciende por una cuesta favorable del 15%, si se tiene una resistencia a la rodadura de 50 kg/ton se requiere conocer la velocidad constante y la marcha adecuada así como el tiempo de viaje si la pendiente mide 900 mts. de longitud.

Pendiente efectiva:

$$= 15\% - (50 \text{ kg/ton} \div 10 \text{ kg/ton}) = 10\%$$

Peso bruto:

$$= \text{peso vacía} + \text{carga útil} \\ = 29\,120 \text{ kg} + 21\,800 \text{ kg} = 50\,920 \text{ kg.}$$

Solución: A partir de la escala de peso se desciende verticalmente desde 50 920 kg hasta la línea de pendiente efectiva (10%), este punto se lleva horizontalmente hasta intersectar la curva de frenaje dándonos para este caso en 5ª velocidad. A continuación se desciende verticalmente a fin de obtener la velocidad en la escala inferior, siendo ésta de 19 kmh

$$\frac{19 \text{ km}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1000 \text{ mts}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 316.67 \text{ mts} \times \text{min}$$

$$\frac{900 \text{ mts}}{316.67 \text{ mts} \times \text{min}} = 2.84 \text{ min.}$$

GRÁFICAS PARA EL TIEMPO DEL VIAJE:

Conociendo la distancia de acarreo ó la de retorno, y la resistencia total ó pendiente efectiva, puede hallarse el tiempo de viaje de ida ó el de retorno utilizando éstas gráficas.

Si la resistencia total es negativa (pendiente favorable mayor que la resistencia a la rodadura), la máquina puede acelerar al bajar una pendiente que requiere el uso de frenos. En éstos casos no pueden utilizarse las gráficas de tiempo de viaje, se debe consultar la curva de optimización de frenaje de la máquina en cuestión a fin de establecer la velocidad máxima segura, al bajar una pendiente.

Los tiempos de viaje incluyen la aceleración y desaceleración del vehículo, se tienen 2 gráficas para cada motoescrepa una para el vehículo con la carga útil indicada y otra para el vehículo vacío y al igual que las dos gráficas anteriores se crean las correspondientes a la motoescrepa Caterpillar 621-B

EjemPLO:

Una motoescrepa 621-B conduce la carga útil indicada de 21 800 kg (12.25 m³ en banco) por 1 200 mts. con pendiente efectiva del 6% y el retorno es de 1 300 mts. con pendiente efectiva del 2%. Se desea conocer el tiempo del ciclo total.

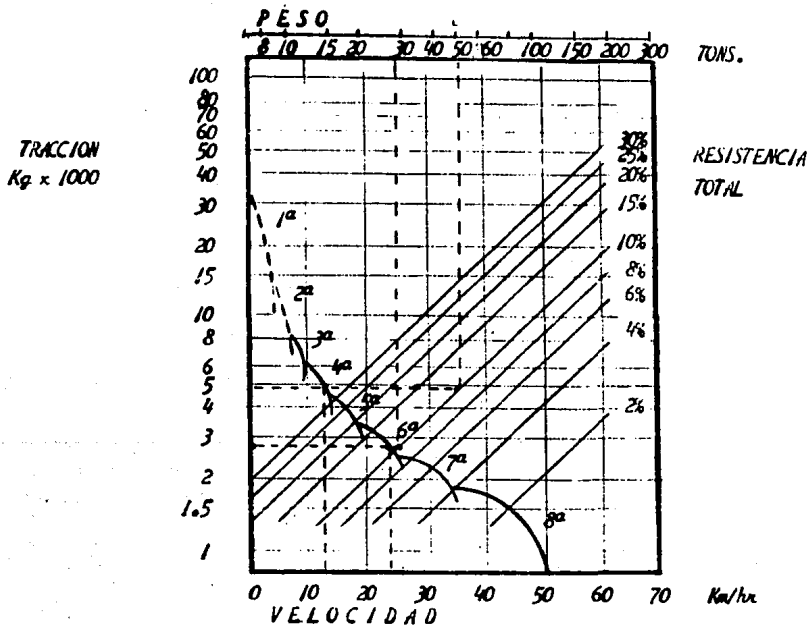
Acarreo: Utilizando la gráfica para el vehículo cargado se pasa horizontalmente desde la marca de 1 200 mts en la escala de distancias de acarreo, hasta la línea de pendiente efectiva del 6% y desde este punto se desciende hasta la escala del tiempo de acarreo, encontrándose que se invierten 3.2 minutos.

Retorno: Empleando la gráfica para el vehículo vacío y con el mismo procedimiento para 1 300 mts. y pendiente efectiva del 2% se ve que se requieren 1.75 minutos para el retorno.

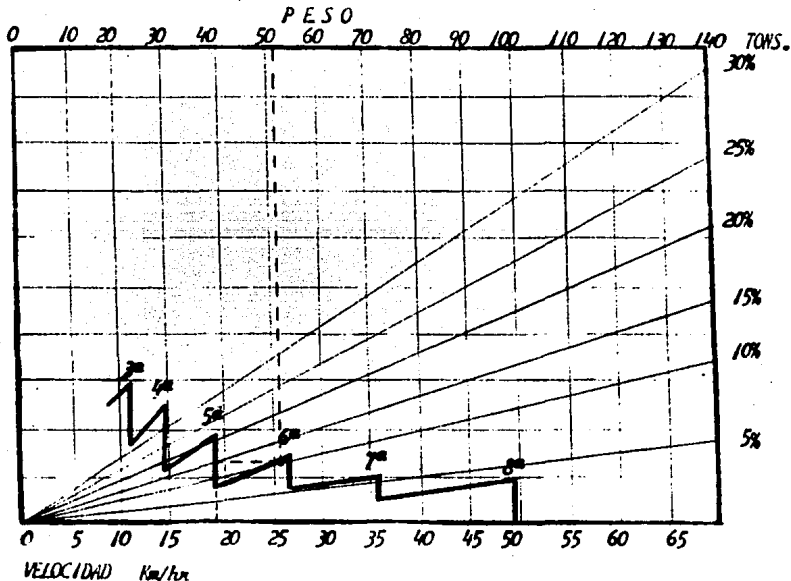
Tiempo del ciclo: = carga + acarreo + maniobrar y esparcir + retorno

Para los tiempos fijos (carga, maniobras y esparcimiento), consultar la tabla respectiva.

$$= 0.70 + 3.20 + 0.70 + 1.75 = \underline{6.35 \text{ minutos.}}$$

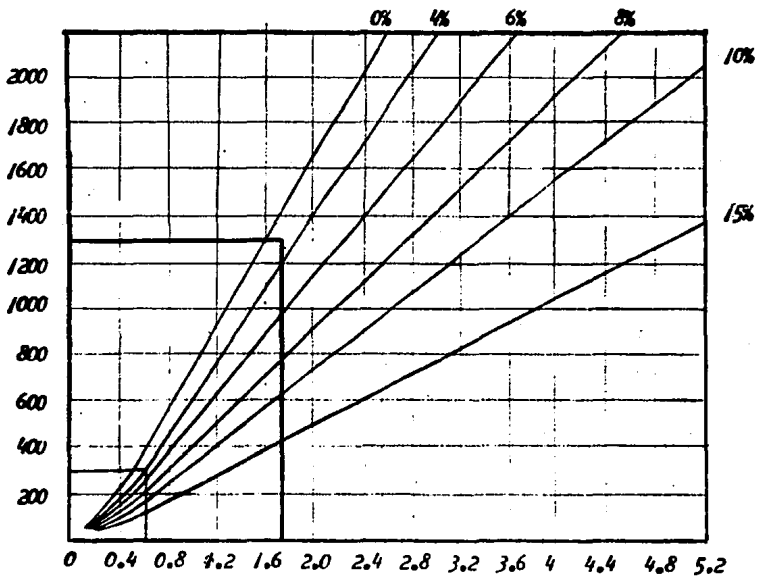
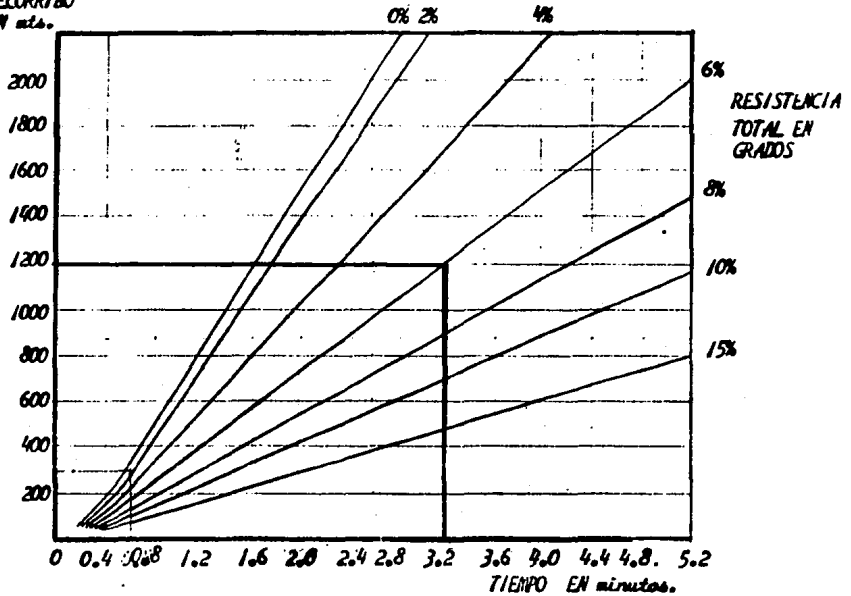


CURVA DE VELOCIDADES RESISTENCIAS Y FUERZA DE TRACCION (VRT)



CURVA DE OPTIMIZACION DE FRENAJE (OF)

RECORRIDO
EN mts.



A continuación se enlistan los TIEMPOS FIJOS típicos para las motoescrepas aclarando que las condiciones de trabajo pueden causar variaciones importantes en los tiempos.

UNIDAD	MÁQUINA UTILIZADA PARA CARGAR	TIEMPO DE CARGA min.	MANIOBRAS Y DESCARGA min.
613	autocargadora	0.90	0.70
621 B	un D8K	0.70	0.70
623 B	autocargadora	0.90	0.70
621 B	un D8K	0.60	0.60
627 B (*)	autocargadora	0.80	0.70
631 D	un D9H	0.70	0.70
633 U	autocargadora	0.90	0.70
637 D	un D9H	0.60	0.60
637 D (*)	autocargadora	0.90	0.70
639 D	autocargadora	1.0	0.70
641 B	dos D9H	0.70	0.70
651 B	dos D9H	0.70	0.70
657 B	dos D9H	0.50	0.60
657 B (*)	autocargadora	1.0	0.70

(*) máquinas de trapeje y tiro

Un elemento importante a revisar en estas máquinas es la tracción efectiva a aplicar para el rodamiento (consultar los valores del coeficiente de tracción tratados en los Tractores). La fuerza de tracción utilizable sólo puede aplicarse a las llantas motrices las cuales cargan aproximadamente el 54% del peso total cuando vá cargada y el 60% cuando vá vacía, en los camiones para fuera de carretera la carga siempre vá re partirse a razón del 50%.

EJEMPLO:

Calcular la fuerza de tracción utilizable para una motoescrepa que lleva un peso total de 45 400 kg y tiene que transitar en tierra firme y tierra suelta.

Peso en las ruedas motrices:

$$45\ 400\ \text{kg} \times 0.54 = 24\ 516\ \text{kg}$$

Coefficientes de tracción:

$$\text{tierra firme} = 0.55$$

$$\text{tierra suelta} = 0.45$$

Fuerza de tracción utilizable:

$$\text{tierra firme: } 24\ 516\ \text{kg} \times 0.55 = 13\ 483.8\ \text{kg}$$

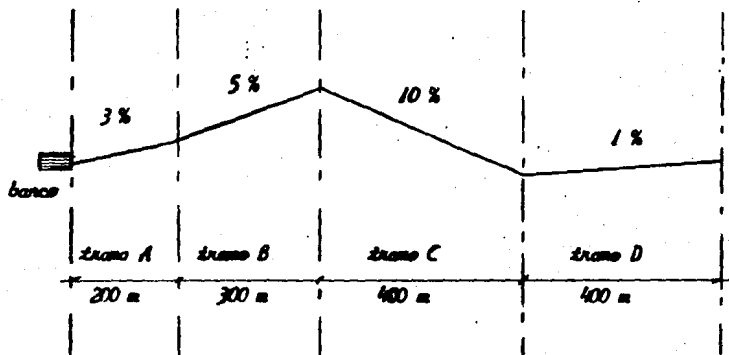
$$\text{tierra suelta: } 24\ 516\ \text{kg} \times 0.45 = 11\ 032.2\ \text{kg}$$

Si la tracción requerida por la máquina fuera mayor que cualquiera de estas cantidades, costarla imposibilitada para moverse pues las llantas patinarían.

El sistema más adecuado para analizar el rendimiento de los equipos pesados de tracción es por el procedimiento ya descrito utilizando las curvas RT y OF.

EJEMPLO:

Se requiere realizar el movimiento, con motoescrepas de 16 yd³, de 200 000 m³ mensuales (medido en bancos) de un material arcillo-arenoso con un abudamiento del 20% y con un peso específico de 1780 kg/m³. Se trabajan dos turnos de 12 hrs. 25 días al mes el peso vacío de las motoescrepas es de 29 120 kg, la superficie de rodamiento es firme, lisa, sin estabilizar con flexionamiento regular. El trabajo se encuentra a 3 000 metros sobre el nivel del mar. Calcular el número de motoescrepas necesarias si la eficiencia del trabajo es de 45 min/hora y el perfil del camino es el siguiente:



Análisis de la resistencia total:

Resistencia al rodamiento:

30 kg/ton

Resistencia por pendiente:

10 kg/ton p/c 1%

IDA:

tramo	R	P	Total
A	30	30	60
B	30	50	80
C	30	-70	-40
D	30	10	40

REGRESO:

tramo	R	P	total
B	30	-10	20
C	30	100	130
D	30	-50	-20
A	30	-30	0

Resistencia total equivalente a % de pendiente:

IDA:

tramo	%
A	6
B	8
C	-7
D	4

REGRESO:

tramo	%
B	2
C	13
D	-2
A	0

resistencia total en lvs. incluyendo la pérdida de potencia por altitud (1% por cada 100 mls. desciende de 1,500 m.s.n.m)

peso de la motoescrepa cargada peso vacía peso de la carga
 $= (27,120) + (16,423) (0.7646 \text{ m}^3/423) (1760 \text{ kg/m}^3) = 50,895.8 \text{ kg.}$

tramo l/h
 A (60)(50.9)(1.15) = 3,512 kg
 B (80)(50.4)(1.15) = 4,683 kg
 C (-70)(50.9)(1.15) = -4,097 kg
 D (40)(50.9)(1.15) = 2,341 kg.

tramo REGRESO
 D (20)(29.1)(1.15) = 669 kg
 C (130)(29.1)(1.15) = 4,350 kg
 B (-20)(29.1)(1.15) = -669 kg
 A (0)(29.1)(1.15) = 0 kg.

fuerza de tracción utilizable = (peso de la máquina) (coeficiente de carga) (coeficiente de tracción) (coeficiente por pérdida de potencia por altitud)

máquina vacía = (29120) (0.60) (0.45) (0.85) = 6,683 kg.

máquina cargada = (50872) (0.54) (0.45) (0.85) = 10,508 kg

Al comparar la fuerza de tracción utilizable en el viaje de ida (con la máquina cargada) de 10,508 kg contra la resistencia máxima (en el tramo B) de 4,682 kg y en el regreso de 6,683 kg contra los 4,350 kg, podemos asegurar que la máquina puede transitar sin patinar.

Cálculo de las velocidades de traslado. De la curva VRT tomamos las resistencias en % (solamente las positivas) y en los tramos donde la pendiente es favorable, se usará la curva OF (#).

tramo	resistencia	velocidad	x 0.80 vel. media
A	6 %	6 ^a 25 km/hr	20 km/hr
B	8	5 ^a 18 km/hr	14.4 km/hr
C	(#) 7	7 ^a 36 km/hr	28.8 km/hr
D	4	7 ^a 35 km/hr	28 km/hr

REGRESO

tramo	resistencia	velocidad	x 0.80 vel. media.
D	2%	8 ^a 50 km/hr	40 km/hr
C	13	5 ^a 18 km/hr	14.4 km/hr
B	(#) 2	8 ^a 49 km/hr	38.4 km/hr
A	0	8 ^a 49 km/hr	38.4 km/hr

cálculo del ciclo.

tramo	l/h	tramo	REGRESO
A (1,200)	(60/20) = 3.00 min	D (1,400)	(60/40) = 1.50 min
B (1,300)	(60/14.4) = 4.17 min	C (1,400)	(60/14.4) = 4.17 min
C (1,400)	(60/28.8) = 2.08 min	B (1,300)	(60/38.4) = 1.56 min
D (1,400)	(60/28) = 2.14 min	A (1,200)	(60/38.4) = 1.56 min

ciclo total = tiempos fijos + tiempo de ida + tiempo de regreso

= 1.50 min + 3.54 min + 3.05 min = 8.09 min

por el factor de eficiencia

(89) (0.75) = 67 viajes.

número de viajes por turno de 12 hrs.

$$N = \frac{(12)(60)}{8.09} = 89$$

producción mensual medida en la motoescrepa

$p = (67 \text{ viajes}) (2 \text{ turnos}) (25 \text{ días}) (12.22 \text{ m}^3) = 40,937 \text{ m}^3$ sueltos

como se nos pide material medido en banco

$$p = \frac{40,937}{1.30} = 31,490 \text{ m}^3/\text{banco}$$

$$\text{número de motoescrepas} = \frac{200,000}{34,774} = 5.86 = \underline{6 \text{ pzas.}}$$

LAS MOTONIVELADORAS.

Es preciso distinguir la niveladora autorotriz, o motoniveladora, de la niveladora arrastrada, llamada simplemente niveladora. Su principio de funcionamiento es el mismo, sólo varía el dispositivo de tracción.

Motoniveladora:

Esta máquina se compone de las siguientes partes;

-Un tractor de dos ó cuatro ruedas del que sale un largo brazo acodado que se apoya en su extremo sobre un eje con dos ruedas directrices. Todas las ruedas son inclinables sobre sus ejes, para permitir a la motoniveladora desplazarse en todos los terrenos y en especial en los que presenta fuertes pendientes transversales.

-Un segundo brazo articulado en el avantón, situado debajo del anterior;

-Una corona circular unida al segundo brazo por un eje, perpendicular a su plano y alrededor del cual puede girar;

-Una cuchilla útil de trabajo montada sobre la corona y con relación a la cual puede girarse ó desplazarse según su eje longitudinal, es decir, tomar todas las posiciones posibles en el plano de la corona. Además, haciendo pivotar el brazo portante de la corona, se le puede dar a ésta una determinada inclinación.

Los dos movimientos combinados, el de la cuchilla y el de la corona, permiten a la cuchilla ocupar cualquier posición en el espacio.

Concretamente se puede sacar la cuchilla a un lado de la máquina y ponerla en posición prácticamente vertical. Es esta movilidad útil de trabajo, lo que constituye la principal ventaja de trabajos extremadamente variada.

La motoniveladora es conducida por un solo hombre, que maneja a la vez el desplazamiento de la máquina y el movimiento de la cuchilla.

La niveladora arrastrada se compone de un chasis con 4 ruedas sobre el que están montados el brazo portante de la corona, y la corona y la cuchilla. Este chasis se engancha a un tractor. En este caso se necesitan dos hombres para el manejo; uno en el tractor y el otro sobre la niveladora.

Existen dos tipos de mando; mecánicos con asistencia hidráulica, y completamente hidráulicos por medio de cilindros.

Las niveladoras no son propiamente máquinas de excavación. Es más un aparato para excavarlos. Pero sirve también para determinados trabajos de excavación. Sus empleos son múltiples.

Desbroce; en terrenos ligeros, que no contengan grandes arbustos ó piedras, se puede utilizar una motoniveladora, perfectamente potente, para desbrozar y retirar la tierra vegetal, a pequeña profundidad.

Excavación; En terrenos ligeros se puede utilizar la cuchilla de la niveladora como bulldozer. Pero, en este caso, se montará en la parte delantera de la máquina unos excavificadores para desagregar el terreno antes de ser atacado por la cuchilla.

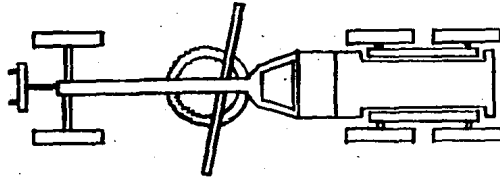
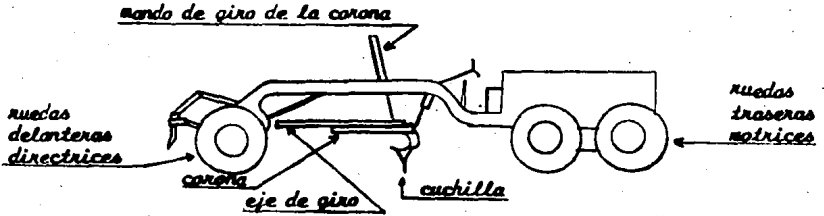
Excavación limpia de zanjas; Inclinando la cuchilla hacia un lado se pueden excavar zanjas de forma triangular, o limpiarlas. Las tierras excavadas por la cuchilla remontan a lo largo de ésta y se derraman en forma de conchones a lo largo de la zanja, de donde se recoge ó extienden para formar terraplén.

Refine de taludes; Sacando la cuchilla por un lado de la máquina e inclinandola hacia lo alto, se pueden refinar taludes con la inclinación que se desee.

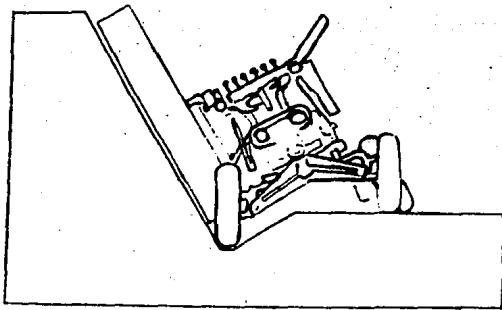
Regularización de terraplenes y nivelación; Se pueden atacar conchones ó pilas de material y regularizarlos sobre el terreno. También pueden nivelar un terraplén ejecutado para darle la configuración y la cota deseada. Se obtiene fácilmente una superficie de excelente calidad y con gran precisión.

Desplazamiento de conchones; Las tierras ó materiales dispuestos en conchón son recogidos por la cuchilla dispuesta horizontalmente, pero inclinado con respecto al eje

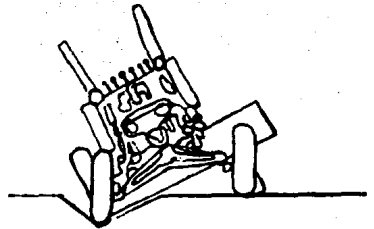
longitudinal de la máquina. De ésta manera se pueden mezclar materiales distintos dis-
puestos en cordones paralelos, por ejemplo la confección de una capa de base con sue-
lo cemento.



hatoconformadora con cuatro ruedas traseras



perfilado de un talud elevado



excavación de una zanja en V

EQUIPOS SUPLEMENTARIOS DE LAS NIVELADORAS.

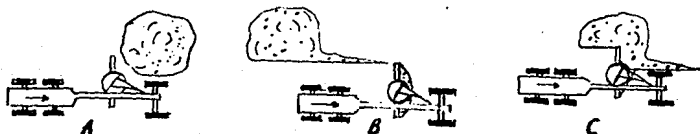
Son muy variados y más o menos empleados. Los constructores han probado de hacer a lo máquina aún más polivalente, equipándola con una cuchilla de empuje en la parte delantera, ó de una cuchilla quitonieves, ó de un rodillo ligero, etc.

Un equipo muy utilizado es el escarificador, este equipo es preciso para trabajar en terrenos duros ó ligeramente rocosos, evita fatigas inútiles a la cuchilla y al mismo tiempo aumenta el rendimiento.

Un equipo interesante puede ser el de la niveladora con elevador, se quita la cuchilla y la corona de la niveladora, y se monta en su lugar un elevador de conglotones, en la parte inferior del elevador, que es orientable, hay un arado de discos, accionado por el motor de tracción.

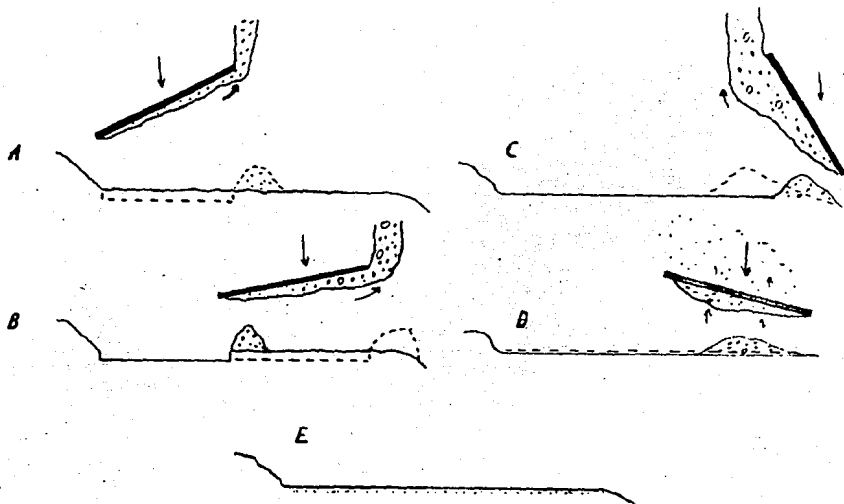
El arado desmenuza la tierra y facilita la carga de los conglotones, el material excavado vuelca sobre las máquinas de transporte, que deberá calcularse en número suficiente para no retrasar el trabajo de la máquina.

Esta máquina puede equiparse también con una aplanadora consistente en dos rodillos sobre un mismo eje, sujetos por un marco de horquilla articulado en la parte posterior por medio de cilindros hidráulicos se levantan y se bajan y pueden aplicar la suficiente presión como para levantar del terreno la parte posterior de la máquina.



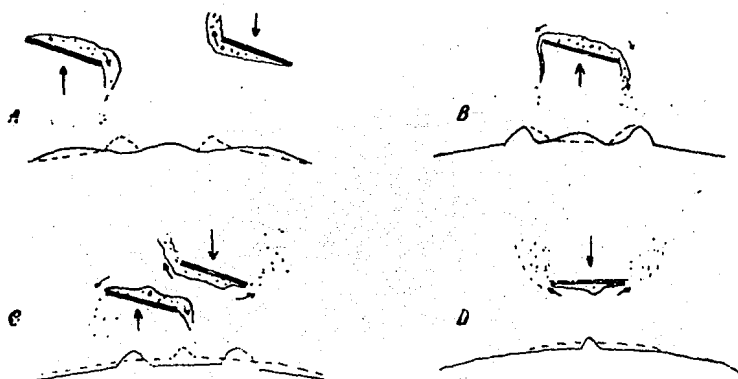
Motoniveladora esparciendo un montón.

Si la cuchilla se coloca en un ángulo, puede utilizarse para emparejar superficies irregulares, rebajándolas suficientemente cortando material suficiente de las salientes para rellenar los agujeros. Deberá cortarse suficiente material extra para mantener una carga parcial adelante de la cuchilla. El movimiento hacia adelante y lateral de la tierra aflojada sirve para distribuirla eficientemente. Si se deja un camellón en la orilla de la salida de la cuchilla, se recoge en el siguiente pase. En el pase final se hace un corte más ligero y la orilla de salida de la cuchilla se levanta suficientemente para permitir que el material sobrante pase por debajo más bien que alrededor de ella para evitar dejar un bordo. Durante este trabajo es conveniente variar el ángulo de la cuchilla, haciendo los primeros cortes con una cuchilla más recta que los últimos, y con el primer pase para extender a un ángulo más agudo que reducirá en cada pase siguiente, a medida que el tamaño del camellón disminuya. En la siguiente figura se muestra este método con más detalle.



Conformación de una sección plana.

Cuando el tramo que vá a rastrearse es de un camino de tierra ó de grava, generalmente se le dá bombeo de manera que el agua escorra hacia los lados, el procedimiento a seguir es el mostrado en las siguientes figuras.



Conformación de la corona de un camino.

RETROEXCAVADORAS.

Este término se aplica a una máquina excavadora del grupo de las palas mecánicas. Se le conoce con diferentes nombres, tales como excavadora de pala, retroexcavadora y pala retroexcavadora.

Las retroexcavadoras son equipos que se utilizan en una amplia variedad de trabajos de excavación, donde el material a excavar se encuentra bajo el nivel del piso en el que se apoya la máquina.

Este tipo de excavadoras existe desde hace mucho tiempo (más de 40 años), y se desarrolló a partir de un diseño básico de orugas y operadas con motor de gasolina o diesel.

Originalmente aparecieron en el mercado de maquinaria de construcción operadas por cable y con capacidad de 3/8 a 3/4 yd³.

Posteriormente, con el desarrollo del equipo de construcción fueron perdiendo aplicación al haber sido desplazadas por equipo operado hidráulicamente. Recientemente resurgieron con un nuevo diseño, completamente hidráulico y con un mayor poder de excavación dando por resultado una mayor productividad en los trabajos a desarrollar. Las retroexcavadoras hidráulicas pequeñas, de 3/8, 1/2 y 5/8 yd³ de capacidad, además de trabajar en alcantarillados y líneas de agua como sus antecesoras operadas con cable, hacen obras de excavaciones para cimentaciones y urbanizaciones.

Las retroexcavadoras más grandes de 2 1/2 a 3 yd³ de capacidad, gracias a su alcance, profundidad y productividad han abierto paso a nuevas aplicaciones en excavaciones en general, trabajos de corteza y manejo de materiales y han desplazado, en algunos casos, a los cargadores sobre llantas, palas y dragas, que efectuaban esos trabajos.

Zona de trabajo. Una retroexcavadora tiene un rango de acción bastante amplio en el cual se puede mover económica y eficientemente; obtener su carga correctamente, colocar el cucharón para descargar y finalmente, hacer la descarga.

Zona aproximada de trabajo de una retroexcavadora hidráulica (capacidad de 1 a 3 yd³)

Alcance 10 a 15 m.

Profundidad 6 a 10 m.

Altura de carga 4 a 7 m.

La zona de trabajo se divide en dos áreas;

1- Área de excavación; El área de excavación está bajo el piso en el que se apoya la máquina. Está limitada por el alcance de la pluma, brazo de excavación y cucharón. Estas piezas también limitan la máxima profundidad a la cual la máquina puede excavar.

2- Área de vaciado; Esta área está sobre el piso y su alcance está definido por la distancia a la que la retroexcavadora puede vaciar su cucharón fuera del área que está excavando, alrededor de sí mismo, sin moverse de lugar.

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

Características de operación;

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

Las retroexcavadoras más comunes son las montadas sobre orugas.

Por lo general, las retroexcavadoras montadas sobre neumáticos, por su mayor movilidad, tienen un uso adecuado para excavaciones de alcantarillado y obras auxiliares en caminos y obras de urbanización.

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

Las demás características de operación y diseño son:

- a- Alcance.
- b- Profundidad de excavación.
- c- Ancho de excavación.
- d- Altura de descarga.
- e- Giro.
- f- Capacidad del cucharón.
- g- Tipo del cucharón apropiado.

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

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

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

Aplicaciones:

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

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

Cálculo de la producción:

Factores que afectan la producción;

- Tipo de material.
- Peso del material.
- Abundamiento del material.
- Contenido de humedad.
- Profundidad del corte.
- Velocidad del avance.
- Intervalo de reposo.

Factores que intervienen en el cálculo de la producción;

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

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

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

Factor de eficiencia.

	Min/hora	%
Excelente	55	92
Medio	50	83
Malo	45	75
Muy malo	40	67

Factor
1.1
1.0
0.9
0.8

Factor de carga.

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

Factor por profundidades de corte.

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

Factor por ángulo de giro.

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

Ejemplo: Se requiere una producción mensual de 15,000 m³ en un terreno de suelo arcilloso, difícil de cargar a una profundidad máxima de excavación de 8.00 mts. con un ángulo de giro de 90°. Determinar la capacidad apropiada de la retroexcavadora requerida para este trabajo.

Se trabajará un turno con una eficiencia de 50 min/ hora.

número de horas disponibles al mes
= (25 días) (8 hr/día) (0.83) = 166 hrs.

rendimiento teórico necesario por hora

$$= \frac{15,000 \text{ m}^3/\text{mes}}{166 \text{ horas/mes}} = 90.36 \text{ m}^3/\text{hora}$$

rendimiento necesario por hora (según tablas)

$$= \frac{\text{rendimiento teórico necesario por hora}}{\text{factores de (carga) (giro) (prof. de corte)}}$$

$$= \frac{90.36 \text{ m}^3/\text{hora}}{(0.70) (0.86) (0.86)} = 187.62 \text{ m}^3/\text{hora}$$

de la pag. 80 de rendimientos horarios aproximados en m³ banco/hora se considera apropiado un equipo con cucharón de 2 1/2 yardas³ (1.9 m³)

Ejemplo: Calcular el costo por metro cúbico de material excavado y colocado a un lado de la zanja para alojar tuberías para drenaje. Se utiliza una retroexcavadora de 1 yd³. La zanja tiene una profundidad máxima de 7.00 mts. y el giro para descargar es de 90°, la zanja se hará en un suelo arcilloso de muy dura extracción. Se considera una eficiencia de obra de 0.90

El costo horario de la retroexcavadora de 1 yd³ es de \$ 116 385.00 hr (Cat. mod. 225) rendimiento real.

= (rend. teórico) (factor de eficiencia) (factor de giro)

(factor de profundidad de corte) (factor de carga)

$$= (65) (0.90) (0.86) (0.92) (0.55) = 25.46 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

costo unitario.

= $\frac{\text{costo horario de la retroexcavadora}}{\text{rendimiento real.}}$

$$= \frac{\$ 116 385.00}{25.46 \text{ m}^3/\text{hr.}} = \$ 4 571.29 \text{ m}^3$$

En muchas obras se requiere que la retroexcavadora levante y haga oscilar determinadas cargas, como son pesadas secciones de tubería ó la descarga de camiones. En algunas ocasiones los requisitos de levantamiento suelen ser tan decisivos que constituyen la base para elegir el tamaño de máquina para un trabajo.

La cantidad que una excavadora puede levantar depende del peso y situación del centro de gravedad de la máquina, la posición del pasador de giro del cucharón y la capacidad hidráulica de la retroexcavadora.

Debido a que los cambios en la posición del aguilón, el brazo y el cucharón producen modificaciones en la geometría de los implementos y pueden reducir de modo considerable la capacidad de levantamiento de la máquina, hay que definir dicha capacidad de acuerdo con las siguientes normas:

Punto de equilibrio: Se considera que una retroexcavadora ha alcanzado el punto de desequilibrio cuando el peso que actúa en el centro de gravedad de la carga del cucharón produce el levantamiento de los rodillos traseros sobre los rieles de los carriles. Se considera que las cargas suspendidas cuelgan, mediante una cadena, de un gancho en la parte trasera del cucharón y se considera como parte de la carga suspendida el peso de los accesorios ó componentes auxiliares de levantamiento.

Por eso, una carga que motiva desequilibrio se define como la carga que produce una determinada inclinación a un radio específico. El radio de la carga se halla midiendo la distancia horizontal desde el eje de rotación del bastidor giratorio (antes de la carga) hasta el centro de la línea vertical de carga, bajo la acción de la carga. La altura indicada se basa en la distancia vertical del centro del pasador de giro del cucharón hasta el suelo.

Carga indicada de levantamiento: Se establece la carga indicada utilizando la distancia vertical del pasador de giro del cucharón hasta el suelo, y el radio de la carga. Las capacidades del accesorio específico de una máquina para levantar una carga que cuelga del cucharón designado, se definirá como sigue:

- a).- La carga indicada no debe exceder del 75 % de la carga límite de equilibrio.
- b).- La carga indicada no debe exceder del 87 % de la capacidad hidráulica de la retroexcavadora. O sea que la máquina debe ser capaz de levantar el 115 % de la carga indicada.
- c).- La carga indicada no debe exceder de la capacidad estructural de la máquina.

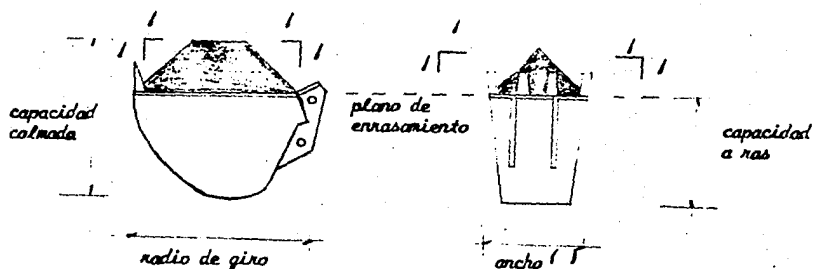
La combinación de la fuerza de empuje del brazo y la fuerza de giro del cucharón hacia arriba proporciona a ésta máquina mayor fuerza de penetración del cucharón por cm. de cuchilla que la que se puede encontrar en otros tipos de máquinas como son las cargas dures frontales, haciendo posible su empleo más económico en suelos muy duros (coral, caliche, esquisto arcilloso, piedra caliza) antes de tener que utilizar desgarramiento ó voladuras.

Las dos características más importantes al elegir un cucharón para retroexcavadora son, el ancho del cucharón y su radio de giro, es decir, ancho y largo. Como regla general se utilizan cucharones anchos en suelos fáciles de excavar dejando los más angostos para los suelos más duros ó rocosos. En cuanto al radio de giro, los más cortos proporcionan mayor fuerza total hacia arriba que los de radio más largo.

Capacidad de los cucharones:

Capacidad a ras: Es el volumen correspondiente al espacio encerrado dentro de los límites de las planchas laterales, la del frente y la posterior, sin tomar en cuenta la cantidad de material que pudieron conducir ó retener la plancha para evitar derrames.

Capacidad colmada: Es el volumen del cucharón bajo el plano de enrasamiento, más la cantidad de material amontonado encima con un ángulo de reposo de 1:1 sin tomar en cuenta el material que se pueda retener para evitar derrames por medio de la plancha ó los rieles del cucharón.

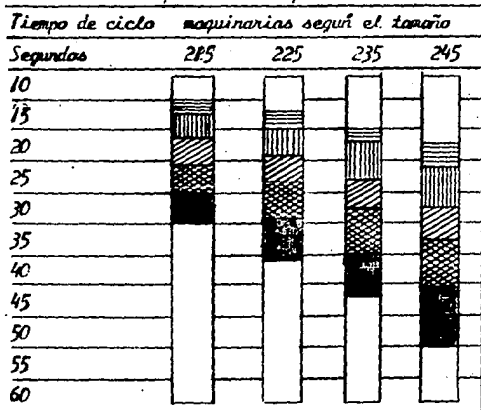


(1) El ancho de los cucharones se mide en las esquinas exteriores de los dientes nuevos de empleo general.

El ciclo de excavación de la excavadora hidráulica consta de cuatro tiempos que son: Carga del cucharón, Oscilación con carga, Descarga del cucharón y Oscilación sin carga.

El tiempo del ciclo de éstas máquinas depende del tamaño de la misma (el ciclo de una máquina pequeña suele ser más corto que el de una grande) y de las condiciones de trabajo. En la siguiente gráfica se indica los tiempos de los ciclos que se esperan para la s retroexcavadoras marca Caterpillar en una escala de condiciones de trabajo de excelentes a muy malas.

Cálculo del tiempo del ciclo para las excavadoras hidráulicas:



lo más rápido posible
lo más rápido y práctico
rápido
lo típico
lento
muy lento



condiciones del trabajo

excelente
muy bueno
bueno
regular
malo
muy malo

CONDICIONES DEL TRABAJO:

Excelente:

Excavación fácil tierra no compactada, (arena, grava, limpieza de zanjas, etc.) excavar a menos del 30 % de la profundidad máxima de la capacidad de la máquina, ángulo de oscilación menor de 30° , descargar en un montón de desechos, sin obstrucciones, bu en operador.

Muy bueno:

Excavación media (tierra compactada, arcilla seca y tenaz, suelo con menos del 25% de contenido de rocas). Profundidad del 40 % de la capacidad máxima de la máquina. Ángulo de giro de 60° . Sitio de descarga de gran área. Pocos obstáculos.

Bueno, Regular:

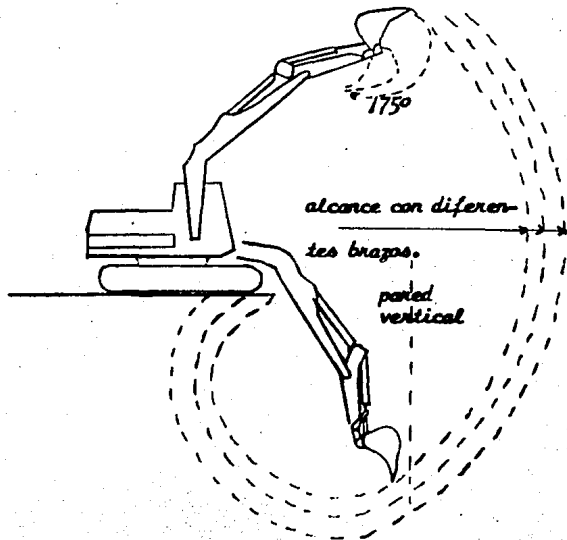
Excavación de mediana a dura (suelo duro compactada con contenido de rocas hasta del 50 %. Profundidad de hasta el 50 % de la capacidad máxima de la máquina. Ángulo de giro hasta de 90° . Carga de coniones que pueden colocarse cerca de la excavadora.

Malo:

Excavación dura (rocas de voladuras ó suelo dificultoso con contenido hasta del 75% de rocas). Profundidad de hasta el 75 % de la capacidad máxima de la máquina. Ángulo de giro de hasta 120° . Lugar de descarga de poca área. Cuando trabaja por encima de cuadrillas en labor conjunta.

Muy malo:

Excavación extremadamente difícil (piedra caliza, caliche, esquisto arcilloso, tierra congelada dura). Usando más del 75 % de la capacidad de excavación a la profundidad máxima. Más de 120° de giro. Descarga en un área pequeña y que requiera el alcance máximo de la retroexcavadora. Personas y obstáculos en la zona de trabajo.



EQUIPO DE COMPACTACION:

COMPACTACION DE SUELOS.

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos; el objetivo principal de la compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.

La compactación ha figurado entre las técnicas de construcción desde las épocas más remotas de que se tiene noticias, si bien en la antigüedad su aplicación no era ni general ni sistemática. Los métodos de apisonado por el paso de personas ó animales se utilizaron en épocas muy lejanas, como por ejemplo, en la construcción de grandes obras hidráulicas en diversas partes de Asia.

El desarrollo de las modernas técnicas de Compactación tuvo lugar en los últimos años del siglo pasado y en los primeros del presente, principalmente en los Estados Unidos. En 1906 apareció el recillo para de cabro de Fitzgeraid, de 2 000 kg de peso, punto de arranque de estos utensilios.

En 1928 y 1929, O.J. Porter desarrolló en la División de Carreteras de California las investigaciones básicas de laboratorio que permitieron el inicio de la aplicación en zona de las técnicas de compactación a la construcción de carreteras.

Con posterioridad a estas épocas, ha sido explosivo el desarrollo de equipos de compactación y se han investigado bastante las propiedades de los suelos compactados y las técnicas de campo y de laboratorio; en rigor, la compactación es uno de los varios métodos de que hoy se dispone para mejorar la condición de un suelo que haya de usarse en construcción; es, además, uno de los más eficientes y de aplicación más universal.

Métodos de mejoramiento de suelos.

físicos	}	Confinamiento (suelos friccionantes)
		Consolidación previa (suelos finos arcillosos)
médicos	}	Mezclas (suelo con suelo)
		Vibroflotación
Químicos (estabilización).	}	Con sal
		Con cemento
		Con asfalto
		Con cal
		Con otras sustancias
mecánicos	{	Compactación

Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tales como corlitas para presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, bondos de defensa, muelles, pavimentos, etc. como es natural, un suelo se puede compactar de varias maneras, y en cada caso se obtendrá un resultado diferente si se aplica a diversos suelos; por último, si una misma forma de compactación se aplica a un suelo determinado, podrán lograrse resultados muy diferentes si de un caso a otro se varían ciertas condiciones de las prevalecientes en dicho suelo, los resultados de un proceso de compactación dependen de varias factones, unos que atañen al tipo de suelo, otros relativos al método de compactación que se emplee y, por último, varios más que se refieren a determinadas circunstancias que en ese momento pueden prevalecer en el suelo con que se trabaja. Estas factones suelen denominar-

se las "variables" que rigen el proceso de compactación. Las principales de éstas se reseñan a continuación.

1- La naturaleza del suelo. Es claro que la clase de suelo con que se trabaja influye de manera decisiva en el proceso de compactación.

2- El método de compactación. En el laboratorio resulta bastante fácil clasificar los métodos de compactación en uso en tres tipos bien diferenciados; la compactación por impactos, por amasado y por aplicación de carga estática.

Además, ya se comienzan a utilizar algunos dispositivos de laboratorio para compactar por vibración, si bien su uso está menos extendido que el de los otros tres métodos.

3- La energía específica. Se entiende por ésta la que se entrega al suelo por unidad de volumen, durante el proceso mecánico de que se trate. Es muy fácil evaluar la energía específica en una prueba en que se compacte al suelo por impactos dados con un pison; de hecho, resulta claro que para tal caso queda dada por la expresión:

$$E_e = \frac{Nnwh}{V}$$

E_e = energía específica.

N = número de golpes del pison compactador por cada una de las capas en que se acomoda el suelo en el molde de compactación.

n = número de capas que se disponen hasta llenar el molde.

w = peso del pison compactador.

h = altura de caída del pison al aplicar los impactos al suelo.

V = volumen total del molde de compactación, igual al volumen total del suelo compactado.

En las pruebas de laboratorio en que se compacta el suelo con la aplicación de presión estática, y de las pruebas en que se realiza la compactación por amasado es aún más compleja la evaluación de la energía específica.

El concepto de energía específica conserva su pleno valor fundamental cuando se relaciona con su procedimientos de compactación de campo. En el caso de uso de rodillos depende principalmente de la presión y el área de contacto entre el rodillo y el suelo, del espesor de la capa que se compacte y el número de pasadas del equipo.

4- El contenido de agua del suelo. Proctor observó que con contenidos crecientes de agua, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos para el material compactado, se observó también que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, ya que cuando la humedad pasa de cierto valor, disminuyen los pesos específicos secos logrados.

5- El sentido en que recorra la escala de humedades al efectuar la compactación. Este aspecto afecta sobre todo a las pruebas de compactación que se realizan en el laboratorio, en las que es común presentar resultados con base a gráficas (peso volumétrico; seco vs. humedad.) Estas curvas son diferentes si las pruebas se efectúan a partir de seca o si se parte de un suelo húmedo, que se va secando según avanza la prueba. Las investigaciones experimentales comprueban que en el primer caso se obtienen pesos específicos secos mayores que en el segundo.

6- El contenido de agua original del suelo. En los procesos de campo el contenido de agua original no sólo ejerce gran influencia en la respuesta del suelo al equipo de compactación, sino que también gobierna en gran parte al comportamiento ulterior de la masa compactada. Aun que por lo general sólo pueden lograrse cambios relativos pequeños al humedecer o secar el suelo extendido en la obra, es muy aconsejable buscar siempre condiciones de humedad natural que no se aparten mucho de la óptima para el proceso de compactación que vaya a usarse.

7.- *La compactación.* En muchos laboratorios es práctica común usar la misma muestra de suelo para la obtención de puntos sucesivos de las pruebas de compactación, ello implica la continuada recompactación del mismo suelo. Se ha visto que esta práctica es inconveniente en lo absoluto, toda vez que la experimentación ha demostrado, sin género de duda, que si se trabaja con suelos recompactados los pesos volumétricos que se obtienen son mayores que los que se logran con muestras vírgenes en igualdad de circunstancias, de modo que con suelos recompactados la prueba puede llegar a dejar de ser representativa.

8.- *La temperatura.* Esta ejerce un importante efecto en los procesos de compactación de campo, en primer lugar por efecto de la evaporación del agua incorporada al suelo ó de condensación de la humedad ambiente en el mismo. Además puede llegar a ejercer algún efecto en la consistencia y manejabilidad de los suelos con que se trabaja.

9.- *Otras variables además de las mencionadas, existen todo un conjunto de variables que afectan a las pruebas de compactación de laboratorio y de campo, tales como el número y espesor de las capas en que se dispone ó se tiende el suelo, el número de pasadas del equipo de compactación sobre cada punto ó el número de golpes del pistón compactador en cada capa.*

rodillos Metálicos.

Utilizan solamente presión con un mínimo de amasamiento en materiales plásticos. Al inicio de la compactación de una capa el área de contacto es más ó menos grande dependiendo un bulbo de presión a cierta profundidad, conforme avanza la compactación en el área de contacto se reduce disminuyendo también el bulbo de presión aumentando los esfuerzos de compresión en la cercanía de la superficie. Estos esfuerzos son con frecuencia suficientes para triturar los agregados en materiales granulares e invariablemente causan la formación de una costra en la superficie de la capa (en carpetamientos).

A estos tipos de rodillos pertenecen los siguientes:
Planchas Tándem: Tienen 2 ó tres rodillos metálicos paralelos generalmente huecos para ser lastreados con agua y/o arena.

Plancha de tres ruedas: Con dos ruedas traseras paralelas y una delantera que pueden ser huecas para ser lastreadas ó formadas por placas de acero rodadas con alfilerones.

Estas máquinas por su lentitud y poca profundidad han perdido terreno en la compactación de grandes movimientos de tierra. También en algunas aplicaciones específicas que tienen estos equipos como la compactación de carpetas asfálticas van siendo desplazadas por otras máquinas.

Rodillos Neumáticos:

Son muy eficientes para la compactación de sub-bases, bases y carpetas. Sus bulbos de presión son muy similares a los de los rodillos metálicos pero el área de contacto permanece constante. Pueden ser jalados ó autopropulsados y se dividen según el tamaño de sus llantas en; de llantas pequeñas y de llantas grandes.

De llantas pequeñas; Generalmente tienen 2 ejes en tandem y el número de llantas varía de 1 a 13. El arreglo de las llantas es tal que las traseras traslapan a las delanteras. Algunas compactaciones tienen montados sus ruedas en forma tal que oscilan al noocar lo que aumenta el efecto de amasamiento.

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

De llantas grandes; Son generalmente arrastrados por tractor y pesan entre 15 y 50 toneladas. Tienen de 4 a 6 llantas en un mismo eje. Son difíciles de transportar y de maniobrar por lo que tienden a ser desplazados por otros equipos más ligeros y versátiles.

Las principales factones que afectan a este tipo de compactadores son; el peso total y la presión de inflado. Estas dos factones deben ser los adecuados para dar la presión de contacto suficiente y así ejercer el esfuerzo requerido de compactación.

Si se aumenta la presión sin aumentar la carga disminuye la profundidad del bulbo de presión, reduciendo el efecto de compactar, si por el contrario se aumenta el peso sin aumentar la presión se incrementa el bulbo pero no la presión por iliendo trabajar ca-co relativamente na, mes pero el aumento de eficiencia es casi nulo. Si se aumentan ambas factones se incrementa la presión efectiva sobre la capa y por tanto el trabajo de compactación sin embargo se debe manejar estos cambios con mucha cautela ya que estos nos pueden reducir la vida útil de las llantas y del equipo en general.

Rodillos Friti ul Chikla.

Son típicamente usados, excepto para amasamiento y compactación donde la estratificación debe ser eliminada. Son en el corazón imprescindible de una presa. Debido a la pequeña área de contacto de una pata y el alto peso de éstos equipos el bulbo de

presión es intensa y muy profunda. La compactación se consigue por penetración y amasamiento más que por efecto del bulbo de presión.

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

RODILLO DE REJA:

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

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

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

RODILLO DE IMPACTO

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

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

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

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

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

Cuando un rodillo de impacto empieza una nueva capa, que no sea mayor de 30 cm. los bulbos de presión y las ondas de impacto proveen suficientemente amasamiento con la capa inferior para eliminar la estratificación que ocurre con cualquier otro compactador excepto la pata de cabra.

El rodillo de impacto a probado ser uno de los más versátiles y económicos compactadores en terraneras, capaz de compactar eficientemente la mayor parte de los suelos.

RODILLOS VIBRATORIOS:

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

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

Estos nodillos pueden producir un gran trabajo de compactación en relación a su peso estático ya que la principal fuente de trabajo es la fuerza dinámica de compactación.

Buscando entender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado nodillos para de enbra vibratorios, en los que la fuerza y la amplitud de la vibración se han aumentado, y se han disminuido la frecuencia. Con el mismo objeto se han acoplado dos nodillos vibratorios, fuera de fase, a un marco rígido para obtener efecto de amasamiento.

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

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPACTACIÓN.

Las acciones que principalmente influyen en la obtención de una compactación económica son;

- 1.- Contenido de humedad del material
- 2.- Granulometría del material
- 3.- Número de pasadas del equipo
- 4.- Peso del compactador
- 5.- Presión de contacto
- 6.- velocidad del equipo compactador
- 7.- Espesor de capa

1.- Contenido de humedad; el agua tiene el proceso de compactación el papel de lubricante entre las partículas del material, una falta de humedad exigirá mayor esfuerzo compactivo, así como también lo exigirá un exceso de la misma.

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

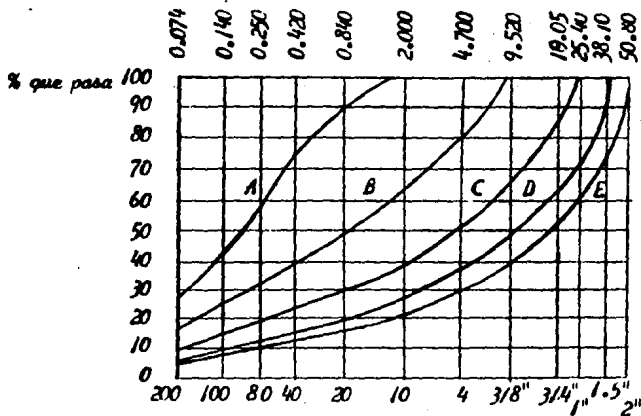
El agua, entonces, facilita el trabajo de compactación.

2.- Granulometría del material; Para la obtención de un eficiente compactación es necesario, que haya partículas de varios tamaños en el material por compactar, ya que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados entre partículas de mayor tamaño.

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

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

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA:



Coefficiente de uniformidad (Cu) de LARS FORSSBLAD.

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

En donde;

El D 60: Es el tamaño de la malla por el que pasa el 60% del material.

El D 10: Es el tamaño de la malla por el que pasa el 10% del material.

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

Si el Cu < 7 se tiene un pésimo suelo (mal graduado) para compactar.

Si $2 < Cu < 7$ se tiene suelos, que presentan ciertos problemas para la compactación, las que podemos eliminar mejorando la granulometría y así obtener buenos resultados. Por ejemplo en la gráfica de composición granulométrica, podemos observar de la curva D, el D60 corresponde al material que pasa por la malla de $\frac{3}{4}$, tamaño igual a 19.05mm y el D10 corresponde al material que pasa por la malla 80, tamaño igual a 0.250 mm.

Si calculamos el coeficiente de uniformidad tenemos que;

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

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

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

3.- Número de pasadas; El número de pasadas que un equipo debiera dar sobre un material dependerá de;

A. Tipo de compactador.

B. Tipo de material.

C. Contenido de humedad.

D. Forma en la que aplique la presión al material.

E. Maniobrabilidad del equipo.

4.- Peso del compactador; La presión ejercida sobre el material dependerá, en parte, del peso del equipo de compactación.

5.- Presión de contacto; Más que el peso del compactador importa la presión de contacto; está depende de;

A. Tipo de material.

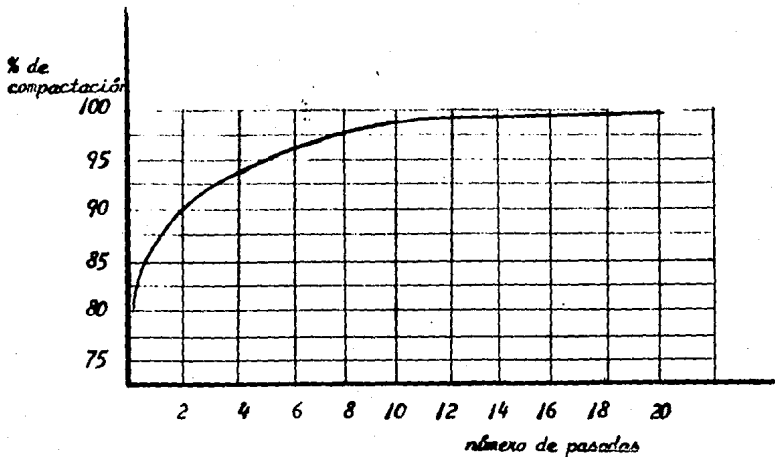
B. Estado del material (Suelto ó Semisuelto).

C. Presión de inflado en el caso de un equipo sobre neumáticos.

D. Área expuesta por el compactador.

E. Peso del compactador.

F. Temperatura del material tratándose de mezclas asfálticas.



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

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

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

6.- Velocidad de operación De la velocidad de translación del compactador y el número de pasadas dependerá, principalmente la producción. La velocidad estará entre las siguientes va'ores;

Rodillos metálicos y Patas de cabra (Son lentos por naturaleza, entre más rápido mejor, limitados solo por la seguridad, 5 km por hora es un buen máximo).

Rodillos de Roca ó Impacto (Entre más rápido mejor, limitado sólo por la seguridad, normalmente de 10 a 20 km por hora).

Rodillos Neumáticos (Entre más rápidos mejor, excepto que haya rebotes, lo que puede ocasionar ondulación en la capa, compactación dispareja y desgaste acelerado del equipo. Normal de 4 a 8 km por hora).

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

Selección de compactadores en cuanto a su función.

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

Los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para esta selección son; Tipo de material - Tamaño de la obra - Requerimientos especiales.

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

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

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

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

En el renglón 8; la compactación por impacto (rodillo de impacto ó rodillo de reja) aplicable a todas clases de suelos, pero el mal acabado que dan a la capa sólo permite aplicarlos en terracerías, normalmente arcillas y limas, a veces arenas. Limitación; El rodillo de reja se atasca con los materiales cohesivos y hay que parar frecuentemente a limpiarlo, sin embargo es un excelente disgregador, por lo que el rodillo de reja es extraordinario en terracerías que necesitan disgregado.

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

Conclusiones;

a- Para suelos cohesivos se debe preferir pata de cabra vibratoria ó rodillo de impacto. (Línea A)

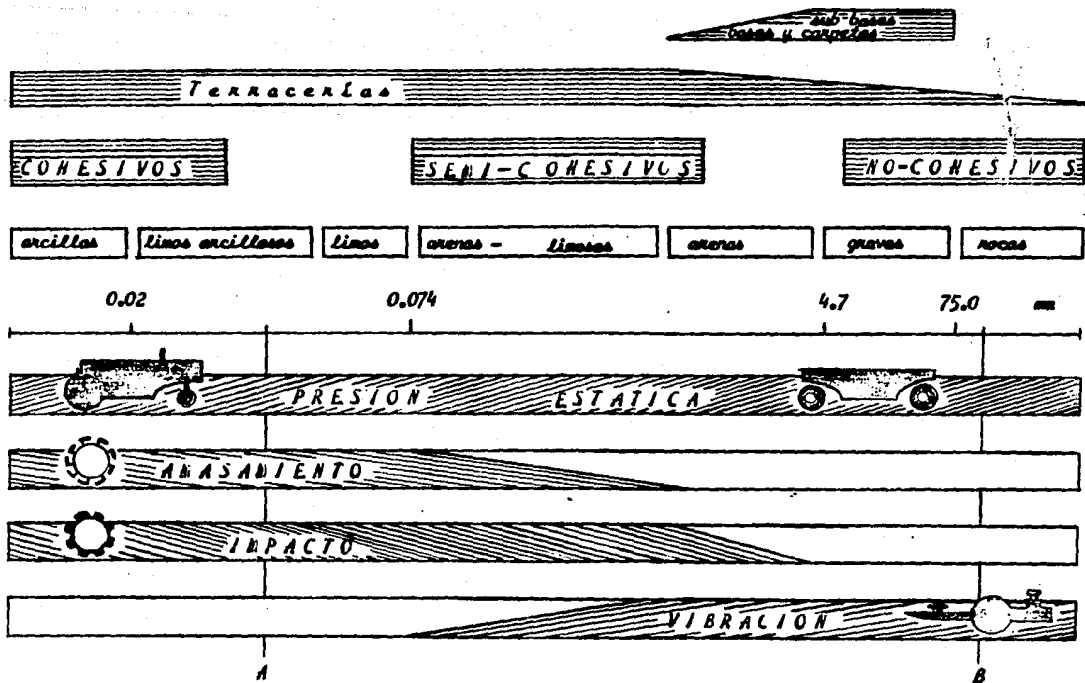
b- Para suelos no cohesivos se debe preferir rodillo liso vibratorio. (Línea B).

c- Para todos los suelos; rodillo neumático.

d- Las mejores combinaciones son; Neumático grande y pata de cabra ó neumático y rodillo de impacto. (Línea A). Para suelos cohesivos.

Neumático y rodillo vibratorio (Línea B.) Para suelos no cohesivos.

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



CAPITULO II.

Factores que intervienen en la selección del Equipo Pesado.

La clasificación de los suelos, puede tomar aspectos muy diversos según el objetivo que se proponga.

Para trabajos de excavación suele hacerse la siguiente clasificación;

A.- Tierra.

B.- Hard pan. (suelo que ofrece una gran resistencia a la penetración generalmente es arcilla compacta tapetate ó margal).

C.- Roca disgregada.

D.- Shale (arcilla solidificada, pizarra ó lajilla).

E.- Roca.

Para los suelos no homogéneos, es frecuente limitarse a indicar los porcentajes de materias de los grupos citados en el suelo por ejemplo; tierra con 20 % de roca. Esta indicación no es lo suficientemente representativa de las diversas condiciones de los suelos.

Cabe considerar otra clasificación elemental que se establece por un simple examen visual:

a- piedras y gravas.

b- suelos arenosos.

c- limos orgánicos.

d- limos inorgánicos y harina de roca.

e- arcilla inorgánica.

f- margas.

g- gruda.

h- barro.

Estos materiales pueden ir mezclados con grava, arena, etc. Todos los grupos citados pueden ser excavados con maquinaria sin el empleo de explosivos.

Además de estas clasificaciones elementales se utilizan otras más científicas como son:

A- clasificación de suelos para aerodromos en los estados unidos reproducida en la tabla A.

B- Clasificación P.R.A. de suelos según la administración de carreteras (public road administration) reproducida en la tabla B.

C- Clasificación de suelos según George J. Young. (Institute of mining and metallurgical engineers) localizada en la tabla C.

Los materiales que la tabla C se designan como I y II, no requieren tratamiento previo a la excavación, no así los tipos III que precisan a menudo una disgregación previa con reja ó ripper.

Los materiales tipos IV, V, y VI deben disgregarse con explosivos, devil, medio y potente respectivamente.

En la tabla D tenemos la clasificación de los suelos según el sistema unificado S.U.C.S.

En la tabla E se reproduce la clasificación de las rocas basándose en las más comúnmente encontradas en la corteza terrestre y agrupadas según su origen, en ígneas, sedimentarias, y metamórficas.

Tabla A. Clasificación de suelos establecida para aeródromos en los E.E.U.U.

Clasificación general	Grupos y designaciones	Símbolo del organismo de E.E.U.U.	Valor como cimentación (sin hielo).	Acción del hielo	Elasticidad (contracción, dilatación).	Valor como drenaje	Comportamiento ante compactación; material a emplear	Densidad máxima en seco	Índice de vacíos	Categorías según clasificaciones		
										C.B.R.*	P.R.A.**	
Suelos de elementos gruesos	Grava y suelos de grava	Grava y mezclas de grava - Arena, de buena granulometría - Con pocos finos o sin ellos.	GW	Excelente	Nula a muy ligera	Casi nula	Excelente	Excelente - Tractor vibrador	> 2,0	< 0,35	> 50	A 3
		Mezclas de grava - Arena - Arcilla de buena granulometría.	GC	Excelente	Medio	Muy escasa	Prácticamente impermeable	Excelente - Rodillo patas de cabra	> 2,10	< 0,30	> 40	A 1
		Gravas y mezclas de grava - Arena de mala granulometría - Con pocos finos o sin ellos.	GP	Buena a excelente	Nula a muy ligera	Casi nula	Excelente	Buena - Tractor vibrador	> 1,85	< 0,45	25-60	A 3
		Gravas con finos - Gravas muy fangosas - Gravas arcillosas. Mezclas grava-arena - Arena - Arcilla de mala granulometría.	GF	Buena a excelente	Escasa a media	Casi nula a escasa	Regular a prácticamente impermeable	Buena - Estricción control esencial - Rodillos sobre neumáticos - Tractor	> 1,95	< 0,40	20	A 2
	Arena y suelos arenosos	Arenas y arenas con grava de buena granulometría - Con pocos finos o sin ellos.	SW	Excelente a buena	Nula a muy ligera	Casi nula	Excelente	Excelente - Tractor vibrador	> 1,95	< 0,40	20-60	A 3
		Mezclas de arena - Arcilla de buena granulometría - Aglutinante excelente.	SC	Excelente a buena	Medio	Muy escasa	Prácticamente impermeable	Excelente - Rodillos patas de cabra	> 2	< 0,35	20-60	A 1
		Arenas de mala granulometría - Con pocos finos o sin ellos.	SP	Regular a bueno	Nula a muy ligera	Casi nula	Excelente	Buena - Tractor vibrador	> 1,60	< 0,70	10-30	A 3
		Arenas con finos Arenas muy fangosas - Arenas arcillosas - Mezclas de arena - Arcilla de mala granulometría.	SF	Regular a bueno	Ligera a fuerte	Casi nula a media	Regular a prácticamente impermeable	Buena - Estricción control esencial - Rodillos sobre neumáticos	> 1,70	< 0,60	8-30	A 2
Suelos de elementos finos	Suelos de elementos finos de compresibilidad escasa a media	Fangos inorgánicos, Arenas muy finas, Mts. basina de roca - Arenas finas fangosas o arcillosas de poca plasticidad.	ML	Regular a malo	Medio a muy fuerte	Ligera a media	Regular a malo	Buena a regular Rodillos sobre neumáticos	> 1,60	< 0,70	6-25	A 4 A 6 A 7
		Arcillas inorgánicas de base de plasticidad media, arcillas arenosas, arcillas fangosas, arcillas masas.	CL	Regular a malo	Medio a fuerte	Medio	Prácticamente impermeable	Regular a bueno Rodillos patas de cabra	> 1,60	< 0,70	4-15	A 4 A 6 A 7
		Fangos orgánicos, fangos, Arcillas de poca plasticidad.	OL	Malo	Medio a fuerte	Medio a alta	Regular	Regular a malo - Rodillos patas de cabra	< 1,45	< 0,90	3-8	A 4 A 7
	Suelos de elementos finos de alta compresibilidad	Arenas finas y suelos fangosos con mica o diatomas, fangos elásticos.	MH	Malo	Fuerte	Medio	Regular a malo	Malo a muy malo - Dificil de compactar	< 1,60	> 0,70	< 7	A 5
		Arcillas inorgánicas de gran plasticidad - Arcillas grasas.	CH	Malo a muy malo	Fuerte	Medio	Prácticamente impermeable	Regular a malo - Rodillos patas de cabra	> 1,45	< 0,90	< 6	A 6 A 7
		Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta.	OH	Muy malo	Fuerte	Medio	Prácticamente impermeable	Malo a muy malo - Dificil de compactar	< 1,60	> 0,70	< 4	A 7 A 8
Suelos de elementos orgánicos fibrosos de alta compresibilidad	Turba y otros suelos pantanosos de alto contenido en materias orgánicas.	Pt	Extremamente malo	Muy fuerte	Muy alta	Regular a malo	Imposible de compactar	-	-	-	A 8	

* C. B. R. = California Bearing Ratio = Índice de resistencia de California

** P. R. A. = Public Roads Administration = Administración de Carreteras de E.E.U.U.

Tabla B Clasificación PRA de suelos, según la Administración de carreteras USA (Public Road Administration)

Carácter general	Designación	Características
Dominante arenas o de grava	A ₁	Material con gruesos y finos de buena granulometría, con buen aglutinamiento. Muy estable bajo cargas rodantes, con independencia de la humedad.
	A ₂	Mismo elemento que A ₁ , pero con peor granulometría y aglutinante inferior. Estable en seco. Se reblandece por lluvia o hidratación capilar en caso de recubrimiento estanco. Polvorienta en tiempo seco.
	A ₃	Materiales gruesos sin aglutinante. Muy permeable. No afectados por la humedad. Excelente soporte para recubrimiento elástico de espesor medio y para recubrimiento rígido delgado.
Dominante fangosa	A ₄	Fangos sin materias gruesas y sin apreciable arcilla coloidal. Inestables si absorben agua. Compresibles. Malos como soporte. Sensibles al hielo.
	A ₅	Similar a A ₄ . Su elasticidad no se presta a buena compactación ni a recibir aglutinante.
Dominante arcillosa	A ₆	Arcilla sin materiales gruesos. Pueden infiltrarse en los macadam una vez deshidratados y provocar deslizamientos. Deben compactarse y afirmarse para proporcionar un buen soporte. Su elevado coeficiente de contracción y dilatación ante la humedad provoca fisuras en los recubrimientos rígidos.
	A ₇	La misma naturaleza que A ₆ , pero mayores elasticidad e higrometría, lo que agrava los defectos de A ₆ .
Inclusión de materias orgánicas	A ₈	Turbas y barros. No sirven para soportar revestimientos sin previa compactación.

Tabla C Clasificación de suelos según George J. Young, Institute of Mining and Metallurgical Engineers.

Designación	Características
Clase Ia	Arena-Grava fina-Fango (silt) con poca agua o sin agua.
Clase Ib	Arena mediana, barro y arcilla (mud and clay) con más o menos agua.
Clase II	Arenas y suelos con piedras, bloques de piedra, grava gruesa y restos de roca.
Clase III	"Hardpan", "compact hardpan", arcilla esquistosa, rocas tiernas más o menos fisuradas, carbón, gravas minerales compactas más o menos agredidas por aglutinante o masas de rocas muy debilitadas por estratificación.
Clase IV	Rocas medias y duras como gres, calcáreas, pizarras, rocas volcánicas, cenizas volcánicas vitrificadas, brechas, gravas aglomeradas, masas rocosas debilitadas por estratificación, rocas muy alteradas y minerales tiernos.
Clase V	Rocas duras y compactas, calcáreas silíceas, rocas ígneas o metamórficas, gneis, rocas moderadamente alteradas, cuarcita y la mayoría de minerales.
Clase VI	Rocas muy duras, rocas ígneas no alteradas, como el granito, la diorita, la diabasa; las rocas metamórficas duras como el sílex y el jaspe, minerales densos, hematites y magnetitas y minerales silíceos no debilitados por roturas.

Clasificación de rocas (características y propiedades)

TIPO DE ROCA	Nº	COMPOSICIÓN	TEXTURA	ESTRUCTURA	OCURRIMIENTO	DENSIDAD (gr/cm ³)	POPULACIÓN (n.º/L)	RESISTENCIA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (kg/cm ²)	INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA
VOLCANICA o INTRUSIVA	Riolita	1,2,4	(1) SiO ₂ (cuerno)	Afanítica a porfirítica	A veces foliada	Luzia	2.4-2.6	4-8	1500-3000	150-300		Los rios volcanicos tienen una estructura de columnas y no son tan resistentes como cuando son mas viejos, lapilli, cenizas, etc. Su composición es variable y depende del agua que se desprenden de la lava cuando son grandes, con un escape de vapor. Pueden ser resistentes a la tracción y a la compresión.
	Dacita	1,2,5	(2) KAlSi ₃ O ₈ (ortoclasa)	Afanítica a porfirítica	Derrames lavicos	Clara						
	Traquita	1,3,5		Afanítica a porfirítica	Derrames lavicos	Clara						
	Andesita	3,5	(3) CaAl ₂ O ₇ -NaAlSi ₃ O ₈ (plagioclasa)	Afanítica a porfirítica	Derrames lavicos granulos y cortos	Grisesca	2.7-2.73	10-15				
	Basalto	6,7,3		Afanítica	Yesquilar, anfiboloidal	Oscura	2.8-2.9	0.1-1.0	1500-3000	100-300	200-600	
PLUTONICA o INTRUSIVA	Granito	1,2,4	(4) Silicatos ferro-magnesianos	Fanerítica	Granos cuerpos intrusivos (volcánicos)	Luzia a morada	2.6-2.9	0.5-1.5	1000-2500	70-250	140-500	Los plutonicos de textura fanerítica que tienen un desarrollo cristalinico muy importante como el granito y el gneiss son mas resistentes a la tracción que los plutonicos de textura intrusiva. Su resistencia depende de su estructura y de su composición.
	Granodiorita	1,3,5	(5) Micas (biotita y moscovita)	Fanerítica	Cuerpos intrusivos	Verdeada						
	Sienita	2,5		Fanerítica	Cuerpos intrusivos por cuernos	Clara						
	Diorita	3,5	(6) Anfíboles y piroxenas	Fanerítica	Cuerpos intrusivos	Gris a Oscura						
	Diabasa	4,7,3		Afanítica a diabásica	Diques y mantos	Gris a Oscura	2.7-3.05	0.1-0.5	1000-3500	150-250	250-600	
Gabbro	6,7,3	(7) Olivino	Fanerítica	Cuerpos intrusivos	Oscuro	2.8-3.1	0.1-0.2	1500-2000	150-200			
CLASTICAS o SEDIMENTARIAS	Conglomerado		Más del 25% de fragmentos de roca arredondados > 2 mm de diámetro	Rudica. Fragmentos arredondados	Estratificación gruesa cuerpos lenticulares y pedregal de cauces	Variable						
	Arenisca		Cuarzo, feldespato, fragmentos de roca, micas, calcita, minerales arcillosos, minerales pesados, sílice, dolomita y calciano	Arenacea. Fragmentos de roca, a 2 mm de diámetro	Estratificación cruzada ondulada, gradada, masiva y laminar	Clara	2.0-2.6	5-25	700-1700	40-250	80-400	Muchas rocas de estructura rudica o arenisca son mas resistentes a la tracción que a la compresión.
	Limlita		Limonita, fragmentos de roca, a 1/16 a 1/32 de diámetro	Limonita	Estratificación delgada	Clara						
	Lutita		Minerales arcillosos, micas arcillosas, clorita e hidratos de hierro.	Luticas. Fragmentos menores a 1/16 mm de diámetro	Laminación característica, fino, concreciones bolas de limo	Gris a Oscura	2.0-2.4	10-30	50-1000	70-100	30-300	
SEDIMENTARIAS o METAMORFICAS	Caliza		Minerales carbonatados (calcita, dolomita, etc) con trazas de silicatos, feldespato y minerales arcillosos	Densa, masiva, de grano fino, cristalina, porosa u onulítica	masiva, estratificada, nodular	Clara o Oscura	2.7-2.5	5-20	300-2500	50-250	100-500	
	Marga		Calcita y minerales arcillosos	Cristalina, de grano fino	Estratificación delgada y laminar	Grisesca						
	Creta		CaCO ₃ (foraminíferos)	Granular cristalina	Estratificada	Bianca						
	Tufa		CaCO ₃ (calcifica)	Cristalina porosa	foliada	Clara						
	Travertino		CaCO ₃ (calcifica)	Cristalina	masiva, onulítica, etc.	Clara						
	Esquistos		Fósiles de calcita	Biogranulada	foliada	Clara						
	Dolomita		Ca(Mg) ₂ (CO ₃), Dolomita	Cristalina y sacroclava	Estratificada, masiva y masas irregulares	Clara	2.5-2.6	1-5	300-2500	150-250		
	Sal		NaCl (halita)	Cristalina	lenticular, estratificada y en vetas	Bianca						
Yeso		CaSO ₄ · 2H ₂ O	Cristalina	masiva y lentes paralelos cruzando los estratos	Bianca							
Amibridita		CaSO ₄	Granular	lenticular, en vetas o estratificada	Bianca							
Calceno		CaCO ₃	Granular	estratificada modular, masiva	Clara u Oscura							
Pedernal		SiO ₂ (cuerno, óxido y calcionina)	Microcristalina	estratificada, nodular o en bloques	Clara u Oscura							
Forforita		P ₂ O ₅ (apatita)	Eriptocristalina	masiva, estratificada u onulítica	Clara u Oscura	2.5-2.7						
Carbón		C, H, O, N, S	Criptocristalina	Estratificada, bandado	Oscura			50-500	70-50			
FOLIADAS o METAMORFICAS	Pizarra		Cuarzo, micas, clorita	Foliación perfecta, estructura onulítica	Foliado	Gris u Oscuro	2.6-2.7	0.1-0.5	1000-2000	70-200	150-300	
	Esquistos		Cuarzo, micas, clorita, sericita y otros	Incremento entre pizarra y esquistos	Foliado	Farda u Grisada						
	Esquistos		Micas, piroxenos, clorita, cuarzo, calcita, feldespatos	Esquistoso	Foliado	Farda u Oscuro						
	Gneiss		Cuarzo, feldespatos, mica, hornblenda, granate	Bandeado (gneissica)	Foliado	Oscura	2.6-3.0	0.5-1.5	500-2500	50-200		
	Hornfels		Micas, cuarzo, piroxenos, cuarzo, feldespatos y carbonatos	Afanítica, hornfelsica	No foliada	Clara u Oscura						
METAMORFICAS o SEDIMENTARIAS	Quarcita		Cuarzo, hematita, mica, silimanita	Granulítica	No foliada	Clara	2.6-2.7	0.1-0.5	1500-3000	150-300	200-600	
	Marmol		Ca, Mg, silimanita, dolomita, diopside, etc.	Granolítica	No foliada	Clara u Oscuro	2.6-2.7	0.5-0.6	1000-2500	70-200		

DAIOS GEOLOGICOS REQUERIDOS:

Son la información necesaria para determinar la factibilidad de construcción de una obra civil y que a su vez contribuye a realizar un estudio geotécnico, estos datos son útiles al seleccionar en gabinete un sitio para la construcción es decir, en la etapa de anteproyecto, después en el reconocimiento preliminar y estudios detallados, luego, en la etapa de construcción y finalmente estando la obra en operación.

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

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

A continuación se presenta una tabla de los datos geológicos que se requieren, se considera es ésta el tipo de obra por construir y las necesidades o exigencias impuestas al terreno por la obra misma. Al mismo se presenta un registro tipo para la identificación manual y visual del suelo en la cual;

A- Color; gris, café, amarillo, rojo, negro, verde, blanco, anaranjado, azul, pardo.
B- Tono; grisáceo, amarillento, rojizo, negrusco, verdoso, blanqueco, anaranjado, parduzco;

C- Olor; a tierra, orgánico, ninguno, azúfre.

D- Textura; lisa, gruesa, fibrosa, sacarosa, terrosa.

E- Lustre; brillante o vítreo, opaco, grasoso, apertado.

F- Tamaño de los granos; Boleo (305 mm ó mayor), canto rodado (de 76 a 305 mm), grava gruesa de (19 a 76 mm), grava fina (4.76 a 19mm), arena gruesa (de 2 a 4.76mm), arena mediana (0.42 a 2 mm), finas (0.074 mm ó menor), arena fina (de 0.074 a 0.42 mm).

G- Forma de los granos; acicular (forma de aguja), plana.

H- Dureza de los granos; muy suave (se desintegran al presionar con los dedos), suave (puede rayarse con la uña), muy dura (difícilmente de rayar con navaja) durísima (no puede rayarse con la navaja), dura (se raya con la navaja).

I- Humedad; seco, húmedo, mojado, saturado.

J- Cementación; reacción al ácido clorhídrico; nula, apreciable, fuerte.

K- Estructura; estratificada, fracturada, fisurada, tallada, superficie de falla.

L- Desintegrabilidad en agua; no desintegrable, desintegrable, lentamente, desintegrable rápidamente.

M- Compacidad (suelos gruesos); muy suelta (menos de 4 golpes en la prueba de penetración estándar), suelta (de 4 a 10), media (de 10 a 30), densa (de 30 a 50), muy densa (mayor de 50 golpes).


N- Consistencia (suelos finos); muy blanda fácilmente penetrada con el puño varias centímetros (menos de 2 golpes S.P.T.), blanda fácilmente penetrable con el pulgar varias centímetros (de 2 a 4 golpes), media puede ser penetrado con el pulgar con un esfuerzo moderado (de 4 a 8 golpes), dura fácilmente marcada con el pulgar pero penetrada solo con un gran esfuerzo (de 8 a 15 golpes), muy dura fácilmente marcada con la uña del pulgar (de 15 a 30 golpes), durísima marcada con dificultad con la uña del pulgar (más de 30 golpes).

TABLA

Datos geológicos requeridos

DATOS GEOLOGICOS	TIPO DE OBRA											
	PRESEN	DAL	ESCAFA	VIA	INRA	CANAL	PUNTE	PUNTO	SIPO	PUERTA	PUERTA	
	ESTRATA	VA	CA	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	
1. LITOLÓGICA												
1.1 SUELOS												
Estandar en metros	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Extensión	RE	P	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Clasificación	RE	P	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Composición	RE		EC	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Textura	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura	EC		EC	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Porosidad	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Permeabilidad	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Recuperación	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
1.2 ROCAS												
Profundidad roca sana	EC		EC	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Clasificación	RE	P	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Textura	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Porosidad	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Permeabilidad	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Recuperación	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Índice de calidad de la roca (P.C.Q.)	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
2. DISCONTINUIDADES												
2.1 FALLAS Y JUNTAS (DIACLASAS)												
Presencia	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Tipo	RE		EC	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Frecuencia	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Humbro y echado	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Características												
— magnitud	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
— frecuencia	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
— dirección	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
2.2 PLEGUES												
Presencia	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Intensidad	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Tipo	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Humbro	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
2.3 DISCORDANCIAS												
Tipo	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
magnitud	RE		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
2.4 CAMBIOS DE FACIES	EC		EC	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
3. TIPO DE OBRA												
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
4. DETALLES												
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
5. MATERIALES												
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
6. ESTRUCTURAS DE DEFENSA												
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
7. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN												
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
8. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN												
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE
Estructura de las obras de defensa	RE	A	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE

RE = Se detecta en el sitio y se le recomienda preliminarmente (1)
 RE = Se detecta en el sitio de construcción (2)
 RE = Se detecta en el sitio de construcción de la obra (3)
 RE = Se detecta en el sitio de la obra (4)

FRACCION GRUESA				FRACCION FINA			
	1	2	3		1	2	3
Color				Color			
Tono				Tono			
Difer				Difer			
Textura muestra				Textura muestra			
Lustre muestra				Lustre muestra			
Tamaño más grande				Materia orgánica			
Forma granos				Otros suelos			
Dureza granos				Humedad			
Materia orgánica				Desintegrabilidad en agua			
Otros suelos				Consistencia			
Humedad				Origen geológico			
Consistencia				Nombre geológico			
Estructura				Nombre típico			
Desintegrabilidad en agua				Otros conceptos y observaciones:			
Compacidad							
Origen geológico							
Nombre geológico							
Nombre típico							
Grupo ()	Grava ()	BIEN GRAÑADA ()		GP	SM		
		MAL GRAÑADA ()		GP	SP		
	Arena ()	CON FINOS NO PLASTICOS ()		GM	SM		
		CON FINOS PLASTICOS ()		GC	SC		
				MC	ML		
Fino ()	DILATANCIA		ALTO	MEDIO	BAJO		
	PLASTICIDAD		ALTA	MEJOR	BAJA		
	RESISTENCIA		ALTA	MEJOR	BAJA		
Observaciones:							
①		②		③			
DESCRIPCION Y CLASIFICACION	OPERA	X:	FECHA MUESTRO		No. MUESTRO		LABORATORIO
	SANDED	Y:	FECHA PRUEBA LAB		TIPO DE MUESTRA		REVISOR
	OPERADOR	Z: de 0	TIPO DE MUESTRA		OTROS DATOS		DATE /

Registro para la descripción y clasificación visual y manual

MÉTODOS DE SONDED Y EXPLORACION.

Para llegar a conocer los distintos tipos de materiales con los cuales se van a trabajar, se deberá realizar primeramente un estudio preliminar seguido de un estudio detallado.

Estudio Preliminar; Siempre debe realizarse en la etapa de anteproyecto mediante la recopilación y análisis de la información existente y el reconocimiento de campo. Por el reconocimiento de campo se debe entender una inspección general del terreno que requiere de un corto tiempo y un mínimo de erogaciones pero que permite definir las unidades litológicas existentes y sus características estructurales.

Por otra parte este reconocimiento preliminar, proporcionará la información para elaborar un programa para un estudio detallado.

Previamente a la inspección sobre el terreno en el reconocimiento preliminar, es aconsejable hacer una revisión de la literatura geológica, cartografía, y fotografías aéreas existentes, que constituyen información de gran valor.

Como información existe el Manual de Diseño para obras civiles, preparado por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, para la Comisión Federal de Electricidad, que tiene un capítulo relativo al conocimiento general de la geología del país y desde luego existe la cartografía en la etapa preliminar, más aún si se recaba la información correspondiente a los puntos de verificación.

Estudio Detallado; Debe hacerse principalmente durante la etapa de exploración, pero no será resultando útiles en la etapa de construcción. El estudio detallado de un sitio se realiza por métodos directos y métodos indirectos.

El estudio detallado nos debe llevar a obtener una carta geotécnica a una escala, que va desde 1:100 a 1:1000, que nos permite conocer;

-La distribución de las distintas formaciones existentes.

-Su granulometría y características físicas.

-El espesor de los materiales reconocidos o investigados y sus variaciones.

-El patrón de fracturamiento del macizo rocoso en el caso de los materiales de este tipo.

-Todo lo relativo a la presencia y comportamiento del agua subterránea.

El estudio detallado se realiza por medio de un levantamiento geológico topográfico, con pozos a cielo abierto con toma de muestras, perforaciones y sobre todo con los métodos geofísicos, en particular con el método sísmológico.

Cualquier vibración provocada en la superficie del terreno sea por una explosión ó por un impacto, se propaga en el suelo o roca en todas direcciones a una velocidad que depende de la naturaleza de los materiales.

La velocidad de propagación está en función de la compacidad de los materiales, entre más suave es un material, más baja es la velocidad de propagación; si es más compacto el material, más rápida es dicha velocidad.

Para determinar la velocidad de propagación de una onda sísmica se utiliza un sísmógrafo, que en el caso más simple consta de un martillo, una placa, un geófono, y un osciloscopio que registra la vibración.

Con el martillo que está ligado al osciloscopio se provoca la vibración golpeando la placa, que está colocada sobre el terreno; esta vibración es recibida por el geófono que a su vez está conectado también con el osciloscopio.

Conocido el tiempo transcurrido entre el impacto y la recepción de la vibración y conocida la distancia entre el punto de emisión, de la onda y el geófono, nos da la velocidad de propagación.

De esta manera se han preparado tablas de desgarrabilidad.

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

Esta técnica es más confiable en zonas arriba del nivel freático y cuando las velocidades en cada estrato se incrementan con la profundidad. La longitud de la línea de geófonos y la distancia de ésta al punto de tiro, estará condicionada por la profundidad a la que se requiere explorar. Es necesario efectuar, para cada tendida de geófonos, dos lecturas, localizando sucesivamente los puntos de explosión en uno y otro extremo de la línea. Para detectar una zona de menor velocidad se recomienda disponer los geófonos en forma semicircular alrededor de un punto de tiro, de tal manera que las distancias sean constantes y pueda detectarse retraso en algunos de los geófonos. De cada prueba deberán registrarse los tiempos de arribo de las ondas y la ubicación de los geófonos.

El estudio sísmológico de refracción es solo una parte del estudio de detalle y necesariamente deben ser ejecutadas las exploraciones y desde luego el levantamiento geológico detallado, sobre todo si el estudio está enfocado a determinar la calidad y el volumen del material que va a ser aprovechado ya sea como material de construcción (terraplana, enrocamiento y agregados) o como algún mineral económico, metálico o no metálico (hierro, cobre, carbón, etc.). En este último caso es muy importante saber cual es el volumen del material no aprovechable.

Los métodos indirectos son:

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

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

Los principales sensores remotos útiles en exploración geotécnica son:

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

El procedimiento para obtener información de los sensores remotos se llama Fotointerpretación. Consiste en el arte de apreciar la naturaleza de los objetos sobre la superficie terrestre mediante un análisis cuidadoso de las fotografías y con la ayuda de estereoscopios,, identificando rasgos de vegetación; geología, geomorfología, etc. Fotogeología. Esta es la interpretación geológica del cuadro geomorfológico de una región que, utilizando técnicas de fotointerpretación, permite en poco tiempo definir las principales características geológicas de un sitio a un costo reducido. La fotogeología permite obtener de forma preliminar; el tipo de rocas y sus características estructurales (patrones de juntas, planos de estratificación, rumbos y echados aproximados de capas, pliegues y fallas); tipo, distribución y espesor de materiales superficiales; características del drenaje superficial y subterráneo, etc. Métodos geofísicos;

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

En geotecnia los comúnmente utilizados son el método sísmico (ya descrito) y el método eléctrico, siendo recomendable respaldar los resultados obtenidos, con otros métodos de sondeo para darles mayor confiabilidad.

Métodos eléctricos;

Entre éstos, los más útiles en geotécnica son el de resistividad y el de relación de caídas de potencial.

-Método de resistividad. Se puede usar por debajo del nivel freático permitiendo localizar cavernas o estratos blandos que no se identifican fácilmente con el método sísmico, por lo que ambos se complementan.

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

En el caso más general, la profundidad de exploración se considera igual a la cuarta parte de la distancia entre electrodos de corriente.

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

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

MÉTODOS DIRECTOS.

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

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

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

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

Los levantamientos de carácter local se llevan a cabo para áreas de extensión reducida, utilizando además de brújula y longmetro, la plancheta. Permiten conocer las condiciones geológicas particulares del lugar, tales como; existencia y características de discontinuidades importantes (fallas, fracturamiento, estratificación), localización y ubicación de materiales útiles para la obra, tipo de rocas y suelos, etc. El levantamiento de obras subterráneas consiste en el estudio minucioso del techo y las paredes de un socavón, galería o túnel, mediante el uso de plancheta, brújula y longmetro, para obtener información relacionada con las unidades geológicas que atraviesa, tales como; el tipo de roca, estratificación, rumbos y echados, fallas, fracturamientos, filtraciones de agua o vapores, mineralización, etc.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INFORMACIÓN OBTENIDA:

Independientemente del método de excavación, estas obras se realizan con diferentes propósitos;

-Investigación de la estructura del macizo rocoso.

-Observación del sistema de diaclasas o del contacto entre diversos tipos de roca.

-Obtener información acerca de zonas particulares en el macizo rocoso.

-Observar la profundidad y grado de alteración de los materiales.

-Seguir la traza de fallas o fracturas importantes;

-Observación de estratos permeables (especialmente en áreas volcánicas), amplitud de fracturas, tímidos de corriente de lava, o cavidades de disolución y fisuras en colizos.

-Permitir la realización de pruebas IN SITU.

-Pruebas de corte, de deformabilidad, medidas de la permeabilidad, medición de los estados de esfuerzo del macizo o exploración geofísica.

-Obtención de muestras de bloque para identificación ó ensayos de laboratorio.

FACTORES TÉCNICOS:

Durante el proceso de toma de decisiones para seleccionar de manera óptima el equipo de construcción, intervienen una serie de factores que, estando relacionados entre sí, nos obligan a un análisis cuidadoso y ponderado de cada uno de ellos.

En este periodo de selección se pueden distinguir fácilmente dos etapas. En la primera de ellas se selecciona la(s) máquina(s) que desde el punto de vista técnico puedan ser utilizadas, aquí los factores que interesan son, entre otros, los volúmenes por ejecutar, la calidad del material (atacabilidad, propiedades volumétricas, estabilidad, etc.) geometría de la excavación, condiciones de la obra, etc. En la segunda etapa, intervienen otros factores igual de importantes como son; el tipo de empresa, maquinaria con que cuenta, condiciones de mercado, costos de adquisición, operación y mantenimiento del equipo, rendimientos, precio de reventa, etc.

Cuando desde el punto de vista técnico dos ó mas equipos nos resuelven el problema el análisis económico inclinará nuestra decisión hacia el empleo de alguno de ellos. A continuación se tratará algunos de los factores antes mencionados.

Volúmenes por ejecutar:

Los volúmenes por ejecutar en combinación con el plazo de terminación de la obra, nos definirán la producción requerida, ésta producción dependerá de la capacidad de las máquinas empleadas y del programa para su utilización.

Atacabilidad:

Desde el punto de vista de posibilidades de extracción, se distinguen dos grandes categorías de terrenos y que son los sueltos y los rocosos. Los terrenos sueltos son aquellos que pueden extraerse sin necesidad de una previa disgregación y los terrenos duros ó rocosos sí la requieren (generalmente con explosivos ó con el arado). Dentro de estas dos grandes categorías se pueden establecer nuevas divisiones atendiendo a la consistencia y dureza del terreno (consultar la s tablas presentadas en los capítulos I Y capítulo II).

Se puede señalar además que la dificultad para atacar determinado suelo, depende no sólo de su dureza, sino también de su formación estratigráfica, siendo las rocas que se presentan en estratos gruesos y compactos más difícil de extraer que las rocas en capas delgadas y fisurables.

Algunas propiedades físicas de los materiales tienen una influencia directa sobre la facilidad ó dificultad para atacarlos, influyendo así en el tipo de máquina que es ideal para ejecutar el trabajo. A continuación se mencionan las más importantes de estas propiedades.

Abundamiento y enjuntamiento:

El volumen y la densidad de un material sufren cambios considerables al ser excavados, acarreados ó compactados, por lo que es indispensable especificar si el volumen es medido en su estado natural, en su estado suelto ó bien en relleno después de compactado.

Se define el abundamiento como el incremento que sufre un volumen original inalterado, que se presenta a causa del aflojamiento y se expresa en un porcentaje del volumen original. De manera que si la tierra que se sacó de un agujero de 1 m^3 tiene un volumen de 1.25 m^3 en su estado suelto, el incremento es del 25 %.

Abundamiento para distintos materiales;
arena ó grava limpia de 5 a 15%
suelo superficial de 10 a 25%
Loma de 10 a 35%
tierra común de 20 a 45%
arcilla de 30 a 60%
roca sólida de 50 a 80%

Por el contrario si de la tierra que se saca de un agujero de 1m³ se obtiene un volumen de 0.90 m³ al aplicarse una compactación se dice que tiene un enjuntamiento del 10%. Esta propiedad varia en un mismo tipo de material dependiendo del grado de compactación y el % de humedad presente durante la compactación.

Si se desea obtener valores más precisos, se debe tomar muestra del material, a diferentes profundidades ó diferentes sitios del corte propuesto, terminando el peso del material inalterado suelto y compactado en un mismo volumen, para utilizar las siguientes ecuaciones;

$$S_a = \left[\frac{b}{L} - 1 \right] \times 100$$

$$S_e = \left[1 - \frac{b}{c} \right] \times 100$$

S_a = % de abundamiento

S_e = % de enjuntamiento

b = peso del material inalterado

L = peso del mat. suelto

c = peso del mat. compactado.

En donde;

Ejemplo;

Determinar el porciento de abundamiento y enjuntamiento para un material con los siguientes pesos;

inalterado 1450 kg/m³

suelto 1190 "

compacto 1700 "

$$S_a = \left[\frac{1450 \text{ Kg/m}^3}{1190 \text{ Kg/m}^3} - 1 \right] \times 100 = 21.85 \%$$

$$S_e = \left[1 - \frac{1450 \text{ Kg/m}^3}{1700 \text{ Kg/m}^3} \right] \times 100 = 14.71 \%$$

En la siguiente tabla se presenta una lista de las densidades aproximadas de varios materiales.

DENSIDADES APROXIMADAS DE VARIOS MATERIALES.

M A T E R I A L	Kg/m ³ _a	Kg/m ³ _b	Factores Volumét.
Basalto.....	1960	2970	.67
Bauxita.....	1420	1900	.75
Caliche.....	1250	2260	.55
Carnotita, mineral de uranio..	1630	2200	.74
Ceniza.....	560	860	.66
Arcilla: en lecho natural.....	1660	2020	.82
seca.....	1480	1840	.81
mojada.....	1660	2080	.80
Arcilla y grava: secas.....	1420	1660	.85
mojadas.....	1540	1840	.85
Carbón: antracita en bruto....	1190	1600	.74
lavada.....	1100		.74
ceniza, carbón bitumi- noso.....	530-650	590-890	.93
bituminoso en bruto....	950	1280	.74
lavado....	830		.74
Roca descompuesta:			
75% roca; 25% tierra.....	1960	2790	.70
50% roca; 50% tierra.....	1720	2280	.75
25% roca; 75% tierra.....	1570	1960	.80
Tierra: Apisonada y seca.....	1510	1900	.80
Excavada y mojada.....	1600	2020	.79
Marga.....	1250	1540	.81
Granito fragmentado.....	1660	2730	.61
Grava: Como sale de cantera..	1930	2170	.89
Seca.....	1510	1690	.89
Seca, de 1/4" a 2" (6 a 51 mm.).....	1690	1900	.89
Mojada de 1/4" a 2" (6 a 51 mm.).....	2020	2260	.89
Yeso: Fragmentado.....	1810	3170	.57
Triturado.....	1600	2790	.57
Hematita, mineral de hierro..	1810-2450	2130-2900	.85
Piedra caliza: fragmentada....	1540	2610	.59
Triturado.....	1540		
Magnetita, mineral de hierro..	2790	3260	.85
Pirita, mineral de hierro.....	2580	3030	.85
Arena: Seca y suelta.....	1420	1600	.89
Húmeda.....	1690	1900	.89
Mojada.....	1840	2080	.89
Arena y Arcilla: suelta.....	1600	2020	.79
compactada....	2400		
Arena y grava: seca.....	1720	1930	.89
mojada.....	2020	2230	.91
Arenisca.....	1510	2520	.60
Esquisto.....	1250	1660	.75
Escorias fragmentadas.....	1750	2940	.60
Nieve - seca.....	130		
mojada.....	520		
Piedra triturada.....	1800	2670	.60
Taconita.....	1630-1900	2360-2700	.58
Tierra vegetal.....	950	1370	.70
Roca trapeciana fragmentada....	1750	2610	.67

Resistencia al rodamiento;

Se le llama resistencia al rodamiento a la oposición, que encuentra un vehículo al moverse sobre una determinada superficie, está resistencia varía considerablemente con el tipo y condición de la superficie sobre la que se mueve el vehículo.

La tierra suave ofrece mayor resistencia que los caminos de superficie dura (como los de concreto y pavimento asfáltico). En vehículos sobre llantas de hule la resistencia al rodamiento varía con el tamaño, presión y diseño de estrias de la llanta, para vehículos sobre orugas la resistencia está principalmente en función del tipo y condición del camino.

Una llanta neumática bien inflada se desliza mejor sobre concreto que cuando es te semi-inflada ó suave, una llanta angosta de alta presión proporciona una mejor resistencia al rodamiento que una llanta ancha de baja presión sobre un camino de superficie dura presentándose esta situación a la inversa en una superficie suave.

A continuación se presenta una tabla con valores razonablemente precisos para estimar la resistencia al rodamiento para varios tipos de ruedas y superficies en kilogramos por tonelada de peso bruto.

	ruedas de acero, ba- leras co- munes.	orugas y ruedas denta - das.	llantas de hule, baleros antifriccionantes. alta presión	baja presión
concreto liso	18	25	16	20
asfalto bueno	23 - 32	27 - 32	18 - 29	23 - 27
tierra compactada con buen manteni- miento.	27 - 45	27 - 36	18 - 32	23 - 32
malo, baches.	45 - 68	36 - 50	45 - 64	32 - 45
tierra, baches, lodoso, ningún mantenimiento	90 - 113	64 - 82	82 - 100	68 - 90
arena suelta y grava.	127 - 145	73 - 90	118 - 132	100 - 118
tierra, muy lo- doso, baches, suave.....	159 - 181	91 - 109	136 - 181	127 - 154

La resistencia al rodamiento se expresa en kilogramos de la tracción que se requiere para mover cada tonelada bruta, sobre una superficie a nivel, de un tipo ó condición especificada.

Ejemplo: Si un camión con un peso bruto de 20 ton, se está moviendo sobre un camino plano cuya resistencia al rodamiento es de 45 kg/ton la tracción que se requiere para mantener en movimiento al camión a una velocidad uniforme es de;

$$20 \text{ ton} \times 45 \text{ kg/ton} = 900 \text{ Kg.}$$

Si por el contrario se desea obtener la resistencia al rodamiento de un camino de acarreo, se logra jalando un camión, cuyo peso bruto se conoce, a lo largo de una sección plana del camino de acarreo, a una velocidad uniforme, el cable de remolque debe estar equipado con un dinamómetro, para determinar la tensión media del cable, que será la resistencia total al rodamiento del peso bruto del camión. La resistencia en kg/Ton será.

$$R = \frac{P}{W}$$

en donde; R; resistencia al rodamiento. Kg/ton.

p; lectura media del dinamómetro. Kg

w; peso bruto del camión. Ton.

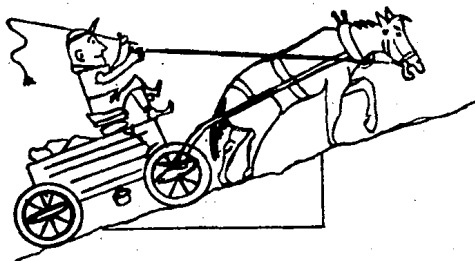
Ejemplo; Un tractor de 4 llantas cuyo peso de operación es de 12 000 kg estimado

a lo largo de un camino de acarreo plano a una velocidad uniforme por medio de otro tractor, la tensión media del cable es de 530 kg. ¿cuál es la resistencia al rodamiento del camino de acarreo?

$$R = \frac{530 \text{ kg}}{12 \text{ ton}} = 44.17 \text{ kg/ton.}$$

efecto de la pendiente sobre la tracción;

Al moverse el vehículo hacia arriba ó hacia abajo sobre un camino inclinado aumenta ó disminuye la tracción total requerida para mantener el vehículo en movimiento, proporcionalmente a la pendiente. Esta es una propiedad física que no está afectada por el tipo de maquinaria ni el tipo de camino, para una pendiente de 1%



La línea \overline{AB} es horizontal.

La pendiente \overline{AC} es +1%

La línea \overline{DE} es perpendicular a \overline{AB} .

La línea \overline{DF} es perpendicular a \overline{AC} .

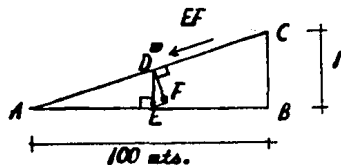
para fines de práctica $\overline{AC} = 100.00 \text{ mts.}$

$w = 1 \text{ ton}$ y está presentado por el vector \overline{DE}

p es la componente de w paralela a \overline{AC}

por triángulos semejantes;

$$\frac{p}{w} = \frac{bc}{ac} \quad \therefore P = w \frac{bc}{ac} = 1000 \text{ Kg} \quad \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 10 \text{ Kg.}$$



para una pendiente de 2%

$$P = 1000 \text{ kg} \frac{2\%}{100\%} = 20 \text{ Kg}$$

Por lo que el efecto de la pendiente es el de incrementar, para una pendiente positiva, ó disminuir, para una pendiente negativa, la tracción requerida en 10 kg por tonelada de peso por cada 1% de pendiente.

Ejemplo; considérese el efecto de la pendiente sobre la tracción total de un camión cuyo peso es de 20 ton. Se lleva el camión hacia arriba por una pendiente del 5%. La tracción adicional por pendiente es;

$$p = 20 \text{ ton} \times 10 \text{ kg/ton} \times 5\% = 1000 \text{ Kg.}$$

Un tractor de 4 llantas cuyo peso es de 12 000 kg es tirado a lo largo de un camino de acarreo con una pendiente de +2% a una velocidad uniforme, la tensión del cable de arrastre es de 770 kg ¿cuál es la resistencia al rodamiento del camino de acarreo?

$$R = \left[\frac{770 \text{ kg}}{12 \text{ ton}} \right] - (10 \text{ kg/ton} \times 2.0) = 44.17 \text{ Kg/Ton.}$$

Determinar la pendiente sobre la cual viajará hacia abajo un camión cargado, a velocidad uniforme, desembragado, si la resistencia al rodamiento del camino de acarreo es de 55 Kg./Ton. ¿Es igual la pendiente para un camión descargado?

$$R. \text{ al } R. = \frac{P}{W}$$

$$P = W \times \text{cte} \times \% \text{ Pend.} \quad \text{sustituyendo}$$

$$R. \text{ al } R. = \frac{W \times \text{cte} \times \% \text{ Pend.}}{W}$$

$$R. \text{ al } R. = \text{cte} \times \% \text{ Pend.}$$

De esto se deduce que el peso ya sea cargado ó vacío no es factor de la pendiente requerida para vencer la resistencia al rodamiento. Por tanto si es igual la pendiente en el caso del camión descargado.

Despejando

$$\% \text{ Pend.} = \frac{R. \text{ al } R.}{\text{cte}} = \frac{55 \text{ Kg./Ton.}}{10 \text{ Kg./Ton.}} = 5.5$$

Si un tractor está jalando una carga los pesos brutos combinados del tractor y de la carga que remolca son los que deberán utilizarse para la determinación del efecto de la pendiente.

La siguiente tabla nos proporciona valores para el efecto de pendiente expresados en hilos por tonelada bruta de peso del vehículo.

W P.	Kg./Ton.	W P.	Kg./Ton.	W P.	Kg./Ton.	W P.	Kg./Ton.	W P.	Kg./Ton.
1	10	3	30	5	50	7	70	9	90
2	20	4	40	6	60	8	80	10	100

COEFICIENTES DE TRACCIÓN :

La energía total del motor de una máquina diseñada principalmente para arrastrar cargas puede convertirse en esfuerzo de tracción, solo si, puede desarrollar una cantidad suficiente de tracción entre las ruedas motrices u orugas y la superficie de acarreo. Si no se tiene la suficiente tracción no podrá utilizarse toda la potencia del motor.

Por tanto el coeficiente de tracción puede definirse como el factor por el cual debe multiplicarse la carga sobre una rueda u oruga motriz para determinar la máxima fuerza de tracción posible entre la llanta u oruga y la superficie justo antes que comience a deslizarse, determinándose de la siguiente manera:

Las llantas motrices de un camión descansan sobre un camino de acarreo plano de arcilla dura, la presión total entre las ruedas y la superficie de camino es de 3600 Kg. al hacer una prueba de deslizamiento en las llantas aplicándole una fuerza de arranque a las ruedas se tiene que el deslizamiento ocurre cuando la fuerza de tracción entre llantas y superficie es de 2160 Kg. por lo que el coeficiente de tracción será $2160 \div 3600 = 0.60$

El coeficiente de tracción varía dependiendo de la superficie del camino, del tipo de grabado en el caso de llantas y del diseño de dientes en el caso de orugas. En la tabla de la página 4 se dan valores aproximados del coeficiente de tracción para llantas y orugas en diferentes superficies, siendo lo suficientemente precisos para fines de estimación, en este tema reproducimos una tabla con los valores determinados por otro autor.

Superficie	Llanta de hule	Orugas
Concreto rugoso seco	0,80-1,00	0,45
Lama arcillosa seca	0,50-0,70	0,90
Lama arcillosa mojada	0,40-0,50	0,70
arena y grava mojadas	0,30-0,40	0,35
arena seca suelta	0,20-0,30	0,30
Nieve seca	0,20	0,15-0,35
Hielo	0,10	0,10-0,25

Ejemplo: Supóngase que un tractor orillatado tiene un peso total de 8200 Kg. sobre dos ruedas motrices. La tracción máxima en baja velocidad es de 4100 Kg. si el tractor está operando en arena húmeda con un coeficiente de tracción de 0,30 el "Riapull" máx. no posible antes de que comience a deslizar será de $0,30 \times 8200 = 2460$ Kg. independien-
 temente de la potencia del motor, no pueden utilizarse más de 2460 Kg. de esfuerzo de tracción debido al deslizamiento de las llantas.

Si el mismo tractor está operando sobre arcilla seca, con un coeficiente de tracción de 0,60 la máxima tracción posible antes que inicie el deslizamiento será de; $0,60 \times 8200 = 4920$ Kg. para esta superficie el motor no puede ocasionar que patinen las llantas por lo que puede utilizarse la potencia total del motor.

EFFECTOS DE LA ALTURA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Un motor de combustión interna trabaja combinando el oxígeno del aire en el combustible quemado después de la mezcla para convertir la energía latente en energía mecánica. La potencia de un motor es una medida de la velocidad con que puede producir energía a partir del combustible. Para obtener la máxima eficiencia de un motor debe existir una correcta relación entre cantidad de combustible y aire para la mezcla. Debiendo proporcionar el oxígeno justamente necesario para el total aprovechamiento del combustible. Debido a la altura se reduce la densidad del aire proporcionando menos oxígeno que el mismo volumen de aire al nivel del mar, para mantener constante la relación aire combustible se reduce éste último ajustando el carburador, el efecto en el motor es reducir la potencia, por lo que se tiene:

Para motores de cuatro ciclos la pérdida de potencia es aproximadamente igual al uno por ciento de la potencia a nivel del mar por cada 100 fts. arriba de los primeros 300 fts. (*)

Para un motor de dos ciclos la pérdida de potencia por altura es del uno por ciento por cada 300 fts. arriba de los primeros 300 fts. (*)

Así que para un motor de cuatro ciclos con una potencia en la banda de 100 H.P. al nivel del mar, la potencia a 3050 fts. arriba del nivel del mar se determina como sigue:

$$\text{Pérdida por } h = \frac{0,03 \times 100 \text{ H.P.} \times (3050 - 300)}{300} = 27,50 \text{ H.P.}$$

$$\text{Potencia a } 3050 \text{ m/ft.} = 100 \text{ H.P.} - 27,50 \text{ H.P.} = 72,50 \text{ H.P.}$$

Si se tiene un motor de dos ciclos:

$$\text{Pérdida por } h = \frac{0,01 \times 100 \text{ H.P.} \times (3050 - 300)}{300} = 9,17 \text{ H.P.}$$

$$\text{Potencia a } 3050 \text{ m/ft.} = 100 \text{ H.P.} - 9,17 \text{ H.P.} = 90,83 \text{ H.P.}$$

(*) Algunos autores lo consideran a partir de los 1000 m.s.n.m.

De lo que se deduce que siendo igual los otros factores se logra un mejor comportamiento con un motor de dos ciclos a grandes alturas que con un motor de cuatro ciclos. (*)

EFFECTOS DE LA PRESION Y TEMPERATURA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

Al probar un motor de combustión interna, para determinar su potencia se hace bajo condiciones estándar (15.56° Centígrados y presión barométrica igual al nivel del mar 760 mm. de Hg.).

Como la potencia de un motor se determina por medio de un freno o de un dinamómetro el resultado se expresa como potencia de frenaje (b h p) del motor.

Si la prueba se realiza en condiciones diferentes a las estándar, se determina la potencia corregida para condiciones estándar con la siguiente fórmula:

$$Hc = Ho \frac{Po}{Po} \sqrt{\frac{To}{Ts}}$$

En donde:

Hc - b h p corregido para condiciones estándar

Ho - b h p observado determinado a partir de la prueba

Ps - Presión barométrica estándar

Po - presión barométrica observada al efectuar la prueba

To - Temperatura absoluta = 237.7° + °C observadas

Ts - temperatura absoluta estándar = 237.7° + 15.56 °C

Ejemplo: A un motor de gasolina se le hizo la prueba para determinar su potencia a 6°C y 750 mm. de Hg. observándose un b h p de 86.50 se desea convertir los resultados a b h p para condiciones estándar.

$$Hc = 86.50 \frac{760}{750} \sqrt{\frac{243.78}{253.34}} = 85.98 \text{ b h p}$$

Así pues esta máquina desarrollará 85.98 b h p si se prueba bajo condiciones normales.

En continuación se proporciona una gráfica en donde tenemos las presiones barométricas promedio para diferentes alturas sobre el nivel del mar.

Altura sobre al nivel del mar mts.	Presión barométrica mm. de Hg.
0.00	760.00
304.80	733.04
609.60	706.63
914.40	680.72
1219.20	655.83
1524.00	631.70
1828.80	608.33
2133.60	585.98
2438.40	564.13
2743.20	542.54
3048.00	521.97

(*) Los motores turboalimentados mantienen su potencia total a más altitud que los motores de aspiración natural, para equipos turboalimentados se deberá consultar las tablas sobre pérdidas de potencia que proporciona el fabricante.

Un tractor se opera con un motor diesel de 4 ciclos. Cuando se probó bajo condiciones estándar el motor desarrolló 130 b.h.p. ¿Cuál es el caballaje probable a una altura de 2240.00 mts. S.N.M. cuando la temperatura diaria promedio es de 22°C. datos;

$H_c = 130$ b.h.p.
 $P_s = 760$ mm.de Hg
 $P_o = 578.35$ mm.de Hg
 (interpolando tabla)
 $T_s = 237.78 + 15.56$ °C
 $T_o = 237.78 + 22.00$ °C
 $H_o = ?$

Despejando H_o .

$$H_o = H_c \frac{P_o}{P_s} \sqrt{\frac{T_s}{T_o}}$$

$$= 130 \frac{578.35}{760.00} \sqrt{\frac{253.34}{259.78}}$$

$H_o = 97.69$ b.h.p. (se redujo por incremento de altitud y temperatura).

La siguiente tabla nos proporciona los factores de corrección para encontrar la potencia de un motor de 4 ciclos, para diferentes altitudes y temperaturas, debido a variaciones en la presión barométrica por cambios climatológicos éstos factores pueden variar ligeramente.

altura s.n.m. mts.	temperatura en °C									
	43.33	32.22	21.11	15.56	10.00	4.44	-6.67	-17.78	-28.89	
0.00	0.951	0.971	0.991	1.000	1.008	1.018	1.039	1.062	1.085	
304.80	0.920	0.937	0.955	0.964	0.974	0.984	1.003	1.025	1.048	
609.60	0.887	0.904	0.921	0.930	0.938	0.948	0.968	0.988	1.010	
914.40	0.855	0.872	0.888	0.896	0.905	0.914	0.933	0.952	0.974	
1219.20	0.825	0.840	0.856	0.865	0.873	0.882	0.899	0.918	0.938	
1524.00	0.795	0.809	0.825	0.833	0.842	0.849	0.867	0.885	0.904	
1828.80	0.767	0.781	0.795	0.803	0.811	0.820	0.836	0.853	0.872	
2133.60	0.738	0.752	0.767	0.775	0.782	0.790	0.806	0.823	0.840	
2438.40	0.712	0.725	0.739	0.746	0.754	0.762	0.776	0.793	0.811	
2743.20	0.686	0.699	0.713	0.720	0.727	0.734	0.748	0.764	0.782	
3048.00	0.682	0.675	0.687	0.639	0.707	0.707	0.722	0.737	0.753	

El motor diesel de 2 ciclos opera bajo condiciones diferentes a las del motor de 4 ciclos por lo que no se le pueden aplicar los factores anteriores, por lo que se tiene que acudir al fabricante.

Tracción en la Barra; Es la tracción disponible que puede ejercer un tractor de orugas sobre la carga que está jalando y está expresada en kilogramos. De la tracción total del motor debe deducirse la tracción necesaria para mover al tractor sobre un camino de acarreo plano antes de que pueda determinarse la tracción en la barra. Si el tractor jala una carga en pendiente positiva se reduce la tracción en la barra en 10kg. por tonelada de peso del tractor por cada 1% de pendiente.

Al probar un tractor para determinar su máxima tracción en la barra de cada una de las selecciones de velocidad disponible, se calcula para un camino de acarreo cuya resistencia al rodamiento sea de 50 hilos por tonelada. Si se emplea un tractor sobre un camino de acarreo con una resistencia mayor ó menor se reduce ó se incrementa la tracción de la barra, respectivamente en una cantidad igual al peso del tractor en toneladas multiplicado por la variación del camino de acarreo de 50 kg/ton.

Ejemplo; Un tractor cuyo peso es de 15 ton. tiene una tracción en la barra de 2500 kg. en sexta velocidad al operar en un camino plano con una R. al R. de 50 Kg/ton. Si se hace operar al tractor sobre un camino plano con una R. al R. de 82 Kg/ton. ¿Qué tracción se tiene en la barra?

$$\text{Reducción de tracción} = 15 \text{ ton} \times (82 - 50)$$

$$= 480 \text{ kg.}$$

$$\text{Tracción en la barra} = 2500 - 480$$

$$= 2100 \text{ Kg.}$$

La tracción en la barra de un tractor oruga es inversamente proporcional a la velocidad de cada uno de los engranes. Es la mayor en el primer engrane y menor en el engrane superior. Las especificaciones proporcionadas por el fabricante deben dar la máxima velocidad y la tracción en la barra para cada uno de los diferentes engranes como la siguiente tabla;

engrane.	velocidad Km/hr.	Tracción en la barra Kgs.
1.-	2.17	12 709
2.-	3.51	10 296
3.-	4.44	7 831
4.-	5.63	6 245
5.-	7.02	4 569
6.-	11.21	2 531

RIMPULL: Es un término utilizado para designar la fuerza de tracción entre las llantas de hule de las ruedas motrices y la superficie sobre la cual viajan.

Si el coeficiente de tracción es muy alto (no deslizan las llantas) el rimpull máximo es función de la potencia del motor y la relación entre engranes del motor y ruedas motrices. Si las ruedas motrices deslizan el máximo rimpull efectivo es igual a la presión total entre llantas y superficie por el coeficiente de tracción.

El rimpull se expresa en kilogramos, si se desconoce el rimpull se determina con la siguiente fórmula;

$$\text{Rimpull} = \frac{273.6 \times \text{H.P.} \times \text{eficiencia}}{\text{velocidad Km/hr.}}$$

$$\text{nota; } 1 \text{ HP} = 76 \text{ Kg-m/seg} = 746 \text{ watts}$$

$$= 273.6 \text{ Kg-Km/hr.}$$

La eficiencia de la mayoría de los camiones y tractores varía del 80 a 85 %.

Ejemplo; Determinar el rimpull para un tractor entlantado con un motor de 140 H.P. y una velocidad máxima de 5.23 km/hr en 1.- velocidad.

$$\text{Rimpull} = \frac{273.60 \times 140 \times 0.85}{5.23} = 6225.32 \text{ Kg.}$$

El rimpull máximo en todas las selecciones de velocidad para este tractor será;

engrane	Vel. Km/hr.	Tracción en la barra KG
1.-	5.23	6 225.32
2.-	11.42	2 851.00
3.-	20.08	1 621.43
4.-	34.66	934.37
5.-	54.48	597.62

Ejemplo; Un tractor cuyo rimpull máximo en 1.- velocidad es de 6 230 kg y pesa 12.5 ton, se opera en un camino con pendiente positiva de 2% con R. al R. de 45 kg/ton. ¿De qué tracción se dispone para jalar la carga?

datos;

rimpull max 1er 6230 kg.

Wt 12.5 ton.

Pend +2%

R.R. 45 kg/ton

tracción p/pendiente $12.5 \text{ ton} \times 10 \text{ kg/ton} \times 2 \text{ pend} = -250 \text{ kg}$

tracción p/camino $12.5 \text{ ton} \times 45 \text{ kg/ton} = -562.5 \text{ kg}$

rimpull máximo +6230 kg.

tracción disponible 5417.5 Kg.

Ejemplo; Un tractor de 4 llantas cuyo peso de operación es de 14 150 kg, tiene un peso distribuido entre las ruedas delanteras y traseras de 40 y 60% respectivamente. Sólo se utilizan las ruedas traseras para impulsar la unidad. Cuando este tractor este jalando una carga sobre un camino de acarreo plano cuya resistencia al rodamiento sea de 36 kg/ton ¿Cuál será la máxima tracción posible en la barra, en kg, si el coeficiente de tracción entre la superficie del camino y las llantas es de 0.60?

datos;

Wt=14 150 kg.

Wd = 5 660 kg.

Wt = 8 490 kg.

sup. horizontal.

R.al R. = 36 kg/ton.

C.T. = 0.60

"rimpull" máximo posible $18 490 (0.60) = 5094 \text{ kg.}$

tracción requerida para mantener en mov. al tractor a vel. uniforme $114.15 \text{ ton} (36 \text{ kg/ton}) = 509.4 \text{ KG.}$

máxima tracción posible $= 5094 \text{ kg} - 509.4 \text{ kg} = 4584.6 \text{ KG.}$

Ejemplo; Un tractor de 2 ruedas cuyo peso sobre las ruedas motrices es de 16 700 kg, se utiliza para jalar carga total, incluyendo peso propio, de 29 350 kg, sobre un camino de acarreo con una resistencia al rodamiento de 50 kg/ton.

Si el coeficiente de tracción entre las ruedas motrices y la superficie del camino es de 0.50. ¿Hasta que pendiente positiva puede operar este tractor a una velocidad uniforme sin que se deslicen sus ruedas motrices? Supongamos que el tractor posee el rimpull necesario para subir la cuesta.

datos;

W tract = 16 700 kg.

W tot = 29 350 kg.

R.R. = 50 kg/ton.

C.T. = 0.50

Pend. = ?

Rimpull máximo antes de deslizar;

$$(16.700 \text{ kg}) (0.50) = 8350 \text{ Kg.}$$

tracción necesaria para mantener en movimiento al tractor a velocidad uniforme y a nivel (29.35 ton) (50 kg/ton) = 1467.5 Kg.

$$\text{tracción total} = \text{tracción p/ vencer pendiente} + \text{tracción p/ mantener en mov. al tractor.}$$

$$\text{Kg.} = (29.50 \text{ ton}) (10 \text{ kg/ton}) (\% \text{pend}) + 1467.5 \text{ Kg.}$$

$$\text{pend.} = \frac{8350 \text{ kg} - 1467.5 \text{ Kg.}}{295 \text{ Kg.}} = 23.33$$

Por tanto bajo las condiciones descritas el tractor puede operar en una pendiente positiva de hasta 23.33 %

ACELERACION: Es el incremento en la velocidad de un vehículo en movimiento por medio de la aplicación del exeso de la potencia del motor. El grado de la aceleración depende del peso del vehículo y del exeso de Rimpull disponible.

Suponiendo que se dispone de una fuerza de 5 kg para acelerar un peso de 1 ton. - ¿qué incremento en la velocidad ocurre?

Aplicando la segunda Ley de Newton tenemos:

$$F = \frac{W}{g} a \quad \text{donde: } F = \text{fuerza de aceleración} \quad [\text{kg.}]$$

$$W = \text{peso por acelerar} \quad [\text{kg.}]$$

$$g = \text{aceleración de la gravedad} \quad (9.81 \text{ m/seg.})$$

$$a = \text{aceleración del peso} \quad [\text{m/seg.}]$$

Despejando a tenemos:

$$a = \frac{Fg}{W} = \frac{5 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/seg.}}{1000 \text{ kg.}} = 0.049 \text{ m/seg.}$$

Esto es que para cada segundo transcurrido que se aplique la fuerza de 5 kg, el peso tendrá un incremento de velocidad de 0.049 m/seg. lo cual es equivalente a 0.1764 KPH en cada segundo por lo que en un minuto la velocidad aumentará en 10.584 KPH, si la fuerza se incrementa de 5 a 10 kg el grado de aceleración aumentará a 21.168 KPH por cada minuto.

EJEMPLO:

El peso de un camión cargado es de 20,40 ton. y posee un motor de 125 HP, la velocidad máxima en cada engraste se da de la siguiente forma:

Engraste	Velocidad max. KPH	Rimpull Kg
1a	5.00	5 540
2a	8.30	3 338
3a	14.70	1 884
4a	26.90	1 030
5a	44.30	625

Nota: El Rimpull se obtuvo con la fórmula de la pag. anterior y utilizando una eficiencia del 81 %.

El camino de acarreo es plano con una resistencia al rodamiento de 28 kg/ton. Se desea determinar el tiempo total aproximado para poner al camión desde una velocidad estacionaria a su mayor velocidad en 5ª. Se supone que el Rimpull que está en exeso del que se requiera para vencer la R. al R. estará disponible. Por último considérese la resistencia del viento como despreciable.

Rimpull requerido para vencer la R. al R. :

$$(20.40 \text{ ton}) \times (28 \text{ kg/ton}) = 571.20 \text{ kg.}$$

Este Rimpull debe descontarse al Rimpull del camión en cada selección de velocidad para obtener el Rimpull disponible para acelerar la unidad.

En la realidad es poco probable que se cuenten con los valores totales de los máximos Rimpullos acelerantes, especialmente para las velocidades bajas, debido principalmente al miedo del chofer de aplicar la potencia total del motor y a las pérdidas mecánicas en las velocidades más bajas. Por lo anterior se aplicará un factor de 0.60

El tiempo para alcanzar la velocidad de 5 KPH en 1ª será:

$$a = \frac{F_g}{m} = \frac{(5540 - 571.2) (0.60) (9.81 \text{ m/seg}^2)}{20400 \text{ kg}} = 1.43 \text{ m/seg}^2$$

$$a = 5.148 \text{ KPH por seg.} = 308.88 \text{ KPH por minuto}$$

$$t = \frac{5 \text{ KPH}}{308.88 \text{ KPH / min}} = 0.016 \text{ min.}$$

Siguiendo un procedimiento análogo para los demás engranes se encuentran tiempos de:

1ª	0.016 min
2ª	0.019
3ª	0.078
4ª	0.427
5ª	5.189

5.720 minutos

Si se considera el tiempo invertido en los 5 cambios de velocidad a razón de 4 seg cada uno, tenemos que el tiempo total aproximado para poner al camión desde una velocidad estacionaria a su mayor velocidad en 5ª es de 6.053 minutos.

FACTORES ECONÓMICOS:

Para desarrollar un trabajo de construcción, y en especial movimiento de tierras, es indispensable utilizar el equipo adecuado, pero se inicia una controversia al considerar todos los factores que intervienen en la selección, como procedimientos de construcción, programas de obras, proyecciones de la empresa, situación financiera de la misma, estado del mercado, experiencias, etc., por lo tanto, la selección no es un problema de rutina, sino un análisis.

Este análisis debe ser cualitativo y cuantitativo, debemos estudiar varias alternativas, ya que una sola nos puede satisfacer sólo a la mitad del camino. Una vez definido el procedimiento de construcción y determinando el tipo de equipo a usar, seguiremos con la siguiente etapa que desarrollaremos de la manera siguiente;

INVESTIGACION DEL «EQUIPO».

Posibles proveedores

«Marcas»

Cotizaciones

Tiempo de entrega

Lugar donde se realiza la compra.

FACTORES DE DECISION POR EMPRESA.

Especialidad de la empresa

Capacidad Financiera

Proyección de empresa

Experiencia.

FACTORES ESPECÍFICOS EN EL EQUIPO.

Marca

Distribuidor y fabricante

SopORTE de servicio y repeticiones

Precio económico. a.- Costo de adquisición

b.- Costo de operación

c.- Costo de mantenimiento

d.- Precio de reventa

e.- Rendimiento

f.- Continuidad.

FORMAS DE PRECIO DEL EQUIPO Y TIPO DE CONTRATO.

Pedido

Le contrato

A plazos

Renta con opción a compra

Compra con opción a renta

Arrendamiento financiero

Seguros.

INVESTIGACION DE MERCADO.

Para iniciar esta actividad es necesario el conocimiento de proveedores de equipo, lo cual se logra, a través de experiencia, de revistas especializadas, de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción o de otras asociaciones similares, etc., tomando en consideración que una misma marca es distribuida en ocasiones por distintos distribuidores.

Contando con el directorio de proveedores, debemos solicitarles cotizaciones para el equipo que necesitamos, considerando las características determinadas previamente.

Las cotizaciones deben incluir especificaciones de la máquina que ofrecen condiciones de pago, tiempo de entrega, vigencia de la oferta, lugar de entrega con alternativas, (en nuestro caso puede ser; en la República Mexicana, en frontera, o L.A.B. fábrica) y desde luego, el precio para cada una de estas alternativas, especificando si en moneda nacional o en dólares.

FACTORES DE DECISION POR EMPRESA.

El tipo de empresa es muy importante al seleccionar al equipo considerando si la empresa es de tipo generalizado o es una empresa especializada.

Especialidad de la empresa.

Las empresas que realizan trabajos específicos no tienen dificultad en seleccionar su equipo, pero si por circunstancias especiales se ven obligadas a ejecutar labores distintas a su especialidad, y por ello tienen que considerar la adquisición de nuevo equipo, tendrán que analizar si en la política de empresa está la diversificación, si el programa permite una amortización razonable o utilizar los sistemas de renta, renta con opción a compra y/o compra con opción a renta.

Si la empresa realiza actividades generalizadas, la máquina que adquiera en estas condiciones, seguramente tendrá uso en el futuro.

Capacidad financiera.

La capacidad financiera de la empresa debe tomarse en cuenta en la selección de equipo. Sin, embargo, este factor no debe analizarse en forma aislada, ya que está íntimamente ligado con la política de la empresa y con las condiciones de pago.

Si la capacidad financiera de la empresa no le permite cubrir las condiciones impuestas por el proveedor, probablemente tendrá que optar por otra solución que puede ser la de adquirir otra máquina de distintas especificaciones y desde luego de distintas condiciones de pago, o tal vez renunciar a la adquisición de equipo y decidirse por renta, con el correspondiente ajuste a costo y programas a realizar.

En muchas ocasiones la selección de un equipo no se determina únicamente por la necesidad inmediata; sino por política de empresa y proyección de la misma y se selecciona y adquiere el equipo que cubrirá las necesidades de futuros programas.

Experiencia.

La experiencia que cada empresa tiene respecto a una máquina determinada o una marca, o a los servicios que proporciona determinado proveedor es un dato valioso para seleccionar el equipo que vamos a adquirir.

En muchos casos tenemos que decidirnos por un equipo del cual nuestra empresa no tiene experiencia y debemos entonces basarnos en las experiencias de otras empresas.

Si por selección de costo directo nos inclinamos a la adquisición de un equipo poco experimentado, debemos estudiar este caso con mucho cuidado, tomando informes de otras empresas y de publicaciones que muestran experiencias en otros países; pues se da el caso de que los fabricantes hacen modificaciones sustanciales, todavía a los 2 ó 3 años de salida de fábrica.

En otra forma no es conveniente que la empresa se convierta en un conejillo de indias.

Esto no quiere decir que nuestra política se cierre a los cambios tecnológicos, y es recomendable mantenerse al día en las innovaciones de equipo a través de literatura especializada, cursos que impartan los distribuidores y fabricantes y asistir a las demostraciones que de estos equipos se realizan con frecuencia a nivel nacional e internacional y que desgraciadamente no se aprovechan.

En relación también con lo anterior es recomendable que cuando se solicite una cotización, se ponga la atención debida a las especificaciones, folletos que proporciona el proveedor y las indicaciones particulares de los mismos, sin olvidarnos que cada empresa deberá sacar sus propias conclusiones de toda esta información.

FACTORES ESPECIFICOS EN EL EQUIPO.

Marca; La marca en si no es determinante para seleccionar un equipo. Una marca conocida y probada internacionalmente puede no ser la ideal en nuestro medio por no tener distribuidor, por carecer de soporte de servicio y refacciones, por precio, etc.

Distribuidor y fabricante.

Hablar de distribuidor es hablar de soportar de servicio y refacciones. El distribuidor no es la persona que únicamente nos factura; el verdadero distribuidor es el que nos da servicio, y servicio es atención desde las cotizaciones, puesta en marcha de la máquina, cursos de capacitación, actualización de equipo, capacitación de mecánicos, surtido ágil de refacciones, asesoría en el uso del equipo, en fin, más que una persona extraña a la empresa, es parte de la empresa.

En muchas ocasiones el comprador, aunque parezca extraño, es el que obstaculiza la labor del distribuidor, y es importante llamar la atención sobre este aspecto, porque salvo excepciones, en nuestro medio los distribuidores están capacitados para dar el servicio que mencionábamos anteriormente.

Precio Económico.

El precio económico de la máquina no es el precio de adquisición sino el resultado de considerar el costo de adquisición, el costo de operación, el costo de mantenimiento, el precio de reventa, el rendimiento y continuidad.

Costo de Adquisición.

El costo de adquisición es el resultado de la operación de compra en el momento de su realización, considerando financiamientos, fletes, derechos, impuestos, gastos aduanales, etc.

Costo de Operación.

El costo de operación no es únicamente el salario que se le paga a un operador de acuerdo con un tabulador, sino que en muchas ocasiones por la característica de la máquina, es necesario contratar a personas altamente especializadas y de altas percepciones para lograr de esta máquina el rendimiento previsto.

Costo de Mantenimiento.

El costo de mantenimiento es la valorización del costo de oportunidad de refacciones, del costo mecánicos y del costo de los talleres de distribuidor por trabajos especializados.

Precio de Reventa.

Existen en el mercado nacional marcas y tipos de equipo de fácil reventa, y con precios previsible que la experiencia puede detectar previo a la compra de la unidad, pero también hay marcas y tipos de equipo para las cuales no hay mercado. Por lo tanto, esta consideración no debe omitirse cuando se está seleccionando el equipo.

Rendimiento.

Al analizar con profundidad el diseño de una máquina debemos darnos cuenta del rendimiento aunque sus características generales no lo indiquen, considerando velocidades de desplazamiento, potencia, peso, tamaño, etc.

Continuidad es un factor de selección, difícil de cuantificar, que podemos definir como disponibilidad sin interrupciones constantes y prolongadas.

FORMAS DE PAGO DEL EQUIPO Y TIPO DE CONTRATO.

Después de hecha la selección del equipo y el proveedor que lo va a surtir, se procede a elaborar el pedido, que debe contener claramente especificado; la máquina que se adquiere, incluyendo sus accesorios, precio, lugar de entrega, tiempo de entrega, condiciones de pago y en su caso estipulaciones especiales en caso de incumplimiento por parte del proveedor.

Las diferentes formas de pago dependen de la política financiera de la empresa.

Compra de contado.

La compra de contado puede realizarse a través de recursos propios o a través de créditos específicos otorgados por instituciones financieras que permiten mejores condiciones con el proveedor y que compensan el precio y el financiamiento.

Tan pronto se realice la operación se debe recabar la factura correspondiente, que debe contener todas las especificaciones indicadas en el pedido; en caso de ser equipo de importación, mencionar claramente el número del pedimento aduanal y en el caso de equipo fabricado en el país, la anotación específica de fabricado en México.

Compra a Plazos.

Cuando se adquiere un equipo a plazos, generalmente se conviene en un pago por anticipo entre 20 y el 30%, y el resto quedará documentado de acuerdo con lo pactado con el proveedor en títulos de crédito, firmando adicionalmente un contrato de venta con reserva de dominio, que es registrado en el Registro Público de la Propiedad por un Corredor Público Titulado.

Es conveniente hacer notar que mientras no sea liquidado totalmente el importe de esta operación, la propiedad le corresponde al proveedor.

Renta con Opción a Compra;

Otra modalidad de adquirir equipo es la llamada Renta con Opción a Compra. Este tipo de operación permite al comprador hacer uso del equipo durante varios meses a través de una renta mensual mientras decide adquirirlo estipulándose en el convenio una escala de reconocimiento de pagos, y si se opta esta solución, en ese momento se convierte en una operación de adquisición a plazos, o al contado.

En estas operaciones se celebra también un contrato ante Corredor Público, pero el comprador que se decida a este tipo de operaciones, debe tomar en cuenta que el valor final de la adquisición será superior en compra directa.

Compra con Opción a Renta;

En el sistema de Compra con Opción a Renta el vendedor concede al comprador la facultad de rescindir el contrato al cumplirse determinado número de meses siguientes a la fecha de su celebración, dejando en beneficio del vendedor los pagos realizados y convirtiéndose la operación, a partir de ese momento, en una operación de renta pura.

Arrendamiento Financiero.

El sistema de arrendamiento financiero consiste en que una institución de crédito especializada, compra el equipo al proveedor seleccionado y celebra un contrato de arrendamiento por determinado tiempo con el usuario, el cual al término de la operación, puede adquirirlo ó renunciar a dicha compra. En este tipo de operaciones, los proveedores exigen a los financieros un seguro de riesgo por el valor del equipo.

Otras formas de satisfacer las necesidades de equipo.

En caso de que la situación financiera de la empresa ó las condiciones de programa de obra así como las proyecciones de la misma empresa, no aconsejen la adquisición de un equipo, puede optarse por la renta del mismo. En México hay varias empresas que se dedican a esta actividad, ya sean empresas especializadas, empresas distribuidoras del equipo ó empresas constructoras que en un momento dado cuentan con equipo disponible, para garantizar la operación, las partes celebran un contrato de renta en donde se especifica el precio y las condiciones generales.

Capítulo III. Descripción de los métodos de selección del equipo pesado.

Una selección consiste simplemente en tomar una decisión entre dos ó más cursos de acción. Desde éste punto de vista el problema de selección de equipo es pues un problema de toma de decisiones. En la selección de equipo practicamente en todos los casos el objetivo es de caracter económico, por lo que encontramos que lo que rige es la eficiencia financiera, es decir, revisar lo que se invierte contra lo que se recupera.

La toma de decisiones puede realizarse intuitiva ó analíticamente. Si se aplica la intuición normalmente se usan las experiencias pasadas y mediante éste conocimiento se estima lo que pueda suceder en el futuro.

La decisión tomada analíticamente consiste en un estudio sistemático y una evaluación cuantitativa del pasado y el futuro y en función de éste estudio se selecciona la vía de acción más adecuada. Ambos métodos se usan comunmente en el problema de selección de equipo.

Si se tienen varias alternativas para solucionar un problema se presenta el dilema de cómo compararlas, ¿ en función de qué ?, ¿ cómo valorarlas? , por lo que se debe determinar un objetivo u objetivos que servirán para valorar dichas alternativas.

Definido el problema debe hacerse un análisis del mismo, recabándose toda la información que nos dé un conocimiento profundo y completo del problema, en seguida se toman todas las alternativas posibles y se comparan éstos posibles cursos de acción en función del objetivo y al final de ésta fase podremos tomar ya una decisión que vaya guiada al objetivo propuesto, por último se hace una descripción completa de la solución elegida y su funcionamiento.

Al analizar el proceso constructivo es indispensable considerar todas las variables ó las más importantes que intervienen en él así como las relaciones entre ellas.

Normalmente las variables tienen limitaciones que pueden ser en tiempo, en recursos, en sumas mensuales a gastar, etc. En la fase de análisis se fijan normalmente las restricciones ó limitaciones ya sea por especificaciones del diseñador, limitaciones propias de la empresa ó restricciones externas.

No es fácil encontrar todas las variables; por otra parte no todas influirán importantemente en el proceso, por lo que es conveniente definir las variables significativas. Las variables pueden ser controlables que son aquellas que podemos variar a nuestro antojo y no controlables que no se pueden manipular pero influyen en los resultados.

Una vez elegida la solución en la toma de decisiones se debe proceder a especificar los atributos y las características de funcionamiento de la misma en detalle, para que las personas que participen en su implementación conozcan lo necesario, esto hace indispensable cuando el que planea es una persona diferente al que ejecuta.

Una solución derivada de un análisis cuantitativo normalmente tiene poca aceptación es; frecuente que a las personas que se les planea se inclinen por aceptar una solución derivada de la experiencia. Para lograr una mayor aceptación es común formar equipo entre quien planea y quien implemente o ejecute el plan. Desafortunadamente esto no siempre es factible hacerlo ya que a veces la planeación se hace mucho antes de iniciar los trabajos esto se da por ejemplo al concursar una obra para definir el valor probable de los trabajos, por lo que es difícil que se le acepte al planeador su plan a priori.

Por otra parte es común que se cambie al encargado de los trabajos y el nuevo responsable no acepte el plan que se venía siguiendo, si dicho plan queda vigente y el ejecutador piensa que las decisiones no son correctas es muy probable que la implementación conduzca a un fracaso. Un sistema que da buenos resultados es reunir a todos los encargados de las obras para prepararlos en las técnicas de la decisión para que entre todos planeen el sistema de información-decisión que servirá para llevar las obras de modo que tengan confianza en el método y lo conozcan.

Es frecuente que al implantar la solución se presenten condiciones no previstas o que la realidad no sea completamente lo previsto en el análisis por lo que es recomendable que en estas modificaciones participe la persona que seleccionó la solución para no desviarse del objetivo.

Toda decisión tomada debe ser, además de adecuada, oportuna ya que si sólo se satisface una de las dos condiciones anteriores no se obtendrán los resultados esperados. Si una decisión se toma con mucho retraso no suele afectar exclusivamente a una actividad si no a un conjunto de actividades directa o indirectamente conectadas que pueden significar el fracaso del proyecto desde el punto de vista económico.

A lo largo del tiempo de ejecución del proyecto se pueden detectar desviaciones significativas entre lo planeado y lo real. Estas desviaciones podrán corregirse tomando una serie de decisiones correctivas que pueden originar una modificación completa de la planeación o sea una replaneación del proceso. En el caso de estas decisiones es de particular importancia que sean oportunas pues en caso de dilaciones el costo de la decisión atrasada se eleva muy rápidamente con el tiempo, puesto que el proyecto está en marcha.

Aún y cuando es difícil aplicar un método cuantitativo que tome en cuenta todas las variables significativas se debe considerar siempre las de especial relevancia como son los aspectos financieros.

Cualquiera que sea el sistema de comparación de alternativas desde simple intuición hasta el uso de complicados modelos matemáticos se deben tomar en cuenta ciertas condiciones que influyen importantemente en la decisión como son; La persona o personas que van a tomarla ya que una persona que no acostumbra tomar riesgos se inclinará por una solución diferente de otro que si los considera; Se deben repasar las variables que se tomaron no significativas; No realizar la valuación bajo certeza, ya que prácticamente todos los problemas de ingeniería se presentan bajo riesgo o incertidumbre; se debe realizar un análisis de sensibilidad ya que esto le indicará al ingeniero como se comporta una decisión cuando las condiciones cambian por alguna razón, se dice que una decisión es de alta sensibilidad cuando es vulnerable a pequeños cambios de las variables controlables, si esto sucede es conveniente se investigue la validez de los datos que están siendo evaluados.

Así pues, podemos resumir el proceso de la selección del equipo adecuado para la ejecución de un trabajo de la siguiente manera:

11.- Se debe seleccionar el equipo requerido desde el punto de vista técnico, es decir, proponer el equipo que resulte óptimo para la mejor ejecución de la obra, generando, de la misma manera, posibles alternativas producto de la utilización de diferentes máquinas.

21.- Las posibles alternativas propuestas se deberán comparar desde el punto de vista económico esto es evaluar desde el punto de vista de:

- a1.- Costo mínimo, para lo cual se requiere obtener el costo de la ejecución del trabajo requerido seleccionándose la alternativa que resulte con un costo menor.
- b1.- Productividad de la inversión.
- c1.- Tiempo de recuperación de la inversión.

3).- Seleccionar.

Ejemplo; Se requiere mover un determinado volumen de agregados de un banco a un lugar situado a 200 mts. de aquel al costo más bajo por m^3 de material movido. El volumen a mover es de un material de 3/4" a 6" apilado con tractor en montones de más de 3 mts. de altura.

El trabajo se puede realizar por medio de tres alternativas que son:

- 1).- Cargador y camiones propiedad de la empresa
- 2).- Cargador propio y camiones de fletos locales
- 3).- Cargador de gran producción propiedad de la empresa cargando y acarreado.

Descripción del equipo:

Cargador de ruedas de 2 1/2 yd^3 (1.91 m^3) Cat. mod. 950

2 camiones de 6 m^3 de capacidad

cargador de ruedas de 10 yd^3 (7.64 m^3) Cat. mod. 992-C

Alternativa 1

Una vez determinados los costos honorarios del cargador y el camión se procede a calcular la producción por el método de reglas y fórmulas. (consultar capítulo 1).

$$m^3/hr = m^3/ciclo \times \text{ciclos/hr}$$

$$m^3/ciclo = \text{cap. cucharón} \times \text{factor de carga (ver valor en tabla de página 51)}.$$

$$= 1.91 m^3 \times 0.90$$

$$= 1.72$$

$$\text{ciclos/hr} = \frac{\text{minutos efectivos}}{\text{tiempo del ciclo (minutos)}}$$

Considerando 50 minutos efectivos por hora y un tiempo del ciclo (ciclo básico ver pág. 52) de 25 segundos (0.42 minutos) se tiene:

$$= \frac{50}{0.42} = 119.05 \text{ ciclos/hr}$$

sustituyendo:

$$m^3/hr = 1.72 m^3/ciclo \times 119.05 \text{ ciclos/hr}$$
$$= 205 m^3/hr$$

Para lograr esta producción se requiere que el cargador no tenga tiempos muertos y se sobrecargue a los camiones ya que con cuatro ciclos del cargador se cargarán 6.88 m^3 al camión. Al analizar el tiempo del ciclo de los camiones en función del ciclo del cargador se tiene:

$$\begin{aligned}\text{ciclo del camión} &= 4 \text{ ciclos cargador p/reconido} + 4 \text{ ciclos en carga} \\ &= 4 \times 0.42 \text{ min} + 4 \times 0.42 \text{ min.} \\ &= 3.36 \text{ minutos.}\end{aligned}$$

Por lo que realizando el recorrido de 400 mts (ida y vuelta) a una velocidad promedio de 20 Km/hr. tardaría 1.2 minutos restando 0.48 minutos para descarga y maniobras cumpliendo así con el requisito de no ocasionar tiempos muertos al cargador.

Tomando en cuenta las notas anteriores la producción real queda de la siguiente manera:

Para cargar un camión de 6 m^3 se requieren 4 ciclos del cargador es decir 1.68 minutos por lo tanto:

$$\begin{aligned}1.68 \text{ min} &\text{ --- } 6 \text{ m}^3 \\ 50 \text{ min} &\text{ --- } \times \text{ m}^3 \\ \text{Producción real} &= \frac{50 \text{ min/hr} \times 6 \text{ m}^3}{1.68 \text{ min}} = 179 \text{ m}^3/\text{hr}\end{aligned}$$

Sumando los costos horarios del cargador y los camiones se tiene:

$$\frac{\$ 159 916.00 / \text{hr}}{179 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 893.39 / \text{m}^3$$

Alternativa 11.

Esta alternativa contempla el mismo costo horario del cargador así como la misma producción calculada para la alternativa anterior, se tiene la variante de que al alquilar camiones a fleteros locales se tiene un costo \$400.00 de acarreo por m^3 para el primer kilómetro por lo que se tiene:

$$\text{costo de la carga } \frac{\$ 116878.00 / \text{hr}}{179 \text{ m}^3 / \text{hr}} = \$ 652.95 \text{ m}^3$$

$$\text{costo del acarreo} \\ \text{(tarifa p/ 1er. Km)} \quad \$ 400.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Total; } \$ 1052.95 \text{ m}^3$$

Alternativa 111.

$$\begin{aligned} \text{m}^3 / \text{ciclo} &= 7.64 \text{ m}^3 \times 0.90 \\ &= 6.88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tiempo del ciclo básico 0.42 min

* Tiempo del ciclo de acarreo

(2.-vel. en avance) 1.10 min

* Tiempo del ciclo de retorno

(2.-vel. en retroceso) 1.00 min

* Tomados de la gráfica de pagina No. 57

$$\text{Tiempo total del ciclo} = 2.52 \text{ min}$$

$$\text{ciclos / hr} = \frac{60 \text{ min/hr}}{2.52 \text{ min/ciclo}} = 19.84$$

$$\begin{aligned} \text{producción} &= 6.88 \text{ m}^3 / \text{ciclo} \times 19.84 \text{ ciclos / hr} \\ &= 136.50 \text{ m}^3 / \text{hr.} \end{aligned}$$

$$\frac{\$ 619,314.00 / \text{hr}}{136.50 \text{ m}^3 / \text{hr}} = \$ 4,537.10 / \text{m}^3$$

Resumen:

Alternativa	Costo Unitario
1	\$ 893.39 m ³
2	\$ 1 052.95 m ³
3	\$ 4 537.10 m ³

Si como nos plantea el enunciado de este problema la selección del equipo se basa en el costo mínimo la opción a elegir resulta la alternativa No. 1. Faltaría analizar a nivel gerencial la aceptabilidad de esta decisión ya que puede suceder que la empresa cuente con car. adores de diferente capacidad a las planteadas y a los cuales podría dársele utilidad en esta obra; o si no, revisar si la inversión de la compra de otro equipo que se pudiera utilizar se podría amortizar en ésta u otras obras donde se podría seguir utilizando la maquinaria.

Se requiere cargar 2 700 000 m³ de roca para la construcción de una cantina. El material es producto dinamítico bien fragmentado en pilas menores de 3m hechas por un tractor y se cargarán a camiones de 35 ton. de capacidad, el tiempo de ejecución es de 15 meses y se dispone del siguiente equipo:

Cargador caterpillar 912 C con cucharón de 12 yd³ (9.17 m³)

Cargador caterpillar 988 B con cucharón de 7 yd³ (5.35 m³)

cargador caterpillar 966 C con cucharón de 4 yd³ (3.06 m³)

cargador caterpillar 950 con cucharón de 3 yd³ (2.29 m³)

cargador caterpillar 920 con cucharón de 1.5 yd³ (1.15 m³)

Si se implementan 2 turnos determinar bajo un criterio económico que equipo es conveniente utilizar:

Tiempo disponible: 15m x 25d x 16h = 6 000 hrs.

producción requerida: $\frac{2\,700\,000\text{ m}^3}{6\,000\text{ hrs}} = 450\text{ m}^3/\text{hr}$

Calculo de la producción por ciclo

cargador	capacidad cucharón	factor carga	m ³ /ciclo
992 C	9.17	0.80	7.34
988 B	5.35	0.80	4.28
966 C	3.06	0.80	2.45
950	2.29	0.80	1.83
920	1.15	0.80	0.92

Calculo del tiempo del ciclo:

ciclo básico + 25.0 seg.

por material + 2.4

por montón + 0.6

28.0 seg = 0.47 minutos

Si se consideran como buenas las condiciones del sitio de trabajo y buena organización se tiene una eficiencia en la operación de : 45 min/hr (ver tabla de pág. 51)

Ciclos/hr = $\frac{45\text{ min/hr}}{0.47\text{ min/ciclo}} = 96$

Calculo de la producción.

cargador	m ³ /ciclo	ciclos/hr	m ³ /hr
992 C	7.34	96	704.64
988 B	4.28	96	410.88
966 C	2.45	96	235.20
950	1.83	96	175.68

cargador	m ³ /ciclo	ciclos/hr	m ³ /hr
920	0.92	96	88.32

Desde el punto de vista producción y apeándonos al plazo de ejecución programado, observamos que el único cargador que nos dá más de la producción requerida es el 992 C sin embargo se tendría con un factor de ocupación del 64%, si utilizáramos 2 ó más cargadores se tiene que para lograr una producción de 499.20 m³, con un factor de ocupación del 90%, se requieren que trabajen en conjunto el 988 B y el 920 ó bien el 966 C mas el 950 mas el 920. Si se analiza desde el punto de vista económico se tiene:

Tomando en cuenta la producción que se puede obtener:

$$992 C \quad \frac{\$ 619\,314.00 \text{ hr}}{704.64 \text{ m}^3/\text{hr}} = \quad \$ 878.91 \text{ m}^3$$

$$988 B + 920 \quad \frac{\$ 406\,387.00 \text{ hr}}{499.20 \text{ m}^3/\text{hr}} = \quad \$ 814.08 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{l} 966 C + 950 \\ + 920 \end{array} \quad \frac{\$ 333\,361.00 \text{ hr}}{499.20 \text{ m}^3/\text{hr}} = \quad \$ 667.79 \text{ m}^3$$

Tomando en cuenta la producción a lograr:

$$992 C \quad \frac{\$ 619\,314.00 \text{ hr}}{450 \text{ m}^3/\text{hr}} = \quad \$ 1\,376.25 \text{ m}^3$$

$$988 B + 920 \quad \frac{\$ 406\,387.00 \text{ hr}}{450 \text{ m}^3/\text{hr}} = \quad \$ 903.08 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{l} 966 C + 950 \\ + 920 \end{array} \quad \frac{\$ 333\,361.00 \text{ hr}}{450 \text{ m}^3/\text{hr}} = \quad \$ 740.80 \text{ m}^3$$

De lo anterior se deduce que desde el punto de vista económico la mejor opción es utilizar la producción combinada de los cargadores 966-C, 950 y 920, en el supuesto que se disponga de los camiones suficientes para lograr que los tiempos muertos no sobrepasen el 10% del margen disponible, además se tiene la ventaja de no poner los trabajos totalmente en caso de requerirse reparar uno de los cargadores.

Es evidente que la intervención del recurso maquinaria en las obras, especialmente en la construcción pesada, tiene una gran influencia en los costos unitarios y como consecuencia en el costo total del contrato.

Los costos de maquinaria dependen en principio de los precios de adquisición y estos a su vez, están en función de varios factores que afectan las condiciones del mercado como lo son la inflación, los avances tecnológicos, condiciones de financiamiento y facilidades de pago, la devaluación de la moneda y la situación económica de los países productores.

El propietario de equipo debe tomar en cuenta este tipo de aspectos con objeto de que cuando quiera proponerlo pueda estar en posibilidades de hacerlo, amortizando su equipo devidamente y evitando situaciones de descapitalización que se presentan con cierta frecuencia y que pueda ser motivo de una situación económica muy difícil en las empresas de construcción.

La industria de la construcción requiere de recursos para su proceso los cuales comúnmente se dividen en materiales, maquinaria, y mano de obra. Sin embargo, es conveniente clasificarlos para el caso que nos ocupa en recursos tecnológicos, financieros y humanos, lo cual nos permite considerar la influencia tecnológica y financiera en los costos de maquinaria dado que son factores que están en continuo cambio, y que permiten adquirir nuevos modelos que aumentarán el rendimiento y abatirán los costos de producción; si esto no fuera así la tecnología sería estática o regresiva, por otra parte y considerando que la maquinaria se adquiere con dinero, al carecer de él en forma programada impediría la adquisición de los equipos necesarios, por lo que se hace indispensable el contar con información suficiente para determinar los costos que siempre serán cambiantes, como lo demuestran los constantes incrementos que han sufrido los costos de adquisición de la maquinaria en los últimos años en nuestro país.

Si observamos los incrementos de precios en periodos de 5 años, que es el plazo en que se deprecia la mayoría de las máquinas de construcción, tendremos variaciones importantísimas en dichos precios, esto significa que si en una época determinada el propietario del equipo no está consciente de los probables precios a futuro, no estará en condiciones de reponer su máquina al término de su vida económica y por lo tanto estará en peligro de descapitalizarse.

Esta diferencia entre los precios de adquisición actuales y los futuros es lo que se conoce con el nombre de " Escalación " que es simplemente un fenómeno derivado de la inflación.

Frecuentemente se adquiere equipo usado, por lo que es conveniente conocer el mercado de máquinas usadas ya que no siempre es posible o conveniente comprar equipo nuevo. El tratamiento que se debe dar en materia de costos al equipo usado es semejante al de equipo nuevo, fundamentalmente lo que varía son las vidas económicas que pueden aplicarse y los rendimientos que puedan obtenerse, pues es indiscutible que la máquina nueva tendrá mayor producción que la usada.

Es conveniente recordar que las bases y normas derivadas de la ley para la contratación de obras públicas, señalan que los costos horarios de las máquinas siempre deben calcularse usando equipo nuevo.

Utilizar equipo usado no tiene importancia si se interpretan correctamente las diferencias en los costos horarios y los rendimientos correspondientes, teniendo en cuenta lo obsoleto de un equipo en el tiempo.

La capacidad productiva del equipo aumenta en términos generales un promedio del 5% anual, Este aumento no es necesariamente una curva suave sino que puede aumentar abruptamente con la introducción de un nuevo modelo. Basándonos en este promedio de potencial de producción del 5% anual, vamos a considerar conservadoramente que se introduce solamente un nuevo modelo del equipo en cuestión cada 3 años con un 15% de aumento en el potencial productivo. Las horas adicionales de operación requeridas con el equipo obsoleto para producir lo mismo que la máquina nueva es lo que se considera como costo de obsolescencia, los efectos adversos del equipo anticuado son determinantes pues los costos se incrementan si no se actualiza dicho equipo.

No se debe perder de vista el hecho de que el uso intensivo del equipo en la construcción, ha sido un deterioro de la utilización de mano de obra en los últimos años y que tomando en cuenta la situación Económica del país, en ocasiones la tecnología se ve desplazada por la necesidad de ocupación de la mano de obra.

En general todo el equipo utilizado en la construcción ha sido objeto de avances muy notables en su tecnología, haciéndose cada vez más potentes y versátiles, lo que ha ocasionado que gran cantidad de equipo de fabricación reciente sea inadecuado o tienda a eliminarse.

El equipo que ha venido experimentando una mayor cantidad de cambios es el tractor, en el cual se puede apreciar una gran variedad de innovaciones que van desde el tipo de combustible que utilizan, tipo de transmisión, sistemas de dirección, sistemas de mandos y controles hasta el sistema de rodajes a utilizar.

El equipo que no ha experimentado muchos cambios en los últimos años es el utilizado en la compactación que desde la fabricación del rodillo vibratorio no ha representado grandes innovaciones.

Utro equipo que al igual que los tractores ha tendido a fabricarse con mayor capacidad es el del acarreo, en donde a los camiones fuera de carretera se les ha incorporado el uso de componentes de computación para un mayor control de velocidades óptimas de operación.

CONCLUSIONES:

En muchas obras la maquinaria pesada sólo es utilizada al inicio de la construcción en trabajos preliminares, ó en el transcurso de la misma en actividades secundarias, aún y cuando al seleccionar un equipo éste no fuese el idóneo, - en éstos casos no impactará en forma importante el tomar una mala decisión.

Este descuido no se puede dar en obras de cierta magnitud, en donde el buen empleo del equipo pesado es fundamental para lograr las metas fijadas, tal es el caso de las carreteras, presas, aeropuertos, puentes, vías férreas, etc., en las que una decisión errónea, puede ser la causa de grandes pérdidas, tanto económicas como de tiempo (que también se traduce a costo), y en casos extremos puede significar el fracaso de grandes empresas.

Como se ha podido observar en los temas tratados, la evaluación de los diferentes equipos a utilizar se realiza con muchos datos sobre los que existe un alto grado de incertidumbre, sobre todo en aquellos casos en que el análisis se realiza en gabinete al presupuestar, por ésta razón se debe estudiar cuidadosamente las variables de más peso y revisar y actualizar los datos según las condiciones de la obra.

El proceso de tomar decisiones se encontrará en la mayoría de los problemas técnicos y por su importancia se debe tomar en cuenta toda la experiencia anterior disponible para poder seleccionar entre varias alternativas.

Es de suma importancia que una vez seleccionada la maquinaria que técnicamente nos resulte la adecuada, se revise desde un punto de vista financiero, ya que de ésta forma se utilizará un equipo que a largo plazo, (tal vez para otras obras), proporcione más beneficios.

El ingeniero civil requiere de continuamente actualizar sus conocimientos, con el fin de saber de nuevas técnicas ó adelantos técnicos al equipo, lo cual le permitirá lograr un mayor aprovechamiento de sus recursos, con objeto de lograr la máxima economía y mayor duración de la vida útil de las obras en ejecución.

BIBLIOGRAFIA:

GABAY J. ZEMP A.

"Máquinas para obras"

versión española de JIMENES CISNEROS LUIS

1ª edición española de la 3ª edición francesa.

Barcelona España, editorial BLUME 1974 p.p. 390

HEBERT L. Jr.

"Movimiento de tierras"

Traducción de LEPE JOSE LUIS

1ª edición en español de la 2ª edición en inglés.

México U.F. editorial CONTINENTAL S.A. 1979 p.p. 1112

COSTES JEAN

"Máquinas para movimiento de tierras"

Traducción de PALOUAR LLORET JOSE M^º

2ª edición, Barcelona España, editores Técnicos.

Asociados S.A., 1975 p.p. 172

MEURIFOY R. L.

"Métodos planea miento y equipos de construcción"

Traducción de F. SANDOVAL JAUME.

1ª edición, editorial DIANA S.A., 1975 p.p. 997

ALFONSO RICO y HERIBERTO DEL CASTILLO.

"La ingeniería de suelos en las vías terrestres"

Carreteras, ferrocarriles y aeropistas. VOLLEN 1

1ª edición, México, editorial LIMUSA, 1981 p.p. 460

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

"Apuntes de Geología"

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"Manual de diseño de obras civiles"

Geotecnia Tomos B.1.1 B.1.2 B.1.3 B.1.4 B.1.5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

"Cursos del centro de educación continua"

Movimiento de tierras, excavaciones y terracerías.

Equipos de construcción.

CATERPILLAR TRAKTOR Co.

"Rendimiento de los productos Caterpillar"

5ª y 11ª ediciones.