

114
2y^o



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SELECCION DE EQUIPO EN LA
CONSTRUCCION DE TERRACERIAS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

SALVADOR VILLAGOMEZ CABRERA



MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

A MIS PADRES

ING. SALVADOR VILLAGOMEZ PEREZ Y MA. DE LAS NIEVES CABRERA DE VILLAGOMEZ

A MI HERMANA

C.P. ANGELICA VILLAGOMEZ CABRERA

A LOS INGENIEROS REGINO DEL POZO CALVETE Y VICTOR MANUEL
LUNA CASTILLO POR SU VALIOSO Y DECIDIDO APOYO.

A LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

A TODOS MIS AMIGOS Y PARIENTES QUE ESTUVIERON PENDIENTES Y
COOPERARON CON SU APOYO PARA LOGRAR ESTA META.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-121-95

Señor
SALVADOR VILLAGOMEZ CAIRERA
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. VICTOR MANUEL LUNA CASTILLO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

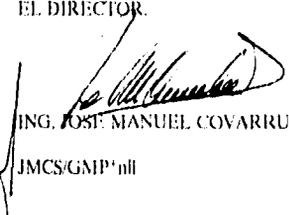
"SELECCION DE EQUIPO EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS"

- INTRODUCCION
- I. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES
- II. DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS
- III. SELECCION DE EQUIPO
- IV. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 8 de enero de 1996.
EL DIRECTOR.


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

JMCS/GMP/nll

INDICE

INTRODUCCION	1
Datos históricos.	1
Método a seguir.	3
Problemática que se presenta.	4
CAPITULO I	
MATERIALES MAS COMUNES EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS Y CONVENIENCIA DE USAR LOS DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES	5
I.1.- Materiales más comunes.	5
I.2.- Clasificación de los suelos según su formación.	7
I.3.- Clasificación de los suelos según su tamaño.	8
I.4.- Clasificación de los suelos por su resistencia al afloje.	12
I.5.- Análisis granulométrico.	13
I.6.- Clasificación de los suelos según sus propiedades mecánicas.	14
I.7.- El terreno de cimentación.	15
I.8.- Clasificación de suelos de acuerdo al comportamiento del material bajo la herramienta de corte.	26
I.9.- Clasificación de suelos para trabajos de excavación.	26
I.10.- Clasificación de los suelos según la agencia aeronáutica de USA	27
I.11.- Clasificación de los suelos según la administración de carreteras USA.	27
I.12.- Conveniencia de usar los diferentes tipos de materiales.	28

CAPITULO II	
DESCRIPCION DE EQUIPOS	30
II.- Características generales de los diferentes equipos usados en la construcción de terracerías.	30
II.1.- Tractores.	30
II.2.- Motoconformadoras ó motoniveladoras.	46
II.3.- Escrepas y motoescrepas.	52
II.4.- Traxcavos ó cargadores frontales.	56
II.5.- Retroexcavadoras, dragas y palas.	59
II.6.- Equipos de compactación.	67
II.7.- Equipos de acarreo y camiones.	74
II.8.- Compresores y equipos de barrenación.	77
CAPITULO III	
CRITERIO DE SELECCION DE EQUIPO	78
III.1.- Análisis de curva-masa.	78
III.2.- Trabajos a realizar.	85
III.3.- Problemas prácticos que se presentan.	93
EJEMPLO 1	96
EJEMPLO 2	98
EJEMPLO 3	103
EJEMPLO 4	109
CAPITULO IV	
CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	112
IV.1.- Economía.	114
IV.2.- Programa.	114

IV.3.- Marca y modelo.	115
IV.4.- Tamaño.	115
IV.5.- Versatilidad.	115
IV.6.- Disponibilidad.	116
IV.7.- Comentarios finales.	117
BIBLIOGRAFIA.	118

INTRODUCCION

DATOS HISTORICOS

Remontándonos a la antigüedad vemos que el hombre siempre tuvo la necesidad de transportarse de un lugar a otro, ya fuera para obtener alimentos o por las condiciones climatológicas que se le presentaban, y lo obligaban a cambiar de residencia y así primero se movió a pie, luego lo hizo sobre animales, y en toscos trineos, posteriormente se cree que 10,000 años antes de Cristo se inventó la rueda, y pudo utilizar vehículos sencillos, y así con este gran descubrimiento y sus diversas aplicaciones, la rueda tuvo en el transporte su principal utilización, esto dio origen a la necesidad de construir carreteras para que esas ruedas se pusieran en movimiento y se intensificara el transporte de mercaderías de un pueblo a otro. Para que las ruedas de las carretas pudieran rodar se tuvieron que hacer caminos de terracerías, siendo las primeras construidas a mano, y utilizando equipo o herramientas primitivas. Como pico y pala para remover la tierra, palancas para mover rocas, creo imaginarme que el primer equipo de acarreo que tuvo el hombre fue el que le ayudó a llevar materiales inertes y rocas para arreglar pasos difíciles y la llamo carretilla. Y como equipo de compactación los pizones de mano, luego se idearon troncos arrastrados por caballos para nivelar materiales sueltos.

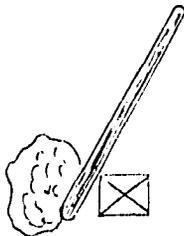
Pala



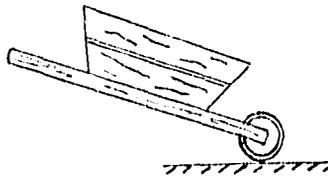
Pico



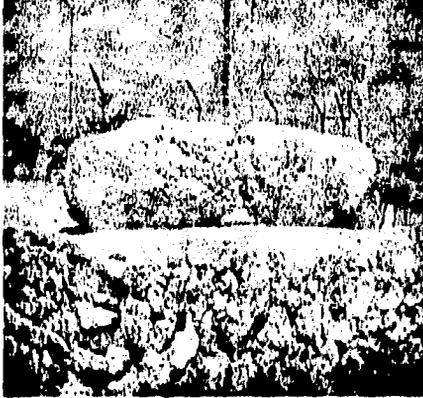
Palanca



Carretilla



Posteriormente cuando la carreta era muy pesada, se encontraron con la necesidad de compactar las terracerías y recurrir a rodillos de piedra labrada tirada por animales o por esclavos:



Piedra maya labrada, usada para compactar caminos.

Así con estas herramientas y equipos sencillos se construyeron los caminos que fueron comunicando al mundo, siendo bajo el imperio Romano cuando la construcción de carreteras alcanzó su cúspide, pues a la fecha se conservan dichas obras mostrándonos el gran ingenio y esfuerzo con el que las construyeron, pues en carreteras Romanas se han encontrado espesores de materiales que podemos llamar graduados, hasta de 90 cm.

Se tiene registrado en la historia la existencia de un gran camino que ayudo en la construcción de las pirámides de Egipto 3,000 A. de C. y en el 2,000 A. de C. se pavimentaron con rocas las calles de Babilonia.

En el continente americano se encontraron en el Imperio Inca y en el Imperio Maya restos de grandes caminos hechos con rocas de diferentes tamaños poniendo las de mayor tamaño en las orillas para confinar a las más pequeñas, en la península de Yucatán se encontraron rocas labradas con forma cilíndrica que todos los indicios señalan que se usaron para compactar caminos.

En la edad media la comunicación se interrumpió no teniéndose noticias de construcción de grandes obras de caminos, posteriormente la aparición de la diligencia a fines del siglo XVII empezó a reactivar el interés por los caminos en Europa continuando durante el siglo XVIII ya más aceleradamente, y con la aparición del automóvil se vió como se fueron comunicando todas las ciudades en una forma muy acelerada.

METODO A SEGUIR

Selección de equipo en la construcción de terracerías, es el tema a tratar en esta tesis, por lo tanto a continuación trataré de explicar cual será la secuencia que se seguirá para que al final de este trabajo podamos tener en claro los criterios empleados para llegar a una selección óptima del equipo a usar.

¿Que es una terracería?

Una terracería es el conjunto de diferentes volúmenes de materiales naturales que son necesarios de excavar, transportar, rellenar y acomodar adecuadamente, para constituir una obra que cumpla con los fines para lo cual fue diseñada.

¿Que es un suelo?

Se puede definir un suelo como el conjunto de partículas minerales producto de la descomposición mecánica ó química de rocas existentes; ó a los materiales terrosos

cementados o parcialmente cementados, sujetos a la desintegración bajo la acción del intemperismo.

¿Que es un equipo de construcción?

Llamamos equipo de construcción a todo aquel ingenio mecánico que nos ayude a realizar de la mejor manera los trabajos básicos de la ingeniería, y obviamente llamaremos equipo de construcción de terracerías a las máquinas con las cuales ejecutemos eficientemente los trabajos de excavación, transporte, relleno y compactación de los materiales que constituyen la obra a realizar.

PROBLEMATICA QUE SE PRESENTA

De las tres anteriores interrogantes nos damos cuenta que las variables de cada una de ellas nos dan una gran gama de combinaciones susceptibles de presentarse en problemas reales de trabajo, pues, para excavar, transportar, rellenar y compactar, tendríamos que estudiar los diferentes tipos de suelo y su gran variedad de clasificaciones. Así como las distintas condiciones de trabajo, y la gran variedad de equipo disponible en el mercado, con sus diferentes características que los hacen aptos para ejecutar los distintos trabajos programados, siendo muy importante entrelazar o correlacionar con mucho criterio, al escoger el tamaño de las máquinas, el rendimiento horario con el costo horario de los mismos y así considerando todos los factores enunciados podremos hacer la selección óptima del equipo para la construcción de terracerías.

CAPITULO I

MATERIALES MAS COMUNES EN LA CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS Y CONVENIENCIA DE USAR LOS DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES.

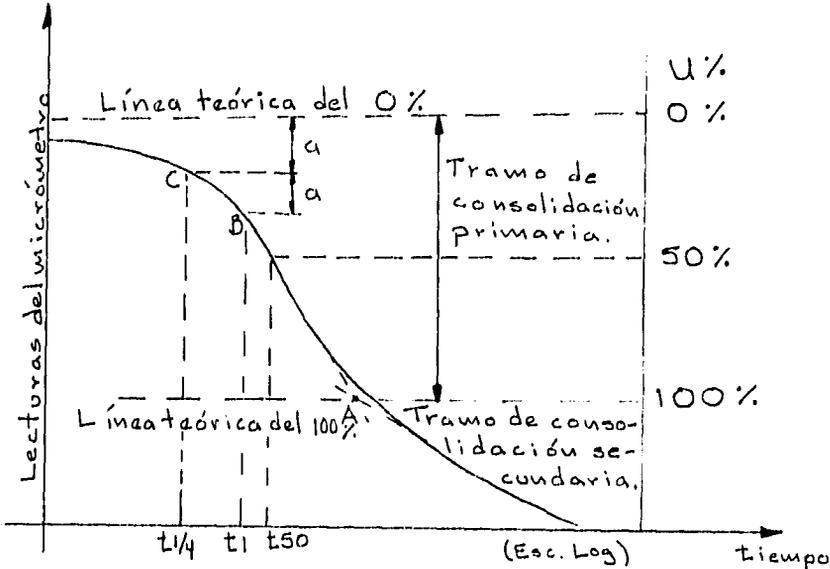
I.1.-MATERIALES MAS COMUNES

Al construir una terracería nos podemos encontrar con el caso de que exista un obstáculo en el trazo de nuestra obra, el cual tenemos que eliminar y desechar mediante una excavación y acarreo fuera de la obra de dicho material, y no esta en nosotros elegir la naturaleza de dicho obstáculo, pero sí elegiremos el equipo para atacar dicho material, el cual puede variar de características según explicaré más adelante, y esta variación será determinante en la adecuada selección del equipo para atacar dicho problema, también al construir un terraplén o al hacer un relleno, sí tendremos que seleccionar el material más adecuado para ello, por lo tanto es muy importante estudiar la clasificación de los suelos en sus distintas variables, pues conociendo sus características podemos ver con que maquinaria se podrá atacar y acarrear dicho material.

Las vías terrestres como son; carreteras, aeropistas, vías ferreas, se construyen fundamentalmente de tierra y sobre tierra, por lo tanto la construcción de las vías terrestres y en especial de las terracerías implica el uso de los suelos, por lo que se hace sumamente importante conocer las condiciones y características como; condiciones mineralógicas, estructuración del suelo, cantidad y estado del agua contenida y su modo de fluir etc..., además de tener conocimientos de ciencias afines como la mecánica de suelos que es la rama de la geotécnica de la que haremos más uso para poder seleccionar de manera adecuada el equipo que usaremos para la construcción de terracerías en algunas ocasiones la mecánica de suelos se complementará con la mecánica de rocas.

Como definición de suelos podemos decir que los suelos son conjuntos de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistente.

- El conjunto de partículas posee una organización definida y propiedades que varían vectorialmente. En general, en los valores de las propiedades, verticalmente ocurren cambios muchos más rápidos que horizontalmente.



- La organización de las partículas minerales es tal que el agua, que como se sabe está presente en todo suelo en mayor o en menor cantidad, puede, si hay la suficiente, tener continuidad, en sentido de distribución de presiones. El agua no ocupa huecos aislados, sin intercomunicación; puede llenar todos los poros que dejan entre sí las partículas minerales y que se intercomunican, de manera que el agua forma una masa continua que contiene al mineral en su seno.

También podemos definir a los suelos como, un agregado no cementado de partículas de mineral y materia orgánica en descomposición junto con líquido y/o gas que ocupan espacios vacíos entre las partículas sólidas. Debido a que el suelo es usado en varias obras de ingeniería civil, en este particular tema en vías terrestres, principalmente en la construcción de terracerías, o terracerías para desplante de viviendas, como ingenieros civiles deberemos estudiar las propiedades del suelo como son; su origen, las distribuciones granulométricas, capacidad para drenar agua, compresibilidad, resistencia al corte, capacidad de carga, y algunas otras propiedades.

1.2.- Clasificación de los suelos según su formación.

Los suelos pueden ser residuales o transportados, según se les encuentre en el mismo lugar en que se han generado o en lugar diferente. El transporte por aire y agua y la sedimentación en esos dos medios constituyen el mecanismo usual que da lugar a un suelo transportado. En el primero el ataque mecánico y la desintegración química tienden a producir un resultado final que en estructura y disposición recuerda, aunque sea lejanamente, a la roca madre. Los suelos transportados y depositados por aire o agua generan estructuras que están regidas únicamente por los mecanismos propios de la deposición y en nada por la disposición, características y condiciones iniciales de la roca original. Los suelos formados como producto del intemperismo en el lugar de origen son llamados también suelos residuales. Una característica de los suelos residuales es el escalonamiento en los tamaños de sus partículas. Suelos de grano fino son encontrados en la superficie y los tamaños de los granos se incrementan con la profundidad. A mayores profundidades, se pueden encontrar fragmentos angulosos de roca. Los suelos que se crearon fuera de su lugar de origen como habíamos dicho antes son los suelos transportados, los cuales pueden ser clasificados en diferentes tipos, dependiendo de su modo de transportación y depositación:

- **Suelos glaciales**, depositados por glaciares,

- **Suelos aluviales**, Transportados por el agua o corriente y depositados en las orillas de arroyos y ríos,
- **Suelos lacustres**, Formados por los depósitos en lagos tranquilos,
- **Suelos marino**, depositados en mares,
- **Suelos eólicos**, transportados y depositados por el viento,
- **Suelos de pie de monte**, formado por el movimiento del suelo de su lugar de origen por la gravedad, esto es deslizamiento de tierra,

Los depósitos de grava, arena, limo y arcilla que se han formado por el intemperismo pueden llegar a compactarse por la presión de una sobrecarga, por peso propio y por la presencia de agentes cementantes como el óxido de hierro, calcita, dolomita y cuarzo, estos agentes cementantes son generalmente acarreados, en forma disuelta, por el agua que circula contenida en la masa de suelo. Estos llenan los espacios entre las partículas y forman las rocas sedimentarias. Las rocas formadas de esta manera son las llamadas rocas sedimentarias detríticas, un ejemplo de estas rocas es el conglomerado, la arenisca, pizarra etc... Las rocas sedimentarias también se pueden formar por procesos químicos, algunos ejemplos de estas rocas pueden ser la caliza, dolomita, yeso, etc...

1.3.- Clasificación de los suelos según su tamaño.

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que la sigue correlativamente, y se valuen según el por ciento de la fracción respecto a la suma de las fracciones.

La granulometría ofrece un medio sencillo y evidente para clasificar suelos. Es evidente que un sistema de clasificación de suelos debe agruparlos de acuerdo con sus propiedades mecánicas básicas, por ser éstas lo que interesa para las aplicaciones ingenieriles. A la vez, el criterio clasificador ha de ser preponderantemente de naturaleza cualitativa, ya que de manera cuantitativa sería en exceso complicado, a pesar de la sencillez de los criterios puramente granulométricos resultan hoy poco apropiados, porque la correlación de la distribución granulométrica con las propiedades fundamentales como son; resistencia, compresibilidad, relaciones esfuerzo deformación etc., resulta demasiado inseguro y sujeto a excepciones y casos particulares.

El **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos** propuesto por Casagrande, también conocido como SUCS, por sus siglas, clasifica a los suelos finos principalmente con base en sus características de plasticidad, cuya correlación con las propiedades mecánicas básicas es consistente y confiable, los suelos pueden ser divididos en dos grupos: suelo grueso y suelo fino, suelo friccionante y cohesivo respectivamente.

Como ya se había dicho un sistema de clasificación debe estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos, un sistema útil de clasificación debe servir para normar el criterio del ingeniero respecto al suelo de que se trate, previo a un conocimiento más profundo, por lo tanto la función de un sistema sería proporcionar la máxima información normativa, a partir de la cual el ingeniero sepa en que dirección profundizar sus investigaciones. El SUCS propuesto por Casagrande nació como medio para clasificar suelos finos únicamente, y después fue extendido hasta incluir gravas y arenas, para el ingeniero constructor de terracerías en edificación o en vías terrestres presenta el inconveniente de que éste ha de manejar en muchos casos fragmentos de roca, de tamaño algo grande, que quedan fuera del sistema original. Para la construcción de terracerías en vías terrestres la antigua Secretaría de Obras Públicas

(SOP) ahora SCT diseñó su propio sistema de clasificación de suelos. Este sistema agrupa a los materiales que constituyen la corteza terrestre en 3 divisiones:

- Suelos, tipo A
- Fragmentos de roca, tipo B
- Rocas, tipo C

Al suelo lo subdivide en suelos de partículas finas y suelos de partículas gruesas, los finos comprenden los suelos orgánicos, limos y arcillas, los materiales que contienen mucha materia orgánica quedan en un grupo denominado turba.

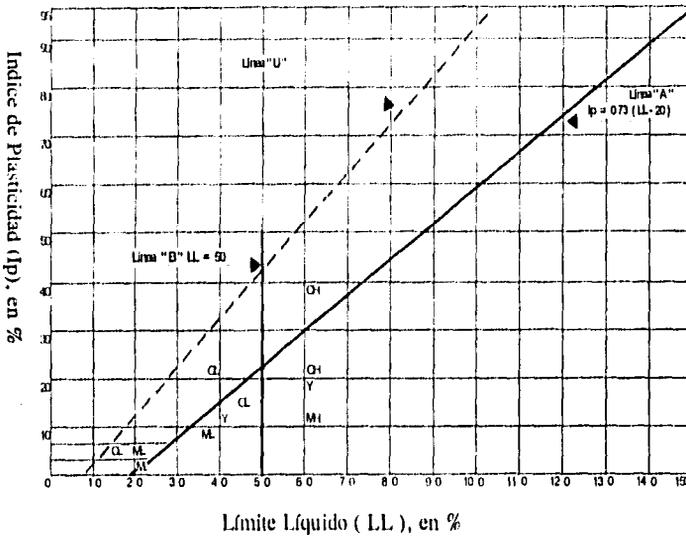
Los gruesos comprenden los grupos denominados arenas y gravas, siendo la malla No.4 la frontera entre ellos.

Los fragmentos de roca se subdividen a su vez en chicos, medianos y grandes. Las rocas se dividen según su origen; igneas, sedimentarias y metamórficas.

La base del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos es la carta de plasticidad, resultado de una investigación realizada por Casagrande en laboratorio, esta investigación mostro que si se sitúan los suelos en un sistema coordinado que tenga el limite liquido en el eje de las abscisas y el indice plástico en el de las ordenadas, su agrupamiento no ocurre al azar sino que se agrupa de manera que en cada zona de la carta se situan suelos con características de plasticidad y propiedades mecánicas e hidráulicas cualitativamente definidas; del mismo modo que los suelos vecinos poseen propiedades similares, los alejados las tienen diferentes, Casagrande al saber esto pudo establecer en la gráfica fronteras que separan a los materiales finos en diferentes grupos de propiedades afines. El SUCS abarca tanto a los suelos gruesos como a los suelos finos, distinguiéndolos por el cribado a través de malla No. 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un

suelo será grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

CARTA DE PLASTICIDAD



- ML: Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillas ligeramente plásticas
- CL: Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o media, arcillas arenosas o limosas
- OL: Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
- MH: Limos inorgánicos, limos elásticos, suelos micáceos o diatomáceos, arenosos finos o limosos
- CH: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- OH: Arcillas orgánicas de mediana o alta plasticidad

Suelos finos

La separación en fracciones se hace sencillamente por mallas, cuando es posible el cribado; pero en suelos de grano muy pequeño, que forman grumos, deben adaptarse procedimientos más complicados. Los suelos menores que la malla No. 200 son los limos y las arcillas.

Suelos gruesos

En suelos gruesos como son gravas, arenas y liños no plásticos, de estructura simple, la característica más importante para definir su resistencia es la compacidad, la angulosidad de los granos y la orientación de las partículas juegan un papel importante como el conocimiento de la compresibilidad de los materiales, ya que la compresibilidad depende fundamentalmente de la estructuración y de la compacidad, y se ve influida en bastante mayor grado por la granulometría. Se ha dicho que los suelos gruesos con amplia gama de tamaños (bien graduados) se compactan mejor, para una misma energía de compactación, que los suelos muy uniformes, esto es, mal graduados. Cuando hacemos vibrado, las partículas más chicas pueden acomodarse en los huecos entre las partículas más grandes, adquiriendo el conjunto una mayor compacidad. Los suelos que su tamaño está comprendido entre 0.074 mm y 76.4 mm son las gravas y las arenas y los mayores a 76.4 mm son prácticamente fragmentos de roca.

Dentro del campo particular de las vías terrestres, los suelos se presentan con una variedad y complejidad prácticamente infinitos, los suelos gruesos, mayores que la malla No. 200 se clasifican sobre todo con criterio granulométrico, si bien son cuidadosamente tomadas en cuenta también las características de plasticidad de su fracción fina. No está claramente definido el tamaño máximo de los suelos que quedan comprendidos en el SUCS.

I.4.- Clasificación de los suelos por su resistencia al afloje

Material tipo A .- Son los suelos blandos o sueltos que se pueden atacar fácilmente con pala.

Material tipo B.- Son los suelos susceptibles a que se les ataque con pico y pala.

Material tipo C.- Este tipo de suelos solo se les puede atacar mediante el uso de explosivos, ó con equipo neumático si los volúmenes no son excesivos, (Pico de acero montado en el brazo de una retroexcavadora)

I.5.- ANALISIS GRANULOMETRICO

El análisis granulométrico es un intento de determinar la proporción relativa de los diferentes tamaños de los granos que se encuentran en una masa de suelo. Por lo tanto, se deben de manejar muestras estadísticamente representativas de la masa de suelo. Este análisis se realiza para obtener la cantidad de material que pasa a través de una malla dada pero retenido sobre una malla de menor apertura y entonces relacionando esta cantidad retenida a el total de la muestra, dandonos resultados en por ciento. La mayoría de los granos de un suelo no son de una igual dimensión en todas direcciones, por lo tanto, el tamaño de la abertura de una malla no representará ni la más pequeña ni la más grande de las dimensiones de una partícula, pero si algún tamaño intermedio entre partículas.

La apariencia de la curva granulométrica depende del rango y la cantidad de los varios tamaños de partículas en una muestra de suelo. Esto es, que será afectada por el origen del suelo o el método de depositación. un suelo bien graduado produce una curva algo larga y derecha, un suelo uniforme donde la mayoría de las partículas poseen aproximadamente el mismo tamaño se ve de manera más corta y de pendiente mayor a los suelos bien graduados, la curva granulométrica nos puede proporcionar una buena indicación sobre cual ha sido la historia del suelo.

I.6.- Clasificación de los suelos según sus propiedades mecánicas.

Resistencia al esfuerzo cortante

La prueba de penetración estándar permite estimar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, mediante el número de golpes necesario para hincar el penetrómetro estándar, y obtener muestras alteradas de las que obtenemos las propiedades Índice; usualmente y estimando la resistencia al corte, y mediante correlaciones empíricas entre la penetración y el número de golpes. La prueba de penetración estándar consiste en hincar el penetrómetro 45 cm con la masa de 64 kg, dejada caer desde 75 cm de altura; durante el hincado se cuenta el número de golpes, Nm para penetrar los últimos 30 cm (de 14 a 45 cm); los golpes en los primeros 15 cm se desprecian, porque se consideran no representativos por la alteración inducida a causa de la perforación. En caso de que el número de golpes llegue a 50 y el muestreador ya no puede suspenderse la prueba. Los resultados más comunes obtenidos de esta prueba son:

- Muestras alteradas,
- Perfil estatigráfico,
- Resistencia a la penetración.

PLASTICIDAD

La plasticidad es la propiedad que tienen algunos suelos, que al ser remoldeados, cambiando su contenido de agua si es necesario, adoptan una consistencia característica. Dentro de la mecánica de suelos se ha definido a la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

1.7.- EL TERRENO DE CIMENTACION

Las terracerías que requiere una vía terrestre transmiten esfuerzos al terreno natural debajo de ellas; esos esfuerzos, a su vez, producen deformaciones que se reflejan en el comportamiento estructural de las mismas terracerías, de aquí la necesidad de estudiar el terreno donde desplantaremos la terracería, también le podemos llamar terreno de cimentación, ya que la interacción del terreno de cimentación y la superestructura de la obra vial afecta de tal manera el comportamiento conjunto, es de extrema importancia el estudio de los métodos a disposición del ingeniero para modificar las condiciones del terreno de cimentación cuando estas sean desfavorables, convirtiéndolas en propicias. Llamaremos en específico terreno de cimentación la parte de la corteza terrestre en que se apoya la estructura de la obra vial y que es afectada por la misma; su función es la de soportar a la obra vial en condiciones razonables de resistencia y deformación.

Los terrenos de cimentación pueden estar constituidos por roca o por suelos. En general la roca no plantea problemas como terreno de cimentación propiamente dicho, pues la obra vial le comunica esfuerzos que suelen ser de muy baja intensidad en comparación con la resistencia que tiene la mayoría de las rocas. La alterabilidad de las rocas no desempeña un papel que deba ser fuente de preocupaciones desde el punto de vista de apoyo. Las rocas ígneas, por su dureza, pueden presentar problemas de excavación muy elevados, por lo general permiten taludes verticales o casi verticales, cuando están razonablemente sanas, y como apoyo de un pavimento requieren de la colocación de una capa de suelo intermedio en los cortes para eliminar las irregularidades que quedan tras el proceso de conformación.

En las rocas sedimentarias es frecuente una dureza menor que en las rocas ígneas, lo que nos da una mayor facilidad de excavación, en las rocas sedimentarias

relativamente sanas es también frecuente poder construir taludes seguros muy próximos a la vertical.

Dentro de las rocas metamórficas los esquistos y las pizarras son las más frecuentes dentro de las vías terrestres, son fáciles de excavar, pueden no requerir explosivos, bastando los métodos mecánicos para su extracción, estas rocas se rompen a lo largo de planos de foliación, por lo que su echado es muy importante cuando aparecen cortes o laderas.

Los terrenos de cimentación pueden estar constituidos también por suelos, y proporcionar el apoyo suficiente para las vías terrestres, pero existen algunas condiciones que presentan dificultad en el proyecto y en la construcción, en algunos casos el problema es tan grande que será una buena opción el cambio de trazo que nos aleje de este tipo de terrenos. Aunque en la mayoría de los casos no plantean problemas realmente difíciles ni de un gran costo económico, todas las características del terreno deberán detectarse en la etapa de estudios previos al proyecto, para evitarlos cuando sea posible o en su caso saber como tratarlos.

Los suelos friccionantes son las gravas, las arenas, los limos no plásticos o las mezclas en que ellos predominan por lo general tienen la suficiente capacidad de carga y características de compresibilidad que no provocan problemas de asentamientos de importancia.

Las arenas o limos muy sueltos pueden plantear problemas de erosión y de asentamiento brusco, por colapso rápido de su estructura simple cuando está sometida a cargas de importancia, estos colapsos están asociados a problemas de movimientos en el agua del subsuelo, sin embargo estos efectos no son muy importantes bajo las terracerías, ya que éstas absorben con facilidad los movimientos resultantes, aunque estos efectos son de mayor consideración cuando el terreno de cimentación soporta alguna de las estructuras rígidas que suelen construirse en una vía terrestre, en

algunas ocasiones, las fuerzas hidrodinámicas producidas por un flujo ascendente del agua, al vencer el peso de las partículas, provocan efectos de boyancia que hacen que el suelo pierda total o casi totalmente su capacidad de carga, con los consiguientes efectos para la obra vial, este problema será poco frecuente y de no temer tan pronto como la altura de los terraplenes sobre el terreno sea de alguna significación, pero puede desempeñar algún papel en la cama de ciertos cortes. La solución al caso consistirá siempre en cortar el flujo o en reducir su gradiente a niveles convenientes. Otro efecto del flujo del agua en el terreno de cimentación es la tubificación, producida cuando el agua se infiltra a través del suelo de cimentación con su gradiente hidráulico superior al crítico, de manera que se presente arrastre de partículas.

La condición de tubificación no es muy peligrosa en el terreno de cimentación de terracerías, puede afectar más bien a los terraplenes, siendo un factor que se debe considerar en su estabilidad, pero se puede presentar en ocasiones, como cuando se presenta agua a un lado de un terraplén, cuando existe un embalse en el otro lado, los suelos más susceptibles a la tubificación son los friccionantes finos, permeables, sin cimentación, con índice plástico menor de 10%, los suelos que además de cumplir los requisitos anteriores son ligeros y resultan particularmente afectables por el flujo de agua.

La licuación ha producido las fallas más dramáticas y espectaculares, debido a la magnitud de la masa de suelo que se pone en juego al producirse este fenómeno. Los suelos susceptibles a la licuación son las arenas sueltas, ya que en estas la deformación tiende a compactar la estructura, transmitiéndose al agua las presiones que generan el fenómeno, las arenas finas, uniformes y saturadas, los depósitos de limos no plásticos sueltos son particularmente peligrosos. El único medio que parece seguro para impedir la licuación, consiste en compactar y confinar los terrenos susceptibles a estos fenómenos, usando para ello cualquiera de los procedimientos existentes.

Aunque no existe una relación fija entre las características desfavorables de un terreno de cimentación en cuanto a resistencia y compresibilidad y su situación geográfica o topográfica deberemos tener especial cuidado con los terrenos de formaciones fluviales, lacustres o marinas; los estudios geológicos de superficie son el medio más seguro para detectar las zonas difíciles, en que será preciso hacer estudios de detalle.

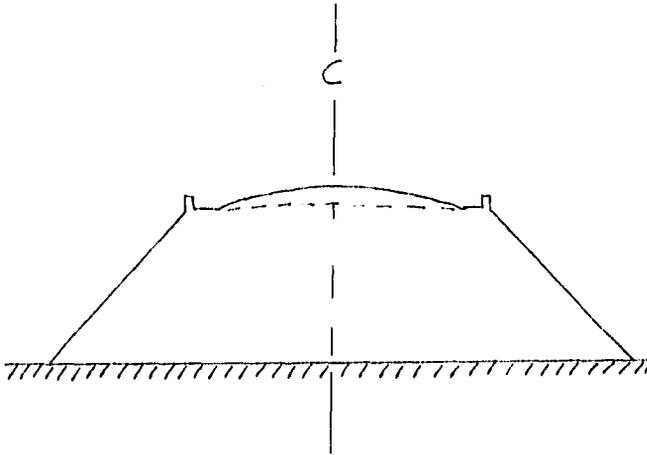
La falta de resistencia en el suelo de cimentación es particularmente crítica cuando la obra vial exige terraplenes de gran altura.

La falta de resistencia del terreno de cimentación bajo un terraplén puede producir una falla por falta de capacidad de carga, asociada a un hundimiento brusco y destructivo del terraplén, con bufamiento del terreno a ambos lados del terraplén, o a un solo lado, la falla puede presentarse sin previo aviso, pero en ocasiones se producen deformaciones en la corona del camino, con hundimientos en la línea de centro y aparición de grietas en el material natural, paralelas al bordo y a una distancia que es función de la altura y el ancho del terraplén.

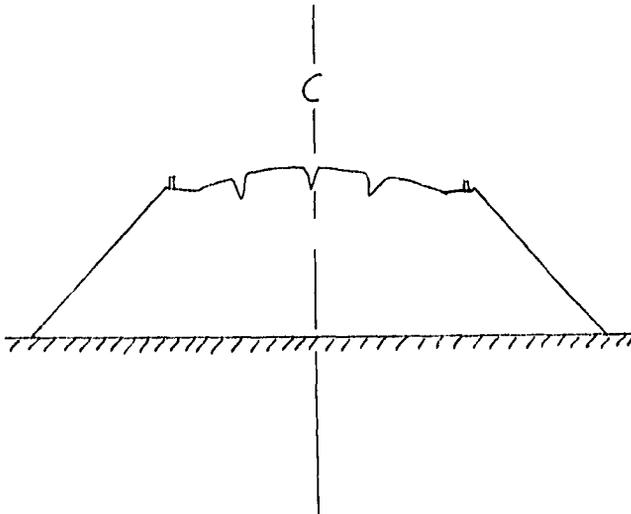
Bajo carga rápida, supuesto que el terraplén se construye en poco tiempo, en comparación con el que el suelo necesita para consolidarse significativamente, la resistencia del suelo de cimentación estará representada por la envolvente de la prueba rápida consolidada obtenida al trabajar con esfuerzos totales. La resistencia al esfuerzo cortante es proporcional a la carga con que se haya consolidado el material, en un manto compresible normalmente consolidado, la resistencia bajo carga rápida será, por lo tanto proporcional a la profundidad.

Los asentamientos que pueden producirse en suelos de cimentación finos y compresibles, debidos a las sobrecargas, cuasan los siguientes efectos:

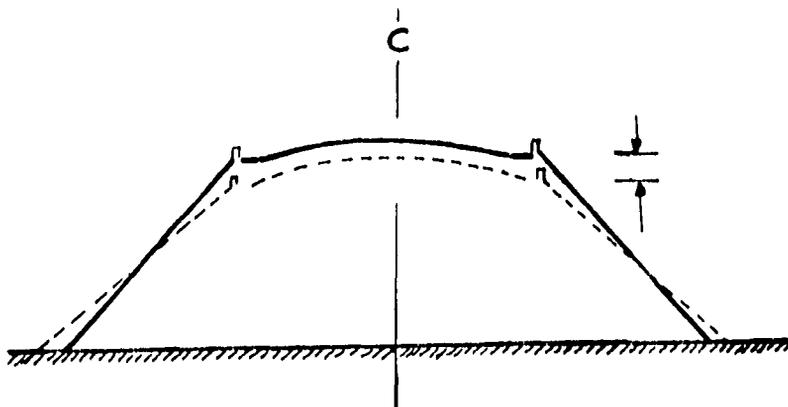
- Pérdida de bombeo del terraplén, pues la presión ejercida por el terraplén es mayor bajo el centro de la corona que bajo los hombros.



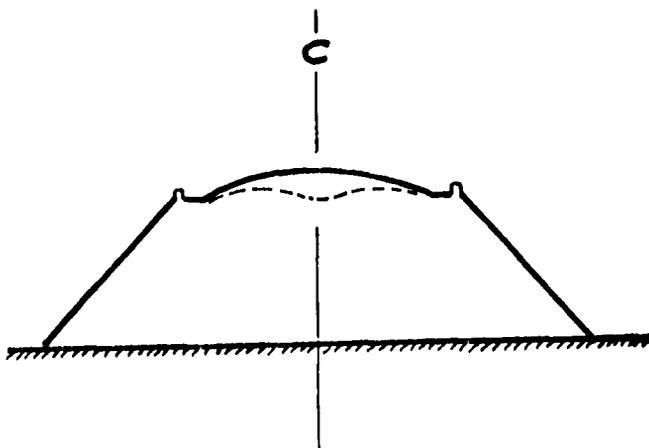
- Aparición de asentamientos diferenciales en el sentido longitudinal, por heterogeneidades en la cedencia del terreno de cimentación; éstos producen daños en el camino, en el pavimento, en el drenaje superficial, afectando su funcionalidad.



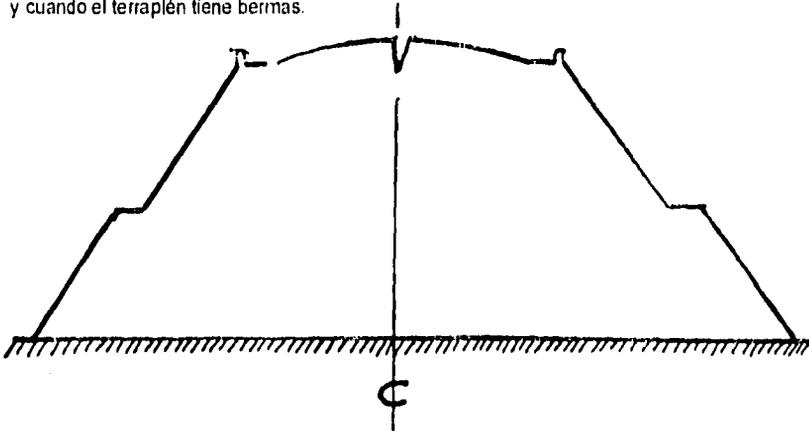
- Disminución de la altura del terraplén, grave cuando se atraviesan zonas inundables o inundadas.



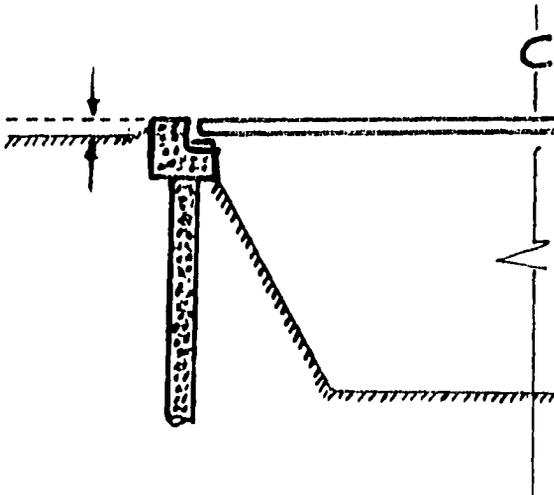
- Perjuicios en el comportamiento de obras de drenaje menor, que adquieren una conformación hidáulicamente inconveniente y se agrietan, al hundirse más en el centro que en los extremos.



- Agrietamientos en la corona del terraplén, especialmente cuando ésta es muy ancha y cuando el terraplén tiene bermas.



- Pérdida de la apropiada transición entre los terraplenes de acceso y las estructuras, cuando éstas, cimentadas por ejemplo en pilotes de punta, no participan del asentamiento general.



Para solucionar de alguna manera los problemas que pueden tener los terrenos de cimentación se puede recurrir al mejoramiento de estos terrenos de cimentación, para hacerlos suficientemente buenos en cuanto a resistencia y a compresibilidad o a cambios de materiales o cambio de proyecto, estos métodos de mejoramiento son costosos por lo que no se puede recurrir a ellos siempre.

Estos métodos son los siguientes:

- a) Uso de materiales ligeros,
- b) Sobreelevación de la rasante,
- c) Construcción previa de terraplenes,
- d) El uso de drenes verticales de arena,
- e) La compensación total o parcial de la carga del terraplén,
- f) Remoción del material compresible,
- g) Tratamiento físico-químico del terreno,
- h) Calcinación del suelo,
- i) Colocación de entramados de ramas, palmas bajo el terraplén,
- j) La colocación de bermas o el uso de taludes muy tendidos,
- k) Escalonamiento de laderas naturales,
- l) Construcción de rellenos sobre apoyo irregular en roca,
- m) Compactación,
- n) Anclaje de bloques de roca fracturada,
- o) Relleno de grietas,

A continuación haré una breve descripción de que consiste cada uno de estos métodos de mejoramiento de terreno.

a) Uso de materiales ligeros.

En este método trata de conseguir, bancos de materiales a distancias razonables, estos bancos deberán ser de materiales de bajo peso específico para la construcción de terraplenes, a fin de lograr así que se reduzcan al máximo tanto las presiones comunicadas al terreno natural como la geometría de la sección que se construya.

B) Sobreelevación de la rasante.

Al sobreelevar la rasante del terraplén inicialmente buscamos que cuando se produzca el asentamiento la rasante quede al nivel requerido.

c) Construcción previa de terraplenes.

En este método se construye el terraplén con suficiente anticipación a las obras de pavimentación, esto permite que ocurra el asentamiento en este periodo; después se conformará la corona para pavimentar una estructura que no se deformará.

d) Uso de drenes.

El método de los drenes verticales de arena tienen como objetivo el acelerar el proceso de consolidación, para que ocurra con mayor rapidez y se presente de preferencia en el proceso de construcción de los terraplenes. Los drenes verticales de arena son perforaciones verticales rellenas de material permeable, de pequeño diámetro y suficiente longitud para que sus efectos alcancen la totalidad del manto compresible, o de menos al manto que vaya a producir la mayor parte del asentamiento. Funcionan disminuyendo la longitud de las trayectorias que el agua debe recorrer para ser drenada de los estratos compresibles que se consolidan, esto se lleva a cabo al permitirse el flujo vertical usual.

e) Compensación de carga.

La compensación total o parcial de la carga del terraplén la conseguimos si logramos penetrar el material del terraplén desplazando lateralmente al suelo de cimentación blando, de este modo logramos una compensación del peso de aquel, que actuará únicamente con una presión correspondiente a la diferencia entre el peso del material colocado y el desplazado. Este método tiene de inconveniente en carreteras que el volumen a desplazar puede ser demasiado grande antes de que se llegue a una compensación efectiva.

f) Remoción de materiales malos.

Como su nombre lo indica este método consiste en remover el material malo y compresible y cambiarlo por un material de mejor calidad, tiene el inconveniente de que puede ser costoso si el volumen es muy grande.

g) Tratamiento físico-químico del terreno

Añadiendo ciertas sustancias al suelo se producen intercambios iónicos entre las partículas minerales y las materias disueltas en el agua intersticial, de manera que se mejoran los nexos estructurales, y con esto mejorando la resistencia del suelo y disminuyendo su compresibilidad.

h) Calcinación.

La calcinación del suelo es un método experimental que poniendo a muy altas temperaturas con la ayuda de gas se disminuye notablemente la compresibilidad, por lo tanto también los asentamientos. Este procedimiento es caro.

i) Enramados (en pasos provisionales)

Se fabrica una especie de balsa de enramado bajo el terraplén, esta balsa reparte la carga y proporciona una especie de flotación al conjunto de la superestructura.

j) Modificando taludes.

Usando taludes muy tendidos logramos uniformizar las presiones transmitidas al terreno bajo el terraplén, por consiguiente se uniformizan los asentamientos diferenciales.

k) Escalonando laderas.

El escalonamiento de laderas naturales evitamos el peligro de que los terraplenes se deslicen ladera abajo.

l) Rellenos sobre rocas.

Al construir rellenos sobre apoyo irregular en roca evitamos problemas como los que se presentan cuando se utilizan explosivos y quedan aristas angulosas que podrían verse reflejadas en el propio pavimento.

m) Compactación.

Con la compactación se mejora la parte superior del terreno de cimentación.

n) Anclaje de rocas.

El anclaje de bloques de roca fracturada es un muy importante método de mejoramiento que introduce varillas en perforaciones, selladas posteriormente con concreto o lechada de cemento.

o) Relleno de grietas.

El relleno de grietas es un buen método de mejoramiento pero hay que investigar a fondo cual es el origen de las grietas para poderlas corregir de la mejor manera posible.

1.8.- Clasificación de suelos de acuerdo al comportamiento del material bajo la herramienta de corte.

- Buenos,
- Medianos,
- Malos.

1.9.-Clasificación de suelos para trabajos de excavación.

- Tierra,
- Hard pan (Arcilla compacta)
- Roca disgregada,
- Arcilla solidificada,
- Roca.

I.10.-Clasificación de los suelos según la agencia aeronáutica de USA

Suelos gruesos:

- Grava y suelos de grava,
- Arena y suelos arenosos,

Suelos finos:

- Suelos de elementos finos de escasa compresibilidad.
- Suelos finos de alta compresibilidad.

I.11.- Clasificación de los suelos según la administración de carreteras USA.

CARACTER GENERAL	DESIGNACION	CARACTERISTICAS
DOMINANTE ARENOSA O DE GRAVA	A1	Material con gruesos y finos de buena granulometría, con buen aglutinamiento. Muy estable bajo cargas rodantes, con independencia de humedad.
	A2	Mismo elemento que A1, pero con peor granulometría y aglutinante inferior - Estable en seco (Se reblandece por lluvia o hidratación capilar en caso de recubrimiento estanco), polvoriento en tiempo seco.
	A3	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	A4	Fangos sin materias gruesas y sin apreciable arcilla coloidal(inestables si absorben agua), compresibles(malos como soporte) sensibles al hielo.
	A5	Similar a A4, su elasticidad no se presta a buena compactación ni a recibir aglutinante.

CARACTER GENERAL	DESIGNACION	CARACTERISTICAS
DOMINANTE ARCILLOSA	A6	Arcilla sin materiales gruesos, pueden infiltrarse en los macadamis una vez desleídos 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.
	A7	La misma naturaleza que A6, pero mayores elasticidad e higrometria, lo que agrava los efectos de A6.
INCLUSION DE MATERIAS ORGANICAS	A8	Turbas y barros. No sirven para soportar revestimientos sin previa compactación.

I.12.- CONVENIENCIA DE USAR LOS DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES.

Quando se lleven a cabo proyectos de vías terrestres ya sean carreteras, ferrocarriles o aeropistas u otro tipo depende se vea involucrada la construcción, fabricación, y mantenimiento de terracerías se deben tener muy en cuenta los requerimientos ó las especificaciones técnicas dadas por la autoridad competente, que en nuestro país es la S.C.T. mediante las normas de servicios técnicos, en los cuales se precisan los términos y lo que se debe cumplir para la correcta ejecución de una obra.

En caso de tener un cliente particular debemos ajustarnos a las especificaciones que se anexan al contrato de obra.

Dentro de la conveniencia de usar los distintos tipos de materiales, tenemos que:

1. Cumplir con las especificaciones en vigor.
2. Usar materiales sanos que no ocasionen problemas en las obras, es decir debemos usar materiales inertes, no contaminados con materiales orgánicos o con arcilla pues estos se alteran con la humedad aumentando o disminuyendo de volumen.
3. Usar materiales que resulten económicos, para esto es de gran importancia hacer estudios de curva masa, debido a que este tipo de análisis nos indicará los volúmenes de corte que pueden ser utilizados en los terraplenes, de esta manera estaremos aprovechando los materiales que tenemos en el sitio donde se lleva a cabo la obra, lo que nos dará ahorros importantes en cuanto podemos evitar la explotación de bancos lejanos y el consiguiente acarreo del material al sitio.

Para concluir respecto a la conveniencia de usar los diferentes tipos de materiales, se debe señalar la gran importancia de la interrelación que existe entre la calidad de los materiales, el sitio o ubicación de los bancos de materiales, el análisis de curva masa así como el cumplimiento de las especificaciones que nos indique el proyecto.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE EQUIPOS

II.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS DIFERENTES EQUIPOS USADOS EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS.

En este capítulo segundo se hará una breve descripción de los diferentes equipos usados en los trabajos de la construcción de una terracería; como son desmonte, despalme, corte, préstamos y terraplenes

II.1.- TRACTORES

Los tractores son las máquinas más adecuadas y compactas para mover tierra, son muy fuertes y versátiles, aunque tienen la desventaja de que transitan a muy baja velocidad lo que los hace tener ciclos lentos, los tractores los podemos subdividir en dos ramas según su tracción:

- Tractores sobre orugas,
- Tractores sobre neumáticos.

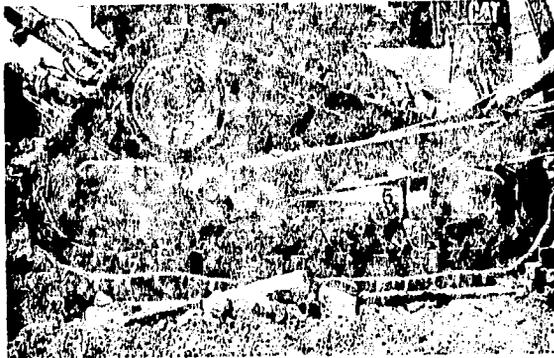
Tractores sobre orugas

La oruga puede considerarse como un carril que se desliza ante la rueda del vehículo, a medida que este va avanzando, proporcionando a las ruedas un piso metálico de gran sustentación y agarre por el diseño de las zapatas. En la actualidad existen gran variedad de modelos de tractores sobre orugas, como ejemplo tenemos los tractores de la marca "caterpillar" que presentan una tercera rueda, esta tercera rueda es la motriz y se encuentra situado por arriba de las otras dos, con la ventaja de

que de este modo el tren motriz queda protegido de obstáculos imprevistos, que pudieran traer descomposturas posteriores.

Al conjunto de elementos que integran el sistema de orugas se le llama tránsito y consta de:

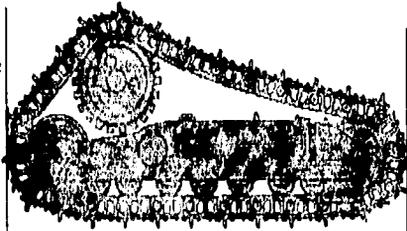
- 1.- Rueda guía,
- 2.- Rueda catarina o motriz,
- 3.- Roles de apoyo,
- 4.- Roles superiores,
- 5.- Templador.
- 6.- Cadena y pernos.
- 7.- Zapatas con garras.



Como se dijo el sistema de tránsito triangular es muy superior pues las dos ruedas inferiores reciben el castigo del trabajo y la rueda motriz superior no está sujeta a tantos esfuerzos y golpes imprevistos.

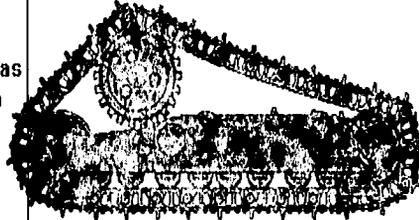
Configuración Estándar

En esta configuración el centro de gravedad está hacia delante y se tiene un contacto mayor de la cadena con el terreno, se usa en terrenos difíciles con hoja topadora.



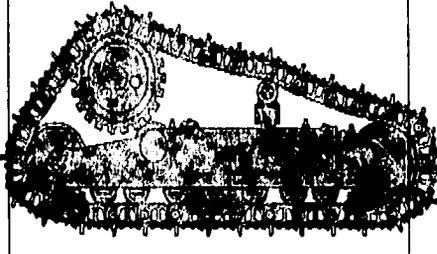
Configuración XR

Se tiene más cadena hacia atrás para contrarrestar el peso y equilibrar la máquina incrementando la tracción, asegurando alta fuerza para el empuje.



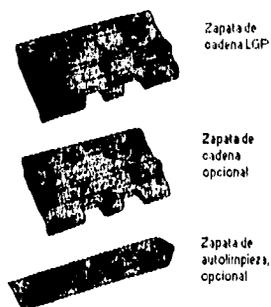
Configuración LGP

Este diseño es para trabajar en suelos blandos y esponjosos, pues la cadena es más larga y usa zapatas anchas.



El tractor sobre orugas desarrolla una mejor tracción ya que la superficie de contacto con el suelo es mayor que en los tractores en neumáticos, la oruga se

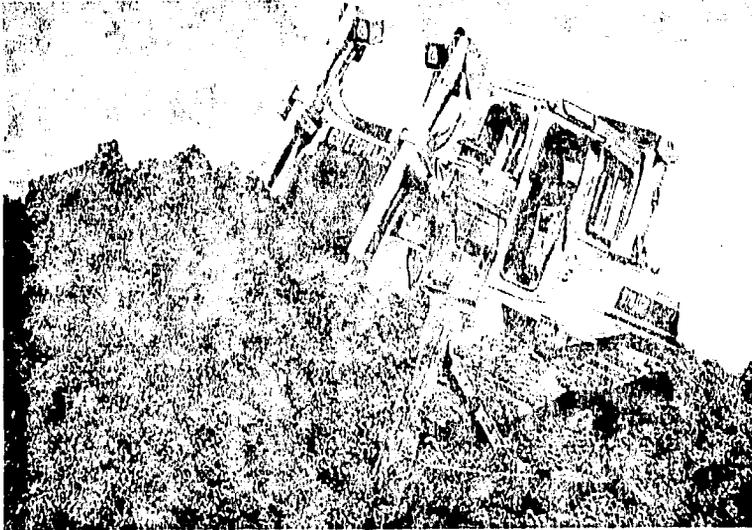
adhiera al suelo y permite desarrollar esfuerzos superiores a los que pueden soportar los neumáticos.



Los tractores sobre orugas son máquinas capaces de realizar trabajos muy diversos, pero por lo general el tractor se usa para empujar, remolcar, también se usa en trabajos como el arranque de árboles que vendría a ser parte del desmonte de un terreno, pero sus principales funciones son las siguientes:

- Remolque de cajones-remolque, en terrenos vírgenes, alejados, movedizos, pantanosos, inaccesibles para los tractores sobre neumáticos.
- Trabajos de empuje de tierras, explanación o de excavación y corte de diversos tipos de materiales.
- También sirven en trabajos en tandem como empujadores (pusher o snatch) para proporcionar energía a otras máquinas, principalmente equipos sobre orugas ó escrepas.

- Sirve como tracción para aparatos diversos como son los rippers o desgarradores de terreno.

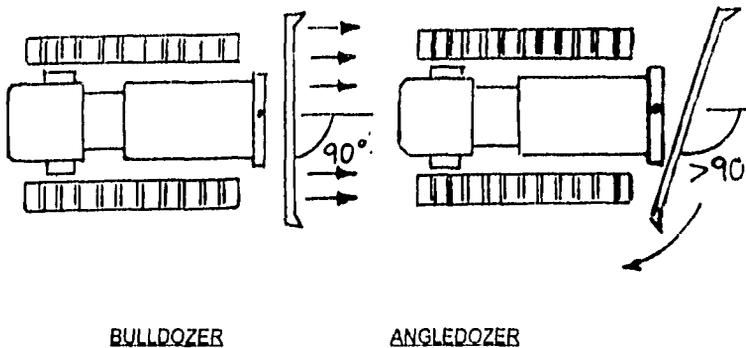


La principal ventaja que tiene el tractor sobre orugas sobre el tractor sobre neumáticos es la capacidad para trabajar de manera eficiente en terrenos desprovistos de carreteras o condiciones topográficas favorables que hacen sumamente difícil la labor para un tractor sobre neumáticos.

A los tractores también se les llama en inglés bulldozer o simplemente dozer, con este nombre podemos tener otra clasificación dentro de los tractores sobre orugas, según como se porte la herramienta de empuje:

- Bulldozer,
- Angledozer.

El bulldozer es el tractor al que se le monta la cuchilla en dirección perpendicular al avance de la máquina. Angledozer es el tractor con la cuchilla formando un determinado ángulo con la dirección de avance. La diferencia en la actividad de estas dos máquinas radica en la posición de su cuchilla y nos da como resultado que el bulldozer es más eficiente en empuje frontal, mientras que el angledozer lleva el material hacia adelante y hacia un lado, siendo más eficiente haciendo cortes con desperdicio lateral.



Los trabajos que vendrían a ser la especialidad de los bulldozer y angledozer son los siguientes:

- a) Trabajos de roturación, de escarificación y de empuje de tierras con poca o mediana velocidad de avance, estos trabajos sobre todo en casos donde la tracción juega un papel importante.
- b) Las operaciones de remolque, con o sin excavación, a poca velocidad, en largas y pronunciadas pendientes, en terreno desfavorable, en los lugares en que se está

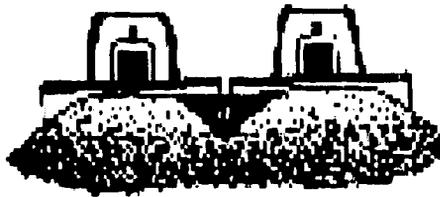
limitado por la capacidad de sostenimiento del suelo como son el barro, suelos disgregados, tierra recién acarreada etc...

c) El trabajo empujando, en que ayudan a las motoescrapas a obtener sus cargas máximas para conseguir disminuir el ciclo de operación.

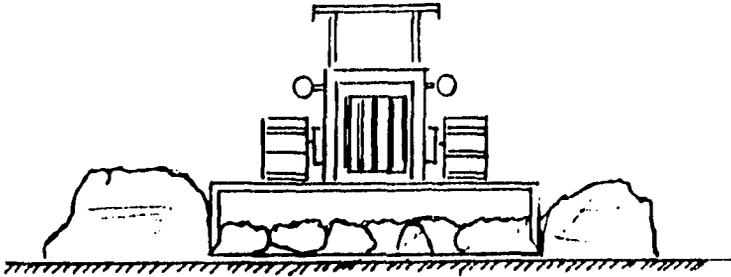
d) Transporte de materiales sobre todo a distancias de medianas a pequeñas, con fuertes pendientes.

El bulldozer es una máquina que se usa mucho, permite efectuar una nivelación rápida en terrenos de poca extensión ya que puede retroceder remover y empujar las tierras en cualquier dirección y más rápidamente que otros tipos de máquinas. Los bulldozers no deberán mover tierras a distancias superiores de 60 metros ya que su rendimiento se ve afectado negativamente. Siempre se deberá buscar que los tractores lleven el mayor número de metros cúbicos por cada viaje, para conseguir esto podemos realizar los siguientes procedimientos;

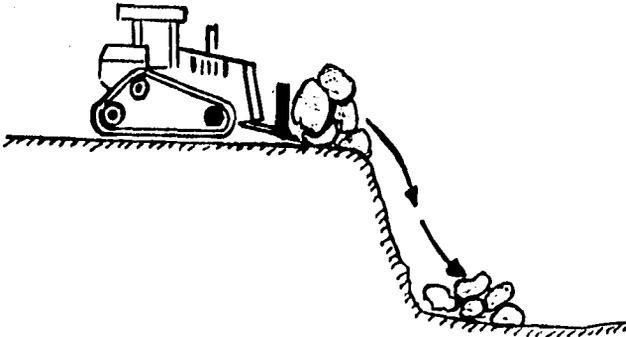
- Trabajo en pareja.- Este procedimiento consiste en colocar las cuchillas de los tractores una al lado de la otra de tal manera que actúen como si solamente fuera una cuchilla evitándose así el desbordamiento de tierra en sus extremos que se juntan. Este método permite aumentar la eficiencia pero se tiene como condición contar con operadores bien capacitados.



- Método del canal.- Consiste este procedimiento en aprovechar los montones de tierra que se forman en la primera pasada para que encuadren a la cuchilla y evitar así el desbordamiento lateral del material.

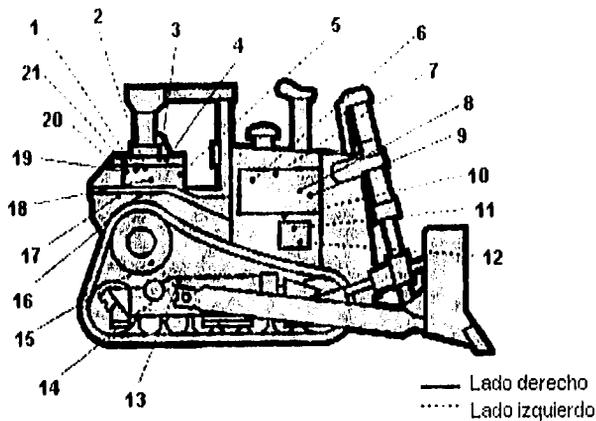


- Método de descenso.- Cuando se mueve material en pendientes fuertes no es necesario descender en cada viaje sino que puede formarse en el borde un montón debido a varias cargas y después dar un empujón final al material para que llegue hasta el fondo. De esta manera se ahorra tiempo y por lo tanto se gana en rendimiento del dozer.



Si estos métodos se combinan se puede obtener todavía un mayor rendimiento.

Los tractores de orugas se fabrican con una gran variedad de especificaciones, esto hace que el ingeniero puede elegir las cualidades más adecuadas y que se adapten mejor al trabajo por realizar.



- 1.- Servicio de la batería.
- 2.- Conector de diagnóstico.
- 3.- Tubo de llenado y varilla medidora del aceite del tren de fuerza.
- 4.- Tubo de llenado del aceite del sistema hidráulico.
- 5.- Interruptor general maestro.
- 6.- Indicador de servicio del filtro de aire.

- 7.- Servicio al filtro del aire (primario y secundario).
- 8.- Filtros del combustible.
- 9.- Bomba de cebado del combustible.
- 10.- Varilla medidora y tubo de llenado del aceite del motor.
- 11.- Filtro del aceite del motor.
- 12.- Lubricación remota del pasador central de la barra compensadora.
- 13.- Tubo de llenado y comprobación del aceite del resorte tensor (ambos lados).
- 14.- Ajustador de la cadena (ambos lados).
- 15.- Nivel del aceite del mando final (ambos lados).
- 16.- Drenaje del sistema hidráulico del implemento.
- 17.- Drenaje del filtro de la transmisión.
- 18.- Filtros del implemento hidráulico.
- 19.- Filtro del aceite del tren de fuerza.
- 20.- Tubo de llenado y varilla medidora del combustible.
- 21.- Depósito de aceite del eje pivote.

Las variables están en función de su herramienta y su tamaño siendo las características principales las siguientes:

- Peso de la máquina,
- Ancho de la oruga,
- Potencia en el gancho,
- Potencia en la polea,

- Características del motor, 2 ó 4 tiempos, origen, número de cilindros, cilindrada, diámetro, carrera, velocidad del pistón, par máximo, potencia nominal, combustible etc..
- Tipo de dirección,
- Tipo de embrague, o transmisión automática,
- Radio de giro con orugas normales o con orugas anchas,
- Longitud de la oruga en contacto con el suelo,
- Presión que se ejerce sobre el suelo,
- Dimensiones exteriores,
- Altura del gancho,
- Capacidad del depósito de carburante
- Altitud y temperatura ambiente,
- Resistencia a la rodadura,
- Efecto de las pendientes,
- Coeficiente de adherencia

A continuación se muestran los diferentes modelos de tractores sobre orugas que ofrece CATERPILLAR:

BULLDOZERS				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		CUCHILLA
		LB	KG	
D3C SERIES III	70	15500	7030.68	PAT
D3C XL SERIES III	70	15900	7212.12	PAT
D3CLGP SERIES III	70	16800	7620.35	PAT
D4C SERIES III	80	16000	7257.48	PAT
D4C XL SERIES III	80	16500	7484.27	PAT
D4C LGP SERIES III	80	17000	7711.07	PAT
D5C SERIES III	90	18100	8210.02	PAT
D5CXL SERIES III	90	18600	8436.82	PAT
D5C LGP SERIES III	90	19300	8754.33	PAT
D4H SERIES II	95	24200	10976.94	PAT
D4H XL SERIES III	105	25900	11748.04	PAT
D4H LGP SERIES III	105	27300	12383.07	PAT
D5H SERIES II	120	29200	13244.90	PAT
D5H XL SERIES II	130	30600	13879.93	PAT/5SU
D5H LGP SERIES II	130	35500	16102.53	PAT
D6D	140	33000	14968.55	6 S
D6E	155	33900	15376.78	6 S
D6H SERIES II	165	39900	18098.34	6 SU
D6H XL SERIES II	175	42000	19050.88	6 SU
D6H XR SERIES II	175	40100	18189.05	6 SU
D6H LGP SERIES II	180	45400	20593.09	6 S
D7G	200	44300	20094.14	7 S
D7H SERIES II	230	54500	24720.78	7 SU
D7H SERIES II	230	55000	24947.58	7 SU
D7H LGP SERIES II	230	59200	26852.67	7 S
D8N	285	81300	36877.06	8 SU/SS R
D9N	370	103500	46946.81	9 SU/SS R
D10N	520	147400	66869.52	10 SU/SS R
D11N	770	214800	97431.64	11 U/SS R

Tractores de Neumáticos

Los tractores de neumáticos se desarrollaron cuando surgió la necesidad de realizar trabajos con equipos que se movieran a mayor velocidad, algunos de estos tractores se usan a velocidades mayores de 50 km/hr y en ciertos trabajos compiten con los tractores montados sobre orugas.

Los tractores sobre neumáticos se fabrican de dos tipos; sobre dos ruedas y sobre cuatro ruedas.

Tractores sobre dos ruedas

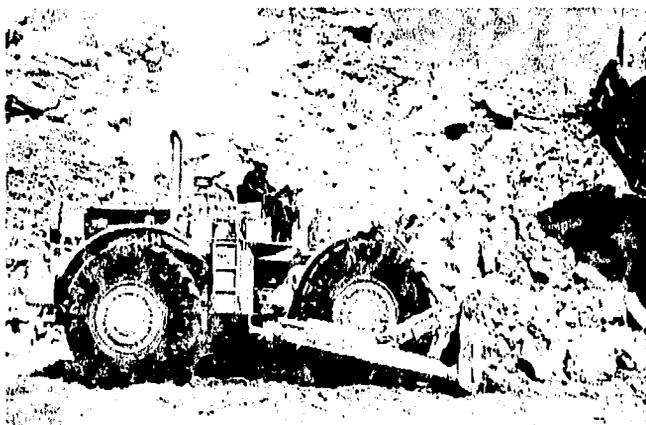
Los tractores sobre dos ruedas tienen como ventaja una gran maniobrabilidad, una rápida aceleración y débil resistencia en las curvas. Su velocidad máxima puede alcanzar hasta 60 km/hr, también los tractores sobre neumáticos de dos ruedas son eficientes en trabajos donde las distancias son mayores a 300 metros hasta distancias de 2.5 km. Al tractor de dos ruedas se le puede poner una escarpa, o caja dumper.

Los tractores de 2 ruedas son especialmente eficientes en trayectos desde 300 hasta 1500 m. El rendimiento es mayor cuando los caminos se conservan en buenas condiciones, son prácticos cuando hay la necesidad de una gran manejabilidad, y además se puede usar en caminos pavimentados y en zonas de obra.

Tractores sobre cuatro ruedas

Este tipo de tractores son más rápidos que los de dos ruedas, sus velocidades medias son desde 35 hasta 60 km/hr. Tienen la ventaja de tener una completa independencia de movimientos.

Los tractores de 4 ruedas presentan un mayor rendimiento en el transporte por caminos bien acondicionados o con carreteras con pendientes moderadas. También son prácticos en los transportes que se hagan por las carreteras ya que cumplen con las condiciones exigidas para tránsito por carreteras.



A continuación se muestran los diferentes modelos que ofrece CATERPILLAR de tractores sobre neumáticos

TRACTOR SOBRE NEUMATICOS				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		ANCHO DE CUCHILLA
		LB	KG	
814B	216	46137	20927.39	12'0"
824C	315	72015	32665.45	13'9"
834B	450	102195	46354.87	15'2"

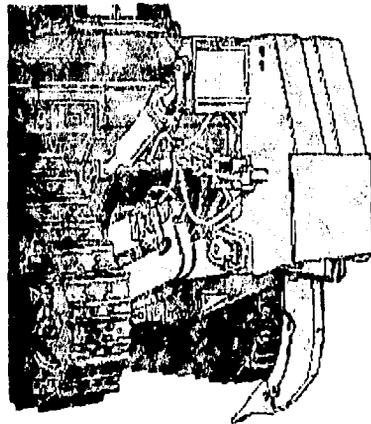
Tractores con ripper.

A los bulldozers muchas veces se les pueden poner equipos diferentes en la parte posterior del tractor, uno de esos equipos más comunes es el ripper o en español llamado escarificador ó desgarrador, este equipo es usado cuando es necesario mover materiales que se encuentran muy compactos en un banco, este equipo al desgarrar el suelo permite que los tractores, dozers, las escrepas y motoconformadoras puedan alcanzar rendimientos cercanos a los máximos al aflojarles el material que han de empujar o cargar. Hay dos factores que limitan el uso de escarificadores; la potencia del tractor y la capacidad de los dientes de poder penetrar en el suelo. Las unidades de montaje posterior de escarificación pueden llevar desde 1 hasta 5 dientes, estos dientes son de tipo recto, curvo y el ahusado.

Desgarradores. De undiente y de dientes múltiples para penetrar rápidamente material difícil y desgarrarlo totalmente.

Los cilindros hidráulicos para ajustar la inclinación varían el ángulo del vástago para obtener la mejor penetración para levantar y quebrar la roca.

El operador puede ajustar el vástago desde su asiento con un extractor optativo de pasador.



El número de dientes que se colocan en el equipo integral de montaje posterior está en función de la dureza del material, a mayor dureza del material menor cantidad de dientes que se colocan. Si el trabajo requiere una gran penetración del diente, se pueden dar varias pasadas hasta lograr llegar a la profundidad deseada.

II.2.- MOTOCONFORMADORAS Ó MOTONIVELADORAS

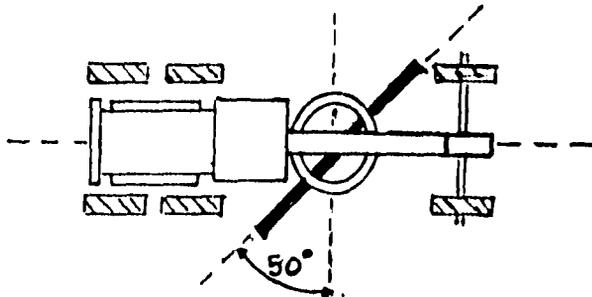
Las motoconformadoras son máquinas que sirven para excavar, desplazar y nivelar la tierra, constan de un elemento principal que viene a ser la cuchilla de perfil curvo, esta cuchilla puede girar y formar un ángulo de 0 a 180 grados con respecto con el eje de avance de la máquina, y en el plano vertical se puede fijar en cualquier inclinación.

Las motoconformadoras son máquinas de gran uso en la construcción y conservación de vías terrestres. son de gran aplicación en la construcción de terracerías y se emplean para revolver materiales y para extender y conformarlos, son usadas también para afinar taludes, hacer zanjas y hacer cunetas etc...



A las motoconformadoras se les agrega también un escarificador, este se usa antes de que entre la cuchilla para remover el suelo más duro. Para que nuestra máquina trabaje lo mejor posible, tendremos que buscar la potencia máxima de la máquina, esto lo conseguiremos ajustando la cuchilla en diferentes posiciones, al ser

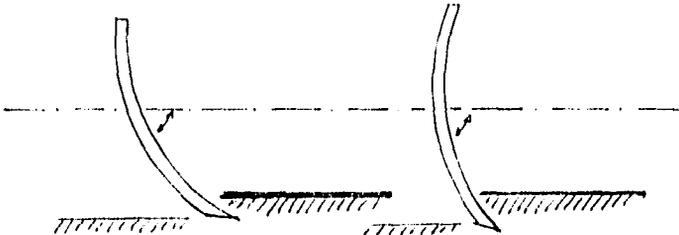
cóncava la cuchilla, la posición frontal más eficiente para revolver material será cuando el filo de la cuchilla queda vertical, esta posición la utilizamos principalmente cuando emparejamos superficies o se dan formas definitivas. Para cortar material se inclina la parte superior de la cuchilla hacia atrás quedando el filo en posición de corte.



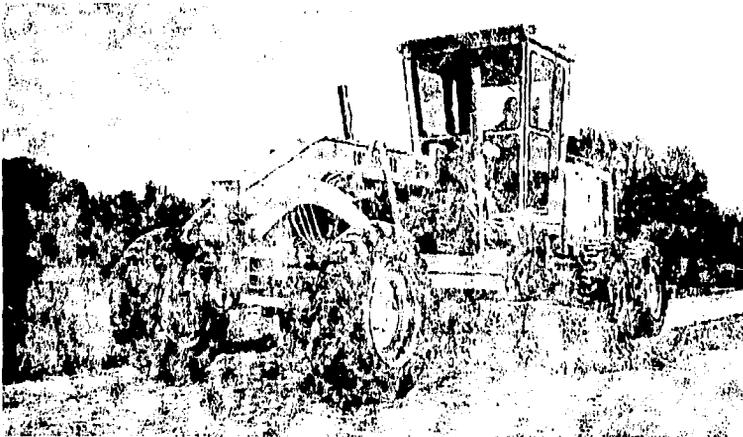
Cuando el trabajo en cuestión es conservación de caminos la parte superior de la cuchilla deberá colocarse inclinada hacia adelante, y en cuanto a la posición de la cuchilla con respecto al eje longitudinal de la máquina para realizar rastreos y el material pueda correr libremente hacia uno de los extremos de la cuchilla deberá ser un ángulo de entre 60 a 70 grados. La inclinación de las ruedas delanteras deberá cuidarse mucho también ya que estas soportan una fuerza lateral que tiende a desviar la parte delantera de la máquina, para equilibrar esta fuerza, las ruedas delanteras deberán inclinarse hacia la dirección que lleva la tierra al correr sobre la hoja de la cuchilla. En distancias menores a 300 metros para el regreso de la motoconformadora conviene usar la reversa pero cuando la distancia es mayor es conveniente que se de vuelta completa la máquina.

Cuando la motoconformadora realiza labores de excavación la cuchilla deberá colocarse de manera que el ángulo penetre en el suelo para hacer un surco profundo, la línea de ataque se traza de modo que la rueda trasera del mismo lado pase por el fondo del surco, si no tomamos en cuenta la motoconformadora será jalada al otro lado del lado del ataque. La tierra excavada resbalará por la cuchilla aún mejor si su posición tiene un ángulo mayor en relación con la dirección de marcha, el ángulo de

penetración y la profundidad a la que penetraremos el suelo esta en función de la naturaleza del suelo, el ángulo de corte o de incidencia es pequeño en los suelos húmedos en comparación con el que se usa para los suelos secos.



Cuando se usa la motoconformadora para nivelar, o repartir tierra y hacer regulaciones finales, se coloca la cuchilla con un ángulo aproximado de 50 grados con respecto al eje longitudinal de la máquina, de este modo se hace efectivo el tapar hoyos con el material desplazado y el exceso de material se va dejando a un lado. Para este tipo de trabajos el ángulo de incidencia de la cuchilla deberá ser de 90 grados para una mayor eficiencia de la máquina.



Las motoconformadoras también se usan para desplazar materiales de un lado a otro, este desplazamiento se hace en forma de un cordón paralelo a la línea de

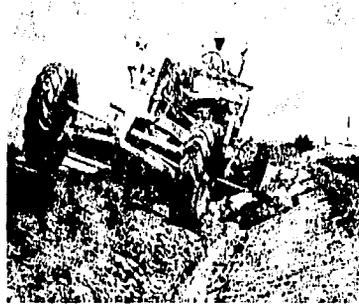
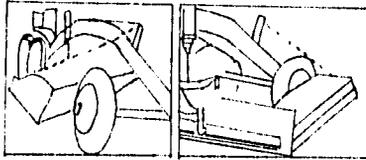
excavación, esta operación se realiza orientando la cuchilla de tal modo que la tierra excavada resbale por el lado opuesto al del surco excavado. esta operación se repetirá las veces que sea necesario hasta colocar el material en el lugar deseado.

Las motoconformadoras se pueden usar en la operación de despalme de terreno en donde haya suelo con alto contenido orgánico. así como matorrales y no se tenga la existencia de grandes árboles, la cuchilla se colocará en posición vertical y esto residuos vegetales se amontonarán para una posterior quema.



Las motoconformadoras se pueden usar con escarificadores si cuentan con la suficiente potencia y el suelo es propio para escarificar con motoconformadora, (si es muy duro se tendrá que escarificar con tractor) se baja el escarificador e inmediatamente después viene la cuchilla por lo que es inmediato el transporte, o traslado del material escarificado. También es muy útil la motoconformadora en la construcción de cunetas, así como en su conservación y limpieza, esta operación se realiza con la máquina trabajando con las ruedas de un mismo lado en la cuneta, y las ruedas del lado opuesto sobre la carretera, para esta operación se usa un equipo que

se le coloca en el extremo de la cuchilla, este aditamento se llama backsloper, y dando a la cuchilla la inclinación deseado se consiguen las especificaciones de la cuneta. de este modo la tierra extraida de la cuneta se coloca en cordón sobre la carretera.



Estas máquinas son especialmente útiles en la mezcla de volúmenes de diferentes materiales, como pueden ser los que se usan para la estabilización de terracerías, los materiales e ingredientes para la estabilización se depositan en cordón sobre la terracería, la conformadora hace primero una mezcla pasando de un lado a otro de la carretera el cordón, posteriormente pasa a esparcirlos para su regulación final. Si esta operación se efectúa utilizando más de una motoconformadora el rendimiento se incrementará, por lo que esto es recomendable.

Las motoconformadoras pueden ser utilizadas en el ensanchamiento de carreteras, para la construcción de canales pequeños, en este caso el tipo de canales que se construyen serán los canales pequeños de sección triangular, se pueden usar así mismo para preparar terrenos en terrazas para cultivos.

Un factor muy importante en el buen rendimiento de la motoconformadora será que el operador de la máquina este bien capacitado para serlo. Las motoconformadoras se eligen en función de los trabajos que se piensan realizar, de este tipo de máquinas hay existencia de tamaño pequeño, mediano y pesadas, las de tamaño pequeño se usarán principalmente para mantenimiento, conservación y limpieza. una motoconformadora de mediano tamaño será propio usarlas en labores de

mezcla y esparcido de materiales para la superficie de terracerías, en tanto que una motoconformadora de características pesadas se usará en tareas de excavación y terraplenado. También se deberán tomar en cuenta característica como son; desplazamiento lateral de los ejes, ruedas delanteras motrices o solo posteriores motrices.

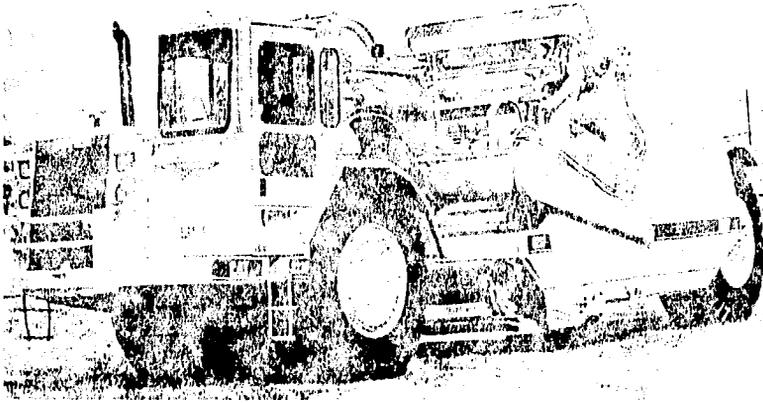
En conclusión se puede decir que esta máquinas son ideales en el movimiento de tierras que necesitan ser homogenizadas, esto es, colocación de los materiales en en cordón en un lado, dándoles varias vueltas hasta revolverlos. Aún cuando las motoconformadoras pueden llevar a cabo labores de excavación, no se deberán hacer excavaciones de tipo pesado, las excavaciones que se realizarán con las motoconformadoras serán en condiciones de poca pendiente, de preferencia terreno llano, de preferencia sin rocas ni raíces, por lo general se harán estas excavaciones en suelos de tipo agrícola. En estas condiciones ideales las motoconformadoras son el equipo de movimiento de tierras más económico, pues son muy rápidas y no necesitan dar vuelta para completar su ciclo, sino que pueden regresar por material usando REVERSA.

A continuación los diferentes modelos de motoconformadoras que ofrece CATERPILLAR:

MOTOCONFORMADORAS				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		LONGITUD SIN EL RIPPER
		LB	KG	M.-CM
120H	125	27600	12519 15	8 23
135H	135	28550	12950 06	8 23
12H	140	31410	14247 34	8 53
140H	150	32460	14723 61	8 53
143H	150/185	32570	14773 50	8 53
160H	180	34360	15585 43	8 53
163H	180/200	36460	16537 98	8 53
14H	215	41410	18783 26	9 25
16H	275	54560	24748 00	9 98

II.3. - ESCREPAS Y MOTOESCREPAS

Escrepas y motoescrepas son equipos con los que podemos hacer excavaciones, acarreo y depósito de materiales en un solo viaje, son de gran aplicación en obras donde se presenten grandes movimientos de tierras como en carreteras, aeropistas y en obras hidráulicas como son las presas de tierra, también se usan en minas y canteras, a continuación se mostrarán un poco más a detalle cuáles son sus principales características y cómo es que realizan su trabajo.



Las escrepas son máquinas que están montadas en 4 ruedas, son máquinas que pueden ser remolcadas por tractores sobre orugas o sobre neumáticos, las escrepas son máquinas capaces de excavar, cargar, acarrear, descargar y extender todo en un solo viaje.

Las escrepas pueden ser clasificadas según el tipo de vaciado que realicen este vaciado puede ser por pared deslizante eyectora (por delante) ó por levantamiento y basculamiento de la caja. Los dos procedimientos de vaciado son muy efectivos con la diferencia que la máquina de vaciado por delante se puede descargar sin tener que detener la máquina en cambio la del tipo de levantamiento la máquina tiene que hacer un alto total. Esta es una diferencia importante ya que el no detener la máquina nos permite tener ganancias en cuanto al tiempo se refiere. Las escrepas de cuchilla deslizante pueden depositar el material en capas uniformes gracias a que su cuchilla se le puede regular su altura de abertura.

Para usar las escrepas de manera eficiente tenemos que tener presentes tres condiciones básicas que siempre debemos cumplir para poder decir que estamos utilizando a las escrepas de la manera más eficiente:

1.- Las condiciones de carga , la máquina deberá de cargar o tratar de cargar la capacidad máxima permisible del modelo de escrepa con que contemos, la operación de carga se deberá hacer en una distancia no mayor de 30 metros, deberemos cuidar que la operación de carga o llenado sea en el menor tiempo posible, para conseguir un llenado de la escrepa en una distancia menor de 30 metros y en un tiempo de entre 1 y 2 minutos la cuchilla deberá penetrar entre 15 y 20 cm en el suelo tipo A. Estó sería en las condiciones ideales de funcionamiento pero no siempre tenemos estas condiciones y deberemos considerar que a mayor profundidad aumenta la resistencia y es más probable que se presenten atorones. también se pueden producir patinazos de la máquina. En cambio a menor profundidad de cuchilla el llenado se realizará en una distancia mayor y el tiempo de llenado también será mayor. Existen algunos trabajos previos que podemos realizar para evitar estos problemas, por ejemplo si el material es muy duro se procederá a escaificarlo para de esta manera facilitarle la carga a la escrepa. Aún cuando el material sea duro, para la carga podremos hacer uso de un tractor empujador equipado con placa de tope, aunque cabe señalar que este tractor de auxilio para la escrepa se justificará cuando haya varias escrepas en

funcionamiento ya que de lo contrario el tractor tendrá muchos tiempos muertos que estarán costando dinero. Si de plano el material que se va a excavar con las escrepas es muy duro podemos mejor usar el tractor para desgarrar completamente el suelo para la carga de la escrepa.

2.- Transporte del material.- Se debe proporcionar una buena superficie de circulación. El camino debe estar en las mejores condiciones posibles para tratar de alcanzar las velocidades máximas, de preferencia si no está en buenas condiciones el camino se deberá mejorar, quitando de la superficie de rodamiento rocas grandes, troncos y algunos otros objetos que pudieran dificultar la circulación, ya que los defectos en el camino inciden en el rendimiento pues aumenta la resistencia al rodamiento, provocando vibraciones y golpes en el tractor lo que provoca cansancio en el operador, las vueltas deberán hacerse en la menor distancia posible así como en el menor tiempo, la presión en los neumáticos es un punto que debemos cuidar. Si el camino por donde pasará la escrepa es polvoriento es conveniente humedecer la superficie. El trabajo de mejoramiento de el camino por donde se circulará lo puede hacer incluso la propia escrepa al circular en la primera vuelta cuando circula vacía bajando la cuchilla y nivelando el camino.

3.- Tendido del material.- Esta operación se lleva a cabo por lo general cuando las escrepas tienden el material en capas horizontales de un espesor igual, para tener un mejor rendimiento el tendido deberá hacerse a la mayor velocidad posible, en tramos que sean la distancia mínima, estas capas se colocarán en espesores de 15 a 20 cm.

Motoescrepas

Las motoescrepas son máquinas que combinan al tractor y la escrepa, son el tractor y la escrepa ambos sobre neumáticos, esto permite a diferencia de las escrepas tiradas por tractores sobre orugas, mayores velocidades y por consiguiente mayores rendimientos. Las velocidades son de aproximadamente hasta de 50 km/hr.

El tractor que jala a la escrepa en este caso puede ser de 4 ruedas como los tractores normales o de 2 ruedas con el motor delante del eje de las ruedas, de esta manera equilibrando la carga en la parte posterior en la caja. Los neumáticos a diferencia de las orugas tienen menor adherencia con el terreno por lo tanto las motoescrepas por lo general necesitarán de los tractores pushers para una buena eficiencia durante la operación de carga.

La motoescrepa es eficiente en distancias de 300 a 1200 metros recorriéndolos rápidamente y llevando un volumen bastante grande de material de 16 a 45 m³ o más

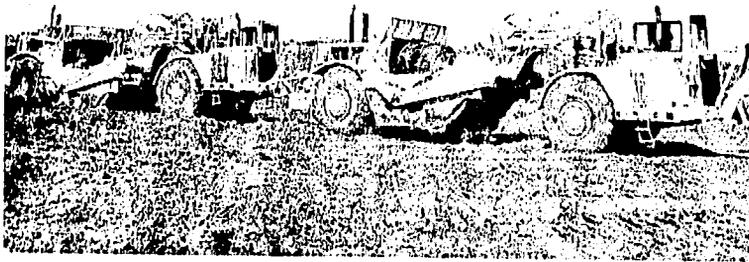
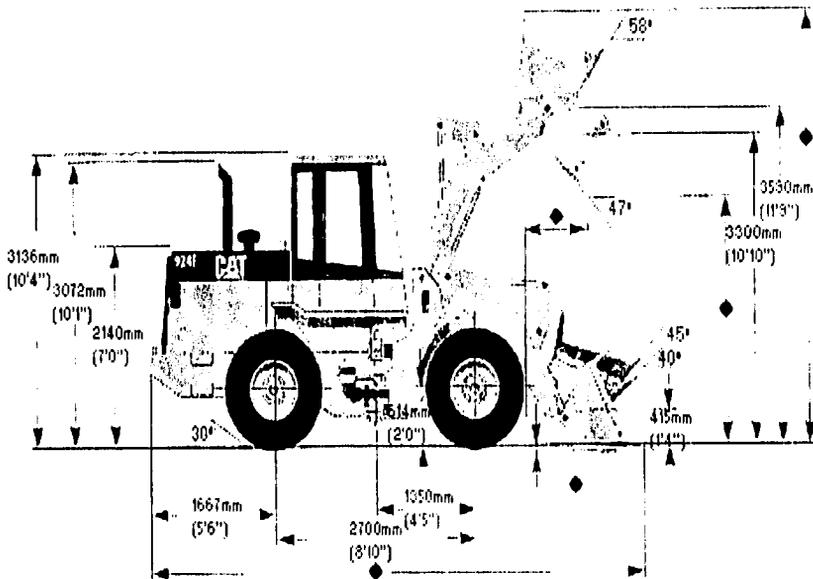


Tabla con los modelos CATERPILLAR de motoescrepas:

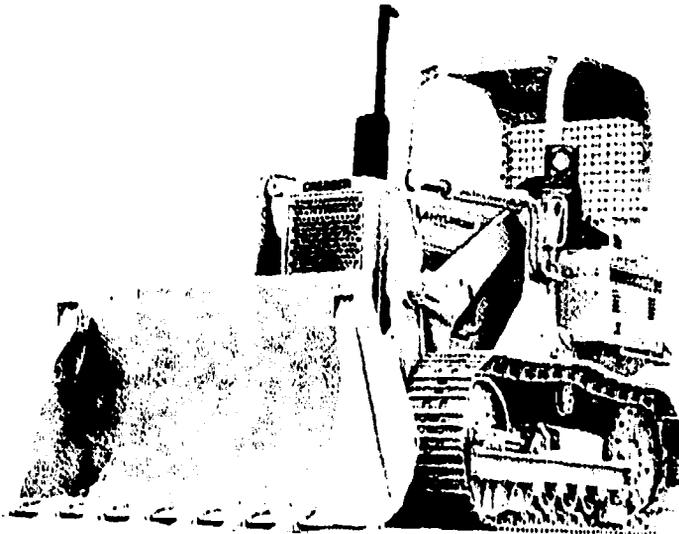
MOTOESCREPAS			
MODELO	HP	CAPACIDAD LLENA/COPE YD3	VELOCIDAD MAX CARGADA MPH
621F	330	14/20	32.00
631E SERIES II	450	21/31	33.00
651E	550	32/44	33.00
613C SERIES II	175	11	24.00
615C SERIES II	265	17	29.00
623F	365	23	30.00
633F	475	34	33.00
627F	555	14/20	32.00
637E SERIES II	700	21/31	33.00
657E	950	32/44	33.00

II.4.- TRAXCAVOS O CARGADORES FRONTALES.

Los traxcavos también son llamados tractores pala estas máquinas pueden ser sobre orugas o sobre neumáticos, llevan adaptados un cucharón en la parte delantera que funciona con un sistema hidráulico, el cucharón varía de tamaño. Los cargadores frontales como también se les llama, cuando son sobre orugas, tienen su principal campo de aplicación en trabajos de relleno o de carga, la oruga tiene la ventaja sobre los neumáticos de poder ser usada en suelos muy malos. Los cargadores sobre neumáticos son cada vez más utilizados debido a su condición de gran movilidad que tienen, los cargadores frontales sobre neumáticos los presentan los fabricantes con bastidores rígidos, esto en los modelos pequeños, en los modelos de gran capacidad del bastidor lo presentan de tipo articulado o con dirección giratoria.



Los cargadores frontales sobre orugas cuando es utilizado en la explotación de bancos deberá estar equipado con desgarrador, (ripper), para ser más útiles.



A continuación los cargadores frontales sobre orugas que ofrece caterpillar:

CARGADOR FRONTAL SOBRE ORUGAS				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		CAPACIDAD DEL BOTE
		LB	KG	YD3
933	70	17730	8042.19	1.25-1.3
933 LGP	70	18440	8364.24	1.25
939	90	21640	9815.74	1.5
953B	120	33380	15140.91	2.0-2.4
963B	160	42550	19300.36	2.25-3.2
973	210	57770	26204.03	3.4-4.2

A continuación tabla con los diferentes modelos de cargadores frontales sobre neumáticos que ofrece caterpillar:

CARGADOR FRONTAL SOBRE NEUMATICOS				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		CAPACIDAD DEL BOTE
		LB	KG	
910F	80	15452	7008.91	1.3-1.7
924F	105	20081	9108.59	1.8-2.25
928F	120	24574	11146.58	2.4-2.8
930T	105	21336	9677.85	2.25
938F	140	28731	13032.16	2.75-3.25
950F SERIES II	170	36521	16565.65	3.25-4.0
960F	200	38936	17661.07	4.0-4.5
966F SERIES II	220	46096	20908.79	4.25-5.0
970F	250	51268	23254.77	5.0-6.0
980F SERIES II	275	61046	27690.00	5.0-7.0
988F	400	97727	44328.22	7.8-9.0
990	610	161994	73479.24	11.0-11.2
992D	690	196557	89156.76	12.5-14.0
994	1250	390300	177037.10	13.0-40.0

II.5.- RETROEXCAVADORAS, DRAGAS Y PALAS.

Estas máquinas han sido diseñadas con el objeto de cumplir varias tareas con una variedad importante de accesorios que se les pueden agregar para hacerlas más versátiles.

Las palas, dragas y retroexcavadoras al igual que los tractores pueden estar montadas sobre orugas o sobre neumáticos, aunque para trabajos sobre terrenos flojos y húmedos donde la superficie de apoyo que ofrecen las orugas asegura un movimiento seguro y adecuado, hace recomendable el uso de orugas.

Palas

Las palas son máquinas que consisten en una pluma, un brazo, y un cucharón con un mecanismo para abrir la puerta que va montada en el fondo del mencionado cucharón así como otro mecanismo de avance del o de los brazos con los que cuenta la pala, también tiene una polea en la punta de la pluma en el caso de las palas mecánicas.



La pluma deberá estar construida de tal manera que presenta gran resistencia a los esfuerzos de torsión que se producen cuando el giro empieza antes de que el cucharón haya dejado el suelo o antes de que se haya terminado la operación de excavación, los brazos del cucharón pueden estar provisto de un movimiento de traslación al cual se le conoce como de ataque y retroceso, también pueden tener un movimiento de rotación alrededor de un eje horizontal fijo, es importante mencionar que al terminar de usar estas máquinas deberemos de cuidar de no dejar el cucharón elevado, siempre se dejará en el suelo. el cucharón puede ser de una gran variedad de tamaños según lo requieran las necesidades de la obra, aunque las dimensiones de la máquina también estará en función de la pala que se requiera por lo que nos hace ver que el cucharón es parte integral de la máquina. Al comprar un cucharón deberemos de tomar en cuenta que este penetrará en los materiales más diversos desde suelo blando hasta roca, las paredes del cucharón deberán ser lo suficiente robustos para resistir esta prueba. La pala mecánica realiza cuatro movimientos principales, estos son:

- El movimiento de elevación, por medio del cualla cuchara es arrastrada a través del material que se excava.

- El movimiento de avance de la cuchara, o ataque, por medio del cuales empuja la cuchara dentro del material que se excava.

- Un movimiento hacia atrás de la cuchara, o también llamado retroceso, el cual combinado con el movimiento de ataque, proporciona cierto movimiento de vaivén que ayuda a disgregar el material que se excava.

- El movimiento de giro y descarga del material excavado.

Como en todas las máquinas para tener un buen rendimiento el factor humano juega un papel muy importante también, esto es, el operador debe de estar bien capacitado

ya que un operador hábil puede levantar y atacar simultáneamente, en una proporción adecuada, para llenar la cuchara en el mínimo de tiempo, el operador empieza la rotación apenas la cuchara se separa de la superficie de ataque, eleva y avanza la cuchara en posición de descarga durante el giro, empieza a verter antes de que termine la rotación y baja la cuchara vacía durante el retorno de la pluma al punto de excavación. Para la carga de los aparatos de transporte de material, se aprovecha el período de excavación para llevarlos en posición de carga. Si las condiciones del lugar se prestan es conveniente colocar una unidad de transporte a cada lado de la pala, para que esta pueda cargar inmediatamente después de la primera.

A continuación se harán las recomendaciones para el correcto aprovechamiento de la pala:

- a) No se deberá de hacer trabajar a la pala en taludes mayores en dos metros a la altura del corte,
- b) Cuando se encuentre obstáculos la pala se deberá limpiarlos de los lados preferiblemente para no dañar el cucharón ó la misma pala,
- c) Al bajar la cuchara en la posición de excavación se procurara no chocar el fondo con el pie de la pluma o contra los patines de las cadenas,
- d) Trabajar en un frente de ataque donde su altura nos presente buenos rendimientos,
- e) Tener una buena relación entre nuestra pala y el tamaño de los equipos de transporte,
- f) Deberemos encontrar la mejor posición para colocar el aparato de carga ya que de este modo conseguiremos una mayor eficiencia.

g) Se empezarán los trabajos de excavación en el punto más bajo del perfil definitivo requerido, para asegurar el escurrimiento natural de las aguas,

Las siguientes observaciones se deberán también tomar en cuenta para la correcta utilización de la pala:

- Debemos de tomar en cuenta el volumen de material que excavaremos para hacer una evaluación de la economía y conveniencia de usar o no la pala.
- Se deberá de verificar el estado físico del material, esto es su consistencia, esto para checar el correcto llenado de la pala con el material para que no se caiga el material de la pala.

Cuando la excavación la realizamos en roca es diferente ya que deberemos de tener las siguientes precauciones:

- Establecer una zona segura de carga y maniobra de la pala y de los equipos de transporte.
- Establecer un plan de trabajo y ataque ya que puede influir el hechado de la roca.

A continuación los modelos de palas frontales que ofrece CATERPILLAR:

PALAS FRONTALES				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		MAXIMO ALCAN/PROF
		LB	KG	
5080 FS	428	186000	84368.18	9.5/2.5
5130 FS	755	385000	174633.06	12.9/---
5230 FS	1470	683000	309803.59	14.9/---

Retroexcavadoras.

Las retroexcavadoras cuentan con un brazo, de un cucharón y un mecanismo de giro. Esta máquina fue inventada para excavar principalmente debajo de la superficie, este tipo de máquina excavadora combina a la draga de arrastre y a la pala mecánica, aunque al cavar bajo la superficie la retroexcavadora alcanza profundidades mayores a las alcanzadas por la pala mecánica.

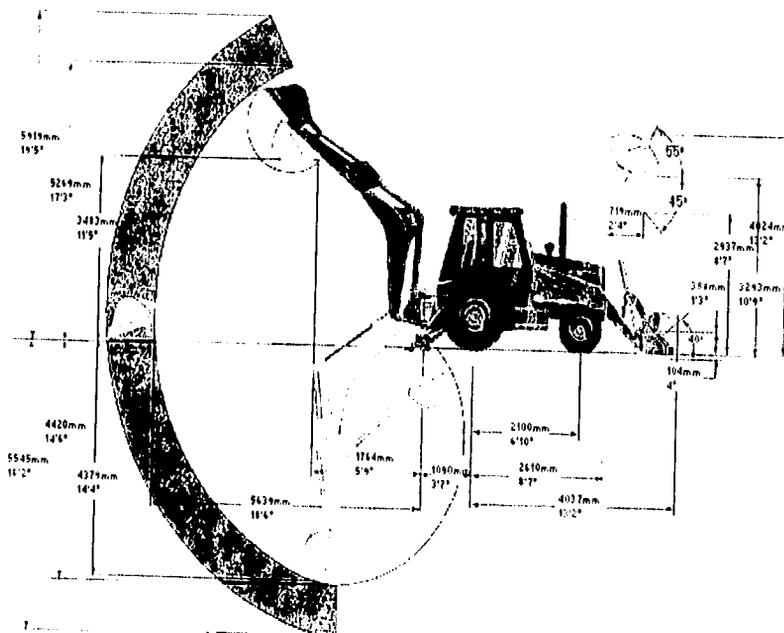
Existen una gran variedad de tamaños de cucharones, deberemos de tener en cuenta que las zanjas que muchas veces se construyen con estas máquinas son para el tendido de tuberías y de esto dependerá la magnitud del ancho del cucharón ya que si utilizamos un cucharón muy ancho en comparación con el diámetro del tubo que vamos a colocar estaremos excavando volúmenes de excavación mayores a los necesarios con una consecuente disminución en el rendimiento de la obra, aunque es aconsejable usar el cucharón más grande posible dentro de los límites impuestos por el tamaño de la zanja y el tamaño de nuestra máquina. Otra consideración que deberemos tomar en cuenta es que a medida que aumenta la profundidad de excavación el rendimiento de la retroexcavadora disminuye debido a que los ciclos de operación se hacen más largos.

Para seleccionar una retroexcavadora estaremos sujetos a dos principales variables: la primera dicta el tamaño del cucharón y la segunda nos dará las dimensiones de la pluma:

- a) El ancho de la zanja por excavar.
- b) La profundidad a la que se necesita llegar en la excavación.

A continuación listado donde se muestran los diferentes modelos de retroexcavadoras con cargador frontal que ofrece CATERPILLAR:

CARGADOR FRONTAL CON RETROEXCAVADORA				
	HP	PESO DE OPERACION		ALCANCE DE EXCAVACION
		LB	KG	FT-IN
416B	74	13700	6214.22	14.6-18.2
426B	79	14970	6790.28	15.6-20.3
428B	74	16500	7484.27	15.9-19.2
436B	84	15086	6842.89	16.3-20.4
446B	95	19603	8891.77	17.2-21.5



Ahora que también tenemos la opción de adquirir una retroexcavadora sobre neumáticos o sobre orugas, esta elección estará en función de la movilidad que requiramos, ya que una retroexcavadora sobre orugas es más lenta en sus desplazamientos que una retroexcavadora sobre neumáticos, aunque la que está sobre orugas tiene una mejor sustentación sobre el suelo en comparación con la de neumáticos.

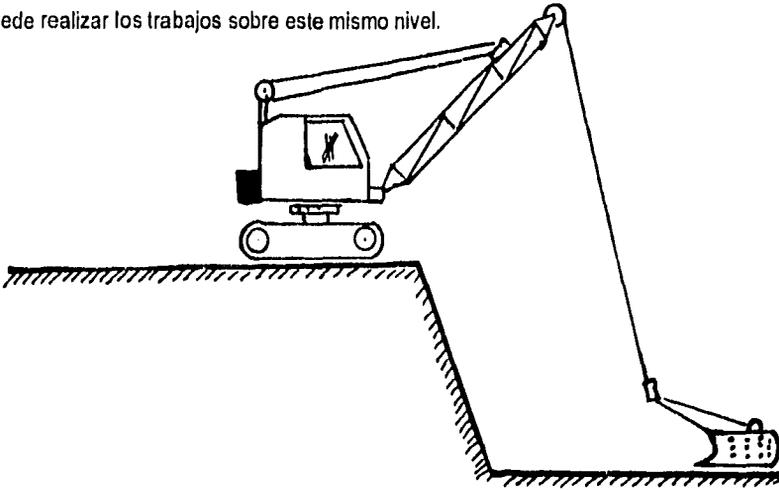
Hay que mencionar que todavía en la actualidad nos encontramos con retroexcavadoras de mandos mecánicos, esto es por medio de cables y las hay también con sus movimientos por medio de sistemas hidráulicos.

- Tabla donde se muestran los modelos de retroexcavadora de CATERPILLAR ofrece:

RETROEXCAVADORAS				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		ALCANCE MAX/PROF
		LB	KG	M
307	54	16200	7348.20	6.4/4.6
311	79	25100	11385.17	8.1/5.6
312	84	27200	12337.71	8.6/6.1
315	99	34300	15558.22	9.1/6.5
315L	99	35200	15966.45	9.1/6.5
320	128	42150	19118.92	9.7/6.6
320L	128	46960	21300.70	9.7/6.6
322L	153	23950	10863.54	10/6.7
325L	168	62000	28122.73	10.6/7.2
330L	222	75000	34019.43	12.4/8.9
350L	286	112000	50802.35	13.5/9.6
375	428	180000	81646.63	16/10.9
375L	428	187000	84821.77	16/10.9
375ME	428	180310	81787.24	13.1/8.1
5130ME	755	390000	176901.02	14.9/8.4
5230ME	1470	670000	303906.89	17.9/9.4

Draga de arrastre

Las dragas de arrastre son máquinas que cuentan con un cucharón también llamado balde, una pluma, un cable de arrastre, un cable de levantar (a la pluma), y una polea en la punta de la grúa o pluma. Este tipo de excavadora lleva a cabo su labor tirando del balde hacia la máquina y regulando la profundidad de excavación por medio de la tensión que se le da al cable de levantar a la grúa. Ya que la draga de arrastre puede llevar a cabo excavaciones varios metros bajo el nivel de la máquina o puede realizar los trabajos sobre este mismo nivel.



La draga de arrastre será conveniente usarla cuando se nos presenten tierras blandas, arcilla o roca cuando está bien tronada con dinamita. La usaremos también en los trabajos de desmonte. En la construcción de terracerías esta máquina no es muy común verla ya que sus principales usos son en la construcción de canales de riego, o zanjas para drenajes, es más común verlas en tareas auxiliares en el proceso de la construcción de vías terrestres al poder estas extraer materiales como arenas y gravas de río que se pueden usar en estos procesos constructivos.

II.6 - EQUIPOS DE COMPACTACION

La compactación, es el aumento por métodos artificiales del peso volumétrico de un material ya que de manera natural son necesarios de dos a tres años sujeto al intemperismo para que un relleno o un talud alcance el grado deseado de compactación, estos métodos artificiales los levamos a cabo por medio de la reducción del porcentaje de vacios en ese material, debido a que es bien sabido que un aumento en el peso volumétrico seco de un suelo hace que tenga menor permeabilidad y de este modo se presente una mayor resistencia al esfuerzo cortante

En todos los suelos, al incrementarse su humedad se les proporciona un medio lubricante entre sus partículas que permite un cierto acomodo de éstas cuando se someten a un esfuerzo de compactación. Si se sigue incrementando la humedad, empleando el mismo esfuerzo de compactación, se llega a obtener el mejor acomodo de las partículas del suelo y por consecuencia el mayor peso volumétrico seco, con una humedad llamada humedad óptima.

Existen varios factores fundamentales que deberemos tener en cuenta para tener como resultado en estos trabajos una buena compactación:

a) Contenido de humedad.- Todo material tiene un contenido óptimo de humedad para la cual se obtiene, bajo un cierto esfuerzo de compactación, la densidad máxima. Esto quiere decir que debemos buscar la cantidad de humedad necesaria para una compactación eficiente, ya que un exceso o escases de humedad exigirá un mayor esfuerzo compactivo.

b) La granulometría del material.- Este punto es importante ya que deberemos de tener una granulometría donde se incluyan partículas de varios tamaños ya que las partículas pequeñas se colocan en donde dejan huecos las partículas de mayor tamaño, la forma de estas partículas es importante también ya que es más fácil

compactar materiales con características angulosas que materiales con partículas redondeadas.

c) El número de pasadas.- Este punto dependerá del tipo de material que se nos presente, así como del equipo con que contemos, ya que influye el peso y las características apisonadoras en sí, también importante el traslape que se haga y la capacidad o habilidad del operador.

d) Presión de contacto.- Esta depende del tipo de material, del área expuesta por el compactador, de la presión de inflado y el peso del compactador, las máquinas modernas ejercen presiones de contacto más o menos uniformes.

e) Velocidad del equipo compactador.- Deberá ser lo suficientemente veloz para no interferir con los equipos de depósito de material.

f) Espesor de la capa.- Depende fundamentalmente del tipo de material y del equipo que usemos.

Principios que rigen los equipos de compactación

Los diferentes equipos de compactación que existen pueden ser regidos por los principios de :

POR AMASAMIENTO

- Rodillos de ruedas segmentadas.
- Rodillos pata de cabra.

PRESION ESTATICA

- Aplanadoras de rodillos metálicos lisos.
- Aplanadores de neumáticos.

- Aplanadoras de rodillos de rejilla.

IMPACTO

- Martillos neumáticos.

VIBRACION

- Rodillos vibratorios.
- Compactadores combinados.

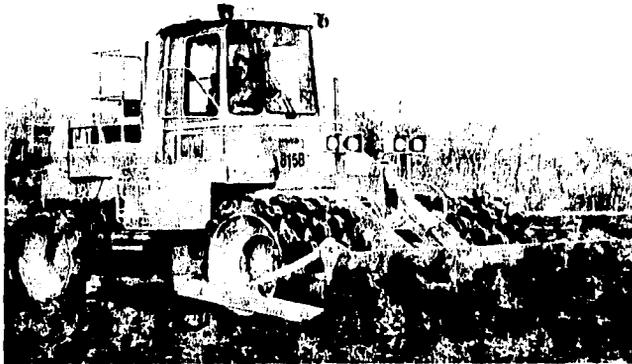
ENZIMAS

- Reacciones químicas de ionización entre los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo.

A continuación haré una breve descripción de los principales métodos antes mencionados:

- La Compactación por medio de rodillos pata de cabra consiste básicamente en un cilindro, con piezas soldadas que sobresalen, a estas piezas se les llama patas de cabra, hay algunos de estos que son huecos y se pueden llenar con agua o con arena, esto para aumentar el peso, la forma de las patas de cabra varía según el modelo de el rodillo buscando que al salir del suelo la pata de cabra no afloje el material, estos rodillos son remolcados por tractores. Para llevar a cabo el material que deberá tener la humedad óptima se extiende la capa de espesor especificado (Aproximadamente de 1. veces la longitud de la pata). En la primera pasada la pata penetrará por completo. Posteriormente se seguirá compactando pasada con pasada hasta que las patas del rodillo quedan sin penetrar, si seguimos después de este punto dando pasadas el material ya no se compactará más, la compactación la deberemos hacer traslapando aproximadamente 30 cm a cada lado del área para lograr mejores

resultados, como paso final se le da un afine a la superficie con plancha de rodillos lisos metálicos.



- Cuando usamos aplanadoras de rodillos metálicos lisos estamos usando vehículos aplanadores de tres ruedas y aplanadoras de tipo tandem, por lo general la aplanadora de tres ruedas se usa en la compactación de sub-bases debido a la presión extra que ejercen las ruedas traseras que son las motrices. el rodillo delantero es direccional y los tres rodillos están alineados de manera que no se solapan. este tipo de aplanadoras las encontramos con diferentes pesos, algunas tienen las ruedas huecas para ser llenadas con agua o con arena.

El espesor que pueden compactar estas máquinas se puede calcular como su peso más 25% de su peso, esto es si una aplanadora pesa 10 toneladas, puede compactar $10 + 2.5 = 12.5$ cm.

Las aplanadoras tandem tiene como característica principal que como su nombre lo indica los rodillos, que son dos o tres están colocados de manera lineal uno detrás del otro estas aplanadoras se usan principalmente en la compactación de mezclas asfálticas.

- Las aplanadoras de rejilla se emplea en la compactación de materiales granulares, y consta de dos o tres ruedas de manera de rejilla de acero en un marco que se usa para el lastre de la unidad por medio de bloques de concreto o de acero.

- Las aplanadoras de rodillos de ruedas segmentadas son similares a las aplanadoras de tres ruedas pero con la característica de tener la rueda o rodillo delantero segmentado son de un peso promedio mayor las de tres ruedas y el espesor de compactación se puede calcular como se explico anteriormente.

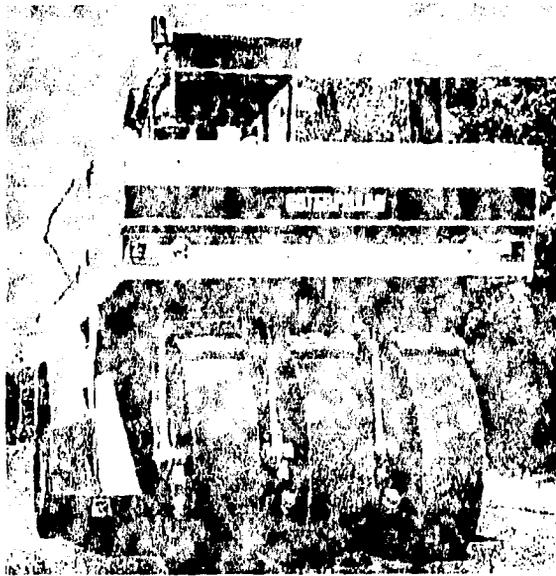
- Los rodillos vibratorios son con ruedas neumáticas o con con rodillo metálico tienen un motor que hace vibrar a las ruedas a una frecuencia baja, resultando una buena compactación sobre todo en suelos arenosos.



- Existen unidades de compactación que combinan hasta dos de estos procesos, como ejemplo tenemos una aplanadora de tres ruedas y un vibrador colocado en la parte posterior de la aplanadora.

- Los compactores de neumáticos como su nombre lo indica están provistos de ruedas con neumáticos que se encuentran montados en ejes uno atrás del otro, los

neumáticos están colocados de tal manera que los de atrás cubran la parte que no cubren los neumáticos de adelante. Estos compactadores tienen una gran caja donde va el lastre que puede ser roca, agua, arena, metal, etc...



Es importante señalar que equipos son más útiles con que tipo de suelo; para suelos sin cohesión la vibración es el método más eficiente para conseguir una adecuada compactación, se regará con agua en abundancia y habrá que dar de 6 a 8 pasadas. Para suelos arenosos o margosos de mediana cohesión el rodillo liso será eficiente, en suelos plásticos será adecuado usar las patas de cabra, para suelos limosos los rodillos de neumáticos funcionarán bien. Para la arcilla a menos de que encontremos su porcentaje óptimo de agua, prácticamente no hay ningún método para hacerla más compacta por los métodos comunes.

A continuación se muestran los diferentes modelos disponibles de compactadores marca caterpillar:

COMPACTADOR VIBRATORIO DE UN SOLO CILINDRO				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		ANCHO DEL CILINDRO
		LB	KG	
CS-323	77	9200	4173.05	48
CP-323	77	9300	4218.41	48
CS-431C	107	14375	6520.39	66
CS-433C	107	14675	6656.47	66
CP-433C	107	15225	6905.94	66
CP-563	145	24500	11113.01	84
CP-563	145	25500	11566.61	84
CS-583	145	33360	15131.84	84

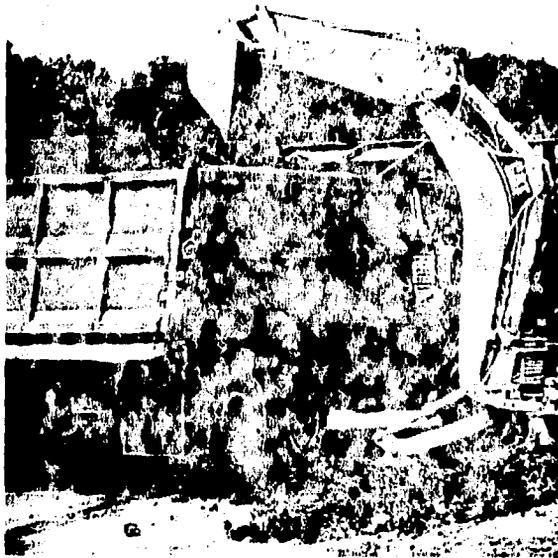
COMPACTADOR VIBRATORIO DOS CILINDROS				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		ANCHO DEL CILINDRO
		LB	KG	
CB-214C	250	51268	23254.77	5.0-6.0
CB-224C	275	61046	27690.00	5.0-7.0
CB-434B	400	97727	44328.22	7.8-9.0
CB-534B	610	161994	73479.24	11.0-11.2
CB-634	690	196567	89156.76	12.5-14.0

COMPACTADORES SOBRE NEUMATICOS				
MODELO	HP	PESO DE OPERACION		ANCHO
		LB	KG	
PS-110	77	27550	12496.47	84
PS-130	77	26026	11805.20	68
PS-180	77	37000	16782.92	68

II.7.- EQUIPOS DE ACARREO Y CAMIONES

Los camiones de volteo, volquetes o dumpers son los aparatos más comunes en transportar materiales en una obra de movimiento de tierras debido a la gran movilidad que le dan los neumáticos.

Las cualidades principales de los camiones de volteo son que tienen una cabina para el operador, y lo que es en sí el volteo, este incluye la caja, puerta trasera, protector de la cabina y el sistema hidráulico y controles en una unidad separada. Existen camiones de volteo de uso común en las carreteras y hay camiones para transitar fuera de carretera, se les llama así debido a que el exceso de dimensiones que presentan en altura y ancho los hacen no aptos para las carreteras, pero tienen la ventaja de tener una mayor capacidad de carga, son también más robustos.



El volquete o dumper se clasifica en la categoría de los camiones pero realmente está dentro de una clasificación por sí solo como tractor-remolque y camión. Los volquetes de pequeño tamaño son muy maniobrables y sube las cuestas cargado admirablemente debido a que la caja reposa sobre el eje motriz.

Los volquetes de gran tamaño pueden caer dentro de los camiones de volteo fuera de carretera.



En la siguiente tabla se muestran los diferentes modelos de camiones fuera de carretera que caterpillar tiene disponible en el mercado:

CAMIONES FUERA CARRETERA			
MODELO	HP	CAPACIDAD TON	VELOCIDAD MAXIMA MPH
769C	450	35-40	46.70
771C	450	44	25.00
773B	650	50-58	38.40
775B	650	65	28.00
777C	870	85-95	37.30
785B	1380	150	35.00
789B	1800	195	33.80
793B	2160	240	33.30

II.8.- COMPRESORES Y EQUIPOS DE BARRENACION

Cuando al construir una vía terrestre nos encontramos con roca y las máquinas tradicionales para hacer excavaciones no pueden penetrar tenemos que hacer uso de los equipos de barrenación y explosión para poder disgregar estos materiales duros. Los equipos grandes de barrenación funcionan por medio de equipos de aire comprimido, o compresores, de los cuales existe gran variedad en función de su capacidad.

Los compresores son equipos que absorben el aire atmosférico, lo comprimen, y lo envían por mangueras a las herramientas usadas para realizar el trabajo de disgregar o barrenar. Estos equipos que van después de las mangueras podrán ser:

- Perforadoras neumáticas de mano.
- Perforadoras pesadas.
- Perforadoras track drills.
- Perforadoras giratorias.

Todos estos equipos sirven para romper y fraccionar la roca preparandola para colocar explosivos dentro de la perforación y hacerlos detonar.

CAPITULO III

CRITERIO DE SELECCION DE EQUIPO

Conociendo ya los materiales más comunes en la construcción de terracerías y las características generales de los diferentes equipos usados en la construcción de terracerías, resulta conveniente ampliar lo referente a la curva - masa pues como dijimos (capítulo II) de este estudio depende una variable muy importante del costo de la obra y del equipo a utilizar podemos al correlacionar estos conceptos con el tipos de trabajo a ejecutar, la magnitud de la obra, el programa y especificaciones por cumplir, podremos obtener un rendimiento óptimo horario de una máquina al ejecutar un trabajo, ahora bien conociendo el costo de la máquina y de su operación podemos obtener el precio unitario de hacer un trabajo.

III.- 1. Análisis de curva-masa

Curva-Masa; es un cálculo de movimiento de volúmenes de materiales que se realiza en base de las áreas medidas en las secciones de construcción.

Las secciones de construcción vienen a ser la representación gráfica de las secciones transversales, que contiene tanto los datos propios del diseño geométrico. como los correspondientes al empleo y tratamiento de los materiales que formaran las terracerías.

Este análisis del movimiento de volúmenes de materiales que nos permite tener la certeza de que los movimientos a realizar serán los más económicos, dentro de los requerimientos que el tipo de proyecto fija.

ESTA TAREA DEBE SER ENTREGADA EN LA FECHA INDICADA

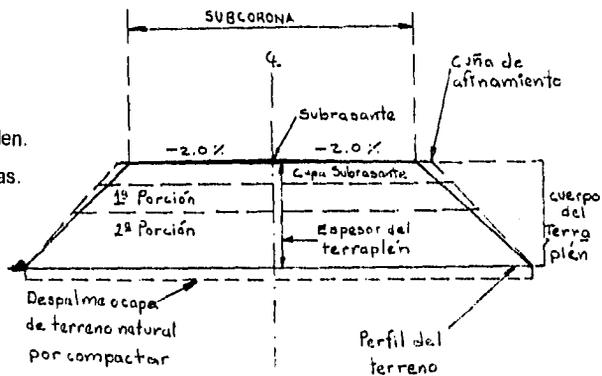
A la subrasante a la que corresponden los movimientos de terracerías más económicos se le llama subrasante económica y a ella se llega después de analizar el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal y las secciones transversales del terreno, los datos relativos a la calidad de los materiales y la elevación mínima que se requiere para dar cabida a las estructuras.

Los elementos y conceptos que determinan el proyecto de una sección de construcción pueden separarse en dos grupos claramente definidos:

- a) Los propios del diseño geométrico.
- b) Los impuestos por el procedimientos que debe sujetarse la construcción de las terracerías.

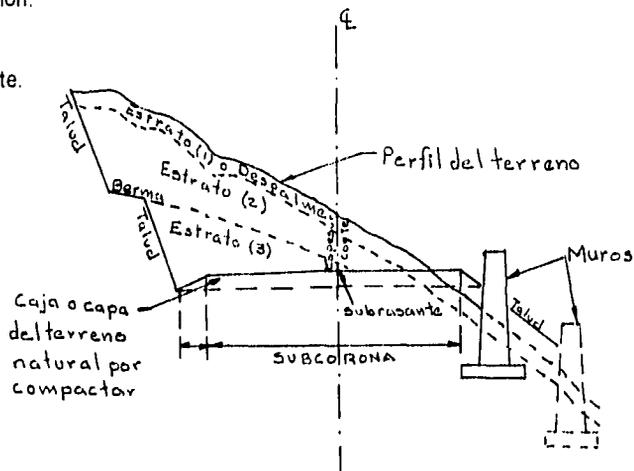
Los elementos relativos al inciso "a" son los que a continuación se mencionan:

- 1. Espesor de corte o de terraplen.
- 2. Ancho de corona.
- 3. Ancho de calzada.
- 4. Ancho de acotamiento.
- 5. Pendiente transversal.
- 6. Ampliación en curvas.
- 7. Longitud de transición.
- 8. Espesor de pavimento.
- 9. Ancho de subcorona.
- 10. Talud de corte o de terraplen.
- 11. Dimensiones de las cunetas.



Los elementos relativos al inciso "b" son los que a continuación se mencionan:

1. Despalme
2. Compactación del terreno natural.
3. Escalon de liga:
4. Cuerpo del terraplen:
5. Capa subrasante.
6. Cuña de afinamiento.
7. Muro de retención.
8. Berma
9. Estratos en corte.
10. Caja en corte.



Para fines de presupuesto y pago de la obra es preciso determinar los volúmenes tanto de corte como de terraplen. Para lograr lo anterior es necesario calcular el área de las distintas porciones consideradas en el proyecto de la sección de construcción. Dentro de los distintos procedimientos para lograr este fin los tres que a continuación se mencionan son los más comunes:

- a) Método Analítico
- b) Método Gráfico

c) Método del planimetro

Una vez que se han determinado las áreas de construcción, se procede al cálculo de volúmenes de tierra. Para ello es necesario suponer que el camino está formado por una serie de prismoides tanto en corte como en terraplén. Cada uno de estos prismoides está limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales representadas por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes, de la subcorona y del terreno natural.

Los volúmenes ya sean de corte o préstamo, deben de ser transportados para formar los terraplenes; sin embargo, en algunos casos, parte de los volúmenes de corte deben desperdiciarse, para lo cual se transportan a lugares convenientes fuera del camino. Para determinar todos estos movimientos de terracerías y obtener su costo mínimo, el diagrama de masas es el instrumento con que cuenta el proyectista, el cual es la curva resultante de unir todos los puntos dados por las ordenadas de curva masa.

Las principales propiedades del diagrama de masas son las siguientes:

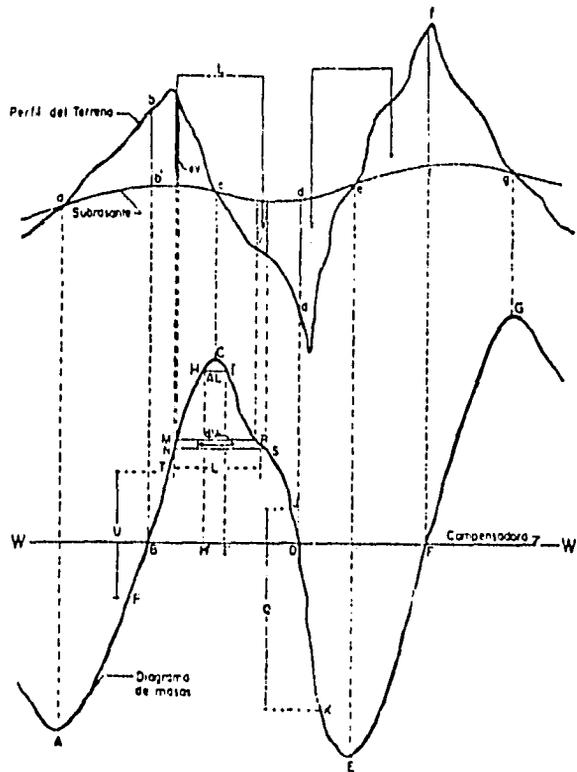
1. El diagrama es ascendente cuando predominan los volúmenes de corte sobre los terraplén y descendente en caso contrario. En la figura se tiene que las líneas ABC y EFG son ascendentes por derivarse de los volúmenes de los cortes abc y efg, en tanto que la línea CDE es descendente por referirse al terraplén cde.
2. Cuando después de un tramo ascendente en el que predominan los volúmenes de corte, se llega a un punto del diagrama en el cual empiezan a preponderar los volúmenes de terraplén, se dice que se forma un máximo; de manera inversa, cuando después de un tramo descendente en el cual han sido mayores los volúmenes de terraplén se llega a un punto en que comienzan a prevalecer los volúmenes de corte, se dice que se forma un mínimo. En la figura, los puntos A y E del diagrama son mínimos y corresponden a los puntos a y e del terreno que son los

extremos de tramos en terraplén, en tanto que los puntos C y G del diagrama son máximos y corresponden a los extremos de los cortes avc y efg.

3. La diferencia entre las ordenadas de la curva masa, en dos puntos cualesquiera P y T, expresa un volumen U que es igual a la suma algebraica de todos los volúmenes de corte, positivos, con todos los volúmenes de terraplén, negativos, comprendidos en el tramo limitado por esos dos puntos. En el diagrama, la diferencia de ordenadas entre P y T es U; por quedar T arriba de P, expresa que en el tramo hay un excedente U del volumen de corte sobre el de terraplén; si los dos puntos son como el J y el K y éste queda abajo de aquél, la diferencia de ordenadas Q indica el volumen de terraplén en exceso del de corte en ese tramo.
4. Si en un diagrama de masas se dibuja una línea horizontal en tal forma que lo corte en dos puntos consecutivos, éstos tendrán la misma ordenada y por consecuencia, en el tramo comprendido entre ellos serán iguales los volúmenes de corte y los volúmenes de terraplén, o sea que estos dos puntos son los extremos de un tramo compensado. Esta línea horizontal se llama compensadora. La distancia entre los dos puntos representa los volúmenes del corte bcb' que son iguales a los volúmenes del terraplén cdd' representados por la línea CD del diagrama. La abertura BD es la distancia máxima de acarreo al transportar el volumen del corte b'bc al terraplén cdd'.
5. Cuando en un tramo compensado el contorno cerrado que origina el diagrama de masas y la compensadora WW' queda arriba de ésta, el sentido del acarreo es hacia adelante; contrariamente, cuando el contorno cerrado queda abajo de la compensadora, el sentido del movimiento es hacia atrás. Así, en el diagrama, el contorno cerrado BCDB indica un movimiento hacia adelante por estar arriba de la compensadora WW', pues el volumen BC del corte bcb' será llevado al terraplén cdd' que está adelante. En cambio el contorno cerrado DEFD que está abajo de la

compensadora WW' indica que el volumen EF del corte eff' será llevado al terraplén ded' mediante un acarreo cuyo sentido es hacia atrás.

6. Las área de los contornos cerrados comprendidos entre el diagrama y la compensadora, representan los acarreos. Si en el corte $bc'b'$ se toma un volumen elemental dV , que está representado en el diagrama de masas por el segmento MN , que será transportado a una distancia L , para ser colocado en el segmento RS del terraplén, el acarreo elemental será $dV \times L$ que es precisamente el área del trapecio elemental $MNSR$; por lo tanto, la suma de todas las áreas de los trapecios elementales, representativos de acarreos elementales, será el área de contorno cerrado $BCDB$, que representará el monto del acarreo total. Así pues, si se tiene un contorno cerrado formado por el diagrama de masas y por una compensadora, bastará con determinar el área de él, para que considerando las escalas respectivas, se encuentre el valor del acarreo total.



El precio Unitario es la remuneración pecuniaria que se cubre al contratista por unidad de obra realizada y que comprende el costo directo, el costo indirecto y la utilidad, en cada concepto para el que se establece.

Habiendo considerado ya los materiales, el equipo, el estudio de la curva masa, podemos correlacionar estos conceptos con el tipo de trabajo a ejecutar, la magnitud de la obra, el programa y especificaciones por cumplir, y operar el equipo en forma óptima para obtener el rendimiento horario de la máquina y de su operación podemos obtener el precio unitario de hacer un trabajo.

Si tenemos el rendimiento de un equipo cualquiera:

$$R = (\text{Volumen ejecutado} / \text{Ciclo(hora)}) \times \text{Factor eficiencia}$$

$$R = (V / h) \times FE$$

Y tenemos el costo horario del mismo, podemos obtener el precio unitario(P.U.):

$$P.U. = ((C / h) / (V / h)) = (\text{Costo} / \text{Volumen}) = \$ / m^3$$

De lo anterior se desprende que si tenemos que ejecutar un trabajo en un material determinado y utilizamos una máquina A, y obtenemos un Precio Unitario.A. Y con una máquina B obtenemos un Precio Unitario B. al comparar estos precios unitarios siendo en igualdad de condiciones nos inclinaremos por utilizar la máquina que nos de el mejor rendimiento o sea el precio unitario más bajo.

A continuación describiremos los diferentes tipos de trabajo más comunes que se tienen que ejecutar al construir una terracería.

III.- 2. Trabajos a realizar.

I Desmonte.- Cuando las obras lo requieran, se efectuará el desmonte necesario que podrá comprender:

- a) El corte de árboles que sea estrictamente indispensable para lo cual deberá recabarse el permiso respectivo.

- b) La roza o sea la operación de quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de siembras

- c) El desenraice que consista en extraer los troncos o tocones con raíces o cortando estas.

- d) La limpia y quema, retirando el producto del desmonte del lugar que indique el contratante, y la estiba y quema de lo no utilizado a juicio del propio contratante.

II Despalmes.- Una vez efectuado el desmonte deberá despalmarse el terreno natural en toda el area de vialidades o calles, eliminando la capa vegetal que por sus características no es adecuada para la formación de terracerías o capa sub-rasante. Siempre se procederá a efectuar este trabajo de despalmes previamente a todos los cortes de material que se vayan a ejecutar. Los movimientos de tierras deben de ejecutarse siempre de acuerdo a la rasante del proyecto.

III Cortes o excavación.- Las excavaciones para formar la cama de las vialidades, calzadas, calles, los taludes y cunetas y escalones en su caso, se harán siguiendo un sistema de ataque tal, que permita el drenaje natural del corte.

En los tramos de terracerías compensadas, antes de efectuar los rellenos faltantes con material de préstamo de bancos, deberán atacarse totalmente los cortes, utilizando todo el material aprovechable en la formación de terraplenes.

Para dar por terminado un corte se verificarán el aliniamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, conforme a lo fijado en el proyecto.

IV Préstamos.- El material necesario para completar los terraplenes y capa sub-rasante en terracerías compensadas, así como la formación total de un terraplen y su respectiva capa sub-rasante, cuando el proyecto así lo indique, se obtendrá de préstamos de bancos propuestos por el contratista y aceptados por el contratante, o también fijados por el contratante, o también fijados por el laboratorio de control de calidad de los materiales empleados en la obra.

V Préstamos laterales.- Son las excavaciones ejecutadas dentro de fajas ubicadas paralelamente al eje del camino a uno o ambos lados de él con anchos determinados en el proyecto y cuyos materiales se utilizan exclusivamente en la formación de los terraplenes contiguos. El límite exterior de cada faja se fija actualmente a una distancia máxima de cien metros, contados a partir del eje del camino.

VI Terraplenes.- Los materiales que se emplean en la construcción de terraplenes, serán aquellos que provengan de cortes y/o préstamos, y que cumplan con las especificaciones del proyecto.

El cuerpo del terraplen se construye por capas sensiblemente horizontales en todo lo ancho de la sección y con el espesor adecuado para que con el equipo de compactación disponible obtengamos el grado de compactación fijada en el proyecto. Salvo indicación particular, la compactación en un terraplen nunca es menor del 90% del peso volumétrico seco máximo del material utilizado. En los casos de rasante a pelo de tierra en los que debido a los pequeños espesores de corte o terraplen, la capa

subrasante la constituye el terreno natural, deberá verificarse que el material que formará la cama del corte, tenga las características y compactación adecuadas para recibir el pavimento. Cuando así se requiera, se escarificará el material en el espesor necesario para conformarlo, y se compactará hasta obtener en 15 cm, como mínimo un grado de compactación del 90 %.

La construcción de terracerías exige la limpieza a fondo del terreno natural, a esta acción se le llama desmonte, cuando se refiere a la remoción de la vegetación, incluyendo árboles, y se le denomina despalme cuando solo es la eliminación de una capa superficial del terreno.

Estas operaciones se llevan de la siguiente manera y tiene los siguientes objetivos:

Primero se lleva a cabo el desmonte para permitir la operación de la maquinaria en zonas boscosas, permite la liga adecuada entre los terraplenes y el terreno de cimentación, elimina los materiales no deseables, como hierbas, arbustos o árboles, se cortan los árboles sin desarraizarlos para que no aflojemos la cobertura de terreno en el coronamiento de los cortes.

Posteriormente se lleva a cabo el despalme a profundidades no mayores de 30 cm, este despalme tiene como objetivos:

- Evitar materiales esponjosos y compresibles como son las capas vegetales,
- Eliminar suelos inadecuados para la construcción en préstamos de materiales o en cortes,
- Eliminar materia orgánica vegetal susceptible de causar problemas por crecimiento posteriores, bajo terraplenes de escasa altura.

VII Compactación .-La compactación es el proceso mecánico para mejorar las características de resistencia, de las terracerías. Este proceso nos proporciona una reducción relativamente rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual en el suelo ocurren cambios de volumen de importancia, fundamentalmente ligados a pérdida de volumen de aire, pues por lo común no se expulsa agua de los huecos durante el proceso de compactación. No todo el aire sale del suelo, por lo que la condición de un suelo compactado es la de un suelo parcialmente saturado.

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.

Aún cuando desde los tiempos de la segunda guerra mundial hasta nuestros días se han presentado cambios en las especificaciones de lo relativo a la compactación de terraplenes y subrasantes el principio, naturaleza y propósito de la compactación está bien entendido.

Los suelos deben compactarse por lo general por apisonamiento con el contenido óptimo de humedad o cerca de él, este tipo de proceso de compactación nos representa importante aumento en la resistencia al corte del suelo, la disminución de su permeabilidad, y el casi nulo asentamiento futuro del terraplén. El concepto de humedad óptima se podría definir como el contenido de agua, para el cual la eficiencia de compactación es máxima. Este concepto equivocadamente se cree por muchos ingenieros que es una constante básica del suelo y esto es totalmente falso, ya que es un concepto variable que cambia con el método de compactación que usemos y con algunos factores externos como puede ser el clima del lugar, temperatura, etc... Este concepto de humedad óptima está en función de la energía de compactación que varía a su vez con el tipo y modo de utilización del equipo de compactación.

Cuando llevamos a cabo compactaciones se deberán llevar ciertos controles de calidad y por lo general este control se lleva verificando con relativa frecuencia la densidad y la humedad del suelo sujeto a compactación. La densidad medida es el peso volumétrico húmedo; el peso volumétrico seco se calcula sobre la base de esa cantidad y la humedad medida. Entonces, se puede comparar el peso volumétrico seco con la curva de compactación para el suelo y con el esfuerzo de compactación que interviene, para ver si la densidad que se ha obtenido en el campo satisface los requerimientos establecidos en el laboratorio. Obviamente la curva de compactación será la adecuada para cada suelo que se tienda en el terraplén en sus varias secciones.

Para llevar a cabo estos controles se necesitará contar con un laboratorio donde también se llevarán a cabo los procesos que en campo son en general demasiado lentos y costosos para realizarse. Por lo que en el laboratorio se reproducen los fenómenos que ocurren con los suelos de manera más fácil y económica. Los resultados que se presenten en laboratorio deberán ser base de estudios para el proyecto y fuente de información para planear de manera adecuada el programa de trabajos. Para ser más concreto los resultados de las pruebas de laboratorio se usan principalmente para obtener datos para proyecto de estructuras de tierra, la información que se requiere para esto es referente a; resistencia, deformabilidad, permeabilidad, susceptibilidad al agrietamiento. El segundo uso principal será para llevar a cabo controles de calidad funcionando las pruebas como un índice comparativo de peso volumétrico de laboratorio y de campo, lo importante de un índice de comparación es que siempre sea el mismo.

Como ya se mencionó en el capítulo 3 en lo referente a los equipos de compactación se señaló que existen 5 principios fundamentales de compactación que son:

- Por amasamiento.

- Por presión estática.
- Por vibración.
- Por impacto.
- por medio de enzimas.

Como una observación diré que se podría hacer otra clasificación agregando aquel procedimiento de compactación que combine dos ó más de estos métodos fundamentales.

DRENAJE

En las vías terrestres el drenaje viene a ser el conjunto de las obras necesarias para reducir y evitar en la mayor manera la cantidad de agua que llega a todas las componentes de las vías terrestres u obras viales, el drenaje da salida de la mejor manera (rapidamente) para evitar que la vía terrestre se vuelva intransitable o peligrosa.

El agua con la que nos enfrentamos al construir y mantener una obra vial será la de lluvia, los escurrimientos de los terrenos aledaños, crecientes en ríos y las filtraciones a través del suelo. Debido a los problemas que nos acarrea el agua en las obras viales, el proyectista deberá localizar los lugares adecuados para alojar las estructuras de drenaje lo más eficientemente posible, ya que al construir la obra vial muchas veces modificamos cuencas y escurrimientos naturales.

El drenaje se divide en drenaje superficial y en drenaje subterráneo, los cuales a su vez pueden ser longitudinales y transversales.

Los drenajes superficiales tendrán como finalidad dos fases:

- Reducir al mínimo el agua que fluye y,

- La defensa de los elementos del camino contra la acción de las aguas corrientes o almacenadas que puedan llegar a afectarlo

Las obras de drenaje longitudinal son:

- Cunetas,
- Contracunetas,
- Bombeo longitudinal,
- Guarniciones,
- Vertedores, lavaderos,
- Desarenadores,

Las obras de drenaje transversal son:

- Alcantarillas,
- Puentes.

El drenaje subterráneo tiene por objeto dar paso inmediato o casi inmediato al agua que por no poder desviarse de otra forma, tiene que cruzar de un lado a otro el camino. y son principalmente los subdrenes que pueden construirse de los siguientes tipos:

- En zanja,
- Capas permeables,
- Trincheras,
- De penetración,
- Pozos de alivio,
- Galerías filtrantes.

BASES

La sub-base se construye generalmente con materiales triturados o disgregados , agregándoles un material cementante, esta capa tiene como función soportar los esfuerzos transmitidos por la base y disminuye el efecto en la terracería, de manera que las deformaciones que se presenten sean mínimas, la sub-base deberá:

- Actuar como capa aislante que impida la ascensión de los finos arcillosos de la terracería.
- Abaratar el costo de la construcción, ya que se construye con materiales con especificaciones de calidad menos riguroso que la base.
- Corta la ascensión capilar del agua a las capas superiores.
- Actúa en ciertos casos como dren para evitar la saturación de la terracería por el agua que pudiera percolarse por falta de impermeabilidad de la capa asfáltica.

Se deberá construir con materiales homogéneos y será compactada con la humedad óptima para poder obtener como mínimo un 95% de su peso volumétrico seco máximo.

La base constituida por materiales seleccionados, se colocan sobre la sub-base y en ocasiones sobre la subrasante o terracería, su función es la de soportar las cargas impuestas por lo vehículos. Distribuye los esfuerzos en las capas inferiores de tal forma que nos se produzcan deformaciones perjudiciales.

La base deberá construirse con materiales homogéneos y compactarse con la humedad óptima hasta obtener como mínimo el 95% de su peso volumétrico seco máximo. Cuando la base queda terminada y aceptada se le aplicará un riego de impregnación a razón de 1.3 a 1.7 l/m² de asfalto fm, la función de esto es

impermeabilizar la superficie de la base para evitar la penetración del agua a capas inferiores.

Como ya se dijo con anterioridad y conociendo ya cuales son los principales trabajos por ejecutar tenemos que hacer dichos trabajos con el equipo que nos demuestre su eficiencia haciéndonos el trabajo al menor costo.

III.3.- Problemas prácticos típicos que se presentan.

Para apoyar lo anterior veamos a continuación un caso en que se ejecuta un mismo tipo de trabajo con dos equipos diferentes y veamos con cual nos resulta más conveniente hacer la totalidad del trabajo, para esto recordemos primero que el rendimiento de una máquina es el tiempo que tarda dicha máquina en completar un ciclo dependiendo de todas las variables que ya describimos pero que no esta de más recordar:

- Experiencia del operador,
- Condiciones topográficas,
- Condiciones geológicas,
- Estado de la máquina,
- Organización del trabajo,
- Tipo de trabajo.

Rendimiento = $\frac{\text{volumen ejecutado}}{\text{ciclo}}$ * Factor eficiencia

FE = Se obtiene en función de observaciones.

Rendimiento = Se bas en métodos estadísticos.

$$R=(V/Hr)x E$$

V = Volumen,
Hr = Horas,
E = Eficiencia.

La eficiencia depende de:

- Condiciones de obra,
- Condiciones administrativas.

El rendimiento real de una máquina se ve afectado por el abudamiento del material que se produce cuando se extrae de su estado natural y consiste en una variación volumétrica.

Factor Abudamiento = Ca

A las máquinas se les calcula su capacidad en volumen hidráulico, pero al presentarse el abudamiento, este volumen hidráulico no es Real; sino que se afecta por el Ca.

$$R = (VCi/Ca)$$

$$R = ((VCi/Ca) \times ((60'/hr)/hr)) \times E$$

V = Volumen nominal que mueve una máquina por ciclo.

Ca = Factor de abudamiento.

Ci = Factor que aumenta o disminuye el volumen.

t'c = Tiempos fijos + Tiempos variables.

En base a esta información se puede encontrar solución a la diferente problemática que se puede presentar en la construcción de terracerías y en la selección del equipo más adecuado, para poder hacer el análisis de problemas prácticos a continuación se muestran las hojas donde se calculan los costos horarios de maquinaria para poder resolver los diferentes problemas propuestos:

Obra: Tesis	Maquina	D-9	Calculo: Salvador Villagomez Cabrera Reviso: Ing Victor M. Luna Castillo	
Datos Generales Precio de adquisición = \$ 499890 00 Equipo Adicional = \$ Valor Inicial (Va): \$ 499890 00 Valor de rescate(Vr): 20 % \$ 99978 00 Tasa de interés(i): 50 % Prima de seguros(s) 3 %			Fecha de cobzación = Nov. 1995 Vida económica(Ve): 5 años Horas por año(Ha) 2400 00 hr/año Motor= diesel de 405.00 HP Factor de operacion=: 0.70 Potencia de operacion(Po)= 283.50 HP op. Factor mantenimiento(Q)= 0.80	
I.- CARGOS FIJOS				
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$			33.33
b) Inversión	$i = \frac{Va + Vr}{2Ha} * I =$			62.49
c) Seguros	$s = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$			3.75
d) Mantenimiento	$T = Q * D$			26.66
Suma Cargos Fijos Por Hora:			\$	126.22
II.- CONSUMOS.				
a) Combustible				
b) Lubricantes				
	$E = 0.20 \times Po \times \$/lt$			14.74
Cap. del carter	45.5			
Cambios de aceite	t=100 hrs			
(C+a)=v / t (0.0035 x 283.50)=	1.447 lt/hr			
L=1.45lt / hr x \$ 3 / lt =				4.34
Suma Consumos Por Hora:			\$	19.08
III.- OPERACION				
Salario / Turno-promedio	\$16.39			
Horas / Turno-promedio (H)				
H = 8 horas = 0.65 (factor de rendimiento) =5.2 horas.				
Co= (So/H)= (16.39 / 5.2) =	3.15			
Suma Operación Por Hora:			\$	3.15
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)			\$	148.46
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 DLLS POR N\$ 8.00) N\$				1187.648

Obra Tesis		Maquina	Q-7	Cálculo: Salvador Villagómez Cabrera Revisó: Ing Victor M Luna Castillo	
Datos Generales				Fecha de cotización =	Nov 1995
Precio de adquisición =		\$	305973 00	Vida económica(Ve)=	5 años
Equipo Adicional =		\$		Horas por año(Ha)	2400 00 hr/año
Valor Inicial (Va)=		\$	305973 00	Motor=	diesel de 215 00 HP
Valor de rescate(Vr)=	20 %	\$	61194 60	Factor de operación=	0 70
Tasa de interés(I)=	50 %			Potencia de operación(Po)=	150 50 HP op
Prima de seguros(s)	3 %			Factor mantenimiento(Q)=	0 80
I - CARGOS FIJOS					
a) Depreciación.		$D = \frac{Va - Vr}{Ve} =$			20 40
b) Inversión:		$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} * T =$			38 25
c) Seguros		$s = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$			2 29
d) Mantenimiento		$T = Q * D$			16 32
Suma Cargos Fijos Por Hora:				\$	77 26
II - CONSUMOS					
a) Combustible					
b) Lubricantes					
		$E = 0 20 \times Po \times \$/ll$			7 83
Cap del carter		27 3 lt			
Cambios de aceite		t=100 hrs			
(C+a)=v / t +(0.0035 x 150 5)=		0 80 l/h			
L=0 80lt / hr x \$ 3 / lt =					2 40
Suma Consumos Por Hora:				\$	10 23
III - OPERACION					
Salario / Turno-promedio		\$16 39			
Horas / Turno-promedio (H)					
		H = 8 horas = 0 65 (factor de rendimiento) =5 2 horas.			
Co= (So/H)= (16 39 /5 2) =					3 15
Suma Operación Por Hora:				\$	3 15
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)				\$	90 63
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 DLLS POR N\$ 8 00)					725 07

Obra Tesis		Comp Vibratorio CS - 433C	Calculó Salvador Villagómez Cabrera Revisó Ing.Victor M Luna Castillo
Datos Generales			
Precio de adquisición =	\$	81275 00	Fecha de colocación = Nov 1995
Equipo Adicional = llant	\$	435 00	Vida económica(Ve)= 5 años
Valor Inicial (Va)=	\$	80840 00	Horas por año(Ha) 2400 00 hr/año
Valor de rescate(Vr)= 20 %	\$	16168 00	Motor= diesel de 102 00 HP
Tasa de interés(i)= 50 %			Factor de operación= 0 70
Prima de seguros(s) 3 %			Potencia de operación(Po)= 71 40 HP op.
			Factor mantenimiento(Q)= 0 80
I - CARGOS FIJOS			
a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} =$		5 39
b) Inversión:	$i = \frac{Va + Vr}{2Ha} * I =$		10 11
c) Seguros:	$s = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$		0 61
d) Mantenimiento:	$T = Q * D$		4 31
	Suma Cargos Fijos Por Hora:	\$	20 41
II - CONSUMOS			
a) Combustible			
b) Llantas	VW/2800hr		0 18
c) Lubricantes	E=0.20 x Po x \$/lt		3 71
Cap. del carter	12		
Cambios de aceite	l= 100 hrs		
(C+a)=v / l +(0.0035 x 71 4)=	0 37 lt/hr		
L=0.37lt / hr x \$ 3 / lt =			1 11
	Suma Consumos Por Hora:	\$	4 98
III - OPERACION			
Salario / Turno-promedio	\$16 39		
Horas / Turno-promedio (H)			
H = 8 horas = 0 65 (factor de rendimiento) = 5 2 horas.			
Co= (So/H)= (16 39 / 5 2)			3 15
	Suma Operación Por Hora:	\$	3 15
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)		\$	28 54
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 DLLS POR N\$ 8 00)			228 32 N\$/hr

Obra	Tesis	Maquina	Cargador Frontal 924F	Calculo	salvador Villagomez Cabrera
				Reviso	Ing Victor M. Luna Castillo
Datos Generales					
Precio de adquisición =		\$	106376.00	Fecha de cotización =	Nov 1995
Equipo Adicional =	llantas	\$	1172.00	Vida económica(Ve)=	5 años
Valor Inicial (Va)=		\$	106376.00	Horas por año(Ha)	2400.00 hr/año
Valor de rescate(Vr)=	20 %	\$	21040.00	Motor=	diesel de 105.00 HP
Tasa de interés(i)=	50 %			Factor de operación=	0.70
Prima de seguros(s)	3 %			Potencia de operación(Po)=	73.50 HP op.
				Factor mantenimiento(Q)=	0.80
I.- CARGOS FIJOS					
a) Depreciación:		$D = \frac{Va - Vr}{Ve} =$			7.11
b) Inversión:		$i = \frac{Va + Vr}{2Ha} * I =$			13.27
c) Seguros:		$s = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$			0.80
d) Mantenimiento		$T' = Q * D$			5.69
			Suma Cargos Fijos Por Hora: -----\$		26.87
II.- CONSUMOS					
a) Combustible					
b) Llantas		VII/2800hr			0.42
c) Lubricantes		E=0.20 x Po x \$/lt			3.82
	Cap. del carter	10			
	Cambios de aceite	t=100 hrs			
	(C+a)=v / t +(0.0035 x 73.5)=	.36 lt/hr			
	L=0.36lt / hr x \$ 3 / lt =				1.08
			Suma Consumos Por Hora -----\$		5.32
III.- OPERACION					
Salario / Turno-promedio		\$16.39			
Horas / Turno-promedio (H)					
	H = 8 horas = 0.65 (factor de rendimiento) =	5.2 horas.			
	Co= (So/H)= (16.39 / 5.2)				3.15
			Suma Operación Por Hora: -----\$		3.15
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)				\$	35.34
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 D.LLS POR NS \$ 8.00)					282.72 NS/hr

Obr./Tesis	Maquina	TRAXCAVO 953B	Calculo	Salvador Villagomez Cabrera
Revisó			Ing Victor M. Luna Castillo	
Datos Generales Precio de adquisición = \$ 168522.00 Equipo Adicional = Ripper \$ 11000.00 Valor Inicial (Va)= \$ 179522.00 Valor de rescate (Vr)= 20 % \$ 35904.40 Tasa de interés (i)= 50 % Prima de seguros (s) 3 %			Fecha de cotización - Nov 1995 Vida económica (Ve)= 5 años Horas por año (Ha) 2400.00 hr/año Motor= diesel de 120.00 HP Factor de operación= 0.70 Potencia de operación (Po)= 84.00 HP op Factor mantenimiento (Q)= 0.80	
I - CARGOS FIJOS				
a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} =$		11.97	
b) Inversión.	$i = \frac{Va + Vr}{2Ha} * I =$		22.44	
c) Seguros.	$s = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$		1.35	
d) Mantenimiento	$T = Q * D$		9.57	
Suma Cargos Fijos Por Hora			\$	45.33
II - CONSUMOS				
a) Combustible				
b) Lubricantes	$E = 0.20 * Po * S / H =$		4.37	
	Cap. del carter	10		
	Cambios de aceite	t=100 hrs		
	$(C+a) = v / t + (0.0035 * 84) =$	39 lt/hr		
	$L = 0.39 \text{ lt} / \text{hr} * \$ 3 / \text{lt} =$		1.08	
Suma Consumos Por Hora			\$	5.45
III - OPERACION				
Salario / Turno-promedio	\$16.39			
Horas / Turno-promedio (H)	H = 8 horas = 0.65 (factor de rendimiento) = 5.2 horas.			
Co= (So/H)= (16.39 / 5.2)	3.15			
Suma Operación Por Hora			\$	3.15
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)			\$	53.93
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 DLLS POR N\$ 8.00)			431.42 N\$/hr	

Obra Tesis	Maquina	Motoescrpa 621F	Calculo	Salvador Villagómez Cabrera
			Revisó	Ing. Victor M. Luna Castillo
Datos Generales				
Precio de adquisición =		\$ 475860.00	Fecha de colocación =	Nov 1995
Equipo Adicional = llantas		\$ 4758.60	Vida económica(Ve)=	5 años
Valor Inicial (Va)=		\$ 471101.40	Horas por año(Ha)	2400.00 hr/año
Valor de rescate(Vr)= 20 %		\$ 94220.28	Motor=	diesel de 365.00 HP
Tasa de interés(i)= 50 %			Factor de operación=	0.70
Prima de seguros(s) 3 %			Potencia de operación(Po)=	255.50 HP op
			Factor mantenimiento(Q)=	0.80
I - CARGOS FIJOS				
a) Depreciación		$D = \frac{Va - Vr}{Ve} =$		31.41
b) Inversión:		$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} * I =$		58.89
c) Seguros		$S = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$		3.53
d) Mantenimiento:		$T = Q * D$		25.13
		Suma Cargos Fijos Por Hora -----	\$	118.95
II - CONSUMOS				
a) Combustible				
b) Llantas	VII/2800hr			1.70
c) Lubricantes	E=0.20 x Po x \$/lt			13.29
Cap. del carter	36			
Cambios de aceite	t=100 hrs			
(C*t)/v / t +(0.0035 x 255.5)=	1.254 lt/hr			
L=1.254 lt / hr x \$ 3 / lt =				3.76
		Suma Consumos Por Hora -----	\$	18.75
III - OPERACION				
Salario / Turno-promedio	\$16.39			
Horas / Turno-promedio (H)				
H = 8 horas = 0.65 (factor de rendimiento) =5.2 horas				
Co= (So/H)= (16.39 / 5.2)				3.15
		Suma Operación Por Hora -----	\$	3.15
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)			\$	140.85
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 DLLS POR N\$ 8.00)				1126.81 N\$/hr

Obra. Tesis	Motocofmadora Maquina 12G	Calculo - Salvador Villagómez Cabrera Reviso Ing Victor M. Luna Castillo
Datos Generales Precio de adquisición = \$ 187765 00 Equipo Adicional - llantas \$ 2052 00 Valor Inicial (Va)= \$ 187713 00 Valor de rescate(Vr)= 20 % \$ 37142 60 Tasa de interés(i)= 50 % Prima de seguros(s) 3 %		Fecha de cotización - Nov 1995 Vida económica(Ve)= 5 años Horas por año(Ha) 2400 00 hr/año Motor= diesel de 135 00 HP Factor de operación= 0 70 Potencia de operación(Po)= 94 50 HP op Factor mantenimiento(Q)= 0 80
I. - CARGOS FIJOS		
a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} =$	12.55
b) Inversión:	$i = \frac{Va + Vr}{2Ha} * I =$	23.42
c) Seguros:	$s = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$	1.41
d) Mantenimiento	$T = Q * D$	10.04
Suma Cargos Fijos Por Hora -----		\$ 47.41
II - CONSUMOS.		
a) Combustible		
b) Llantas	VII/2800hr	0.73
c) Lubricantes	E=0.20 x Po x \$/lt	4.91
Cap. del carter	27	
Cambios de aceite	t=100 hrs	
(C+a)=y / t +(0.0035 x 94.5)=	0.601 l/whr	
L=0.6lt / hr x \$ 3 / lt =		1.80
Suma Consumos Por Hora:-----		\$ 7.45
III - OPERACION		
Salario / Turno-promedio	\$16.39	
Horas / Turno-promedio (H)		
H = 8 horas = 0.65 (factor de rendimiento) =5.2 horas.		
Co= (So/H)= (16.39 / 5.2)		3.15
Suma Operación Por Hora -----		\$ 3.15
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)		\$ 58.01
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 DLLS POR N\$ 8.00)		464.10 N\$/hr

Obra Tesis	Camión Volteo Maquina F600	Calculó: Salvador Villagómez Cabrera Revisó: Ing Victor M. Luna Castillo
Datos Generales		
Precio de adquisición =	\$ 25000.00	Fecha de cotización - Nov. 1995
Equipo Adicional = llantas	\$ 600.00	Vida económica(Ve)= 5 años
Valor Inicial (Va)=	\$ 25000.00	Horas por año(Ha) 2400.00 h/año
Valor de rescate(Vr)= 20 %	\$ 4880.00	Motor= diesel de 150.00 HP
Tasa de interés(I)= 50 %		Factor de operación= 0.70
Prima de seguros(s) 3 %		Potencia de operación(Po)= 105.00 HP op.
		Factor mantenimiento(Q)= 0.80
I - CARGOS FIJOS		
a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve} =$	1.68
b) Inversión:	$i = \frac{Va + Vr}{2Ha} * I =$	3.11
c) Seguros:	$s = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$	0.19
d) Mantenimiento:	$T = Q * D$	1.34
	Suma Cargos Fijos Por Hora: -----\$	6.32
II - CONSUMOS		
a) Combustible		
b) Llantas	Vll/2800hr	0.21
	E=0.24 x Po x \$/lt	7.06
c) Lubricantes		
Cap. del carter	12	
Cambios de aceite	I=100 hrs	
(C+a)/v / 1 +(0.0035 x 105)=	0.488 lt/hr	
L=0.49lt / hr x \$ 3 / lt =		1.46
	Suma Consumos Por Hora -----\$	8.73
III - OPERACION		
Salario / Turno-promedio	\$14.34	
Horas / Turno-promedio (H)		
H = 8 horas = 0.65 (factor de rendimiento) =5.2 horas		
Co= (So/H)= (14.34 / 5.2)		2.76
	Suma Operación Por Hora -----\$	2.76
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)		\$ 17.81
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 DLLS POR NS 8.00)		142.48 N\$/hr

Obra Tesis	Maquina	Tractor agricola F500	Calculo Salvador Villagomez Cabrera Reviso Ing Victor M. Luna Castillo
Datos Generales			
Precio de adquisicion =		\$ 23000 00	Fecha de cotizacion = Nov 1995
Equipo Adicional = llantas		\$ 320 00	Vida economica(Ve)= 5 años
Patas de cabra		\$ 1500 00	Horas por año(Ha) 2400 00 hr/año
Valor Inicial (Va)=		\$ 24500 00	Motor= diesel de 75 00 HP
Valor de rescate(Vr)= 20 %		\$ 4900 00	Factor de operacion= 0 70
Tasa de interes(i)= 50 %			Potencia de operacion(Po)= 52 50 HP op.
Prima de seguros(s) 3 %			Factor mantenimiento(Q)= 0 80
I - CARGOS FIJOS			
a) Depreciacion		$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	1.63
b) Inversion		$i = \frac{Va + Vr}{2Ha} * I =$	3.06
c) Seguros		$s = \frac{Va + Vr}{2Ha} * S =$	0.18
d) Mantenimiento		$T = Q * D$	1.31
		Suma Cargos Fijos Por Hora	\$ 6.19
II - CONSUMOS			
a) Combustible			
b) Llantas		Vll/2800hr	0.11
c) Lubricantes		E=0.24 x Po x \$/l	3.53
		Cap. del carter 12	
		Cambios de aceite l=100 hrs	
		(C+a)l/v / l +(0.0035 x 52.2)= 0.304 l/hr	
		L=0.3l / hr x \$ 3 / l =	0.91
		Suma Consumos Por Hora	\$ 4.55
III - OPERACION			
Salario / Turno-promedio		\$14.34	
Horas / Turno-promedio (H)			
		H = 8 horas = 0.65 (factor de rendimiento) =5.2 horas.	
		Co= (So/H)= (14.34 / 5.2)	2.76
		Suma Operacion Por Hora	\$ 2.76
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)			\$ 13.50
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) (\$ 1 DLLS POR N\$ 8.00)			108.00 N\$/hr

EJEMPLO 1

Comparativo entre D-9 y D-7 alojando y acarreado a 30 metros material tipo "A" (suelo fácil de aflojar, sin resistencia notable) Arcilla húmeda o material granular, pendiente al ataque 0%. Las condiciones de obra y de administración son normales, el volumen se medirá en banco.

D-9, equipado con hoja topadora 9SU

Eficiencia; $E=0.7$

Volumen de capacidad; $V=13.0 \text{ m}^3$

Coefficiente de contracción; $C_c=0.95$

Coefficiente de abundamiento; $C_a=1.2$

$t_c=t_f+t_v$

$$t_v=\left\{\left(\frac{0.03\text{km}\times 60'}{\text{hr}}\right) / \left(\frac{3.5\text{km}}{\text{hr}\times 0.8}\right)\right\}+\left\{\left(\frac{0.03\text{km}\times 60'}{\text{hr}}\right) / \left(\frac{6.5\text{km}}{\text{hr}\times 0.9}\right)\right\}=\$$

$$t_v=0.95'$$

$$t_f=\left(\frac{0.10+0.15}{2}\right)=$$

$$t_f=0.125$$

$$t_c=1.075'$$

$$R=\left\{\left(\frac{13.0\text{m}^3\times 0.95'}{1.2}\right)\times\left(\frac{60'}{\text{hr}}\right) / \left(1.075'\right)\right\}\times 0.7=$$

$$R=402.09\text{m}^3\text{c} / \text{hr}$$

$$C_d=\left(\frac{\$1187.65 / \text{hr}}{402.09\text{m}^3\text{c} / \text{hr}}\right)=$$

$$C_d= \$ 2.95 / \text{m}^3$$

D-7, equipado con hoja topadora 7SU

Eficiencia; $E=0.7$

Volumen de capacidad; $V=6.50 \text{ m}^3$

Coefficiente de contracción; $C_c=0.95$

Coefficiente de abundamiento; $C_a=1.2$

$t_c=t_f+t_v$

$$t_v = \left(\frac{(0.03 \text{ km} \times 60' / \text{hr})}{(2.5 \text{ km} / \text{hr} \times 0.8)} \right) + \left(\frac{(0.03 \text{ km} \times 60' / \text{hr})}{(4.5 \text{ km} / \text{hr} \times 0.9)} \right) =$$

$$t_v = 1.34'$$

$$t_f = \left(\frac{0.10 + 0.15}{2} \right) = \quad \quad \quad t_f = 0.125$$

$$t_c = 1.465'$$

$$R = \left(\frac{(6.50 \text{ m}^3 \times 0.95)}{(1.2)} \right) \times \left(\frac{60' / \text{hr}}{(1.465')} \right) \times 0.7 =$$

$$R = 147.53 \text{ m}^3 \text{c} / \text{hr}$$

$$C_d = \left(\frac{\$ 725.07 / \text{hr}}{(147.53 \text{ m}^3 \text{c} / \text{hr})} \right) =$$

$$C_d = \$ 4.91 / \text{m}^3$$

EJEMPLO 2

En este problema se compararán los trabajos de explotación en banco con traxcavo cargando camiones y acarreado a 800 mts VS corte y acarreo con motoescrepa, el material es tipo A. Las condiciones de obra son buenas y las condiciones de administración son regulares, esto nos da una eficiencia de 0.65

El cargador frontal es un 924F caterpillar sobre neumáticos con cucharón de 1.40 m³ de capacidad y recorre 10 metros para cargar a camión de volteo de 6 m³

a) Rendimiento de traxcavo 924F

Coefficiente de contracción; $C_c=1.16$

Coefficiente de abundamiento; $C_a=1.20$

$t_c = t_{carga} + t_{maniobra} + t_{viaje} + t_{descarga}$

$t_c = 4.3 \text{ seg} + 2.7 \text{ seg} + ((10 \text{ m} / 7.1 \text{ km} / \text{ hr}) + (10 \text{ m} / 13.1 \text{ km} / \text{ hr})) + 1.3 \text{ seg}$

$t_c = 16.12$

$R = (((1.40 \text{ m}^3 \times 1.16) / (1.2)) \times (60' / \text{ hr}) / (0.2687)) \times 0.65 =$

$R = 196.43 \text{ m}^3 \text{ c} / \text{ hr}$

Este rendimiento servirá para calcular el ciclo del camión de volteo y el rendimiento obtenido para el camión de volteo será el que rija para el cálculo del trabajo antes descrito.

Ese rendimiento es:

$$R = 9.28 \text{ m}^3/\text{hr} \times 5 \text{ camiones de volteo} = 46.4 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$C_d = ((\$282.72 / \text{hr}) / (46.40 \text{ m}^3/\text{hr})) =$$

$$C_d = \$6.09 / \text{m}^3$$

b) Rendimiento de camión de volteo.

Capacidad de la caja; $V = 6.0 \text{ m}^3$

Coefficiente de contracción; $C_c = 1.16$

Coefficiente de abundamiento; $C_a = 1.20$

Eficiencia; $E = 0.65$

Velocidad del camión cargado; $V_c = 25 \text{ km/hr}$

Velocidad del camión vacío; $V_v = 35 \text{ km/hr}$

Corrección de volumen:

$$V = ((6 \text{ m}^3 \times 1) / (1.2 \text{ m}^3 / \text{m}^3)) = 5.0 \text{ m}^3 / \text{camión}$$

$$t_c = t_f + t_v$$

$t_f = t_{\text{espera carga}} + t_{\text{acomodo}} + t_{\text{carga}} + t_{\text{acomodo descarga}} + t_{\text{descarga}}$

$$t_f = 1.0 + 0.25 + t_{\text{carga}} + 0.25 + 0.1$$

$$t_f = 1.6 + t_{\text{carga}}$$

Del inciso a), tenemos que el rendimiento del traxcavo es: 196.43 m³c / hr ; T_c=16.12

$$t_f = 1.6' + 16.12' = 17.72'$$

$$t_v = [(0.8 \text{ km}) / (25 \text{ km/hr}) \times (60' / \text{hr})] + [(0.8 \text{ km}) / (35 \text{ km/hr}) \times (60' / \text{hr})] = 3.29'$$

$$t_c = 17.72' + 3.29' = 21.01'$$

$$R = [(5.0) \times (60' / \text{hr}) / (21.01')] \times 0.65 = 9.28 \text{ m}^3\text{c} / \text{hr}$$

$$R = 9.28 \text{ m}^3\text{c} / \text{hr}$$

R = 9.28 m³c / hr X 5 camiones = 46.4 m³c / hr (Este es el rendimiento que registrará para todo el problema)

$$C_d = ((\$712.40 / \text{hr}) / (46.40 \text{ m}^3\text{c}/\text{hr})) = \$15.35 / \text{m}^3\text{c}$$

$$C_d = \$15.35 / \text{m}^3\text{c}$$

Costo total

$$C_t = \$6.09 / \text{m}^3\text{c} + \$15.35 / \text{m}^3\text{c} =$$

$$C_t = \$21.44 / \text{m}^3\text{c}$$

2.1) Corte y acarreo con motoescrepa de material tipo A a una distancia de 800 metros, condiciones de obra buenas y administración regulares; E=0.65. Terreno plano.

Motoescrepa 621F Caterpillar 14/20 yd³

$$V = 15 \text{ yd}^3 \times 0.765 = 11.48 \text{ m}^3 \text{ (sin empujador)}$$

Coefficiente de contracción; $C_c=1.0$

Coefficiente de abudamiento; $C_a=1.2 \text{ m}^3\text{s} / \text{m}^3\text{c}$

$$t_c = t_f + t_v =$$

$$t_f = t_{\text{carga}} + t_{\text{vuelta y descarga}} + t_{\text{atraso}}$$

Para condiciones regularres;

$$t_f = 1.3' + 0.6' + 0.20' = 2.1'$$

$$t_v = (\text{longitud}) / (V_{\text{media}}); \quad t_v = t_{v1}(\text{cargada}) + t_{v2}(\text{vacía})$$

Por lo tanto $t_v = ((l / v_1) / (l / v_2))$

Cálculo de los factores de velocidad

$$11.48\text{m}^3 \times 1.725 \text{ tn} / \text{m}^3 = 19.80 \text{ tn} + 32.069 \text{ tn}$$

$$[(w) / (: \text{Hp al volante})] = (51269\text{Kg} / 330\text{HP}) = 155 \text{ kg} / \text{Hp}(\text{Cargada})$$

$$F_v = 0.90 \times 51.27 = 46.14 \text{ (ton/hr)}$$

$$[(w) / (: \text{Hp al volante})] = (32069\text{Kg} / 330\text{HP}) = 97 \text{ kg} / \text{Hp}(\text{Vacía})$$

$$F_v = 0.94 \times 32.07 = 30.14 \text{ (ton/hr)}$$

$$t_v = [((0.8\text{km} \times 60' / \text{hr}) / (46.14\text{km/hr})) + ((0.8 \times 60' / \text{hr}) / (30.14\text{km} / \text{hr}))]$$

$$t_v = 2.63'$$

$$t_c = t_f + t_v$$

$$t_c = 2.1' + 2.63' = 4.73'$$

$$t_c = 4.69'$$

$$R = \left(\frac{(11.48 \text{ m}^3/\text{s}) \times (1.00)}{(1.2)} \times \left(\frac{60 \text{ /hr}}{(4.73')} \right) \right) \times 0.65 = 78.88 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$R = 78.88 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$C_d = \left(\frac{\$1126.81 / \text{hr}}{(78.88 \text{ m}^3/\text{hr})} \right) = \$14.29 / \text{m}^3$$

$$C_d = \$14.29/\text{m}^3$$

3.- Corte, acarreo y tendido con motoescrepa 621F en camino, distancia de acarreo 800 metros VS corte con traxcavo con ripper, carga a camión y tendido con motoconformadora Cat 12G.

Motoescrepa 621F Caterpillar 14/20 yd³

$V=20 \text{ yd}^3 \times 0.765 = 15.30 \text{ m}^3$ (con empujador)

Coefficiente de contracción; $C_c=1.0$

Coefficiente de abundamiento; $C_a=1.2 \text{ m}^3 \text{ s} / \text{m}^3 \text{ c}$

$t_c = t_f + t_v =$

$t_f = t_{\text{carga}} + t_{\text{vuelta y descarga}} + t_{\text{atraso}}$

Para condiciones regulares;

$t_f = 1.3' + 0.6' + 0.20' = 2.1'$

$t_v = (\text{longitud}) / (V_{\text{media}});$

$t_v = t_{v1}(\text{cargada}) + t_{v2}(\text{vacía})$

Por lo tanto $t_v = ((l / v_1) / (l / v_2))$

Cálculo de los factores de velocidad

$15.3 \text{ m}^3 \times 1.725 \text{ tn} / \text{m}^3 = 26.39 \text{ tn} + 32.069 \text{ tn}$

$[(w) / (: \text{Hp al volante})] = (58460 \text{ Kg} / 330 \text{ HP}) = 177.15 \text{ kg} / \text{Hp}(\text{Cargada})$

$F_v = 0.88 \times 58.46 = 51.44 \text{ (ton/hr)}$

$$[(w) / (:Hp \text{ al volante})] = (32070 \text{Kg} / 330 \text{HP}) = 97.18 \text{ kg} / \text{Hp}(\text{Vacía})$$

$$F_v = 0.94 \times 32.07 = 30.15 \text{ (ton/hr)}$$

$$t_v = \left[\left(\frac{0.8 \text{km} \times 60' / \text{hr}}{51.44 \text{km/hr}} \right) + \left(\frac{0.8 \times 60' / \text{hr}}{30.15 \text{km} / \text{hr}} \right) \right]$$

$$t_v = 2.53'$$

$$t_c = t_f + t_v$$

$$t_c = 2.1' + 2.53' = 4.63'$$

$$t_c = 4.63'$$

$$R = \left\{ \left(\frac{15.30 \text{m}^3 \times (1.00)}{(1.2)} \right) \times \left(\frac{60' / \text{hr}}{(4.63')} \right) \right\} \times 0.65 = 107.39 \text{ m}^3 \text{c} / \text{hr}$$

$$R = 107.39 \text{ m}^3 \text{c} / \text{hr}$$

$$C_d = \left(\frac{\$1126.81 / \text{hr}}{(107.39 \text{ m}^3 \text{c} / \text{hr})} \right) = \$14.45 / \text{m}^3 \text{c}$$

$$C_d = \$14.45 / \text{m}^3 \text{c}$$

3.1 Corte con ripper en cargador frontal sobre orugas modelo 953B Caterpillar y carga a camión F600 de 6 m³ de capacidad para acarreo a 800 metros y tendido con motoconformadora 12G.

El ripper es de 3 dientes de 60 cm de longitud útil la longitud del tramo de afloje es de 50 metros

a) Rendimiento del ripper.

Coefficiente de contracción; Cc=0.8

Coefficiente de abundamiento; $Ca=1.0$ (en banco)

$$V=6.5p2L=6.5 \times (0.6 \times 0.6) \times 50 = 117 \text{ m}^3\text{c}$$

$$t_c = t_f + t_v$$

$$t_f = ((0.15' / \text{pasada}) \times (\text{No. pasadas})) = 0.15' \times 4 = 0.60'$$

$$t_v = (((0.05 \text{ km}) \times (60' / \text{hr})) / (1.5 \times 0.8)) \times 4 \text{ pasadas} = 10.0'$$

$$t_c = 0.6' + 10.0' = 10.6'$$

$$R = (((117 \text{ m}^3 \times 0.8) / (1.0)) \times ((60' / \text{hr}) / (10.6'))) \times 0.65 =$$

$$R = 344.38 \text{ m}^3\text{c} / \text{hr} \text{ (3 dientes)}$$

Para el caso práctico del problema rige el rendimiento del camión de volteo de 31.25 $\text{m}^3\text{c} / \text{hr}$ X 4 camiones = 125 $\text{m}^3\text{c} / \text{hr}$

$$C_d = (\$431.42 / \text{hr}) / (125.00 \text{ m}^3\text{c} / \text{hr})$$

$$C_d = \$3.45 / \text{m}^3\text{c}$$

b) Carga con 953B a camión de volteo de 6 m^3

Coefficiente de contracción;

$$C_c = 1.16 \text{ (Corrección al volumen para cargador de orugas)}$$

Coefficiente de abundamiento; $Ca=1.2$ (suelto)

$$V = 2.2 \text{ yd}^3 \times 0.765 \text{ m}^3 / \text{yd}^3 = 1.683 \text{ m}^3\text{s}$$

$$t_c = t_{\text{carga}} + t_{\text{maniobra}} + t_{\text{viaje}} + t_{\text{descarga}}$$

$$t_c = 0.06 + 0.22 + 0.10 + 0.06 = 0.44'$$

$$t_c = 0.44'$$

$$R = \left(\frac{1.40 \text{ m}^3 \times 1.16'}{1.2} \right) \times \left(\frac{60'}{\text{hr}} \right) / (0.2687) \times 0.65 =$$

$$R = 144.20 \text{ m}^3 \text{ c / hr}$$

El rendimiento que rige para el caso práctico del prolema es el del camión del volteo que es de 31.25 m³ c / hr X 4 camiones = 125.00 m³ c / hr

$$C_d = \left(\frac{\$431.42 / \text{hr}}{125.00 \text{ m}^3 \text{ c / hr}} \right) =$$

$$C_d = \$3.45 / \text{m}^3$$

c) Rendimiento de camión de volteo.

Capacidad de la caja; V = 6.0 m³

Coefficiente de contracción; C_c = 1.16

Coefficiente de abundamiento; C_a = 1.20

Eficiencia; E = 0.65

Velocidad del camión cargado; V_c = 25 km/hr

Velocidad del camión vacío; V_v = 35 km/hr

Corrección de volumen:

$$V = \left(\frac{6 \text{ m}^3 \times 1}{1.2 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ c}} \right) = 5.0 \text{ m}^3 \text{ c / camión}$$

$$t_c = t_f + t_v$$

t_f = t_{espera carga} + t_{acomodo} + t_{carga} + t_{acomodo descarga} + t_{descarga}

$$t_f = 1.0 + 0.25 + t_{\text{carga}} + 0.25 + 0.1$$

$$t_f = 1.6' + t_{\text{carga}}$$

Del inciso b), tenemos que el rendimiento del traxcavo es: 144.20 m³c / hr

$$t_{\text{carga}} = ((5.0 \text{ m}^3 \text{c}) / (144.20 \text{ m}^3 \text{c/hr})) \times 60 = 1.35'$$

$$t_f = 1.6' + 1.35' = 2.95'$$

$$t_v = (((0.8 \text{ km}) / (25 \text{ km} / \text{hr})) \times (60' / \text{hr})) + ((0.8 \text{ km}) / (35 \text{ km/hr})) \times (60' / \text{hr})) = 3.29'$$

$$t_c = 2.95' + 3.29' = 6.24'$$

$$R = (((5.0)) \times ((60' / \text{hr}) / (6.24'))) \times 0.65 = 31.25 \text{ m}^3 \text{c} / \text{hr}$$

$$R = 31.25 \text{ m}^3 \text{c} / \text{hr} \times 4 \text{ camiones} = 125.00$$

$$C_d = ((\$569.92 / \text{hr}) / (125.00 \text{ m}^3 \text{c/hr})) = \$4.56 / \text{m}^3 \text{c}$$

$$C_d = \$4.56 / \text{m}^3 \text{c}$$

d) Tendido de material con motoconformadora 12G Caterpillar.

Longitud del tramo a acanellonar= 50 metros

Altura de la cuchilla=0.61 metros

$$V = ((0.61 \times 0.61) / (2 \times 0.700 (\text{tierra común húmeda}))) = 0.266 \text{ m}^3 \text{s} \text{ } 7 \text{ m} \times 50 \text{ metros} =$$

$$V = 13.3 \text{ m}^3 \text{s} / \text{pasada}$$

Ca=1 (porque se mide suelto el material)

$$t_c = t_f + t_v$$

$$t_f = t [\text{inicio} / \text{pasada}] + t [\text{vuelta} / \text{pasada}] = 0.25' + 0.50' = 0.75' / \text{pasada}$$

$$t_v = ((0.05 \text{ km} \times 60' / \text{hr}) / ((6.0 \text{ km} / \text{hr}) \times 0.9)) = 0.55' / \text{pasada, por lo tanto}$$

$$t_c = 0.75' / \text{pasada} + 0.55' / \text{pasada} = 1.30' / \text{pasada}$$

$$R = (((13.30 \text{ m}^3 / \text{pasada}) / (1.0)) \times ((60' / \text{hr}) / (1.30))) \times 0.65 =$$

$$R = 399 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Para el caso práctico del problema el rendimiento que rige es el del camión de volteo de 31.25 m³ / hr X 4 camiones = 125.00 m³ / hr

$$C_d = ((\$464.10 / \text{hr}) / (125.00 \text{ m}^3 / \text{hr})) = \$3.71 / \text{m}^3$$

$$C_{d\text{total}} = 3.45 + 3.45 + 4.56 + 3.71 = \$15.17 / \text{m}^3$$

4.- Compactación de terraplén con un rodillo "patas de cabra" jalado con tractor agrícola F500.

Espesor flojo=20 cm.

Ancho de rodillo=1.9 metros

Ancho de trabajo=1.9-0.30(traslape)=1.60 metros

Velocidad media de trabajo=3.0 Km / hr

Longitud del tramo= 50.0 metros

E=0.7

Coefficiente de abundamiento= 1.2 m³s

$(VCc/Ca)=((\text{Ancho de trabajo} \times \text{Espesor suelto}) / (Ca)) \times \text{longitud del tramo} =$

$(VCc/Ca)=((1.60 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}) / (1.2 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{cd})) \times 50 \text{ m} = 13.0 \text{ m}^3 \text{cd}$

$t_c = t_f + t_v$; t_p : tiempo pasada = tacomodo, espera, arranque, paros + vuelta.

$t_c = t_f + t_v$; $t_p = T$ acomodo, espera, arranque, paros + vuelta

$t_p = 0.25 + 0.5'$

$t_p = 0.75'$ (Para una pasada)

$t_v (\text{por pasada}) = ((0.05 \text{ km} \times 60' / \text{hr}) / (3.0 \text{ km} / \text{hr})) = 1.0'$ (para una pasada)

Para una compactación al 95% se requieren 8 pasadas:

$R = 13.0 \text{ m}^3 \text{cd} \times ((60' / \text{hr}) / (1.75' \times \text{No. de pasadas})) \times 0.7 =$

$R = ((312 \text{ m}^3 \text{cd pasada} / \text{hr}) / (\text{No. de pasadas})) = (312 / 8) = 39 \text{ m}^3 \text{cd} / \text{hr}$

$$Cd = (\$107.84 / \text{hr}) / (39.0) = \$2.76/\text{m}^3\text{c}$$

B) Compactación de terraplén con compactador de neumáticos.

Espesor de lacapa= 20 cm

Vel media=4.0 km / hr

Longitud del tramo= 50 metros

Ancho de trabajo= 2.5-0.25 =2.25 metros

E=0.70

Coefficiente de abundamiento; Ca=1.25 m³s / m³

$V = ((\text{Ancho de trabajo} \times \text{Espesor suelto}) / (\text{Ca})) \times \text{longitud del tramo}$

$$V = ((2.25 \times 0.2) / (1.25 \text{ m}^3\text{s} / \text{m}^3\text{c})) \times 50 =$$

$$V = 18.00 \text{ m}^3\text{c}$$

$t_c = t_f + t_v$

$$t_f = 0.1' + 0.4' = 0.5' / \text{pasada}$$

$$t_v = ((0.05 \text{ km} \times 60' / \text{hr}) / (4.0 \text{ km} / \text{hr})) = 0.75' / \text{pasada}$$

$$R = ((18.0 \text{ m}^3\text{cd} \times ((60' / \text{hr}) / (1.25' \times \text{No. de pasadas}))) \times 0.7 =$$

$$R = 604.80 \text{ m}^3\text{cd} / \text{No. de pasadas}$$

Para el 95% de compactación con equipo neumático son 7 pasadas

$$R = (604.8 / 7) = 86.40 \text{ m}^3\text{cd}$$

$$Cd = (\$228.32 / \text{hr}) / (86.40 \text{ m}^3\text{cd}) = \$2.64/\text{m}^3\text{c}$$

$$Cd = \$2.64 / m^3c$$

$$Cd = (\$107.84 / hr) / (39.0) = \$2.76/m^3c$$

CAPITULO IV

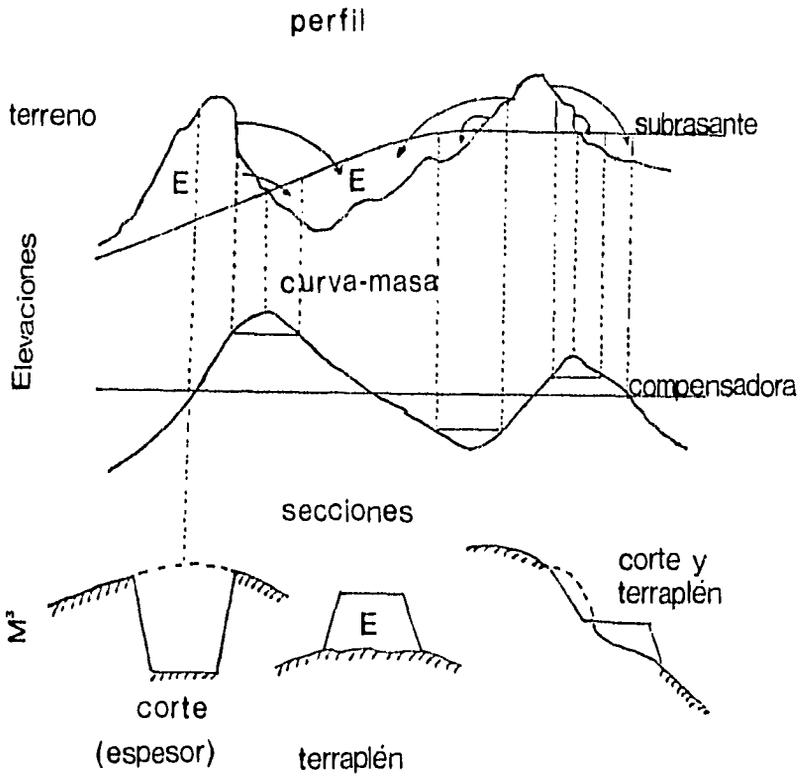
CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Como hemos visto los factores que intervienen para lograr una adecuada selección del equipo de construcción en terracerías de carreteras son muchos y muy variados pero gracias a la ayuda de la curva masa podemos obtener datos para ir normando nuestro criterio y lograr la selección óptima de nuestro equipo, ya que de los datos del proyecto que se reflejan en la CURVA MASA, veremos los volúmenes de corte, de terraplenes, de préstamos y desperdicios del material así como el tipo de material encontrado y los acarrees pudiendo con lo anterior y según los tramos a atacarse decidir el equipo a usar.

Por ejemplo si en un tramo predomina la excavación en un material tipo B, y el acarreo ya no es mayor de 60 metros. Dijimos en el capítulo 3 que el tractor con ripper, desgarrando primero y luego cortando con la cuchilla es lo adecuado, si ese material se tuviera que desperdiciar, sería indicado usar un Angledozer.

Si tuviéramos un tramo con un volumen considerable de roca fija la selección de equipos sería de barrenación usando explosivos para disgregar el material, usar cargadores de oruga que dan mejor resultado que los de llantas o usar cargadores de llantas con protección contra roca, así podríamos seguir ejemplificando todas las distintas alternativas que se nos pueden presentar, pero lo que tratamos de concluir es que en la selección del equipo de construcción el estudio a fondo de la curva masa es la herramienta primordial.

En la siguiente figura se observa lo anterior:



IV.1 Economía

Es determinante en la selección de equipo: en el capítulo anterior se compararon varios equipos haciendo el mismo trabajo y se obtuvo el costo directo de esos trabajos, así que considerando la diferencia de costo directo y multiplicando por los volúmenes a ejecutar se verá el ahorro que se obtendría siendo esto determinante para tomar la decisión del equipo a usar.

A continuación se muestra el cuadro comparativo de los ejemplos prácticos del capítulo 3, en este cuadro se muestra la diferencia que hay para cada ejemplo que representa una problemática solucionada con dos diferentes opciones. se muestra el rendimiento y el costo que resulta de usar una u otra opción:

	Opción 1		Opción 2	
	Rendimiento	Costo/Unitario	Rendimiento	Costo/Unitario
Ejemplo 1	409.09 m3c / hr	\$2.95 / m3c	147.53 m3c / hr	\$4.91 / m3c
Ejemplo 2	46.40 m3c / hr	\$21.44 / m3c	78.88 m3c / hr	\$14.29 / m3c
Ejemplo 3	107.39 m3c / hr	\$14.45 / m3c	125.00 m3c / hr	\$15.17 / m3c
Ejemplo 4	39.00 m3c / hr	\$2.76 / m3c	86.00 m3c / hr	\$2.76 / m3c

IV.2 Programa

El programa de obra nos marca la parte a seguir en la decisión de la selección del equipo, ya que de acuerdo a los volúmenes de los diferentes conceptos por ejecutar escogeremos el tamaño y el número de máquinas necesarias para hacer el trabajo en el tiempo especificado en un determinado contrato.

Es obvia la importancia de este inciso pues cumplir con un programa redundará siempre en la satisfacción de los clientes así como en prestigio para la empresa que ejecute los trabajos y por consecuencia potencial trabajo futuro.

IV.3 Marca y modelo.

Aunque todos los fabricantes de equipo dicen que sus máquinas son las mejores, existen en el mercado marcas de mayor prestigio, que tienen mejor diseño y un gran apoyo en cuanto a servicio y refacciones, factor digno de tomarse en cuenta al decidirse por un equipo o por otro pues una máquina descompuesta y que nos e encuentren las refacciones y el servicio adecuado con oportunidad estará haciendo perder dinero a su propietario, y atrasando en el programa a la obra

IV.4 Tamaño.

El tamaño y capacidad de la máquina a emplearse se debe analizar con sumo cuidado, pues si bien las grandes máquinas casi siempre dan mejores rendimientos, puede ser que al terminar un trabajo no puedan utilizarse en otras obra debido a eso, su gran tamaño. Por lo que en ocasiones se convierte en desventaja. Esto no sucede si el volumen de la obra por ejecutar es tal que se logra la depreciación total de la máquina.

IV.5 Versatilidad

Esta cualidad llega a ser determinante en la selección del equipo sobre todo en las empresas constructoras pequeñas pues un equipo que puede transportarse fácilmente, por ejemplo utilizar dos tractores CAT D-7 en lugar de un CAT D-9 puede ser acertado a pesar de que el CAT D-9 nos da costos directos por M3 excavado más bajos, pero si la obra esta en un lugar alejado, el CAT D-9 tiene dificultad de transporte. Con dos D-7 se pueden atacar dos frentes y en caso de falla de uno no se

suspende el trabajo. Sin embargo puede darse el caso de que por la naturaleza del trabajo, por ejemplo; ripplear en un material de boleado con un solo diente y a una profundidad de 1.80 m tendría que hacerse rigurosamente con un CAT D-9 ya que el CAT D-7 no lo podría ejecutar. De lo anterior se desprende que no se pueden tomar decisiones simplistas por lo que siempre hay que evaluar todas las posibilidades que se nos puedan presentar, y así tener la selección óptima del equipo a usar.

IV.6 Disponibilidad

Puede darse el caso de que al seleccionar un equipo de trabajo, dicho equipo no este disponible en el mercado, este es el caso de las motoconformadoras pues existen restricciones en nuestro país para importar motoconformadoras de gran tamaño y solo disponemos de las de tamaño equivalente a la Caterpillar 120 y Cat serie 12 esto posiblemente cambie a futuro con el tratado de libre comercio de América del Norte.

Las opciones para disponer de un equipo pueden variar, pero enumeraré los siguientes:

EQUIPO PROPIO. Cuando las obras por ejecutar tengan volúmenes adecuados para amortizar los equipos. En U.S.A se acostumbra entre los contratistas subastar el equipo al final de las obras y con el valor de rescate y el trabajo ejecutado recuperar la inversión inicial, esta es una buena medida ya que para la siguiente obra el equipo volverá a adquirirse nuevo.

EQUIPO EN ARRENDAMIENTO FINANCIERO. Cuando el flujo de efectivo de una empresa le muestre que no le conviene descapitalizarse, se recurre a este sistema el cual es bueno si los precios unitarios lo permiten.

EQUIPO RENTADO. Cuando en la obra tenemos en un tramo algún trabajo que requiere una máquina por poco tiempo , o para aumentar nuestra capacidad de trabajo durante un pico de nuestros volúmenes.

IV.7 COMENTARIOS FINALES

Como comentarios finales podemos decir que los trabajos de construcción de terracerías desde épocas pasadas hasta nuestros días se llevan a cabo con procedimientos similares pero con una principal diferencia, esta se da en las herramientas con que se cuenta en esta época moderna, las máquinas son más rápidas dan mayores rendimientos y por lo tanto son más eficientes, aunque no debemos dejar de considerar que seguimos teniendo el factor humano que en este caso son los operadores y los diferentes criterios técnicos y administrativos para elegir el sistema como se va a proceder a ejecutar la obra.

Como dijimos al principio de este trabajo, la construcción de terracerías es una de las actividad que más ayuda al desarrollo de las comunidades pueblos y naciones, pues dicha construcción lleva implícito el concepto de COMUNICACION, que a su vez significa progreso, comercio y salud para un mayor número de ciudadanos por lo que es de vital importancia que los ingenieros sepamos hacer las terracerías utilizando los equipos más adecuados para lograr así ejecutar el mayor volumen de obra de la manera más eficiente. Así que después de que analicemos todos los datos técnicos disponibles, el tipo de materiales y el trabajo por ejecutar, al hacer la selección óptima del equipo a usar en la construcción de dichas terracerías debemos aprovechar la experiencia de los ingenieros que nos antecedieron y ser receptivos de sus enseñanzas tanto en las aulas como en el campo, y estoy seguro que así las obras que se construyan en nuestro país estarán bien ejecutadas desde el punto de vista técnico, esto es, estarán bien construidas para cumplir adecuadamente con los fines sociales para los cuales fueron concebidas y de esta manera coadyuvar con el progreso y engrandecimiento de nuestra nación.

BIBLIOGRAFIA

La Ingeniería de suelos en las vías terrestres.

Rico, Alfonso.

Del Castillo Herminio.

Segunda reimpresión

Ed. Limusa 1978

Movimiento de tierras

Nichols, Herbert.

Editorial Continental 1973

Maquinas para obras.

Gabay, A.

Zemp, J.

Versión española de la tercera edición francesa.

Editorial Blume y editorial Labor.

Barcelona 1974.

Vías de comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y puentes.

Crespo Villalaz, Carlos.

Segunda reimpresión 1982

Editorial Limusa.

Compactación y equipo en terracerías.

Ceballos García, Nestor Alejandro.

Tesis profesional, Facultad de Ingeniería.

U.N.A.M. 1992

Métodos de construcción en terracerías excavaciones en roca a cielo abierto,
excavaciones subterráneas.

Mendoza Sánchez, Ernesto René.

Yll Espinoza, Ricardo.

Tesis profesional, Facultad de Ingeniería

U.N.A.M. 1975

Ingeniería de carreteras.

Wright, H. Paul.

Paquette, J. Radnor.

Primera edición 1993

Ed. Limusa México.

Apuntes de Comportamiento de Suelos

Ing. Hector Legorreta Cuevas.

Semestre 94-1

Facultad de Ingeniería.

U.N.A.M.

Apuntes de Mecánica de Suelos

Ing. Héctor Legorreta Cuevas.

Semestre 94-2

Facultad de Ingeniería

U.N.A.M.

Estructuración de Vías Terrestres

Olivera Bustamante, Fernando.

Editorial CECSA

Tercera reimpresión de la primera edición, 1991

México

Normas de Servicios Técnicos. Libro 2

S.C.T.

Manuales de Maquinaria Caterpillar.

Tractor sobre orugas D-9

Tractor sobre orugas D-7

Compactador Vibratorio CS-433C

Cargador Frontal 924F

Cargador Frontal 953B

Motoescrepa 621F

Motoconformadora 12G

Proporcionados por Mextrac.