



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**CONOCIMIENTOS DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR Y
DESCRIPCIÓN DE NORMAS AASHTO UTILIZADAS POR COVIAL
EN EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TERRACERÍA**

Marco Vinicio Del Valle Ortiz
Asesorado por el Ing. Wolfgang Stremms Rimola

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONOCIMIENTOS DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR Y
DESCRIPCIÓN DE NORMAS AASHTO UTILIZADAS POR COVIAL
EN EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TERRACERÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

MARCO VINICIO DEL VALLE ORTIZ

ASESORADO POR EL ING. WOLFGANG STREMS RIMOLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Jorge Alberto Lam Lan
EXAMINADOR	Ing. Julio Roberto Luna Aroche
EXAMINADOR	Ing. Augusto René Pérez Méndez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CONOCIMIENTOS DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR Y DESCRIPCIÓN DE NORMAS AASHTO UTILIZADAS POR COVIAL EN EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TERRACERÍA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de febrero de 2006.

Marco Vinicio Del Valle Ortiz

Guatemala, 26 de septiembre de 2006

Ing.
Oswaldo R. Escobar A.
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Pte.

Por medio de la presente carta le envié un cordial saludo, deseando tenga éxitos en sus labores cotidianas, al mismo tiempo le expreso lo siguiente:

Yo Ing. Wolfgang Strems Rimola colegiado 5285, asesore el trabajo de investigación que lleva por nombre **Conocimientos de la Maquinaria a Utilizar y Descripción de Normas AASHTO Utilizadas por Coviál en el Mantenimiento de Caminos de Terracería**. Este trabajo fue realizado por el estudiante Marco Vinicio Del Valle Ortiz con carné No. 9212982.

Después de haber revisado en su totalidad el trabajo, expongo que llegó a su terminación en lo que respecta a la investigación y redacción sin encontrarle algún error.

Atentamente,



Ing. Wolfgang Strems Rimola
Colegiado No. 5285

WOLFGANG STREMS RIMOLA
Ingeniero Civil
Colegiado No. 5285



Guatemala, 20 de julio de 2006

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Escobar Álvarez.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CONOCIMIENTOS DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR Y DESCRIPCIÓN DE NORMAS AASHTO UTILIZADAS POR COVIAL EN EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TERRACERÍA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Marco Vinicio Del Valle Ortiz, quien contó con la asesoría del Ing. Wolfgang Strems Rimola.

Tomado en cuenta lo expresado por el Ing. Amando Fuentes Roca, Revisor por el Área de Topografía y Transporte, doy mi aprobación al mismo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transporte



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

"TODOPOR TI CAROLINGIA MIA"

Dr. Carlos Martínez Durán, 2006 centenario de su nacimiento

Abdeb.



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Wolfgang Strems Rimola y Coordinador del Área de Topografía y Transporte, Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez, al trabajo de graduación del estudiante Marco Vinicio Del Valle Ortiz, titulado CONOCIMIENTOS DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR Y DESCRIPCIÓN DE NORMAS AASHTO UTILIZADAS POR COVIAL EN EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TERRACERÍA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez



Guatemala, octubre 2006.

/bbdeb.

"TODO POR TI CAROLINGIA MÍA"

Dr. Carlos Martínez Durán, 2006 centenario de su nacimiento



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CONOCIMIENTOS DE LA MAQUINARIA A UTILIZAR Y DESCRIPCIÓN DE NORMAS AASHTO UTILIZADAS POR COVIAL EN EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TERRACERÍA**, presentado por el estudiante universitario **Marco Vinicio Del Valle Ortiz**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.




Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, Octubre de 2006

/cc

AGRADECIMIENTO A:

Dios

Todopoderoso y a la Virgen María, por iluminarme el camino y llenarme de sabiduría para llevar a feliz término la meta que he alcanzado.

Mi asesor

Ing. Wolfgang Strems Rimola

Por sus valiosas indicaciones, sabios consejos y sugerencias, para la realización del trabajo de graduación.

Mis amigos y compañeros

Por la amistad y ayuda en todo momento de la carrera.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

DEDICATORIA

MI PADRE

Marco Antonio Del Valle Chávez

MIS TÍOS Y PADRINOS

Nicomedes de Jesús Borrayo

y

Estela Del Valle de Borrayo

MI ESPOSA

Johanna Carolina Reyes

INDICE GENERAL

ÌNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX

1. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES EN EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

1.1	Cualidades de la maquinaria	1
1.2	Maquinaria existente en el mercado local.....	8
1.3	Costo de la maquinaria	13
1.4	Cómo emplear correctamente la maquinaria	15
1.5	Tipos y características de carreteras	17
1.5.1	Volumen de material a moverse	21
1.5.2	Distancia a los bancos de prestamos	22
1.5.3	Localización geográfica del proyecto	22
1.5.4	Topografía	23
1.5.5	Clasificación de los materiales utilizados en la explotación de bancos de préstamo	24
1.5.6	Duración del trabajo y clase de horario del mismo.....	26
1.6	Adquisición del Equipo	28
1.6.1	Compra al Contado	29
1.6.2	Arrendamiento con opción a compra	39
1.6.3	Arrendamiento	40

1.6.4	Cómo escoger el equipo adecuado	44
-------	---------------------------------------	----

2. SUPERVISIÓN EN EL USO DE RECURSOS MATERIALES, POTENCIA DE MÁQUINARIA Y PRODUCCIÓN DE TRABAJO

2.1	Materiales	49
2.1.1	Densidad	50
2.1.2	Expansión volumétrica	50
2.1.3	Compresibilidad	52
2.2	Potencia necesaria	52
2.2.1	Resistencia al rodado	52
2.2.2	Efecto de la pendiente sobre la fuerza de tracción	54
2.3	Potencia disponible	55
2.4	Potencia utilizable	57
2.4.1	Tracción efectiva o agarre	57
2.4.2	Altitud	57
2.5	Tiempo de ciclo	60
2.5.1	Tiempo fijo	61
2.5.2	Tiempo Variable	61
2.6	Producción	63
2.6.1	Trabajos con bulldozer	65
2.6.2	Trabajos con motoniveladora	70
2.6.3	Trabajos con compactadora	71
2.6.4	Cargadores frontales y camiones	72
2.7	Escogencia del personal de operaciones	74
2.7.1	Que se haya trabajado en este campo	75
2.7.2	Que se trabaje por primera vez	78

2.8	Control de trabajo en campo y gabinete	78
2.8.1	Control de campo	79
2.8.2	Control de gabinete	80
2.9	Transporte y colocación en el proyecto	81

3. SUPERVISIÓN EN EL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

3.1	Mantenimiento del equipo autopulsado	83
3.1.1	Lubricación	84
3.1.2	Arranque, manejo y parada	86
3.1.3	Ajustes	88
3.1.4	Combustibles	89
3.2	Selección del Personal	91
3.2.1	Empleo del personal	93
3.2.2	Calidad del personal	94
3.2.3	Asignación de tareas	92
3.3	Equipo de mantenimiento y de reparación	92
3.3.1	Personal	88
3.3.2	Equipo	89

4. NORMAS AASHTO UTILIZADAS EN EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS DE TERRACERIA Y ASPECTOS AMBIENTALES

4.1	Ensayos de Compactación	95
4.2	Ensayos de Graduación.....	106
4.3	Ensayos de límite líquido	112
4.4	Ensayos de límite plástico.....	116
4.5	Ensayos de peso unitario.....	117
4.6	Ensayos para determinación de humedad.....	119

4.7	Aspecto ambiental	121
4.7.1	Causas y efectos.....	121
4.7.2	Medidas de mitigación para impactos ambientales en la reparación de carreteras	125
5.	PRINCIPALES PROBLEMAS	
5.1	Qué debe hacerse para colocar en el campo el equipo adecuado..	127
5.2	Qué hacer para asegurar una producción alta	127
5.3	Cuáles son los límites de aproximación de corte con cuchilla	128
5.4	Cómo puede determinarse la capacidad de cada operador.....	128
5.5	Cuál es la persona considerada clave en un proyecto con maquinaria pesada	128
5.6	Cuándo es conveniente la afinación.....	129
5.7	Qué nos garantiza una reparación duradera	129
5.8	Cómo obtener la seguridad de producción de nuestro equipo previamente calculado.....	129
	CONCLUSIONES.....	131
	RECOMENDACIONES	133
	BIBLIOGRAFÍA.....	135
	ANEXO.....	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Motoniveladora	6
2	Compactadora	7
3	Corte de laderas con cuchillas	62

TABLAS

I	Tractores de cadenas	11
II	Cargador Frontal de oruga.....	11
III	Moto-niveladora	11
IV	Compactadores de suelo vibratorio	12
V	Camiones de volteo	12
VI	Retroexcavadoras	12
VII	Tabla de depreciaciones.....	30
VIII	Valor promedio.....	33
VIII	Consumo de combustible	35
X	Consumo de lubricantes	35
XI	Consumo de lubricantes (grasa).....	36
XII	Factor (expresado en porcentaje para los costos de reparación).....	37
XIII	Tractores de ruedas, unidades de acarreo y camiones.....	37
XIV	Costo de arrendamiento	40

XV	Características aproximadas de los materiales	49
XVI	Factores típicos de resistencia al rodado	51
XVII	Coeficiente de agarre (tracción efectiva) para tractores	57
XVIII	Factores de eficiencia.....	61
XIX	Capacidad de hoja con material suelto.....	64
XX	Factores Volumétricos para Materiales	64
XXI	Rendimiento de trabajos normales	66
XXII	M ³ de producción por pasadas de compactadoras	70
XXIII	Comparación de tiempo para cargar un camión con tres máquinas diferentes	70
XXIV	Producción de carga de tres máquinas diferentes en 60 min..	71
XXV	El método de Standard de prueba para el peso de la unidad de agregado	113
XXVI	Dimensiones de medida en el sistema métrico	113
XXVII	Peso unitario de agua.....	114

GLOSARIO

- Acarreo Libre:** Es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, a una distancia menor o igual a 500 metros.
- Acarreo:** Es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material, menos la distancia de acarreo libre. En este caso, no se considera sobre-acarreo.
- Ambiente:** El complejo de factores climáticos, suelo y los componentes bióticos (flora y fauna) que al actuar sobre un organismo o comunidad ecológica determinan su forma y sobrevivencia.
- Área de influencia:** Es el área donde se presentan o tienen influencia los impactos adversos o beneficiosos de un proyecto.
- Balasto:** Es un material selecto que se coloca sobre la sub-rasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.

- Biodiversidad:** Número de niveles taxonómicos o tipos y cantidades de organismos en una localidad (número de especies, géneros, familias órdenes y filos).
- Escarificar:** Es el trabajo que realiza el ripper de cortar verticalmente el material que esta colocado en la carretera.
- Conservación:** Protección y manejo continuo de los recursos naturales renovables (suelo, agua, vida silvestre, bosque), en concordancia con los principios que aseguran un beneficio óptimo social y económico.
- Drenaje Transversal:** Drenaje construido transversal a la pendiente perturbada con el propósito de retardar el flujo, reduciendo así la carga de sedimentos.
- Ecología:** Rama de la ciencia que estudia las interrelaciones de los organismos y sus ciclos de vida, el desarrollo de las comunidades y el ambiente, especialmente, su estructura natural, interacciones entre organismos, distribución geográfica y alteraciones de poblaciones.
- EIA:** (Evaluación de Impacto Ambiental) actividad que radica básicamente, en la identificación y evaluación de consecuencias ambientales de un proyecto, plan, programa, política, tecnología como ambientales, con el fin de asegurarse que se selecciona la mejor opción posible considerando las variables

ambientales, económicas, técnicas y sociales. Los resultados de esta actividad se presentan en documentos conocidos como “Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental”.

Erosión: Conjunto de procesos por medio de los cuales el material laterítico y edáfico sufre desgaste, se suelta o disuelve y es removido de la superficie de la tierra. Se clasifica de acuerdo con el agente de erosión (agua, viento, oleaje, hielo, etc.).

Excavación: Es la operación de extraer y remover cualquier clase de material dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo en terraplenes o que tenga que desperdiciarse por estar así indicado en los planos o por tratarse de material inapropiado.

Fauna: Es la vida animal de un área, los mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces, crustáceos, moluscos, insectos y demás organismos del reino animal.

Flora: El total de tipos de plantas en un área.

Hábitat: El ambiente natural de un animal o planta.

Homogenizar: Es tender el material selecto luego de haber pasado sobre el área de trabajo la motoniveladora con el ripper, haberse mojado y movido de un lado a otro haciéndolo de derecha a izquierda o de izquierda a derecha o de centro a lados.

Impacto Ambiental: Consecuencia, efectos o cambios en el ambiente derivados de la ejecución de un proyecto en particular, su influencia puede ser a corto o largo plazo, directa o indirecta, positiva o negativa y su acción es temporal o permanente.

Mitigación: Acción de reducir, disminuir o atenuar los impactos en el ambiente. Los conceptos de mejoramiento, compensación y reemplazo han sido incorporados a la definición.

Reacondicionamiento

de Sub-rasante: Es la operación que consiste en escarificar, homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la sub-rasante de una carretera previamente construida, efectuando cortes y rellenos, no mayores de 20 centímetros de espesor con el objeto de regularizar, mejorando mediante estas operaciones las condiciones de la sub-rasante, como cimiento de la estructura del pavimento.

**Sección típica de
pavimentación:**

Es la representación gráfica de un corte transversal que muestra en proyección vertical, las pendientes, espesores, dimensiones y composición de las capas de la estructura del pavimento.

Sedimentación:

Disposición de sedimentos.

Sobre-acarreo:

Es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio, desde una distancia que exceda el límite de acarreo libre, hasta la distancia de un kilómetro.

Sub-rasante:

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Sub-base:

Es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas del tránsito, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar; absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la base.

Sub-base estabilizada: Es la capa de sub-base preparada y contraída aplicando la técnica de estabilización de suelos, para mejorar sus características de fricción interna y cohesión, por medio del uso de materiales o productos estabilizadores.

Mandil: Cuchilla que trae la traílla en la compuerta para cortar material y cargarlo en ella conforme se moviliza en el área de trabajo.

LISTA DE ABREVIATURAS

m.	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
P ³	Pulgadas cúbicas
Kgs.	Kilogramos
Lbs.	Libras
°C.	Grados centígrados.
Kms.	Kilómetros
Hrs.	Horas
R.P.M	Revoluciones por minuto
HP	Caballos de fuerza
Gal.	Galones
Lts.	Litros

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basa en la maquinaria que se utiliza en los trabajos de mantenimiento de caminos de terracería. Se describe el uso, el mantenimiento de cada tipo, así también se menciona la forma de adquisición.

Las normas AASHTO juegan un papel importante en el mantenimiento de caminos de terracería, ya que éstas son los parámetros o limitantes para proporcionar trabajos de excelente calidad.

Los aspectos ambientales son de gran importancia en la actualidad, ya que el ambiente esta cada día más contaminado, en este trabajo se contempla las variables ambientales afectadas positiva o negativamente por los trabajos del mantenimiento de caminos de terracería, así también se describen las medidas de mitigación que hay que poner en práctica para minimizar los impactos negativos o maximizar los positivos.

OBJETIVOS

GENERAL

Adquirir los conocimientos básicos para realizar los trabajos de mantenimiento de caminos de terracería de excelente calidad y minimizar los costos de operación.

ESPECÍFICOS

1. Proveer los conocimientos de la maquinaria pesada para los trabajos de mantenimiento de caminos de terracería.
2. Tener los conocimientos APRA supervisar los trabajos realizados por la maquinaria pesada.
3. Conocer y poner en práctica las normas AASHTO utilizadas por la Unidad de Conservación Vial (COVIAL).
4. Dar a conocer los impactos ambientales y cuáles son las medidas correctoras de estos.

INTRODUCCIÓN

La reparación de carreteras de terracería ha tomado mayor importancia en Guatemala, debido a que se están creando nuevas rutas, así también alternas, esto produce fuentes de trabajo y por lo mismo es necesario tener el conocimiento apropiado para que estudiantes como ingenieros tengan la información relacionada al tema. Con anterioridad se ha notado que para realizar este tipo de proyectos es necesario consultar varios manuales, además de las normas ASSHTO, todo este procedimiento es requerido por la Unidad de Conservación Vial (COVIAL). Estudio que para algunas empresas resulta muy costoso realizarlo, teniendo conocimiento de todo este proceso, se desarrollo el trabajo de graduación con el titulo de Conocimientos de la Maquinaria a utilizar y descripción de normas AASHTO utilizadas por COVIAL en el mantenimiento de caminos de terracería, describiendo en forma clara cada una de las normas que sean necesarias, así como un procedimiento optimo del mismo.

Este proyecto está compuesto de cinco capítulos. En el primero, se menciona el tipo y la clase de maquinaria que existe en nuestro país, sus costos en el uso, las características de la maquinaria. Se realizó un estudio de las condiciones y cualidades del proyecto como lo son la cantidad y distancia de tierra a mover, la localización del proyecto, topografía, clasificación del material a trabajar, duración del trabajo y clase de horario del mismo. La compra y arrendamiento son formas de adquirir la maquinaria, esto se describe, ya que es algo importante en la adquisición de la maquinaria. El segundo capítulo trata sobre el uso de los recursos materiales, potencia de maquinaria y producción de trabajo; en los materiales hay que tener conocimientos de su densidad expansión volumétrica y compresibilidad.

Los tipos de potencias que se mencionan en el segundo capítulo son la necesaria, disponible y utilizable. La potencia necesaria tiene dos resistencias para calcularla, estas son la resistencia al rodado y a las pendientes. La utilizable menciona la tracción efectiva o agarre y la altitud. El otro tema que se menciona en este capítulo es la producción del trabajo que depende mucho del rendimiento de la maquinaria, así, también de la escogencia del personal que ha laborado en este tipo de trabajo, también debe tenerse control de trabajo en el campo y de gabinete. También se habla del transporte y colocación en el proyecto de la maquinaria.

El tercer capítulo describe la supervisión en el mantenimiento del equipo auto propulsado y no autopropulsado. En el equipo auto propulsado se observara la lubricación, arranque, manejo y parada, ajustes combustibles. La escogencia, calidad y asignación de tareas del personal para mantenimiento es indispensable así como tener un buen equipo de reparación.

El cuarto capítulo se refiere a las Normas AASHTO para el mantenimiento de caminos de terracería y describe cada una que menciona la Unidad de Conservación Vial (COVIAL). Las normas que se describen son de compactación, graduación, límites líquido, plástico unitario y determinación de humedad, este mismo capítulo también menciona el aspecto ambiental que es muy importante. Al mismo tiempo se mencionan los impactos que tiene la construcción o reparación de una carretera de terracería sobre el ambiente, éstos impactos se analizaran por causas y efectos y sus respectivas medidas de mitigación.

El quinto capítulo menciona los principales problemas que podría suscitarse en el área de trabajo en el momento que se este realizando el proyecto.

El sexto capítulo menciona las conclusiones a las que se llegó después de realizar todo el trabajo de investigación así, como sus recomendaciones. Se Menciona también las fuentes o bibliografías que sirvieron de apoyo.

1. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES EN EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS DE TERRACERÍA

Al estar hecha la planificación de un proyecto de mantenimiento de caminos de terracería, el problema que afrontará un contratista será el seleccionar el equipo pesado con el cual se ejecutará el proyecto. La adquisición del equipo de ésta naturaleza en propiedad, deberá considerarse como una inversión y por lo tanto justificar plenamente ésta inversión. Siempre es bueno evaluar un determinado conjunto de maquinaria, pero siempre habrá que tomar en cuenta que éste sólo hecho no será suficiente para decidir su adquisición. Debido a que es una inversión, ésta debe ser autosuficiente eso quiere decir que debe de pagarse y además rendir ganancias durante su vida útil.

Respecto a la adquisición de maquinaria pesada hay otras dos formas como lo son: Arrendamiento con opción a compra y sencillamente arrendamiento, las dos formas de adquisición que se mencionaron anteriormente podemos decir que será justificable en razón directa de la cantidad de trabajo a efectuar. Estas modalidades de adquisición serán tratadas más adelante.

1.1 Cualidades de la maquinaria

El comprador tiene la obligación de conocer las cualidades de la maquinaria, usada en el mantenimiento de carreteras. Para tal efecto, creemos indispensable que tomando como guía el “equipo clásico” que se planteara mas adelante, se busque toda la información al respecto del equipo. No será

necesario detallar en el presente trabajo todos y cada una de las características de las máquinas, pues es más conveniente y práctico recomendar que esta documentación sea adquirida directamente de las casas importadoras. Sin embargo se hará mención de las más relevantes y que se consideran de importancia para nuestros fines. Además es conveniente aclarar que los datos que recabamos son sin particularizar en marca, pues es natural que cada fabricante considere su producto como el mejor.

Tractor de oruga

Son máquinas que transforman la energía del motor en energía o fuerza de tracción en la barra, son utilizadas generalmente para empujar o halar cargas. Es probablemente el equipo más versátil que existe, pudiéndose comprobar al estudiar los catálogos de características y especificaciones.

Fundamentalmente consiste en una unidad motora generadora de fuerza de tracción montada sobre carriles u orugas, estos carriles son fajas metálicas compuestas por planchas unidas entre sí por remaches y articulaciones que le permiten movilidad por medio de pines y pasadores. Cualquiera de estas planchas puede ser reparada, se indicara en el numeral de precios que la reparación mayor del rodaje constituye un 30% del valor total del equipo. Naturalmente el diseño de dichos carriles variará según el uso que se le dé, la altura del filete o pestaña del "caite" varía entre 2 1/4" y 2 3/4" dependiendo del tamaño del tractor, el ancho varía de 7" a 28". Se recomienda usar carriles protegidos contra la abrasión sobre todo si la máquina se usará en condiciones que se conocen como muy abrasivas (roca, arena, etc).

En un tractor de oruga la relación de engrane nos permite desarrollar varias velocidades, pero en ningún caso excederá de 15 Km/h. La caja de velocidades posee en marcha hacia adelante 6 graduaciones (no en todos los tractores) y 4 hacia atrás. Algunos están equipados con el convertidor de torque (ver especificación más adelante). Los tipos de tractores de oruga vienen clasificados fundamentalmente por su rendimiento, potencia en HP en el volante (FW) o en la barra de tiro (Drawbar) tracción, en la barra de tiro (en libras) peso.

Estos tractores pueden ser equipados con diversos tipos de accesorios tales como:

Cuchilla empujadora fija (control hidráulico)

Cuchilla angular (control hidráulico)

Cuchilla en V" (control hidráulico)

Riper (control de hidráulico)

Escarificador (control hidráulico)

Compactadora, etc. (control hidráulico)

Los diferentes tipos de tractor de oruga y sus equivalentes serán descritos en los cuadros del numeral 1.2 en base precisamente de sus características y especificaciones; sin embargo los fabricantes advierten en sus catálogos de cambios sin previo aviso en los diferentes modelos de máquinas.

Esto hace que a primera vista se pierda la equivalencia entre los diferentes tipos, pero lo subsana nuestro criterio al interpretar especificaciones.

Camiones de volteo

Esta clase de camiones son convenientes para emplearse en acarreo de muchas clases de materiales, la forma de la carrocería así como la cantidad de ángulos agudos, esquinas y el contorno de la parte trasera, a través del cual el material debe fluir cuando se bota, afectará que esta operación sea fácil o difícil. Las palanganas de los camiones que utilizarán en el acarreo de arcilla mojada o materiales similares, deben estar libre de ángulos y esquinas. La arena seca y la grava saldrá fácilmente de cualquier forma de la palangana del camión; si hay necesidad de acarrear roca del banco de materiales, la palangana debe ser de poca profundidad y con sus lados inclinados.

Si las unidades son usadas para acarrear material tal como: arena, grava, tierra relativamente seca, carbón, etc. La puerta a través de la cual estas unidades botan su carga, tiene un límite de abertura, dificultad que puede notarse mucho cuando se descargan materiales húmedos, arcilla pegajosa, especialmente si está en terrenos grandes.

Su velocidad está limitada a 50 kph (30 mph) con capacidad de acarreo de 12 m³ o más.

Capacidades de camiones

Existen tres métodos para expresar la capacidad de un camión

1. Por la carga que acarrea;
2. Expresado en toneladas.
3. Por el volumen de la unidad:
 - a. si es volumen colmado.
 - b. si es volumen a ras.

Los últimos dos pueden indicarse en metros cúbicos. La capacidad colmada es el volumen de material el cual puede ser acarreado con la carga arriba de los lados de la palangana del camión, dependiendo del ángulo de reposo del material. La capacidad puede ser expresada en metros cúbicos, como se indico anteriormente; mientras que la capacidad a ras permanece fija para una unidad determinada, la capacidad colmada varía con la altura a la cual puede colocarse el material arriba de los lados y con la longitud y ancho de la palangana. Arena arcillosa o tierra húmeda puede ser acarreada con un talud de 1:1; mientras que arena seca o grava no permite una pendiente mayor de 3:1. Para determinar la probable capacidad colmada de una unidad, se necesita conocer la capacidad de la unidad a ras, la longitud y ancho de la palangana y la pendiente a la cual el material puede permanecer estable cuando la unidad está en movimiento. En buenas carreteras permite más capacidad que en las malas. No conviene comparar las capacidades colmadas de las unidades, sino que esto debe hacerse con la capacidad a ras. En muchas oportunidades las capacidades pueden ser comparadas de una manera real.

El peso de la capacidad puede limitar el volumen de la carga cuando la una unidad se usa para acarrear un material pesado, así como el hierro, sin embargo, cuando la gravedad especifica del material es tal que no excede la carga segura, la unidad puede trabajar a capacidad colmada.

Algunas veces es posible agregar a los lados de la unidad aditamentos para incrementar la profundidad, ya sea en un carretón, permitiendo por consiguiente el acarreo de una carga mayor. Esta práctica probablemente incrementará el costo horario de operación, por el mayor consumo de combustible y lubricantes, reducción de la vida útil de las llantas, fallas más frecuentes en sus partes, como ejes, engranajes, bregues, embragues y alto

costo de mantenimiento. Sin embargo, si el valor del material acarreado extra es mayor que el incremento de gastos de operación del vehículo, la sobrecarga se justifica.

Cuando se considera el acarreo de grandes volúmenes de materiales debe comprobarse la máxima carga segura sobre las llantas con el objeto de evitar la sobrecarga la cual se traduce en una pérdida fuerte de tiempo debido a las fallas.

Equilibrio de la capacidad de las unidades de acarreo con el tamaño del excavador

Cuando se carga con palas mecánicas, dragas, correas cargadoras es deseable que el uso de las unidades de acarreo se balancee con la producción del equipo excavador. Si esto no se hace, habrán dificultades en el desarrollo de la operación, y el costo combinado de excavación y acarreo será mucho más alto que en un equipo balanceado. Por ejemplo, cuando un excavador se usa para cargar tierra a camiones el tamaño de éstos puede introducir varios factores que afectan la relación de producción y el costo del acarreo de la tierra.

Motoniveladora

Llamada también patrol, es una unidad de nivelación y afinamiento. Fuera de las características de tipo mecánico y de conducción están las de:

Potencia y

Peso.

Los motores diesel, varían su caballaje según el tipo. Los controles de movimiento de la cuchilla afinadora son hidráulicos para mayor precisión. Casi todas poseen 8 velocidades hacia delante y 4 hacia atrás. La longitud de las cuchilla varía de 3 a 3.70 metros, están construidas de acero con un alto

contenido de carbono, puede ascender o descender, desplazarse lateralmente, girar 180° en el plano horizontal, girar de 0° a 90° en el plano vertical, al girar sobre su propio eje. Se les pueden adaptar accesorios los cuales se detallan ampliamente en los catálogos de las compañías que las distribuyen. Se desplazan sobre llantas de hule sin cámara. Poseen medidor de tiempo. En la figura 1 se puede observar un modelo de motoniveladora.

Figura 1 Motoniveladora



Fuente: Gentrac S.A.

Compactadora

Las hay de ruedas de hule y tandem; son auto-propulsadas por motores diesel.

En las compactadoras de llantas se necesita saber la carga en cada llanta y el número de pliegos de las mismas. El control de dirección está en las ruedas delanteras, que normalmente son 5; en la parte trasera llevan 4. En las tablas de especificaciones aparece la carga por llanta para las diferentes cargas tanto del propio peso como del lastre. Las de modelo reciente permiten al operador graduar automáticamente la presión de inflado según la energía de compactación necesaria. En las compactadoras tándem las cargas se reportan

en los rodillos que son de acero. Estos rodillos se rellenan de arena o también de agua. Ambos tipos de compactadora se caracterizan por su marcha lenta.

Las compactadoras mecánicas pertenecen más que todo al renglón accesorio y consisten en rodillos de acero halados por tractores. En la figura 2 puede observarse la compactadora.

Figura 2. Compactadora



Fuente: Gentrac S.A.

1.2 Maquinaria existente en el mercado local

Para llevar acabo esta investigación, el ingeniero o propietario deberá plantear como primer paso, un equipo pesado normal usado en el mantenimiento de caminos de terracería, tomando como base el equipo utilizado en el proyecto de las mismas, pues el equipo en la ejecución del renglón asfalto se toma como equipo especial, en nuestro caso se tomara la maquinaria para el renglón terracería.

A este resumen de equipo le llamaremos Equipo Clásico y estará formado por:

Tractor empujador

Motoniveladora (Patrol)

Camión de Volteo

Equipo de Compactación.

Retroexcavadora

Mas adelante podrá apreciarse cada una de las maquinas integrantes del equipo clásico.

De la investigación realizada en visitas efectuadas a las diferentes casas comerciales importadoras de este tipo de maquinaria se pudo establecer que estas casas en Guatemala son:

Gentrac, S.A.

Compañía importadora de maquinaria CATERPILLAR.

Compañía Guatemalteca de Maquinaria (COGUMA)

Importadora de las marcas

John Deere

Compactadoras Búfalo Springfield

Tractores Terex de la GMC

KOMATZU

Compañía importadora de maquinaria CMARKET

Cada una de las compañías enumeradas anteriormente ofrece al público los siguientes planes de adquisición:

Venta al contado

Arrendamiento con opción a compra

Arrendamiento

Venta al contado

Se tomará esta opción cuando se trate de una compañía constructora específica de carreteras, que cuente con respaldo económico elevado y un volumen de trabajo considerable y permanente. En algunas compañías se pagara del 15 al 20% de enganche del precio de la máquina.

Arrendamiento con opción a compra

Esto es un arrendamiento tal, pero que en el momento de que se desee el equipo en propiedad, los pagos hechos por concepto de alquiler serán abonadas a la cuenta del futuro propietario. Se recomienda este plan para compañías que teniendo volumen de trabajo considerable y permanente no se dediquen a el mantenimiento de caminos únicamente; omitiéndose el requisito de un respaldo económico fuerte, pues el objeto del plan es precisamente dar la maquinaria en propiedad con facilidades.

Arrendamiento

Se hará un contrato y se acordará el pago del arrendamiento. Normalmente se paga por hora-horómetro u hora reloj. Este tipo de adquisición será conveniente para pequeñas compañías de contratistas o sub-contratistas.

La existencia que cada una de las diferentes compañías tiene de este tipo de maquinaria, se rige como sucede con todos los artículos, por la ley de economía de la oferta y la demanda.

Las precipitaciones generadas en tiempo de lluvia dan como resultado la destrucción parcial o total de las carreteras o caminos de terracería generando demanda de maquinaria especial para el mantenimiento. Las compañías de contratistas serán las encargadas del arrendamiento de esta maquinaria, de tal manera que cada casa importadora opera con cautela y se basa en su demanda.

En nuestro medio todo el volumen grande del mantenimiento de carreteras descansa en el plan vial que realiza el gobierno, que en este caso es a través de el fideicomiso de la Unidad de Conservación Vial (COVIAL).

Por otra parte, cada una de estas compañías opera con financiamiento exterior. Esto quiere decir que cuando la maquinaria está en bodega, la compañía sólo está pagando intereses sobre su valor CIF a la casa fabricante, pero en el momento de venderla al cliente tienen que cancelar la totalidad del valor; es aquí donde entra el financiamiento exterior y que los obliga a pagar intereses sobre este financiamiento. Algunos importadores informan de la posibilidad de financiamiento propio por medio de los bancos nacionales; si esto fuere posible dejarían de pagar un 12% aproximadamente de intereses al exterior, lo que redundaría en beneficio del cliente, pues al pagar un interés del 8% por ciento a los bancos, la diferencia del 4 % aproximadamente, se supone sería de rebaja al público.

Como el presente trabajo de graduación es para aplicarlo en Guatemala, la exigencia que hay en nuestro mercado, sin particularizar en la marca y casa importadora que las ofrece, presentaremos en los siguientes cuadros, aclarando que en los mismos aparecen los diferentes tipos y sus equivalentes tomando de izquierda a derecha. Más adelante daremos una breve explicación de los accesorios con que pueden ser equipadas estas maquinarias.

Tabla I. Tractores de cadenas

Marca Cat.	HP	Marca KOMAT'ZU	HP	Marca John D.	HP
D9R	405				
D-8R	305				
D6R	165				
D7G*	200				
D6M XL	140	D61PX-12	150		
D4C	80			JD450	57
				JD350	42

* Lo más solicitado en el mantenimiento de caminos de terracería.

Tabla II Cargador frontal de oruga

Marca Cat.	HP	Capac. Hrs/Col. M ³	Marca John Deere	HP	Capac. Hrs/Col. M ³
973C	210	2,9-3,2			
963C	160	2,0-2,45			
953C	121	1,5-2,1			
939C Hystat	90	1,15-1,20			
933C Hystat	70	0,96-1,0	JD450	57	1.35

* Lo más solicitado en el mantenimiento de caminos de terracería.

Tabla III. Moto-niveladora

Marca	Modelo Cat.	Potencia en el Volante				Peso en orden de trabajo		Longitud de la hoja estándar	
		Estandar		Optativa		Lb	Kg	Pies	mm
		HP	KW	HP	KW				
Caterpillar	120H	125	93	125/140	93/104	27.600	12.519	12	3.658
Caterpillar	140H	165	123	165/185	123/138	32.460	14.724	12.00	3.658

* Lo más solicitado en el mantenimiento de caminos de terracería.

Tabla IV. Compactadores de suelo vibratorio

Marca	Modelo	Potencia		Peso en Orden de Trabajo		Ancho del Tambor	
		Hp	Kw	Lb	Kg	Plg	mm
Caterpillar	CS-433C	105	75	15,600	7,025	66	1,676
Caterpillar	CS-433C	153	114	24,860	11,275	84	2,134

* Lo más solicitado en el mantenimiento de caminos de terracería.

Tabla V. Camiones de volteo

Marca	Modelo	Capacidad Ton.	Capacidad M ³
Ford	F-9,000	5	11
Ford	F-9,000	5.5	12

* Lo más solicitado en el mantenimiento de caminos de terracería.

Tabla VI. Retroexcavadoras

Marca	Modelo	Potencia en el volante		Peso en orden de trabajo		Alcande/Profundidad máximos	
		Hp	Kw	Lb	Kg	Pies-Plg	m
Caterpillar	320C L	138.00	103.00	46.300	21.000	35'2"/25'1"	10,7/7,66
Caterpillar	M318	131.00	98.00	39.900	18.100	34'7"/24'5"	10,55/7,44

• Lo más solicitado en el mantenimiento de caminos de terracería.

Equipo misceláneo:

Camiones de Volteo

Compactadoras de llantas

Retroexcavadoras.

De la maquinaria anteriormente descrita hay parte que no la tienen en la sala de ventas pero siempre podrá ser adquirida por pedido especial.

Algunas compañías constructoras de carreteras poseen maquinaria que no se encuentra con facilidad en el mercado local, pero se trata de compañías extranjeras que operan su equipo internacionalmente; es decir, que según sus contratos en los diferentes países ellos trasladan su equipo.

En realidad el importar maquinaria necesita de un respaldo económico considerable, además de una garantía al fabricante en el sentido de que su producto será bien trabajado en la plaza local, de modo que su prestigio se conserve.

1.3 Costo de la maquinaria

En este numeral nos referimos al valor propiamente dicho de la maquinaria, pues cuando tratemos el numeral 1.6 concerniente a la adquisición de la misma, lo haremos en la forma más amplia.

El valor de la maquinaria pesada es bastante grande debido a que los mismos están diseñados y contruidos para soportar trabajos muy duros.

Para que el comprador se dé una idea del valor en quetzales que ésta representa, tomaremos el costo del equipo clásico citado anteriormente en el numeral 1.2, haciendo la salvedad que podrá ser del tipo tomado como ejemplo o su equivalente.

Tractor empujador D65EX-15	Q. 1,973,700.00
Motoniveladora GD555	Q. 1,245,038.00
Camión de Volteo	Q. 180,000.00
Cargador Frontal de llantas	Q. 800,000.00
Compactadora (de llantas)	<u>Q. 749,700.00</u>
Total	Q. 4,948,438.00

Como se puede apreciar las cantidades son elevadas, pues debemos considerar que son netas de equipo. De allí la recomendación hecha en el numeral 1.2 cuando se trató los planes de venta que ofrecen cada uno de las casas importadoras, recomendación en la que se insistirá a través del presente trabajo ya que la bondad de un proyecto se resume en las ganancias obtenidas.

Determinación práctica del valor de una máquina auto-propulsada: En muchas ocasiones el comprador deseará saber el valor de una máquina determinada para efectos comparativos cotización aproximada.

Valor (Q.) = 53.00 x peso en libras de máquina

Por ejemplo: deseamos saber el valor de un tractor tipo D-6 (Unidad Básica) cuyo peso es de 35,080 Lbs

Valor (Q.) = 53.00 X 35080 = Q. 1,859,240.00

Esto nos indica que prácticamente el valor viene a resultar de cincuenta y tres quetzales por cada libra de peso de la máquina, y que naturalmente, al aumentar el peso de los accesorios, aumentará el costo. Sin embargo para obtener los precios de estos accesorios en forma práctica aunque también aproximada, se podrá aplicar el valor de Q. 45/libra de peso del accesorio.

En el numeral 3. correspondiente a supervisión en el mantenimiento, se tratará con más amplitud los costos de reparaciones, sin embargo adelantaremos en este numeral a manera de dato, que según estadísticas llevadas a cabo por los talleres de las diferentes casas importadoras de maquinaria, se reporta que dentro de reparaciones “mayores”, la más frecuente es la reparación del “rodaje” de los tractores, representando esta reparación un valor equivalente de 30% del valor de la máquina. Esto significa que para un tractor D6, cuyo precio es de Q. 1,973,700.00 aproximadamente, una reparación de esta naturaleza representaría:

$$1,973,700.00 \times 30\% = Q. 592,110.00$$

Se hace la aclaración de que los precios dados anteriormente estarán sujetos a las variaciones que imperen en el mercado, sobre todo los referentes a impuestos, mano de obra, etc.

Cuando nuestro equipo no pueda ser adquirido mediante compra por las razones expuestas en los planes de adquisición del numeral 1.1 habrá que pensar en rentarlo.

Este alquiler puede ser de:

- a) Equipo nuevo.
- b) Equipo Usado.

el cual podremos encontrarlo en las casas importadoras y compañías arrendantes directamente, cotizándose por Q/Hora-reloj o Q./hora-horómetro.

1.4. Como emplear correctamente la maquinaria

Siempre tomando como base nuestro “Equipo Clásico”, habrá que dar una idea generalizada del empleo de cada una de las máquinas planteadas, pues esto nos permite establecer la versatilidad de los mismos. Sin embargo, el conocimiento de la utilización nos dará criterio para balancear mejor dicho equipo.

De todas las características anteriores se han dado generalidades, sin embargo es conveniente, en virtud de que todos los catálogos hablan de ello, hacer mención del convertidor de torque con el que vienen equipadas las máquinas. Este convertidor viene montado entre el disco del clutch y la transmisión, es mecanismo hidráulico.

Tractor de oruga

La utilización de este tractor en el mantenimiento de una carretera es obligada, debido como ya se señaló anteriormente, a la gran variedad de labores que puede realizar, así tenemos que se podrá emplear para limpiar y destroncar, tender tubería, excavaciones cortas, escarificar. Estos tractores, cuando están equipados con cuchillas angulable pueden realizar trabajos de afinamiento y tallar los taludes, se ha podido comprobar que es capaz de corregir un talud hasta una altura de 5 metros, cortados desde el pie del mismo.

En la utilización de estas máquinas es necesario saber combinar los accesorios pues por ejemplo, un tractor determinado podrá ser empujador cuando su cuchilla no está en ángulo.

Respecto a las cuchillas se tiene preferencia por las de control hidráulico, éstas tienen un defecto que no permiten absorber los topes en terreno duro. Dentro de los tractores hay del tipo grande D-6R, D-9, D8H, DH21, TD-30 que tiene potencia suficiente para equiparse con riper y cuchilla a la vez, proporcionando así un trabajo simultáneo de escarificación.

Retroexcavadora

Se aplica este término a una máquina excavadora del tipo de las palas mecánicas. Se le conoce con diferentes nombres, tales como: excavadora de pala, retroexcavador, para retroexcavadora.

Una pala mecánica puede convertirse en retroexcavadora, instalando un aguilón y un cucharón en el extremo de la pluma. Las retroexcavadoras recientemente están equipadas con un pluma en forma de cuello de ganso para aumentar la profundidad de excavación de la máquina.

Se utilizan principalmente para excavar debajo de la superficie natural del terreno sobre la cual descansa la máquina. Están adaptadas para la excavación de trincheras, pozos, sótanos y trabajos generales de excavaciones escalonadas, en donde se requiera un control preciso de las profundidades. A causa de su rigidez, son superiores a las dragas cuando operan en espacios pequeños, y para cargar camiones. Debido al esfuerzo directo ejercido sobre el cucharón, las retroexcavadoras pueden proporcionar mayores presiones con los dientes que las palas.

Motoniveladora

Esta maquina puede excavar el terreno, transportarlo o extenderlo, pero su principal aplicación es en trabajos de terminación de la explanación, refinado de taludes, extensión o mezcla de materiales, limpieza de terrenos, cunetas y mantenimiento de caminos. Es limitante para su utilización la presencia de raíces mayores, suelos rocosos o muy húmedos.

Compactadoras

Se usan en los renglones de asfalto y terracería compactando las diferentes capas de material según un número de pasadas por capa hasta alcanzar la compactación especificada.

Cargador frontal

Es un equipo adicional a nuestro “clásico”, sin embargo se hace imprescindible pues soluciona el problema de acarreo en camiones substituyendo a las clásicas palas. Actualmente las hay de oruga y de llantas según el sitio a que se les destine. Por ejemplo, uno de oruga es usado para excavación en banco debido a su fuerza de tracción y a que se equipa con un cucharón de dientes. Los de llantas cargan material más fino.

1.5. Tipos y características de carreteras

Debe conocerse los tipos de carreteras que existen y sus características, esto nos ayudara a hacer un mejor programa de trabajo y observar tipos de máquinas a usar. Las carreteras las clasificaremos de la siguiente forma:

1er. Orden

2do. Orden

3er. Orden

Según el ordenamiento anterior, las características de diseño según la sección de carreteras de la Dirección General de Caminos son:

1er. Orden

Ancho derecho de vía		25 mts.
Pendiente		8%
Velocidad de Diseño		40 KPH mín. 80 KPH max.
G°		Min 5° máx.
Sección Típica:		
Pista		7.20 mts.
Hombros		1.40 mts. C/u
Cunetas		0.50

Taludes

Corte	Altura	H-V
Corte	0-3	1:1
Corte	3-7	1:2
Corte	7	1:3
Relleno	0-3	2:1
Relleno	3	3:2
Peralte		No hay
Sobre Ancho.		No hay

Ejecución de la Rasante:

Sub-Base	Dependerá
Base	del estudio
Carpeta de rodadura	de suelos y
	del CBR

2do. Orden:

Ancho de derecho de vía	20 mts.
Pendiente	8%
Velocidad de diseño	40 KPH mín.
	80 KPH mín.
Gº	5º max.
Sección Típica:	
Pista	6.50 mts.
Hombros	1.40 mts. c/u
Cunetas	0.50 mts.

Taludes:

Corte	Altura	H-V
Corte	0-3	1:1
Corte	3-7	1:2
Corte	7	1:3
Relleno	0-3	2:1
Relleno	3	3:2
Peralte %		8.05
Sobre-ancho		Ancho
		Normal

Ejecución de la Rasante:

Sub-Base	Dependerá
Base	del estudio
Carpeta de rodadura	de suelos y del CBR.

3er. Orden:

Ancho derecho de Vía	15 mts.
Pendiente	10%
Velocidad de diseño	30 KPH mín. 50 KPH máx.
Gº	15º máx.

Sección Típica:

Pista	5.50 mts
Hombros	1.40 mts. c/u
Cunetas	0.50 mts.

Taludes

Corte	Altura	H-V
Corte	0-3	1:1
Cortes	3-7	1:2
Cortes	7	1:3
Relleno	0-3	2:1
Relleno	3	3:2
Peralte		9.2
Sobre Ancho		0.85
Ejecución de la Rasante		No hay

Caminos vecinales de Penetración:

Ancho Derecho de vía	6.00 mts.
Pendiente	14%
Sección Típica:	
Pista	5.50 mts.
Hombros	1.40 mts. c/u
Cunetas	0.5 mts.
Taludes	A discreción
Ejecución de la Rasante	No hay

Se deberá de tener presente que para escoger el equipo necesario en un trabajo de esta índole, será preciso un cuidadoso análisis de las condiciones probables y actuales de dicho trabajo. Por lo tanto es esencial recabar toda clase de información que se relacione con el problema.

Los factores básicos que deberán ser determinados en la evaluación del trabajo a ejecutarse son:

- 1.5.1 Volumen de material a moverse
- 1.5.2 Estimar distancias del volumen a mover
- 1.5.3 Distancia y localización del proyecto
- 1.5.4 Topografía
- 1.5.5 Clasificación del material a moverse
 - Común
 - No clasificado
 - Roca
- 1.5.6 Duración del trabajo y clase de horario del mismo

1.5.1 Volumen de material a moverse:

Generalmente podemos decir que dentro del material de tierra a mover existen varias fases a saber:

Limpia, chapeo y destronque

Esto se relaciona con todo trabajo preliminar a ejecutarse dentro del terreno antes de entrar al material a mover propiamente dicho. En esta fase se incluye la remoción de tierra vegetal, troncos y ramas, etc. suele hacerse a mano, sin embargo el uso de maquinaria, especialmente tractores será conveniente. En los contratos de trabajo del material a moverse este renglón se paga por mts³.

Excavación

Esta se refiere al material a mover propiamente dicho. En este renglón interviene toda la maquinaria tanto normal como especial. Implica dejar el trabajo hasta final de terracería o sub-rasante. Se paga por m³ el derrumbe se paga como excavación.

Terraplén

Esto hay que tomar también en cuenta ya que es un volumen de tierra necesario para hacer un relleno para llevar la subrasante a un nivel apropiado para una buena circulación de tránsito de vehículos. Esto se paga por m³.

Ejecución de la subrasante

Implica la colocación de material de banco en el área de trabajo. En la ejecución de la sub-rasante se usa la maquinaria normal consistente en tractores de llantas, motoniveladoras, compactadoras,. Este renglón se paga por m².

1.5.2 Distancia a los bancos de prestamos

Esto se refiere a determinar las distancias entre los bancos de préstamo y el punto donde se necesita el material; distancia sobre-acarreo (350 metros), botaderos sin sobre-acarreo, etc. Se verá con más detenimiento en el Capítulo II. Numeral 2, correspondiente a la supervisión en el uso de la maquinaria.

1.5.3 Localización geográfica del proyecto

Se refiere a la distancia en Km. A que está situado el proyecto del local de la compañía constructora, así como la localización geográfica del mismo.

Considerándolo así, vemos que la distancia tiene importancia bajo el punto de vista del transporte que será necesario contratar, a la vez que precisamente por esta distancia, sobre todo nuestro país que aún no cuenta con una red vial completa y asfaltada abundan los malos caminos, el renglón transporte sube su costo considerablemente como veremos más adelante al referirnos al capítulo Uso de Maquinaria.

En lo que respecta a la localización geográfica, se debe considerar la altitud respecto al nivel del mar, pues sabemos que la altura afecta la eficiencia del funcionamiento de la maquinaria. El clima nos determinará el tipo de instalaciones que serán necesarias en el campo, así como su influencia sobre motores de las máquinas, además la situación geográfica de un proyecto en general, nos determina fuera de lo ya apuntado, el régimen de lluvias y la geología del lugar. Esto es muy importante pues en Guatemala está perfectamente definido invierno y verano.

En lo referente a la geología nos determina la clase de suelo con el que habremos de tratar, ayudándonos así a escoger nuestro equipo más adecuadamente. Se sugiere pedir información y planos a la Dirección general de Hidrocarburos.

1.5.4 Topografía

Un terreno muy accidentado nos dificulta la maniobrabilidad de nuestro equipo, haciéndonos perder eficiencia en el trabajo. Hay que recordar que trataremos con maquinaria pesada la cual necesita de espacio especial para su movimiento. Además de las pendientes excesivas nos disminuyen la eficiencia. En un terreno de esta naturaleza nuestras medidas de seguridad tendrán que ser cuidadosas tanto para salvaguardar la vida de los operadores de maquinaria, como maquinaria misma. No olvidar que en un accidente, fuera de lamentar desgracias personales, habremos de lamentar la pérdida de equipo que representa un costo elevado.

El conocimiento de la topografía será una guía excelente para estimar volúmenes de material a mover, pues una topografía accidentada nos puede representar grandes cortes que se traducen en Quetzales/m³.

1.5.5 Clasificación de los materiales utilizados en la explotación de bancos de préstamo

En los trabajos de terracería, se reconocen los siguientes suelos:

Común

Esta clasificación abarca al suelo constituido por tierra suave la cual puede ser removida por el equipo normal como tractores, moto-niveladoras, etc. no necesitándose de ningún equipo adicional, pues en su conformación no hay roca. Se paga por m³.

No clasificado

Abarca el suelo constituido por tierra y roca. Para la remoción de este material será necesario equipo adicional consistente en rippers, escarificadores, etc. Un tractor con Bulldozer o retroexcavadora no tendrá problemas en el corte de este material. Se paga por m³ siendo mayor su costo que el del material común.

Roca

Es todo material que no puede ser removido por el equipo anteriormente citado, sin la ayuda de taladros, explosivos y escarificadores. Geológicamente, las rocas se clasifican en tres tipos principales

Rocas Ígneas

Rocas Sedimentarias

Rocas metamórficas

Sin definir las, daremos únicamente generalidades de ellas con el fin de tener una orientación sobre el problema.

Rocas Ígneas

Se encuentran comúnmente en los trabajos de movimiento de tierras. A estos tipos de roca corresponden los granitos, basaltos, vidrios volcánicos y otras. Posiblemente son las rocas más duras y consolidadas.

Rocas sedimentarias

Su rasgo más característico, es la estratificación que presentan, es decir que están constituidas por capas de material, textura, color y espesor diversos existiendo diferencia, ya sea entre algunas o bien entre todas las características anteriormente mencionadas. Estas capas o láminas varían desde el espesor de

una hoja de papel hasta varios cientos de pies. Los más comunes son: piedra caliza, piedra arenosa, pizarras y suelo blando arcilloso (caliche).

Rocas metamórficas

Se deben a la transformación de rocas preexistentes que han sido alteradas en su composición mineral o en su textura.

Las rocas se clasifican como masiva, cantos, grava y combinaciones de las tres primeras.

En base a la clasificación de materiales anteriormente descrita, la empresa que realizara dicho proyecto debe asegurarse en lo posible que el suelo a removerse especificado en los planos y contrato, sea efectivamente lo que existe en el campo. Para esto se aconseja llevar a cabo un muestreo del material en cuestión por medio de perforaciones en el campo y analizar las muestras posteriormente en el laboratorio, también se aconseja hacer investigaciones sobre el tipo de suelo con las gentes que viven en el lugar, esto implica desde luego llevar a cabo la inspección ocular. En algunos casos podremos encontrarnos con que se han realizado trabajos de ingeniería análogos al que nosotros desarrollaremos, estas fuentes de información deben ser consultadas pues sus experiencias nos serán de mucha utilidad.

Se insiste en la certeza de la clasificación del material a removerse, pues aunque algunos contratos de este tipo de trabajo dan margen a renegociar el renglón de explotación del banco de materiales, hay otros que no, pues lo toman como precio unitario fijo y con la clasificación dada. Como se comprenderá, una equivocación en la clasificación puede representar una pérdida económica considerable.

1.5.6 Duración del trabajo y clase de horario del mismo:

Cualquier empresa debe contar con tres recursos, principalmente:

Recurso Humano

Recurso Material

Recurso Tiempo

De estos tres nos ocuparemos del recurso tiempo, por ser el que rige y limita todas y cada una de nuestras actividades.

En un proyecto de Ingeniería, como en cualquier otro proyecto, la carrera es contra el tiempo. Sin embargo, no siempre será beneficioso un trabajo determinado en el menor tiempo sino que se buscará la forma de optimizar éste.

En un proyecto de mantenimiento de carreteras nos interesará conocer:

- a) Fecha de iniciación de la obra.
- b) Fecha de entrega de la obra.

Como consecuencia de lo anterior surge el horario de trabajo, el cual podrá ser desarrollado en:

- a) Día hábil
- b) Día calendario.

El día hábil indica que se trabajarán los 5 días de lunes a viernes 8 horas diarias, y medio día del sábado de 4 horas. Se descansará sábado por la tarde y todo el día domingo. Se tendrá la posibilidad de organizar turnos u horarios extra si se considerara necesario, previendo desde luego el salario para esta modalidad.

Día calendario significa que se trabajará ininterrumpidamente todos los días del mes, para lo cual será necesario organizar cuadrillas de trabajo, previendo, al igual que lo anterior, el salario a pagarse.

El contratista o ejecutor de la obra se le plantean tres posibilidades de desarrollar el trabajo dentro del marco tiempo:

- a) Que le fijen fecha de iniciación, entrega y horario. El no cumplir con la entrega del trabajo en la fecha establecida se castiga con una multa por cada día.
- b) La segunda posibilidad es que se fije fecha de iniciación y entrega, pero dejando el horario a criterio del contratista. Aquí también se paga multa por incumplimiento.
- c) La tercera posibilidad es que el contratista fije fecha de entrega y horario; estableciéndose la fecha de iniciación de común acuerdo con el contratista.

De todas formas, cualquiera que sea la situación que se presente, será necesario que estas exigencias de tiempo estén dentro de las posibilidades físicas de trabajo.

1.6 Adquisición del equipo

Una vez hecho un análisis en base a los numerales anteriores referentes al conocimiento de equipo, su existencia en el mercado local, condiciones del proyecto a ejecutarse, etc. entramos a la fase de la adquisición del equipo. Para esto es necesario que el contratista esté compenetrado plenamente de cuál es el equipo que se va a adquirir. Habrá que escoger un equipo balanceado para trabajarlo en un proyecto determinado.

Como ya se tiene una base por lo dicho al principio, podemos establecer que el equipo clásico planteado en el numeral 1.2 funcionara como “equipo unitario” en el mantenimiento de carreteras.

¿Que es equipo balanceado? Es aquel, en el cual, cada una de las máquinas integrantes, están trabajando continua y eficientemente debido a la complementación que existe entre unos y otros. Esto nos orienta a pensar que nuestro equipo unitario puede ser amplio de una manera racional.

El equipo unitario balanceado usado en el mantenimiento de carreteras está constituido por:

Tractor Empujador

Camiones de volteo

Motoniveladora (Patrol)

Retroexcavadora

Equipo de compactación

Basados en este equipo habrá que decidir la forma de adquirirlo. Al contratista le interesarán esencialmente tres situaciones:

Compra al contado

Arrendamiento con opción a compra

Arrendamiento

Estas tres formas fueron descritas cuando se trató el numeral 1.2, sin embargo se insiste en que de cualquier modo, la adquisición de maquinaria significa una inversión, y como tal, debe procurarse que se pague sola.

Como se puede notar, la forma de adquirir un equipo de carreteras está íntimamente ligada al volumen de trabajo, a la sucesión de los proyectos y al respaldo económico del contratista.

1.6.1 Compra al contado

Si ésta fue la alternativa que se decidió debemos considerar los diferentes aspectos que entran en juego para lograr que nuestra inversión cubra los costos y produzca ganancias. La compra al contado implica conocer:

Costo de adquisición.

Costo de Operación.

Costo de adquisición

También llamado de propiedad, son los gastos o desembolsos que efectúa el propietario de una máquina para mantenerla en su posesión. Estos gastos se llaman generalmente “costos fijos”, debido a que son prácticamente los mismos día a día. En esta categoría se pueden considerar la depreciación, los intereses, como también los seguros de impuestos y almacenaje.

Depreciación

Se entiende como depreciación a la disminución gradual del precio original de adquisición de una maquinaria como resultado del desgaste y la producción de modelos más avanzados. La depreciación se calcula tomando como base la duración de la maquinaria entre años, o el número de horas de servicio que se esperan de ella. ¿Como puede determinar con exactitud la vida útil de una máquina? pues el buen trato y mantenimiento prolongan la vida de la misma. Sin embargo en el campo de mantenimiento de carreteras se considera la vida útil de años para toda máquina en condiciones normales. Pueden existir correcciones de acuerdo con las condiciones en que va a operar una máquina. Estas condiciones se clasifican como excelentes, regulares o severas.

A continuación aparece la tabla VII, práctica de depreciaciones para diferentes tipos de equipo.

Tabla VII. Tabla de depreciaciones

EQUIPO	Condiciones					
	Excelentes		regulares		Severas	
	Horas	Años	Horas	Años	Horas	Años
Tractores de carriles						
Tractores pla de carriles						
Desgasadoras Bulldozers de cable de hydr.						
Montoniveladora	15000	7.5	12000	6	10000	5

Para determinar el costo / hora debido a la depreciación es conveniente usar el método de la línea recta para cálculo rápido y consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$D: \frac{\text{Precio de compra} - \text{Valor de neumáticos}}{\text{Vida Útil}}$$

Por ejemplo: Un tractor de carriles cuesta Q.1,973,700.00 y ha sido usado en condiciones regulares. Determinar su costo de depreciación por hora.

Solución: De acuerdo con la tabla de depreciaciones tenemos para condiciones regulares:

Vida Útil = 10000 horas

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Q. } 1,973,700.00}{10,000} = \text{Q. } 197.37 \text{ /Hora}$$

Fuera del método anterior, existen otros cuyo cálculo es más exacto.

En ellos se cuentan los citados por el Ing. Vides T. En su libro de Análisis y Control de Costos de Ingeniería y los cuales son:

- 1) Método del resto declinante: Se asume que la pérdida de valor durante un año dado, equivale a un porcentaje fijo del valor al principio de ese año. El valor calculado al principio del año es igual al costo total inicial menos la depreciación total durante todos los años anteriores. Este método nos da la mayor depreciación durante el primer año de vida del equipo, con depreciaciones progresivamente menores durante los años subsiguientes.
- 2) Método del fondo de amortización: Se basa en suponer que se abre en cuenta especial, llamada fondo de amortización, en la cual se deposita una cantidad uniforme apropiada de dinero al final de cada año durante la vida útil del equipo, con el objetivo de suministrar los fondos que son necesarios para la adquisición de una nueva máquina o equipo.

La fórmula que nos da el monto de los depósitos de fin de año es la siguiente:

$$R = S \left(\frac{i}{(1+i)^{n-1}} \right)$$

en donde:

R: Cantidad a depositar cada año.

S: La capacidad que el fondo requiere al final del período en años.

I: La tasa de interés expresada decimalmente

n: Número de años de la vida útil del equipo según las condiciones (Excelentes, regulares y severas).

Inversión: incluye lo siguiente:

Intereses

Son los cargos que hacen el banco o institución financiera que nos presta el dinero para comprar el equipo nuevo. Al adquirirse las máquinas al contado, dichos cargos se consideran como interés por el riesgo del capital invertido.

Seguros

Se refieren únicamente a los seguros directamente aplicables a una máquina determinada, como por ejemplo los seguros contra incendio o colisión y daños a terceros. El seguro general que protege todo el equipo constituye parte de los gastos generales.

Impuestos

Los más comunes son los que se aplican a la posesión y operación. En nuestro medio se han establecido los siguientes porcentajes para cada renglón, así:

a)	Interés del capital	14%
b)	Impuestos	2%
c)	Seguros	2%
d)	almacenaje	<u>2%</u>
		20%

De donde, para calcular el costo de inversión bastará calcular el 20% del valor promedio del equipo, o sea:

$$\frac{20 \times V_p}{100} = \text{Costo de Inversión}$$

Siendo: $V_p = \frac{1+n}{2n}$ en donde n = número de años en el período de depreciación.

Fórmula planteada por el Ing. Amando Vides que nos da el valor promedio del equipo respecto a su costo original.

A continuación se ofrece la tabla 8, calculada por medio de la fórmula anterior, únicamente que los resultados se obtienen como % del costo original.

$$\text{Fórmula: } V_p\% = \frac{(1+n) \times 100}{2n} = \% \text{ costo original}$$

Tabla VIII. Valor promedio

Vida Estimada en Años	Valor promedio en % del Costo Original
2	75
3	66.67
4	62.5
5	60
6	58.33
7	57.14
8	56.25
9	55.55
10	55
11	54.54
12	54.17

Costo de operación

Suelen llamarse “costos variables”, porque los factores que se consideran aquí varían constantemente en relación al tiempo que trabajaba el equipo. Dentro de estos costos se incluye combustible, lubricantes, reparaciones (incluyendo los salarios pagados para hacerlos) y el costo de los neumáticos si se trabaja con tractores de ruedas.

Los salarios de los operadores se suman a la partida de gastos de propiedad y operación, excluyendo al operador, como paso final para determinar el costo total por hora de una máquina.

Es necesario tener en cuenta la diferencia entre los gastos de propiedad y operación y los llamados gastos generales. Los gastos tales como supervisión, transportes garajes, etc. deben incluirse dentro de la categoría de gastos generales.

Solamente considerando los gastos incurridos directamente con las máquinas se pueden obtener una cifra real de costo por hora.

Combustibles y lubricantes

Son artículos de consumo rápido. Corresponden a este grupo

El diesel

La gasolina

Lubricantes

Podrá usarse las siguientes tablas para ver consumos de combustible y lubricantes si no se tuviera los manuales de la empresa a la cual se comprara o arrendara la maquinaria.

Combustible

En la siguiente tablas se observa el consumo aproximado de combustible para un motor diesel.

Tabla VIII. Consumo de combustibles

Motor	Tractores de Carriles			Tractores de ruedas		
	Litros/Hora (Galones/hora)			Litros/Hora (Galones/hora)		
	Excelentes	regulares	Severas	Excelentes	regulares	Severas
350 a 500	34 a 53	40 a 62	60 a 76	40	48	55
250 a 300	30.0 a 49.2	38.0 a 57.0	4.0 a 64.0	20.0 a 28.0	25.0 a 34.0	28.0 a 40.0
150 a 250	21.0 a 32.2	26.0 a 36.0	34.0 a 40.0	15.0 a 23.0	19.0 a 26.0	23.0 a 30.0
100 a 150	13.0 a 17.0	17.0 a 21.0	23.0 a 26.0	7.5 a 15.0	9.5 a 19.0	11.3 a 23.0
75 a 100	7.5 a 11.4	11.3 a 15.0	15.0 a 17.0		9.5 a 11.4	
50 a 75	5.7 a 9.5	7.5 a 11.4	9.5 a 11.4		7.5 a 9.5	

* Tabla tomada del Manual de la Caterpillar.

Aceite lubricante y filtros

A continuación se muestra la tabla X que contiene el consumo de lubricante para motores de diferente potencia en condiciones normales y severas:

Tabla X. Consumo de lubricantes en Lt/hr (gal./hr)

Hp Motor	Condiciones Normales	Condiciones Severas
350-500	1.02 (0.27)	1.02 (0.27)
250-350	0.66-0.74 (0.175)-(0.195)	0.66-1.37 (0.175)-(0.360)
150-250	0.38-0.57 (0.100)-(0.150)	0.49-0.70 (0.130-0.18)
100-150	0.15-0.38 (0.040)-(0.100)	0.15-0.45 (0.040)-(0.120)
75-100	0.09-0.23 (0.025)-(0.060)	0.09-0.30 (0.025-0.080)
50-75	0.07-0.19 (0.020)-(0.050)	0.07-0.23 (0.020)-(0.060)
25-50	0.07-0.17 (0.020)-(0.045)	0.07-0.23 (0.020)-(0.060)

* Tomada del Manual de Caterpillar

Fluido para sistema hidráulico

El consumo por hora del fluido para los mecanismos hidráulicos de la dirección, en los tractores de ruedas, varía entre 0.04 y 0.45 Lt/Hr.

Grasa

A continuación se presenta la tabla XI en la cual se presenta el consumo de grasa para diferentes tipos de maquinaria.

Tabla XI Consumo de lubricante (grasa)

Grasa	Gramos/Hr	Lbs/Hr
Tractores de carriles	5-23	0.01-0.05
Tractores de ruedas con trailla o vagón	45-91	0.10-0.20
Motoniveladoras	27-45	0.06-0.10
Trailla de 4 ruedas	45-136	0.10-0.30

* Tomada del Manual Caterpillar.

Reparaciones y mano de obra

Los costos de reparación incluyen repuestos y mano de obra requeridos para mantener una máquina en buen estado de funcionamiento y para efectuar las reparaciones generales que se necesiten. Para calcular el costo de estas labores, en una máquina determinada, se multiplica un factor, expresado en porcentaje, por el costo de depreciación por hora de la máquina. En la tabla XII se expresa en % el factor para los costos de reparación en base de las condiciones de depreciación.

Tabla XII. Factor (expresado en porcentaje para los costos de reparación)

	Condiciones Óptimas% de Depreciación	Condiciones Óptimas % de Depreciación	Condiciones Óptimas % de Depreciación
Tractores de carriles	80%	90%	100%
Tractores-Palas Traxcavator -967-955	80%	90%	100%
933	75%	85%	95%
Bulldozers	80%	90%	10%
Motoniveladoras**	50%	60%	70%

* Incluye hojas, cable y la soldadura de piezas para la trailla.

** No se incluyen los costos de cuchillas. Para esto, emplee los datos obtenidos por experiencia.

Ejemplo: Si la depreciación por hora de una motoniveladora que trabaja en condiciones regulares es de Q.103.75/hr.

¿En que valor podemos estimar el costo de reparación por hora?

C. Rep/Hora de operación = $103.75 \times 0.60 = Q62.25/hr.$

Neumáticos

Debido a las muchas variantes, la duración de los neumáticos debe calcularse según las condiciones locales. Usualmente el contratista cuenta con los datos necesarios para determinar la duración en un trabajo determinado. La tabla XIII muestra la duración de los neumáticos en varias condiciones generales.

Tabla XIII. Tractores de Ruedas, unidades de acarreo y camiones

	Condiciones Excelentes	Condiciones Medias	Condiciones Severas
Duración media en horas	5000	4500	3000

Conociendo la duración media en horas de los neumáticos se podrá aplicar la siguiente fórmula para determinar el costo/hora de los neumáticos.

$$\text{Costo/hora} = \frac{\text{Costo de reemplazo de neumático y Cám.}}{\text{Duración media estimada en horas}}$$

Después de haberse detallado cada uno de los renglones que integran los costos de adquisición y operación será de utilidad resumir en una forma práctica el procedimiento para determinar el costo/hora de adquisición y operación.

Costo por hora de adquisición y operación de maquinaria pesada:

Precio de lista FOB fábrica	Q.
Flete Q.*X cwt del peso de la máquina	Q.
Neumáticos (% de descuento)	
Q._____	
Precio de lista menos neumáticos	Q.

Datos usados para obtener los costos

Condiciones de trabajo	Excel.	Medias	Sever.
Depreciación-años	6	5	4
Horas	12000	10000	8000
Valor Promedio %:	"	"	"
$\frac{1+n}{2n} \times 100$	"	"	"
Int. Im. Seguros, almacenaje (14% valor promedio)	"	"	"
combustible- lts/h	"	"	"
Lubricante (carter, transmisión, Diferencial)	"	"	"
Aceite para sis. Hidráulicos (0.04 a 0.45 l/h)	"	"	"
Grasa en Lt/hora	"	"	"
Reparaciones (repuestos y mano De obra)	"	"	"
Duración probable de los Neumáticos	"	"	"
Salario de operaciones	"	"	"

Los cálculos anteriores nos determinan el costo de adquisición y operación/hora de una máquina determinada. Esto representa prácticamente la renta (sin ganancia) neta del equipo.

1.6.2 Arrendamiento con opción a compra

En esta otra alternativa se hace necesario conocer los cálculos anteriores pues se tendrá la posible oportunidad de ser propietario del equipo.

En este plan si el contratista que arrendó un determinado equipo decide ser propietario, sus pagos por concepto de arrendamiento serán abonados al pago de la maquinaria en propiedad con un valor del 80% más o menos.

1.6.3 Arrendamiento

Para esta alternativa se recomienda lo siguiente:

- Calculo de costos de adquisición y operación.
- Inspección ocular de la maquinaria a arrendarse.
- Estudio cuidadoso del contrato de arrendamiento.

Cálculo de costos de adquisición y operación

Esto se refiere a lo que calculando en el numeral 1.6.1 pero afectado de un 20% más por concepto de ganancia; naturalmente encontraremos el pago de arrendamiento / hora. Sin embargo podría ser que nos conviniera, según el volumen de trabajo, arrendar la maquinaria por día, semana, mes en cuyo caso las tarifas varía. Se sugiere la consulta del compendio de promedios llamado Rental Rates para equipo de construcción. En esta publicación aparecen detallados marcas, caballaje, accesorios, etc. Estos datos están variando año con año pues los fabricantes elevan su costo de producción, además son

válidos para los Estados Unidos; sin embargo sirven como guía para nuestro medio. Por ejemplo, en nuestro país para el año 2006:

Tabla XIV. Costo de arrendamiento

	Mes	Semana	Día
Tractor de 115-144 HP con Bulldozer	Q.77,000,00	Q.20,304,36	Q.620,00

Inspección ocular de la maquinaria a arrendarse:

Este trabajo debe llevarse a cabo documentándose previamente de los conocimientos expuestos en el numeral 1.1 (conocimiento e investigación del equipo), pues es indispensable asegurarse de la calidad del equipo lo cual redundará en nuestro beneficio al obtener alta eficiencia del mismo.

Además una inspección de equipo a conciencia, nos garantiza que durante el uso normal del mismo no tengamos problemas con reparaciones mayores que nos inculpen y por lo tanto prever responsabilidades en el daño del equipo.

Será necesario establecer el modelo del equipo, sus años de uso y el estado mecánico en general.

Estudio cuidadoso del contrato de arrendamiento

Por ser éste un punto tan importante y que ha sido causa de estudio por numerosos contratistas, se presenta el siguiente formato de contrato, con la sugerencia de que las personas tanto arrendantes, como arrendatarios, procuren la estandarización del mismo, ya que se consideró una forma práctica en lo que a documento se refiere.

CONTRATO DE ARRENDAMIENTO DE MAQUINARÍA

Arrendante: _____ Contrato

No. _____

Arrendatario: _____ No.

Cédula: _____ Registro: _____

Descripción del equipo

arrendado: _____

Condiciones

especiales: _____

Renta: _____

Tiempo: _____ A partir de: _____

Transporte: _____ Si No

Operador: _____ Si No

Combustibles y lubricantes: _____ Si No

Transporte: _____ Si No

Operador: _____ Si No

Combustibles y lubricantes: _____ Si No

Ubicación de la zona de trabajo:

País: _____ Departamento: _____

Jurisdicción: _____

Clase y tipo de trabajo _____

Clasificación del material a moverse:

Cláusulas generales en el reverso _____

Lugar y Fecha: _____

Firmas:

(f) Arrendante

(f) Arrendatario

REVERSO:

Está integrado por las cláusulas generales las cuales podrán contener:

1. Pago de renta por adelantado de acuerdo con tarifa.
2. La renta es con un mínimo estipulado de hora, por mes, día o semana aún cuando el arrendatario no tuviera capacidad para trabajar el equipo el tiempo mínimo.
3. Todos los gastos de transporte corren por cuenta del arrendatario excluyendo los ocasionales por carga y descarga en terrenos del arrendante.
4. A veces se exige seguro sobre las máquinas, en todo caso con o sin seguro el arrendatario es responsable del equipo.
5. Existen condiciones en cuanto a sufragar gastos de operación, mantenimiento y reparación hasta que la maquinaria sea devuelta al arrendante y recibida por éste a entera satisfacción. El desgaste que se acepta es debido al uso normal; por lo que deberá de cuidarse de

no forzar la maquinaria en trabajos que no sean recomendados por el fabricante.

6. La maquinaria puede arrendarse con:
Operador
Mantenimiento
Lubricante y Combustibles o simplemente la máquina.
7. si el arrendamiento es por hora ésta podrá ser controlada por hora-horómetro está basada en lo que marca el horómetro de la máquina según el número de revoluciones de la misma que indica que a mayor potencia mayor tiempo de horómetro. La hora-reloj es la hora tomada por el chequeador de tiempo en el campo. A nuestro juicio ésta es la más conveniente, pues con una buena supervisión obtenemos horas efectivas.
8. Se exige un fiador del arrendatario y ambos renuncian al fuero de su domicilio al requerirles de pago.

Como podrá observarse, el presente proyecto de contrato de arrendamiento no exige la escrituración del mismo, evitando así el gasto innecesario que significa una escritura, pues se considera que la Auténtica es suficiente.

1.6.4 Como escoger el equipo adecuado

Evidentemente cualquiera que sea la forma en que adquiramos nuestro equipo tendremos necesidad de escogerlo.

La escogencia es una labor muy delicada y exige mucha experiencia. Sin embargo y para mayor facilidad, plantearemos el equipo unitario balanceado para las tres situaciones que se pueden presentar en un proyecto de mantenimiento de carreteras:

Equipo para excavación común.

Equipo para excavación no clasificada.

Equipo para excavación en roca.

De la definición de esta clasificación de suelo se puede plantear un equipo que sea adecuado para este tipo de suelo y que no exige la selección de equipo demasiado fuerte, esto significa que la potencia utilizable es también baja.

La conveniente será un equipo ágil que desarrolle velocidad pues las condiciones así lo permiten. Se propone:

- a) Para excavación:
Tractor bulldozer de ruedas.

- b) Acarreo:
Camiones de volteo

- c) Nivelación:
Motoniveladora (patrol).

- d) Compactación:
Compactadora lisa de metal.

- c) Equipo opcional de acarreo:
Cargador frontal (de llantas u oruga)
Camiones de volteo.

Nota: De este equipo el cargador frontal puede trabajar en corte si se equipa con una cuchilla (Dozer), además, puede jalar rodillo de compactación al igual que un tractor. El ripper podría ser necesario y se deja a criterio según las condiciones de campo.

Equipo para excavación no clasificada:

La propia naturaleza de esta clasificación la hace incierta, obligándonos por lo tanto a escoger nuestro equipo lo más inteligentemente posible.

Esto es, que si por ejemplo, nosotros pensamos en que lo que vamos a encontrar en el campo será simplemente roca pequeña y tierra en apego a la clasificación, pues lógico será que el equipo escogido funcionará eficientemente, pero si por el contrario, nos encontramos con que hay más roca que tierra, y que dicha roca no sea considerada según contrato tal como es, entonces nuestra situación ya es más complicada. A continuación se detalla generalizadamente el equipo para cada uso.

- a) Para excavación:
Tractor bulldozer de carriles.
Ripper.

- b) Acarreo:
Camiones de volteo

- c) Nivelación:
Motoniveladora (patrol).

- d) Compactación:
Compactadora lisa de metal.

- e) Equipo opcional de acarreo:
Cargador frontal (de llantas u oruga).
Camiones de volteo.

Nota: Será necesario prever equipo de voladura, tal como barrenos, compresora, dinamita, para posibles pequeñas voladuras, las cuales facilitarán la escarificación y por lo tanto el acarreo.

Equipo para excavación en roca:

Ese renglón es bastante tipificado y por lo tanto, el equipo es específico.

- a) Excavación:
Palas y unidades de transporte (camiones de volteo)
Tractor de carriles equipado con cuchilla en U.
Tractor Bulldozer.

Tractor escarificador, el escarificador puede ser de 1 y 2 dientes, según lo demanda la circunstancia de campo; pues si por ejemplo al empezar a usar el escarificador con 1 diente penetra fácilmente y quiebra el material en piezas de tamaño satisfactorio, se puede probar a trabajar con dos dientes. Los 3 dientes

se usarán sólo en material muy fácil de escarificar, tales como capas de suelo duro o pizarra.

Se evitará escoger equipos de rodaje sobre llantas. El resto del trabajo tal como nivelación, compactación y trabajos menores se hará con el equipo tradicional ya enumerado.

2. SUPERVISIÓN EN EL USO DE RECURSOS MATERIALES, POTENCIA DE MAQUINARIA Y PRODUCCIÓN DE TRABAJO

El uso del equipo implica el conocimiento de una serie de factores que se presentan a través del mantenimiento de una carretera. Estos factores son una consecuencia directa del estudio hecho de las condiciones y características del proyecto a ejecutarse cuando se trató el numeral 1.2. Dichos factores son:

- 2.1 Materiales.
- 2.2 Potencia necesaria.
- 2.3 Potencia disponible
- 2.4 Potencia utilizable.
- 2.5 Tiempo de ciclo.
- 2.6 Producción.

Los factores anteriormente citados son necesarios de conocerse, pues es lo que representa el criterio básico bajo el cual opera un equipo determinado. Sin su conocimiento, no sería posible llegar a determinar el rendimiento y producción de toda nuestra maquinaria en general.

2.1 Materiales

Común

No clasificado

Roca

Todos estos materiales en su estado natural tienen un cierto grado de humedad.

Existen tres características respecto al material que se deberá excavar y mover:

2.1.1 Densidad

2.1.2 Expansión volumétrica

2.1.3 Compresibilidad

2.1.1 Densidad:

El contratista debe tener conocimiento de la densidad del material es sumamente importante, pues sólo sabiendo el peso por M^3 del material a transportar, se podrá evaluar el rendimiento del equipo.

Esta propiedad afecta directamente al tractor empujador, y motoniveladora.

La eficiencia de un equipo para excavar tierra, maniobrar y acarrear materiales a alta velocidad, depende directamente de la densidad; pues entre mayor sea ésta, mayor será la potencia requerida para moverla. Por lo tanto mientras no se exceda la capacidad del peso y volumen, el equipo trabajará satisfactoriamente.

2.1.2 Expansión volumétrica

Cuando se excava un material este aumenta su volumen. Es expresado en % de aumento de volumen. Así por ejemplo: Una arcilla seca tiene una expansión del 40% lo que significa que un metro cúbico en banco equivale a $1.40 m^3$ cuando se halle suelto.

Factor de conversión volumétrica: La contratación de explotación de materiales se calcula por m³ en banco, lo que significa que se debe de hacer uso de un factor que convierta los m³ en banco a m³ sueltos. Dicho factor lo obtienen así:

$$F \text{ conversión: } \frac{1}{\frac{\text{Kg/m}^3 \text{ material suelto}}{\text{Kg/m}^3 \text{ material en banco}}}$$

De donde:

$$\% \text{ expansión} = \frac{(1)(-1)}{(F \text{ conversión})} \times 100$$

A continuación aparece la tabla XV con las características aproximadas de los materiales.

Tabla XV. Características aproximadas de los materiales

Material	kg/m ³ en banco	% de expansión	Factor Volumetrico	kg/m ³ material suelto
Arcilla en banco	1720	40	0.72	1250
Arcilla y grava secas	1780	40	0.72	1300
Arcilla y grava mojadas	2200	40	0.72	1600
Carbón en la veta antracita	1450	35	0.74	1070
Carbón en la veta bitumin.	1280	35	0.74	950
Tierra común y marga secas	1540	25	0.8	1250
Tierra común y marga mojada	2000	25	0.8	1600
Grava de 6 a 21 mm seca	1840	12	0.89	1660
Grava de 6 a 51 mm mojada	2000	12	0.89	1780
Yeso sólido	3000	74	0.57	1720
Mineral de hierro:				
60% de hierro	3480	33	0.75	2610
50% de hierro	3170	33	0.75	2380
40% de hierro	2850	33	0.75	2140
Piedra caliza	2790	67	0.6	1600
Arena seca, suelta	1780	12	0.89	1600
Arena húmeda, compacta	2140	12	0.89	1900
arenisca dinamitada	2430	54	0.65	1600
Escorias de alto horno	1600	23	0.81	1300
Basalto (rocas trapecanas)	3080	65	0.61	1900

* La densidad y el factor de conversión volumétrico de un material varían según los siguientes factores:

Tamaño de sus partículas componentes, contenido de humedad, grado de compacidad, etc.
Para saber exactamente las características de un material, sería necesario hacer comprobaciones en la práctica.

* Tomado del Manual publicado por la Caterpillar American Co.

Conociendo lo anterior podremos determinar los m³ en banco sabiendo la cantidad de m³ sueltos.

$$M^3 \text{ en banco} = F \text{ conversión} * m^3 \text{ sueltos}$$

2.1.3 Compresibilidad

Todo material sufre expansión y también la compresión. Si se ha observado la excavación de una zanja se notará que el volumen de tierra extraído no corresponde al volumen de corte de la zanja lo que significa que para que la tierra extraída cupiera de nuevo en la zanja habría que compactarla, a esto se le llama compresión. Este trabajo se lleva a cabo por diferentes clases de equipos; sin embargo es común el uso de compactadoras de llantas, etc. Normalmente el trabajo de compresibilidad en carreteras se le llama compactación y tiene por objeto colocar el material en una densidad mayor que la natural (en banco).

2.2 Potencia necesaria

La potencia se define como la capacidad de ejecutar un trabajo a una velocidad determinada. Luego la potencia necesaria será la que se necesita para empujar o halar una carga.

Factores que determinan la potencia necesaria:

2.2.1 Resistencia al rodado

2.2.2 Efecto de la pendiente sobre la fuerza de tracción

2.2.1 Resistencia al rodado

Es la fuerza que opone el suelo a la rotación de las ruedas. La resistencia se mide en Kg. y la fuerza necesaria para vencerla en Kg. de tracción. Los principales efectos que influyen en la resistencia al rodado son:

Fricción interna

Flexión de los neumáticos

Penetración en el suelo

Peso sobre las ruedas

Estos efectos se han involucrado al considerar un factor de 20 Kg./ton. de peso bruto del vehículo. Dicho en otras palabras el factor de resistencia al rodado significa que se necesitan 20 kg. de empuje o tiro para mover cada tonelada de peso sobre las ruedas. En base a esto la resistencia al rodado:

$$(RR) = \text{Peso sobre ruedas} * \text{Factor (RR)}$$

Sin embargo habrá que considerar que este factor varía de acuerdo con la superficie sobre la cual rueda el vehículo.

La tabla siguiente nos da los valores para factor de resistencia al rodado:

Tabla XVI. Factores típicos de resistencia al rodado

Tipo de Camino	sistema Métrico	sistema Inglés
Duro y parejo (pavimentos de hormigón o bituminoso que no cede bajo el peso)	20 kg/ton.	40 lb/ton.
Firme (grava o macadán) algo ondulado y que cede un poco bajo la carga	32.5 kg/ton.	65 lb/ton.
De arcilla dura con baches y surcos, que cede bastante bajo el peso. La penetración aproximada de los neumáticos es de 2 a 3 cm (1 plg. O más)	50 kg/ton.	100 lb/ton.
De tierra sin estabilizar, surcado y que cede mucho bajo el peso; los neumáticos se hunde de 10 a 15 cm (4" a ")	75 kg/ton.	150 lb/ton.
Tierra blanda, fangosa y con surcos o arena.	100 a 200 kg/ton.	200 a 400 Lbs/ton.

Ejemplo:

¿Cuál será la resistencia al rodado de un tractor de ruedas que pesa 30,000 kg. que se desplaza en una superficie dura y pareja como un asfalto?

Solución:

Resistencia al rodado = (Peso sobre ruedas) * Factor (RR)

De la tabla 16 el factor RR (para superficie dura y pareja es igual a 20 Kg./ton.

$$RR = 30,000 * 20$$

$$RR = 30 * 20 = 60$$

$$RR = 600 \text{ kg.}$$

Deberá tenerse en cuenta que la resistencia al rodado sólo afecta a los vehículos de rueda no así a uno de oruga. Un tractor de oruga no se afecta con la resistencia al rodado debido a que los carriles forman su propio suelo, lo que hace que el contacto sea de cero con acero o lo que es lo mismo, los tractores de carriles poseen sus propios “caminos” de acero.

2.2.2 Efecto de la pendiente sobre la fuerza de tracción

En los trabajos de reparación de carreteras las pendientes se miden en porcentajes de inclinación, o sea la relación de la diferencia de dos puntos y la distancia horizontal que los separa. Así decimos que un desnivel de 10 metros a 100 metros. de distancia horizontal nos representa una pendiente de 10 %. La resistencia en las pendientes (RP), está representada por la fuerza de gravedad que debe vencerse cuando se marcha cuesta arriba, y actúa sobre el peso total de cualquier vehículo ya sea de ruedas o de carriles. Esta resistencia a las pendientes es un factor negativo cuando sube, y positivo

cuando se baja. Esto es lógico pues cuando se va en marcha cuesta arriba la situación nos es adverso, o sea que cuesta más desplazarse, por el contrario, cuando vamos hacia abajo el desplazamiento es mucho más fluido.

Como quiera que sea la situación (hacia arriba o hacia abajo) la resistencia al rodado siempre estará presente. Esto induce a plantear tres ecuaciones en función de la característica topográfica del terreno.

Cuesta abajo..... Resistencia Total= RR – AP
Terreno plano..... Resistencia Total= RR
Cuesta Arriba..... Resistencia Total= RR + RP

El término AP representa el factor de ayuda en las pendientes; RP, representa el factor de resistencia en las pendientes, ambos se calculan igual y de la manera siguiente:

Basados más que nada en la experiencia se ha determinado que por cada 1% de desnivel se produce una fuerza contraria o favorable de 10 kilogramos por tonelada de peso del vehículo. Esto es adicional a la RR.

Por ejemplo: cual será la RP o AP de un vehículo de 10 toneladas que sube o baja por una pendiente del 5%.

$$RP \text{ o } AP = \text{peso total} * 10 \text{ Kg./ton.} * 5$$

$$RP \text{ o } AP = 10 \text{ ton.} * 10 \text{ kg/ton.} * 5$$

$$RP \text{ o } AP = 500 \text{ kg.}$$

2.3 Potencia disponible

La potencia es una relación de trabajo y tiempo, debemos de tomar en cuenta además de la fuerza de una máquina, la velocidad con que se mueve y ejecuta una operación.

Las condiciones de trabajo variarán constantemente aún en el curso de una misma operación, siendo necesario entonces alterar la relación trabajo-tiempo; esto lo podemos lograr haciendo uso de la caja de velocidades (o engranes) de la máquina mediante cambios, los cuales varían de la condición de mínima velocidad-máxima tracción, a máxima velocidad-mínima tracción.

Las especificaciones y funcionamiento de estos mecanismos los podemos encontrar en los catálogos de los fabricantes, en los cuales aparecen términos tales como:

- Fuerza en la barra de tiro,
- Fuerza en las ruedas propulsoras
- Fuerza nominal
- Fuerza máxima

Cada una se define así:

Fuerza en la barra de tiro y fuerza en las ruedas propulsoras vienen a ser lo mismo, pues ambas se miden en kg. de tracción; así, para los tractores de carriles, la fuerza se mide en la barra de tiro siendo fácil determinarla, y para los tractores de ruedas, la fuerza se mide en las ruedas propulsoras, o sea la fuerza neta que ejercen los neumáticos en el suelo cuando se trata de empujar la máquina hacia delante. La evaluación de esta fuerza es más difícil.

Fuerza nominal es la tracción que ejerce el tractor cuando el tractor desarrolla su potencia plena nominal (se mide en HP) a la velocidad (RPM) especificada.

La fuerza máxima representa el aumento del motor bajo la carga obteniéndose a merced de la disminución de la velocidad de la marcha. Otro aspecto que debe considerarse es el convertidor de tracción cuyas características ya se expusieron anteriormente.

Un aspecto muy importante que debe considerarse es a qué velocidad debe transportar una máquina su carga, pensando fundamentalmente en elegirse la combinación que permita la velocidad más alta posible en relación con el tiempo de trabajo. Dicha elección será el resultado de la comparación de la fuerza de tracción necesaria para vencer la Resistencia Total ($RR+RP$), con la tracción disponible (tomada de las especificaciones de fábrica).

2.4 Potencia utilizable

La potencia utilizable está relacionada con la potencia disponible pues una vez elegida la velocidad adecuada de marcha hay que considerar las limitaciones que presentan por las condiciones del lugar en el que se desarrolla el trabajo; en otras palabras determinar si toda la potencia disponible es realmente utilizable.

Dentro de los factores que reducen la potencia se encuentran los siguientes:

2.4.1 Tracción efectiva o agarre

Es la fricción entre ruedas o carriles y la superficie del suelo por donde se desplaza la máquina. Esto limita desde luego la potencia.

2.4.2 Altitud

Al aumentar ésta, disminuye la presión atmosférica y por lo tanto baja la potencia de todo motor de aspiración natural, reduciendo por lo tanto la fuerza de tracción de la máquina. Esto es en términos generales los factores que reducen la potencia utilizable; sin embargo habremos de agregar algo más, así por ejemplo tendremos que dentro de la tracción efectiva, ésta varía de acuerdo con el peso actuando sobre los carriles o ruedas del tractor, además de las condiciones propias del suelo. Tomando en cuenta esto vemos que para solucionar el problema del giro en falso de ruedas o carriles se nos presentan dos posibilidades.

- a) Aumentar el peso
- b) Mejorar las condiciones de suelo

En lo relacionado a aumentar el peso sabemos que es uno de los factores más importantes que determina la fuerza de tracción y se concluye que ningún tractor es capaz de ejercer una fuerza de tracción mayor que su propio peso. Por lo tanto si tenemos por ejemplo un tractor de ruedas en el cual el 50% de su peso lo soportan las ruedas propulsoras, no será posible que ejerza una fuerza de tracción superior o máxima equivalente al 50% de su peso total.

Estamos en capacidad entonces de representar una ecuación que nos determina la fuerza de tracción utilizable diciendo que:

$$F_{tu} = (\text{Coef. de fricción o agarre}) \times (W_{\text{sobre carriles o ruedas propulsadas}})$$

Para determinar el peso sobre los carriles o ruedas propulsadas se consideran los 3 casos siguientes:

Para tractores de carriles

El peso total del tractor.

Para tractores de cuatro ruedas

El peso en las ruedas propulsadas según las especificaciones, o sea como el 40% del peso bruto del vehículo.

Para tractores de dos ruedas

El peso en las ruedas propulsadas según las especificaciones, o sea como el 60% del peso bruto del vehículo.

El efecto de la altitud como ya se dijo, al aumentarla disminuye la presión atmosférica lo que significa en reducción de la potencia del motor en todos los cambios de la caja de velocidades. Por lo tanto cuando se trata de motores sin turbo alimentación se deberá de considerar una pérdida del 1% por cada 100 m, a partir de los 1,000 m de altitud.

La fuerza de tracción necesaria no cambia con la altitud; la que cambia disminuyendo, es la potencia utilizable al aumentar la elevación. A continuación se presenta en la tabla XVII los coeficientes de agarre para varios materiales.

Tabla XVII. Coeficientes de agarre (tracción efectiva) para tractores

Tipo de Suelo	Neumáticos	Carriles
Hormigón	0,9	0,45
Arcilla y marga secas	0,55	0,9
Arcilla y marga mojadas	0,45	0,7
Arcilla y marga surcadas	0,4	0,7
Arena Seca	0,2	0,3
Arena Mojada	0,4	0,5
Cantera	0,65	0,55
Camino de Grava Suelta	0,35	0,5
Nieve Compacta	0,4	0,5
Hielo	0,1	0,1
Tierra Compacta	0,55	0,9
Tierra Suelta	0,45	0,6

2.5 Tiempo de ciclo

Las máquinas repiten su trabajo de acuerdo a un ciclo determinado, para un tractor las operaciones son:

- Empuje-parada-operación de contra marcha, nueva parada y dar principio al ciclo una vez más.

Cuando la maquinaria está trabajando resulta prácticamente, fácil determinar el tiempo de ciclo con sólo cronometrar varias veces el tiempo invertido en un ciclo completo y luego sacando un promedio se obtendrá dicho tiempo.

El problema se presenta cuando la maquinaria no ha empezado a trabajar y se necesita determinar el tiempo de ciclo de las máquinas.

Este es el punto principal para un contratista que se prepara para la licitación en base a la mejor utilización de su maquinaria. Puede ser factible

después de realizado el estudio y el cálculo que se llegue a la conclusión que se necesita más equipo.

Por lo tanto, conociendo la capacidad de una máquina, la potencia necesaria y las limitaciones que se presentan en obra, se puede llegar a determinar con bastante exactitud el tiempo de ciclo de una máquina y conocer así su rendimiento.

Todo ahorro de tiempo en el trabajo de mantenimiento de carreteras representan un incremento de las ganancias, entonces es necesario conocer el tiempo de ciclo para estudiar la posibilidad de reducirlo por medio de un mejor planeamiento en el trabajo.

El tiempo de ciclo está constituido por dos tiempos:

- Tiempo fijo
- Tiempo variable.

2.5.1 Tiempo fijo:

Tiempo que invierte la máquina durante el ciclo en todo lo que no sea acarreo y retorno; en otras palabras se refiere al tiempo empleado para cargar, descargar, maniobrar, acelerar, desacelerar durante el transcurso del trabajo siendo más o menos constantes.

2.5.2 Tiempo variable:

Tiempo empleado en el acarreo y regreso vacío variando con la distancia recorrida y la velocidad de la maquina.

Se recomienda siempre, a pesar de haberse calculado previamente, controlar con cronómetro estos tiempos pues nos proporcionará un excelente record de campo.

La ecuación del tiempo de ciclo será:

Tiempo de ciclo= tiempo fijo+ tiempo variable

El tiempo fijo se obtendrá del estudio (cronometraje) realizado en el campo. Como quiera que sea lo que se queda por calcular será el tiempo variable.

$$\text{Tiempo Variable= } \frac{\text{Espacio en m X 60}}{\text{Velocidad en Km./hora X 1000}}$$

(en minutos)

Sin embargo debido a que en la ida marcha en una velocidad y en el regreso en otra, la fórmula presentada será:

$$\text{Tiempo Variable= } \frac{\text{Dist. acarreo en m X 60}}{\text{Vel. acarreo en Km./hr X 1000}}$$

$$\frac{\text{Dist. de regreso en m X 60}}{\text{Vel. de regreso Km./hr X 1000}}$$

$$T_v = \frac{60 (e_1 + e_2)}{1000 (V_1 + V_2)} =$$

e1= Dist. Acarreo

e2= dist. regreso

V1= Vel. Acarreo

V2= Vel. Regreso

Sabidos de lo que el tiempo de ciclo significa en un trabajo de mantenimiento de carreteras, la tendencia será disminuirlo, pues el tiempo total de ciclo determina el número de viajes por hora, y a nosotros nos interesa el mayor número de viajes por hora.

De tal manera que para conseguirlo, tendremos que pensar en ciertos métodos o reglas que son de bastante lógica.

Reducción de tiempo fijo:

- a) Cargar, en lo posible, cuesta abajo.
- b) Usar tractor empujador de la potencia adecuada, y equipado cuando sea necesario, con desgarradores.

Reducción de tiempo variable:

- a) Los caminos de acarreo serán trazados evitando fuertes pendientes y la dirección más recta o tangente posible.
- b) Mantenimiento y reparación constante de los caminos de acarreo. Un camino de acarreo en buen estado representa reducción del tiempo variable y por lo tanto las unidades de acarreo economizan tiempo. En este mantenimiento se usa mucho la motoniveladora.

2.6 Producción

De los factores anteriores, obtenemos cuantos viajes por hora y metros cúbicos es capaz nuestro equipo de proporcionarnos. Esto es precisamente lo que determina la producción. Sin embargo debido a que tanto operarios como máquinas no son capaces de trabajar 60 minutos por hora, es que se emplea un factor o coeficiente de eficiencia para nuestros cálculos de producción. Como quiera que sea la producción en la reparación de una carretera, el punto de partida será fundamentalmente la dirección del recorrido de nuestra maquinaria, y la clase de suelos al trabajar.

Esto tendremos que complementarlo con el equipo escogido en numeral 1.6 para las tres situaciones:

Equipo para excavación común

Equipo para excavación no clasificada

Equipo para excavación en roca,

Al estimar la producción el factor de eficiencia en el trabajo es uno de los elementos más complicados, pues depende de factores humanos (administración y operadores) tales como la experiencia y la habilidad. Existen otras causas del tipo de fallas mecánicas del equipo, condiciones atmosféricas, disponibilidad de repuestos y asistencia técnica. Para el cálculo del factor de eficiencia se han basado en una cantidad de trabajos en condiciones diversas que ha dado como resultado las reglas empíricas bajo condiciones normales de trabajo. Por eso decimos que los tractores de oruga trabajan 50 minutos/hora; y los de ruedas 45 minutos/hora. A continuación en la tabla XVIII aparecen tabulados algunos de los valores aproximados de factor de eficiencia para jornada diurna y jornada nocturna.

Tabla XVIII Factores de eficiencia

Jornada	Tipo de Tractor	Horas efectivas de trabajo	Factor de Eficiencia
Diurna	De oruga	50 min/hr.	0,83
	de ruedas	45 min/hr.	0,75
Nocturna	De oruga	45 min/hr.	0,75
	de ruedas	40 min/hr.	0,67

De donde producción ($m^3/hr.$)= $(m^3$ en bco/ciclo) X ciclos/hr. X (Factor de eficiencia).

Normalmente a nosotros se nos presenta en el campo la necesidad de una mayor producción, trabajos con bulldozer, motoniveladora y desgarradores.

Combinaciones posibles con trabajo de otras máquinas: Se habló desde un principio del equipaje unitario básico consistente en:

Tractor empujador

Motoniveladora

Excavadora

Compactadora.

Camiones de volteo

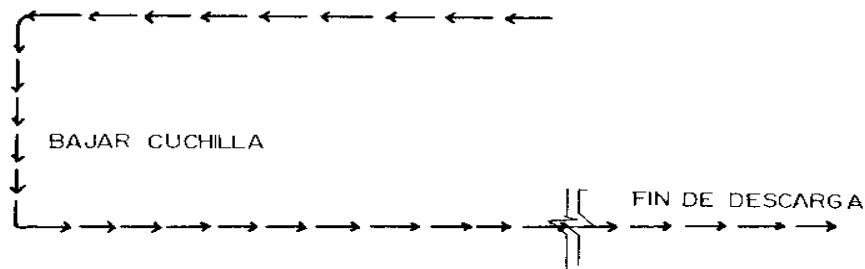
Recubrimiento de tubería

Trabajo que se efectuará cuando no se tenga a mano un bulldozer. En esta labor lo que se deberá de tratar es regar el material de relleno a ambos lados de la tubería, y mediante giros cortos sucesivos del tractor, esparcirlo sobre la tubería de tal manera que se recubra con un espesor de unos 30 a 40 cms, posteriormente podrá posarse la unidad en forma cruzada y descargando más material hasta llegar a la cota de relleno deseada.

Movimiento en planta de cortes en ladera

Se debe comenzar a cortar a una distancia de unos 2 m, del talud aproximadamente, y en dirección paralela siguiendo el movimiento siguiente:

FIGURA 4. Corte de laderas con cuchillas



Repitiendo esta operación varias veces se obtiene un sitio plano sobre la ladera que nos permitirá realizar el corte final en forma pulida y pareja de nuestro talud. Esta es otra combinación de trabajo, sin embargo la manera más eficiente será realizarlo con un tractor con cuchilla en angle-dozer.

Corte en colinas

Se debe mantener el corte bajo al pie del talud y alto en el centro de en la colina, pues esto nos da cargas más grandes y uniformes.

2.6.1 Trabajos con bulldozer:

Un tractor equipado con bulldozer tiene un sin número de aplicaciones, pero fundamentalmente se usa cuando la potencia requerida es grande y las distancias de acarreo son cortas. En realidad este tipo de tractor es el primero que entra al trabajo, pues con él realizamos los trabajos de limpia, chapeo y destronque, y de allí pasamos al corte preparando las “camas” .

Analizando la potencia necesaria y los factores que la limitan, los cuales ya fueron tratados en el numeral 2.2, se puede calcular el tiempo de ciclo; pero también se debe calcular la capacidad de la cuchilla bulldozer. En realidad existen tres tipos de cuchillas:

Angulable

Recta y

En U

A continuación aparece la tabla XIX, mostrando las capacidades de cada hoja con material suelto:

Tabla XIX, Capacidad de hoja con material suelto

Tractor HP	Hoja angulable M³	Hoja recta M³	Hoja en U M³
385	5.7	8	1.2
270	4.2	6	7.6
180	3	4.3	
125	2.3	3.2	
65	1.1	1.7	

*Tabla tomada del Manual de la Caterpillar.

Como normalmente nos interesa conocer nuestra producción de m³ en banco será necesario conocer el factor de conversión volumétrica de los materiales más comúnmente usados, haciendo la salvedad de que son únicamente aplicados para bulldozer. Para esto se presenta la tabla XX.

Tabla XX. Factores volumétricos para materiales

Material	Factor
Roca	0.6
Arcilla mojada	0.7
Tierra Común	0.8
Arena	0.9

Con el auxilio de las dos tablas anteriores estamos en capacidad de expresar la producción de M³ en banco.

Por lo tanto:

$$\text{prod. (m}^3 \text{ en banco/hr)} = \frac{\text{(Fact. eficiente) X (m}^3 \text{/ciclo)}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

A continuación se presenta un ejemplo que muestra la producción en metros cúbicos por hora.

Cual será la producción en m³ banco/hr. de un tractor de oruga de 385 HP el cual está equipado con una cuchilla cuya capacidad es de 8 m³. suponiendo un tiempo ciclo de 0.60 minutos. la distancia a empujar es de 40 metros y el material es arcilla mojada.

Eficiencia por hora = 50 minutos (de tabla 18)

M³ = 8.0 X 0.70 (siendo a cero 0.70 factor de expansión volumétrica de tabla 20.

$$\text{m}^3 \text{/ciclo} = 5.6$$

$$\text{Prod. m}^3 \text{ banco/hr.} = \frac{50 \times 5.6}{0.60} = 465 \text{ m}^3$$

Limpia, chapeo y destronque

En este tipo de trabajo el bulldozer resulta ser una máquina de mucha efectividad.

Algunos de los factores que determinan el rendimiento en este trabajo son el tipo y densidad de la vegetación, la naturaleza del terreno, el equipo accesorios y los métodos de eliminación que se empleen. El rendimiento debe estimarse aproximadamente. A continuación puede apreciarse la tabla XXI que contiene rendimientos para trabajos normales:

Tabla XXI. Rendimiento de trabajos normales

Vegetación	Tamaño del tractor	
	115 HP en la barra de tiro o menos	115 HP en la barra de tiro o más
Matorrales y árboles pequeños (diámetros de 15 cm ó menos)	386 m ² por hora	1000 m ² por hora
Arboles medianos (diámetros de 18 a 30 cm)	3 a 9 minutos por árbol	2 a 6 minutos por árbol
Arboles grandes (diámetros de 30 a 90 cms).	5 a 20 minutos por árbol.	5 a 20 minutos por árbol

Para desarrollar este tipo de función se recomienda el uso de tractores equipados con servo-transmisión, ya que esta puede ejecutar varias maniobras con la menor cantidad de movimientos en los controles, dando como resultado mayor economía y rapidez en los trabajos.

Trabajos en roca

Es una variante en el empuje en distancias cortas de material tipo roca puramente; en esta situación los trabajos con bulldozer han dado magníficos resultados, sobre todo acoplando dos máquinas con la cuchilla angulable.

La operación consiste en emplear uno de los dos tractores con riper para aflojar la roca, la cual se acumula con el auxilio del otro tractor en dirección de botadero. Una vez acumulada, las dos máquinas entran a empujar a una velocidad de 3 a 4 Km./h aproximadamente.

De esta manera se ha logrado gran eficiencia evitando el uso de cargadores frontales y camiones de acarreo. Sin embargo se insiste en que la distancia de empuje no sobrepase los 100 metros.

Este tipo de solución también se puede plantear cuando se tiene que usar explosivos para fragmentar rocas de gran tamaño las cuales es imposible que las muevan tractores.

El tractor equipado con cuchilla en U es aconsejable en este tipo de trabajo.

Se debe hacer notar que los trabajos de reexcavación en roca son toda una especialidad no bien controlada, sin embargo, a nosotros nos interesará saber 3 cosas:

1. Cuando emplear el tractor con cuchilla
2. Cuando emplear el escarificador

Con este criterio diremos:

1. Se emplea cuchilla cuando el material ha sido previamente escarificado y presenta un tamaño tal que la cuchilla puede manejar; basados en esto es que presentamos el ejemplo del empuje de roca.
2. Se empleará cuando se pueda determinar la escarificabilidad de una roca; y esto se determina del estudio geológico planteado en el numeral

Sin embargo existen ciertas características de las rocas las cuales se pueden notar fácilmente y que nos dan la solución del problema.

- Fracturas, fallas y planos de debilitamiento de cualquier clase.
- Desgaste, debido a cambios de temperatura y humedad.
- Naturaleza brillante y cristalina.
- Alto grado de estratificación o laminación.
- Grano de tamaño grande.
- Formaciones rocosas permeables a la humedad.
- Bajo esfuerzo a la compresión.

Esto nos indica entonces que será factible poner a trabajar un tractor escarificador sin riesgo de que desempeñe un trabajo fuera de lo normal.

Si no encontramos este tipo de material sino que más duro, se hará necesario dinamitarlo ya sea pulverizando o simplemente aflojándolo para volverlo trabajable.

2.6.2 Trabajos con motoniveladora (Patrol)

Esta máquina está considerada como básica en la conservación de acarreo y operaciones de nivelación final. Los factores fundamentales que influyen en su rendimiento son:

- a) Habilidad del operador
- b) Tipo de material con que trata
- c) Su peso

Nos interesa saber en qué tiempo ejecutaremos un trabajo, y para esto es necesario determinar el número de pasadas requeridas estimando la eficiencia y la velocidad media, de tal manera que se cumpla:

$$\text{Tiempo en Hrs} = \frac{\text{(No. pasadas)} \times \text{(Distancia en Km)}}{\text{(Vel. media en Km/hr)} \times \text{(Fact. de Eficiencia)}}$$

Calculo de la velocidad media

La velocidad media se calcula promediando el número de pasadas a diferentes velocidades, así por ejemplo:

8 pasadas a 5 km/hr.	=	40
6 pasadas a 6 km/hr.	=	36
4 pasadas a 8 km/hr.	=	<u>32</u>
18 pasadas		108

$$\text{Velocidad media} = \frac{108}{18} = 6.0 \text{ Km./hr.}$$

Estas pasadas las hace a una velocidad elegida.

Se recomienda que bajo ningún concepto se emplee en donde exista material duro (roca adherida) pues la hoja no está diseñada para trabajo pesado; además las propias condiciones de su mecanismo de control, por ser de precisión, pueden dañarse fácilmente.

2.6.3 Trabajos con compactadora

El uso de este tipo de equipo se lleva a cabo para compactar el material colocado en reposición de capa de balasto . Es el medio mecánico que le imprime energía de compactación al suelo. Se sabe que la compactación depende de la energía de la misma, de su densidad seca, de su contenido de humedad y de la clase de suelo.

De los factores anteriores depende el número de pasadas que se debe hacer con el equipo. Luego conociendo la profundidad de la capa suelta de material y el número de pasadas que se estime conveniente, es posible determinar el rendimiento en cualquier trabajo.

Tabla XXII. M³ de producción por pasadas de compactadoras

Espesor de capa antes compactac. (cms)	Número de pasadas por capa en m ³				
	4	6	8	10	12
10	515	335	255	220	170
15	760	515	385	300	255
20	1015	705	515	430	335

2.6.4 Cargadores frontales y camiones:

Esta clase de equipo viene a ser una complementación del equipo unitario. Los hay de carriles y de ruedas.

Cargador frontal de carriles

Es usada para operar en bancos de material cuya densidad sea elevada pues debido a su tracción permite facilidad en la carga. Para calcular el rendimiento de una máquina de éstas se asume que se desplaza en una superficie estable y plana.

La maniobra o el movimiento es en V con 90 grados de giro, y se logra gran eficiencia gracias al sistema con que están equipados llamado servo-transmisión y que permite realizar estos movimientos con un número reducido de cambios de engrane.

A continuación se muestra la tabla XXIII comparando el tiempo empleado para cargar un camión en 3 máquinas de diferente caballaje:

**Tabla. XXIII. Comparación de carga de tres maquinas diferentes
60 min.**

Maquina HP	Tiempo Min.	Camion 3 m ³	Tiempo Min.	Camión 3-8 m ³	Tiempo Min.	Camión 5,4 m ³	Tiempo Min.	Camión 7,5 m ³
70	2.4	3.42	3	4.32	3.5	5.2	5.4	7.8
115	0.8	2.7	1.3	4	1.7	5.4	2.6	8
17			0.9	3.8	1.3	5.73	1.8	7.5

Para la carga en metros cúbicos de material suelto en camiones de las tres máquinas anteriores, la producción fue calculada sobre la base de horas de 60 minutos y un tiempo estimado de 0.25 minutos para colocar el camión.

Tabla. XXIV. Producción de carga de tres maquinas diferentes en 60 min.

Máq. HP	m ³ /hr	Camión de 3 m ³	Camión de 3,8 m ³	Camión de 5,4 m ³	Camión de 7,5 m ³
70		76.5	76.5		
115			171.2	187.3	
170			256.1	246.1	254.6

Cargador frontal de ruedas

Al igual que la máquina anterior, la producción depende de:

Clase de material

Estado del suelo donde se desplace

La habilidad del operador

Capacidad del cucharón

En base a esto, y de la distancia de acarreo, carga, descarga y maniobras, se determina el tiempo de ciclo; y así mismo puede determinarse su producción.

Basado en esto tendremos:

Prod./hora = (Producción por ciclo) X (Ciclos hora)

Prod./ciclo = (Densidad del material en Kg/m³) X (capacidad a ras)

ciclos/hora = $\frac{\text{Minutos/hora de trabajo efectivo}}{\text{Duración del ciclo en minutos}}$

En el libro "Performance Hand-Hook" o libro negro, existen tablas comparativas entre diferentes tipos de cargadores; además aparecen curvas que han sido ploteadas con la finalidad de determinar los tiempos de ciclo a diferentes velocidades y a una distancia determinada.

Algunos contratistas entrevistados, han manifestado que por ejemplo, trabajando en buenas condiciones, han obtenido un tiempo de ciclo de carga entre 0.50 y 0.55 minutos. además, muchos son partidarios de trabajar con cargadores equipados con servo-transmisión, ya que eleva bastante el rendimiento debido a la economía de maniobras que ejecuta el operario.

En lo personal, y respecto a la forma como los diversos fabricantes ilustran la eficiencia de la maquinaria que producen, algunos contratistas se mostraron bastante reservados en cuanto a ello, y hay quienes aconsejan que para calcular producción de este tipo de máquinas por medio de las fórmulas anteriores se les aplique un factor de seguridad bastante conservador, debido a las condiciones importantes en nuestro medio, las cuales van, desde la responsabilidad del operador a las condiciones climáticas propias de las diferentes zonas de nuestro país. Sin embargo en algunos casos se han llegado a tener resultados como los expuestos en las tablas XIII y XXIV.

Otro factor sumamente importante, es contar con el equipo de acarreo (camiones) adecuado a la eficiencia de la máquina en uso, pues de lo contrario la misma se mantendría ociosa.

2.7 Escogencia del personal de operaciones

La persona que esté designada para tal labor, deberá de tener conocimiento del análisis de valuación de puestos, a continuación se dan algunas nociones generales para contratar ó seleccionar al personal de manera más adecuada.

Análisis y descripción del puesto

Partir de la base de qué es puesto y análisis.

Puesto

Conjunto de funciones completas atribuibles a una persona y que exigen de la misma un cierto grado de habilidad, esfuerzo y responsabilidad.

Análisis

Tratar de investigar las características de la habilidad, esfuerzo y responsabilidad requeridos o sea investigar el contenido del puesto.

Como es natural en la selección de personal se busca contar con las personas, en nuestro caso particular los operarios que deben de presentar una garantía en el manejo de la maquinaria, pues hay que recordar que el costo de este es elevado por una parte, y por la otra los accidentes, maltratos, etc. que nos causan pérdidas de tiempo que reducen nuestra producción.

Es necesario por lo tanto para nuestra evaluación de personal seguir una cierta metodología en esta actividad.

Sin embargo debemos considerar dos posibilidades:

2.7.1 Que ya se haya trabajado en este campo.

2.7.2 Que se trabaje por primera vez.

2.7.1 Que ya se haya trabajado en este campo

Si se ha trabajado o se está trabajando la aplicación de la metodología del análisis se hará de la siguiente manera:

Metodología del análisis:

1. Entrevista inicial con el supervisor inmediato del puesto.
2. Entrevista con el ocupante del puesto por medio de cuestionario.
3. Inspección ocular de la maquinaria y la producción obtenida; así como el reconocimiento de las condiciones propias.
4. Elaboración de un borrador de la descripción y especificación del puesto.
5. Presentación del borrador al supervisor inmediato para que lo apruebe o sugiera modificaciones.
6. Posibles rectificaciones o revisiones del proceso analítico.
7. Elaboración definitiva de la descripción y especificación del puesto.

Como se podrá notar esta metodología es un estudio del puesto no de la persona que lo ejecuta ni del esfuerzo que se efectúa. Como quiera que sea este análisis nos permite:

- Conocer las características del puesto principalmente por el analista.
- Crear el manual de la empresa para nuevos operarios principalmente.

Además, debemos de considerar como primer producto del análisis lo siguiente:

- a) Identificación del puesto:
 - 1. Título
 - 2. Departamento
 - 3. Sección
 - 4. Supervisor Inmediato
 - 5. Fecha del análisis
- b) Definición del puesto: Se hace una descripción breve.
- c) Contenido del puesto: se refiere a las funciones que realiza la persona y que son:
 - 1. Funciones cotidianas
 - 2. Funciones periódicas
 - 3. Funciones esporádicas
 - 4. Funciones de bajo orden.
- d) Accesorios del puesto:
 - 1. Equipo que utiliza
 - 2. Lugar en que ejecuta las funciones.

Especificación del puesto

Esto se define exclusivamente con otro producto del análisis y viene a ser una conclusión de la descripción. Se resume en un reporte escrito sobre la habilidad, esfuerzo y responsabilidad que exige el puesto, así como las condiciones a las que se someten los que lo ocupan.

2.7.2 Que se trabaje por primera vez

Si es la primera vez que se trabaja en la selección del personal, se propone la solución siguiente, haciendo la salvedad de que podría efectuarse de otra manera, según criterio:

La metodología a aplicarse será la anterior, en forma comparativa, pero será necesario en el momento de la selección de personal, elaborar un cuestionario. solicitud de trabajo, conteniendo básicamente lo siguiente:

- 1) Identificación
- 2) Edad
- 3) Ocupación
- 4) Tiempo que lleva en esa ocupación
- 5) Experiencia y record de accidentes, comprobado en otras partes.

Esto nos permitirá realizar una preselección evitándonos pérdidas de tiempo a la hora de la entrevista. Por último con las personas se hará una aplicación de la metodología del análisis, pero como ya se dijo, en forma comparativa con las previamente estudiadas.

En resumen, con los conocimientos básicos ya apuntados podremos obtener un personal que nos garantice lo siguiente:

Responsabilidad

Eficiencia

Seguridad

2.8 Control de trabajo en campo y gabinete

Se debe partir de la base de que estamos trabajando en carreteras, y este solo hecho implica que el control sea efectuado a través de la línea de construcción fundamentalmente el objeto del control es para garantizar dos cosas, la producción y el buen estado de nuestra maquinaria.

2.8.1 Control de campo:

En la obra estará encargado de controlar el equipo que ejecuta la conformación o reposición de capa de balasto un caporal o ingeniero civil.

Control de Campo, unidades de acarreo y equipo de excavación (Tractores):

- a) Chequeo ancho y pendiente de los caminos de acceso.
- b) Tipo de máquina que efectúa los trabajos.
- c) Hora-horómetro.
- d) Hora-reloj.
- e) Control de combustible.
- f) Control para la eliminación de trabajos fuera de lo normal y peligrosos.
- g) Justificación de tiempos perdidos.

Control de unidades de compactación:

- a) Espesor de las capas sueltas de material
- b) Número de pasadas por capa
- c) Clase de rodillo
- d) Tipo de tractor que lo jala
- e) Hora horómetro
- f) Hora reloj
- g) Control de combustible
- h) Justificación de tiempos perdidos.

Control de unidades de nivelación: se refiere a las motoniveladoras:

- a) Clase de material
- b) Número de pasadas necesarias
- c) Velocidad media en km/hr.
- d) Factor de eficiencia.

Como puede notarse un control efectuado de esta manera nos permite establecer plenamente qué equipo debe salir de línea por deficiencia; y si tal fuese el caso, planificar en gabinete el trabajo acoplado nuevamente el ciclo de trabajo.

2.8.2 Control de gabinete:

Con el control del grupo de trabajo que opera en el campo, siendo sumamente importante ya que por medio de él podremos establecer un registro de:

Costos

Producción

Tiempo de Trabajo

Estado del equipo mediante el reporte del grupo de trabajo.

Es indispensable que dicho control se opere a diario.

2.9 Transporte y colocación en el proyecto

En el numeral 1.5 correspondiente al estudio de las condiciones y características del proyecto de carreteras a ejecutarse, se citó la necesidad de determinar la distancia y localización del mismo con el objeto, en una de sus partes, de facilitarnos la contratación del renglón transporte.

En Guatemala, el transporte de maquinaria cuesta aproximadamente Q. 7.00/Km. a través de buen camino.

Si la maquinaria que se usará es arrendada, el pago de las maniobras de carga y descarga en patios del arrendante es por cuenta de él. La carga y descarga en el proyecto es por cuenta del contratista. Este costo es

conveniente incluirlo en el renglón transporte pues se considera que son maniobras propias de él. Se controla tomando simplemente el tiempo que duren dichas maniobras.

Normalmente el sistema de carga en los transportes es colocar el equipo de oruga sobre la plataforma incluyendo el equipo de compactación (rodillos, etc).

Se aconseja estudiar las posibilidades de que el equipo de ruedas auto-propulsado llegue por sus propios medios, esto desde luego cuando la distancia al proyecto no resulte demasiado grande.

3. SUPERVISION EN EL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

3.1 Mantenimiento del equipo propulsado

El supervisor tiene que darle mucha importancia a este renglón ya que las máquinas aunque están diseñadas para trabajos pesados, su construcción interna es tan delicada como de cualquier otra.

Para plantear con claridad lo que el mantenimiento representa, se pueden plantear dos alternativas fundamentales que el contratista tiene que tomar en cuenta:

1. Colocar un taller de reparación formal en el campo con capacidad para reparaciones mayores y menores.
2. Tener un programa de operación preventiva.

La primera alternativa representa el lado antieconómico totalmente, pues fuera de que podría montarse un taller de reparación (a un costo elevado) el desgaste de la máquina sería más rápido acelerando su destrucción total por falta de un control de mantenimiento.

La segunda alternativa sería la correcta, pues aunque si incluye la existencia de herramienta y personal para reparación, estos son menores en su mayoría, toda vez que con el buen mantenimiento se logra reducir el número de reparaciones sobre los mayores.

Se insiste pues en presentar una atención especial a este renglón, ya que por informaciones de autoridades en mantenimiento, la falta de éste ha llegado a provocar la quiebra de muchos contratistas que aún se lamentan de no haber observado reglas tan sencillas que hubieran protegido la vida de su equipo.

En este capítulo no se pretende tratar con detenimiento cada aspecto de mantenimiento de cada una de las diferentes máquinas, sino simplemente señalar la importancia que una operación preventiva representa para el contratista.

Sin embargo, se hará mención de algunos ejemplos prácticos que muestran la necesidad y el cuidado en el trabajo con maquinaria.

Básicamente el mantenimiento se resume en tres fases:

- 3.1.1 Lubricación
- 3.1.2 Arranque, manejo y parada
- 3.1.3 Ajustes
- 3.1.4 Combustibles

3.1.1 Lubricación

Todo el tiempo de controlarse el nivel del lubricante del tipo y grado recomendado pues la vida prolongada y la gran eficiencia de la máquina no pueden ser aprovechadas sin una lubricación correcta. Se sugiere poner atención especial a la tabla de lubricar que traen las máquinas.

Horómetro

El horómetro ha sido colocado en las máquinas para determinar los períodos de lubricación y mantenimiento del motor. Consiste en un mecanismo de relojería el cual va conectado al motor y gira en número equivalente a una hora reloj cuando el cigüeñal da vueltas a velocidad media en funcionamiento normal. Sin embargo en algunos casos el motor irá más o menos rápido según el trabajo, haciendo que la lectura del horómetro no sea igual a la lectura de la hora reloj.

Para efectuar la lubricación se aconsejan las siguientes recomendaciones:

Estacionamiento

Cuando el clima se torna frío dejar las máquinas bajo techo o tapadas. Esto es con el objeto de que al hacerlas arrancar ellas están a una temperatura favorable para una mejor distribución del aceite proporcionando un arranque más rápido.

Lubricantes

Para lubricar correctamente una máquina se precisan tres tipos de lubricantes:

1. Aceite para motor, se acostumbra usar SAE 40 en el sistema hidráulico para temperatura arriba de 0°C, que es lo que interesa en nuestro medio.
2. Lubricantes para cojinetes, se recomienda lubricante de alta calidad de fibra corta. Se usa el grado No. 2 (140) para temperaturas como la nuestra.

3. Aceite para la transmisión, es únicamente para los mandos finales. El SAE 90 será conveniente para temperaturas de 0°C, para arriba.
4. El aceite debe mantenerse limpio tomándose todas las precauciones para evitar que entre suciedad dentro del sistema.
5. Estudiar con detenimiento los folletos de mantenimiento e instrucciones sobre el equipo que se posee.

3.1.2 Arranque, manejo y parada

Es muy importante poner atención a las indicaciones que el fabricante publicó en sus folletos de cada máquina en relación con este numeral, por lo que en el presente trabajo únicamente se hará ver la necesidad de estudiar estos aspectos, que en los folletos aparece explicado con lujo de detalles. Sin embargo, a manera de ilustración se darán algunas generalidades para formarse una idea.

Arranque: Es responsabilidad del operador, el cual por ningún motivo y antes que nada debe verificar:

Aceite

Diesel

Agua

Por medio de los indicadores colocados en los tableros de control, y otros puntos especiales de la máquina. Si por algún motivo uno de los indicadores se notara defectuoso o roto, el operador deberá reportarlos inmediatamente y no poner en funcionamiento la máquina. En lo que respecta a la posición de

palancas, pedales, etc., en el momento del arranque, todo aparece claramente explicado en cada folleto de instrucciones.

Manejo

Los motores de la maquinaria pesada son motores de gran potencia por lo que todo su mecanismo de manejo es bastante robusto, sin embargo el incorrecto uso de palancas y pedales puede ocasionar ruptura de engranes, transmisiones, mandos, etc. lo que indica que el operador de maquinaria pesada es una persona especializada, a la cual hay que proporcionarle toda las facilidades posibles para el aprendizaje y superación en su oficio, y obtener, un operador altamente tecnificado y eficiente. Con una preparación adecuada el operador, aprenderá a no forzar su máquina y además respetará las advertencias que aparecen en la placa colocada en el tablero de instrumentos. Para el manejo de una máquina hay dos límites:

El cuidado excesivo, y

El descuido

Ambos son nocivos, pues es sabido que una máquina pesada exige cierta firmeza para su manejo; por ejemplo, muchos operadores le temen a la aceleración de una máquina, por lo que hacen uso de ella desaprovechando gran parte de la potencia, esto sucede con mayor frecuencia en la operación de equipo provisto con el sistema de servo-transmisión, el cual para trabajar eficientemente exige una aceleración alta; cuando se trató el numeral 1.2.3 referente a la distancia y localización del proyecto a ejecutarse, se mencionó la importancia de conocer la altura sobre el nivel del mar, pues es sabido que esta condición afecta grandemente el funcionamiento del equipo.

En resumen, del manejo depende que tengamos una baja o alta producción.

Parada

La máquina se apagará cuando el tiempo sin funcionamiento sea más o menos largo (1 hora en adelante) sobre todo en las máquinas diesel en las cuales el consumo de combustible es bajo.

Nunca se debe acelerar a fondo y parar repentinamente, pues esta maniobra en las máquinas diesel provocan que el turbo siga trabajando sin lubricación, y girando a una velocidad de 70 a 90,000 R.P.M., es más que seguro que se dañe; y una reparación de esta clase implica un costo de Q.5,000– 8,000 aproximadamente.

Los fabricantes recomiendan en general antes de parar el motor, que la máquina funcione más o menos 5 minutos a media velocidad, con el objeto de que las piezas que trabajan a grandes fricciones estén lubricadas hasta el momento de parar el motor.

Lo apuntado anteriormente no es más que una ligera idea sobre la importancia de la atención que se preste a una maniobra tan sencilla, sin embargo, se insistirá bastante en que el operador cuide de éste de una manera habitual, y esto se logra haciendo que se lea el folleto de instrucciones y cursillos que ofrecen las casas importadoras de maquinaria.

3.1.3 Ajustes:

El operador debe de estar entrenado como para que esta inspección la realice como un hábito. Los ajustes realmente pueden ser mayores y menores o rutinarios. Un ajuste mayor implica mano de obra de taller, y podría consistir en ajuste para que la máquina trabaje a diferentes alturas sobre el nivel del mar, afinación del motor, graduación de clutch, etc.

Además, esto garantiza que por una negligencia o pereza no tengamos que lamentar males mayores. Por ejemplo ha ocurrido muchas veces que la llave del grifo del radiador no está debidamente ajustada lo que hace que el agua se salga y cuando se está en pleno trabajo es imposible detectar una fuga así, trayendo como consecuencia el recalentamiento de la máquina y hasta posible fundición de la misma.

En general y en forma resumida, se puede plantear dentro de este numeral lo que llamaremos el cuidado diario, el cual deberá ejecutarse cada 10 horas o una vez por día y que comprende:

1. Uniones con puntos de las cajas del mando final: Inspeccionar por ajuste.
2. Múltiples de admisión y escape, conexiones del filtro de aire.
3. Pernos de las zapatas.
4. Tornillos del rodillo.
5. Sistema de enfriamiento.

6. Manómetro del combustible: esto se deberá inspeccionar con el motor en funcionamiento para verificar que el indicador no está en la zona roja.
7. Prefiltro, sobre todo en ambiente de mucho polvo.
8. La máquina no debe quedar expuesta a la intemperie y por costumbre debe procurarse de pasarle un trapo con el objeto de limpiarla.

3.1.4 Combustibles

Un motor diesel sí precisa usar combustibles de primera calidad, ya que aunque no hay especificaciones internacionales (como sucede con los lubricantes) para las calidades de combustible, si resulta práctico dar recomendaciones al respecto.

Cuando se seleccione el combustible, hay que recordarse que la limpieza del mismo es de suma importancia. Se dice frecuentemente que el combustible limpio representa ganancia de tiempo y dinero en el mantenimiento del filtro, asegurando además una vida más larga del equipo de inyección de combustible.

Otra característica importante es un contenido bajo de azufre. Esto permite que los períodos de cambio del aceite no sean tan seguidos, además disminuye el desgaste de los cilindros.

Los combustibles pesados son generalmente más baratos y dan buenos resultados. Sin embargo el combustible liviano es generalmente más limpio y contiene menos azufre. Podrá usarse Kerosén si no resulta excesivamente caro.

Para garantizarse el buen funcionamiento de la máquina una vez depositando el combustible en el tanque, será necesario por lo general en todas las máquinas, abrir la llave de drenaje del mismo cada 125 horas más o menos, para eliminar el sedimento (suciedad) y el agua que se acumula por condensación. En nuestro medio no será necesario hacerlo con frecuencia ya que no tenemos temperaturas bajo cero.

Siempre refiriéndonos a la conveniencia de la limpieza del combustible, diremos que aun el combustible de mejor calidad puede dar malos resultados si se lo almacena incorrectamente y se transvasa con poco cuidado; de tal manera que será conveniente usar recipientes y tuberías limpias y reducir el número de veces que el combustible debe ser transvasado. Esto se logra aun mínimo cuando el combustible es entregado del distribuidor, puesto en tanques de almacenamiento, y de allí bombeado al tanque del motor diesel.

En realidad del orden que se tenga en el almacenaje y distribución tanto de lubricantes como de combustibles depende la buena marcha del trabajo, pues estamos reduciendo las posibilidades de sacar fuera de líneas a las máquinas por la falta de estos elementos. Por eso es que se insiste en que la forma de almacenaje de lubricantes y combustibles deba ser lo más ordenado posible, de tal manera que se pueda comprobar en cualquier momento, la existencia de estos, además, estaremos en condiciones de evitar pérdidas o “gastos misteriosos” de los mismos. Por otro lado, el buen almacenaje nos ayudará en el control de consumo visto en el numeral referente a la Adquisición del Equipo.

3.2 Selección del personal

Al tratar la selección de personal de operación puede aplicarse al presente caso, en todo lo que a metodología de análisis y puesto se refiere. No obstante la diferencia estriba naturalmente de la ocupación del personal, y respecto a esto se debe considerar lo siguiente:

3.2.1 Empleo del personal

Una persona que se contrata para ocupar un puesto en mantenimiento debe ser especializada, para estar seguro que se escoge a la persona adecuada. En muchas compañías se ha tenido la costumbre de que, debido a la urgencia de la situación y premura de tiempo, se contrata al primero que llega, pensando que han resuelto bien el problema, y que hasta han economizado en el pago de salarios, pero realmente no ha sido así, ya que esta persona, que no es la adecuada, puede llegar a arruinar una máquina debido en si a su propia ignorancia.

3.2.2 Calidad del personal

Para el mantenimiento se exige un personal aún más responsable que el de operación pues el trabajo de operación es más visible y controlable que el de mantenimiento. En otras palabras, el personal de mantenimiento debe de ser un personal bastante conciente de su trabajo, es más, debe de ser un personal con mucha ética.

3.2.3 Asignación de tareas

La persona asignada a determinado trabajo, deberá permanecer en su puesto. No será justificable distraer la atención de labores para la realización de otras. Muchos contratistas creen que resulta suficiente cierto número de personas para determinar labores, y que éstas pueden ser asignadas en otro puesto frecuentemente. Nada más erróneo, pues hay que tomar en cuenta que

la persona encargada de “cuidar” una máquina, tiene que poner toda su atención en lo que hace, de otra manera no será posible lograr que haga bien ni una cosa ni otra. Por ejemplo, no resulta buena práctica que el mismo operador realice trabajos que corresponden al personal de mantenimiento; un operador podrá tener habilidades mecánicas para efectuar ajustes menores e inclusive mayores, pero, el estado psicológico de su propia ocupación hace que a menudo olvide detalles que la persona específica no pasaría por alto.

En general se aconseja, en caso de falla del equipo, que el operador la reporte de inmediato a la sección de mantenimiento y evite repararlos Por su propia cuenta. Sin embargo, habrá cierta elasticidad en cuanto a esta norma, y será cuando el tipo de falla se considere de poca dificultad.

3.3 Equipo de mantenimiento y reparación

Al estar trabajando en el campo tenemos que ajustarnos a sus condiciones.

El equipo de mantenimiento consiste en:

3.3.1 Personal

3.3.2 Equipo

3.3.1 Personal

En si no es numeroso si se le sabe coordinar. Aquí proponemos los siguientes:

Encargado de mantenimiento

Esta persona puede ser el encargado de maquinaria. La condición que se debe llenar es la de ser una persona de mucha experiencia en este campo, su contratación puede realizarse usando el sistema planteado en el numeral correspondiente a escogencia de personal en el uso.

Guardalmacén

Es el encargado de proporcionar repuestos, herramientas, material de soldadura, lubricantes, combustibles, etc. para el trabajo de reparación y mantenimiento. Deberá ser una persona ordenada y con preparación escolar del 6º, grado en adelante. Será indispensable que controle o lleve un record para cada máquina.

Mecánicos

Según el número de máquinas que se tengan trabajando en el proyecto, así será el número de mecánicos. Se considera que cuando se trabaja con maquinaria nueva, un mecánico será suficiente para atender 4 o 5 máquinas. Se debe exigir que estas personas tengan una preparación calificada como "bastante buena". Actualmente en Guatemala existen institutos para capacitación técnica, a cuyos centros debe acudir para la contratación de esta clase de personal.

Guardián

Se escogerá una persona que aunque su preparación cultural sea mínima, su integridad moral y sentido del deber sea elevado pues el estará encargado del resguardo físico de todo cuanto a equipo e instalación se refiera.

3.3.2 Equipo

Nuestras instalaciones tendrán que ser completas en cuanto a lo de mantenimiento se refieren, no así a las de reparación, pues ya se dijo que resulta antieconómico el montaje de un taller en forma. Con esta idea podremos enumerar el equipo esencialmente básico para una instalación de campo:

1. Tanque para combustible, depósitos para lubricantes, equipo engrasador.
2. Equipo radio-transmisor.
3. Máquina para soldar.
4. Planta eléctrica (de motor estacionario).
5. Equipo de soldadura autógena.
6. Herramientas.
7. Compresor de aire (para inflado de llantas).

4. NORMAS AASHTO UTILIZADAS EN EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS DE TERRACERIA Y ASPECTOS AMBIENTALES

4.1 Ensayos de compactación:

La Unidad de Conservación Vial (COVIAL), contempla varios ensayos para carreteras de terracería, entre estas se encuentran las de compactación que se rigen por las normas AASHTO. La norma T-180 (Proctor Modificado), norma T-99 y la AASHTO T-191 las cuales se refieren al método o prueba de compactación, la que se realiza a la subrasante, sub-base y base.

Este método de prueba esta hecho para determinar la relación entre la humedad óptima y densidad de tierra o porción de suelo cuando es compactada en un molde dado de un tamaño dado.

Será necesario tener control en la cantidad de agua si se quiere una buena compactación ya que si hay poca, no existirá lubricación y no se disminuirá la fricción entre las partículas que existe; si hay demasiada cantidad de agua esta hará que las partículas se separen.

A través del cálculo se obtiene la cantidad de agua apropiada para obtener buena lubricación y con esto alcanzar la **densidad máxima** necesaria para el suelo en el cual se este trabajando.

La compactación de un suelo se mide por la densidad seca del suelo, eso quiere decir el peso de las partículas sólidas por unidad de volumen. Las unidades de la densidad son: Kg./m³ y Lbs/p³.

Deduciendo el peso del agua que contiene un suelo en prueba, y a partir de la densidad humedad del suelo se puede determinar la densidad seca.

Para la Norma AASHTO STANDARD T-99 Proctor Standard se utiliza un molde con las siguientes medidas:

Molde de 4"

Volumen= 944 cm³ o 1/30 p³

Diámetro= 10.16 cm. o 4"

Altura= 11.68 cm. o 4.6".

Extensión desmontable con las siguiente dimensiones

Diámetro= 10.16 cm. o 4"

Altura= 5.00 cm o 2"

Martillo

Diámetro= (5.08 cm)

Caída = 30.48 cm.

Peso = 5.5 Lbs (2.494 kg).

Altura que se deja caer= 30.5 cm o 12"

El procedimiento a seguir en el molde será el de pasar el material por el tamiz No. 4 después colocarlo en el molde en tres capas dando 25 golpes con el martillo por cada capa.

Se tienen dos procedimientos más los cuales son similares a los anteriores solo que cambia el tamiz de No. 4 por el ¾".

Los golpes que se darán dentro del molde ya con el material debe ser en forma uniforme y haciendo caer libremente el martillo y distribuyendo los golpes sobre toda el área.

Norma AASHTO Standard T-180

Esta norma al igual que la anterior se utiliza para observar la energía específica de compactación. El molde a utilizar tienes exactamente las mismas dimensiones que en la norma anterior T-99. Se tiene el mismo procedimiento que el de la norma AASHTO T-99 con la diferencia que el peso del martillo es de 10 Lbs. y la caída será de 18". Esta norma es también llamada "Prueba Proctor Modificada".

Los resultados de los ensayos se colocaran en una gráfica, esta gráfica contará con los ejes coordenados en las ordenadas se encuentran los diferentes valores de densidades secas expresadas en lbs/pie³ o Kg./m³ y en las abscisas los porcentajes de humedad.

La curva resultante en su primera parte es ascendente, luego se pone horizontal y después desciende. En la parte más alta de la curva indica que es la Densidad Máxima y su humedad respectiva será la humedad óptima. Como se ha mencionado cada suelo tiene su propia curva de compactación.

Norma AASHTO T-191 (Densidad de Campo)

Esta norma es usada en el área de trabajo para terraplenes y capas de base con el fin de controlar la compactación. También determina los porcentajes de contracción o hinchamiento del material a estudiar o ensayar.

Las dimensiones a usar para la densidad son las ya mencionadas anteriormente.

Aquí se utiliza el cono de metal con válvula, llamado usualmente "Picnómetro".

Los cálculos a realizar serán con el fin de determinar el peso unitario seco, se debe obtener el contenido de humedad del suelo que se analiza, para lo cual se puede secar todo el material extraído del agujero, o tan solo una muestra.

$$\text{Volumen del agujero} = \frac{\text{Peso de la arena en el agujero}}{\text{Peso unitario de la arena usada en la prueba.}}$$

$$\text{Peso de la arena en el cono} = P_c = P_1 - P_2$$

P₁ = Peso inicial del picnómetro con arena

P₂ = Peso después de haberse colocado y abierto la válvula antes de excavar el agujero.

$$\text{Peso de la arena en el cono y el agujero} = P_{c+a} = P_2 - P_3$$

P₃ = Peso efectuado después de vaciar el picnómetro ya estando abierto el agujero.

con lo anterior expuesto tenemos:

$$\text{Peso de la arena en el agujero} = (P_2 - P_3) - (P_1 - P_2).$$

Para cada caso se debe determinar el peso de la arena en el embudo debido a las irregularidades de la superficie del terreno.

Peso Unitario Húmedo= P.U.H

$$P.U.H = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda}}{\text{Volumen del Agujero}}$$

Peso Unitario Seco= P.U.S.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso Unitario Húmedo}}{100 + \% \text{ de humedad}} \times 100$$

Ya seco el material sustraído del agujero se obtiene el P.U.S

$$P.U.S = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{Volumen del Agujero}}$$

$$\% \text{ de Compactación} = \frac{\text{Peso Unitario Seco del Campo}}{\text{Peso Unitario Seco del Laboratorio}}$$

El peso de la arena en el agujero se obtiene de la resta del peso después de haberse colocado y abierto la válvula antes de excavar el agujero y el peso inicial del picnómetro con arena.

Norma AASHTO T-193 (Ensayo de California Bearing Ratio “C.B.R”)

El C.B.R se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

$$C.B.R = \frac{\text{Resistencia a la penetración en suelo ensayado}}{\text{Resistencia a la penetración en material patrón}} \times 100$$

Para determinar el C.B.R se toma, como material de comparación o patrón, “la piedra triturada” bien graduada, que tiene un C.B.R = 100%.

Las resistencias a la penetración que presenta la piedra triturada (material patrón) a la hincada del pistón (valores Standard), son las siguientes:

Para 0.1“	(2.54 mm)	de penetración	1,000 Lbs/plg ²	(70 kg/cm ²)
Para 0.2”	(5.08 mm)	de penetración	1,500 Lbs/plg ²	(105 kg/cm ²)
para 0.3”	(7.62 mm)	de penetración	1,900 Lbs/plg ²	(133 kg/cm ²)
Para 0.4”	(10.16 mm)	de penetración	2,300 Lbs/plg ²	(161 kg/cm ²)
Para 0.5”	(12.70 mm)	de penetración	2,600 Lbs/plg ²	(182 kg/cm ²)

La relación C.B.R generalmente se determina para 0.1” (2.54 mm) y 0.2” (5.08 mm) de penetración o sea dividiendo el esfuerzo para cada penetración entre un esfuerzo de 1,000 lbs/plg² (70 kg/cm²) y uno de 1,500 lbs/plg² (105 Kg./cm²) respectivamente. De estos valores se usa el que sea mayor, generalmente el de 0.1” de penetración.

El C.B.R pues, es un índice del valor o capacidad soporte de un suelo. Un C.B.R de 2% ó 3% indicará que el material tiene una capacidad soporte muy baja; otro C.B.R de 60% ó 70% nos mostrará un material de buena resistencia, apto talvez para capa de base.

VALORES LIMITES DE C.B.R.

<u>C.B.R. .</u>	MATERIAL PASA:
0% a 5%	Subrasantes muy malas
5% a 10%	Subrasantes malas
10% a 20%	Subrasantes de regulares a buenas
20% a 30%	Subrasantes muy buenas
30% a 50%	Sub-bases Buenas
50% a 80%	Buena para bases de gravas
80% a 100%	Buenas bases de piedra y grava triturada.

Los ensayos de C.B.R se pueden efectuar sobre las muestras compactadas en el laboratorio, sobre muestras inalteradas obtenidas en el terreno y sobre los suelos en el propio sitio (C.B.R. de campo).

Con el fin de duplicar en el laboratorio la condición más crítica que pueda presentarse en el terreno, las muestras para ensayo del C.B.R se sumergen en agua varios días hasta obtener su saturación.

Cada muestra deberá utilizarse una sola vez, es decir, que no deberá usarse material que haya sido previamente compactado.

Equipo a usar:

- Prensa para C.B.R. (Gato hidráulico o mecánico y anillo de carga) con capacidad de 6,000 lbs y un pistón circular de 1.95" de diámetro (área 3 plg²) y no menos de 4" de largo.
- Micrómetro con sensibilidad 0.01" para medir la penetración.
- Recipiente o pileta para sumergir las muestras en sus moldes.

- Equipo usado para compactación según el método AASHTO T-99, tres moldes de 6" para C.B.R con placa de soporte perforada.
- 3 discos espaciadores de 2" (5.08 cm) de espesor.
- Placa de bronce, perforada, con su vástago para medir el hinchamiento.
- Trípode con micrómetro de 0.01" para el hinchamiento.
- Sobrepesos anulares con un peso de 5 lbs c/u.

Preparación de la muestra

- a) Se pulverizan 100 libras (45.36 Kg.) aproximadamente con el rodillo; se pasa el material por el tamiz de $\frac{3}{4}$ " y se desechan las partículas retenidas en este tamiz; el material desechado es reemplazado por un peso igual de material pero con partículas que sean retenidas en el tamiz de $\frac{1}{4}$ " y que pasen el tamiz $\frac{3}{4}$ ".
- b) Se determina la humedad óptima del material siguiendo el método AASHTO T-99 Método D, es decir, con material pasa $\frac{3}{4}$ " y molde de 6".
- c) Al material que sobró de la determinación de la humedad óptima (11 kgs aproximadamente), se le mezcla una cantidad suficiente de agua calculada para producir el contenido de humedad necesario para obtener el máximo peso unitario seco (humedad óptima). Se debe prevenir la evaporación.
- d) Se pesan con aproximación de 0.01 lbs, tres moldes de C.B.R con sus respectivas placas soporte y discos espaciadores. Las placas de soporte (bases) del molde deben tener 28 perforaciones de $\frac{1}{8}$ " de diámetro.

- e) Se compactan en tres capas, con el mazo de 5.5 lbs y 12" de caída, las tres muestras en los moldes preparados, usando para el primero 65 golpes por capa, para el segundo 30 golpes por capa y para el tercero 10 golpes por capa (inicialmente se compactan con el mazo de 10 lbs y a 55, 25 y 10 golpes por capa). Se deben tomar muestras de humedad, para cada molde, con anticipación a su compactación. Cada capa debe ser de 1" (2.54 cm) de espesor después de compactada y la última capa debe estar 1/2" (1.27 cm) más arriba de la unión del molde con su extensión. La humedad de las muestras así compactadas no debe ser ni mayor ni menor, en 0.5% de la humedad óptima, de otra manera se debe repetir el ensayo.

- f) Se retira el collar de extensión y se pesa el molde junto con la muestra compactada, el disco espaciador y la placa de soporte.

- g) Se coloca un filtro de papel sobre la placa de soporte y luego se voltea el molde con la muestra compactada (el espacio dejado por el disco espaciador queda lógicamente en la parte superior y se coloca sobre la placa de soporte. La muestra está lista para ser sumergida.

Norma AASHTO Standard T-176 (Ensayo de equivalente de arena)

Este ensayo consiste en conocer el porcentaje relativo de finos-plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos; es un método rápido que se puede hacer tanto en el campo como en el laboratorio. Se lleva a cabo, principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán para basé, sub-base, o sea en bancos de préstamo.

El equipo a usar será el siguiente:

- Probeta de 17" (43.18 cm) de alto, graduadas hasta los 15" (38.10 cm) y con divisiones hasta 1/10 de pulgada (0.254 cm), el diámetro será de 1 ¼".
- El pie, que consiste en una varilla de acero, delgada de 18" (45.72 cm) de largo, que tiene en su parte superior un contrapeso que da al conjunto un peso total de 1 kg, y en la parte inferior un pequeño cono que se asienta sobre el material depositado en el fondo de la probeta.
- Un tarro metálico de 88 cc (3 onzas) de capacidad.
- Un tapón de hule para cerrar la probeta cuando ésta tiene la solución y el material listo para la prueba y poder efectuar el movimiento horizontal de los ciclos.
- Un embudo de boca ancha (4"), para colocar el material dentro de la probeta.
- Un frasco de un galón, el cual se tapa con un tapón que lleva un tubito para el aire, y un pequeño sifón de vidrio al que se le adapta una manguera de hule de ¼" de diámetro interno, al extremo libre de la manguera se le acopla un tubito de metal llamado "cánula", por el que se desagua la solución proveniente del galón, a la probeta, la cánula lleva en su extremo libre unos agujeritos que sirven para que el agua salga en forma de regadera y ayude a levantar más rápidamente los granos finos. Este frasco se coloca 3' (92 cm) arriba de la mesa de trabajo.

- Solución básica para almacenar (Stock).
- Un cronómetro o reloj exacto que marque segundos.

Procedimiento para el ensayo:

- a) Se prepara un galón de agua y se le agregan 88 cc de solución básica (cloruro de calcio mezclado con formaldehído y glicerina).
- b) Por medio del sifón, manguera y la cánula se deposita la solución en la probeta, hasta una altura de 4”.
- c) Se toman 500 gr de material que pasa por el tamiz N0. 4 y se cuartean; de la cuarteada se toman 100 gr para la prueba total. Debe cuidarse que los grumos mayores de ¼” se deshagan y se desprenda el material fino adherido a las piedras.
- d) Se introducen los 100 gr (un tarro) en la solución que se encuentra en la probeta, dejándolos reposar durante 10 minutos. El material se deposita en la probeta por medio del embudo fino de metal de 4” o en un caso extremo, haciéndolo de papel, teniendo cuidado de que el material fino no se vuele. Golpear con la mano el fondo de la probeta para desalojar el aire.
- e) Cuando ya han transcurrido los 10 minutos, se tapa la probeta con el tapón de hule y se procede a agitarla vigorosamente durante 90 ciclos (un ciclo consiste en llevar la probeta ida y vuelta, con un movimiento horizontal, de 8” (20 cms) de recorrido de izquierda a derecha y sujetados firmemente sus extremos con las manos en el transcurso de

un minuto aproximadamente. Se recomienda mover los antebrazos, relajando los hombros. De preferencia deberá usarse un agitador mecánico especial para disminuir el factor humano en la prueba.

- f) Una vez terminan los 90 ciclos, se asienta fijamente la probeta y se le introduce rápidamente la cánula de metal, haciendo que ésta tenga un movimiento de descenso vertical y rotativo, con el objeto de facilitar la separación de los finos; la cantidad de solución agregada será hasta que llegue a las 15" (38.10 cms) de graduación de la probeta.
- g) En el momento que la solución llega a las 15" (38.10 cms) se cierra la llave que tiene la manguera para evitar que pase más solución (se requiere práctica para dejar exactamente la solución de la probeta a 15"). Al mismo tiempo de cerrar la llave, se conecta el cronómetro que marcará el tiempo de descenso de los finos. Durante 20 minutos exactos la probeta deberá estar en reposo completo, pues cualquier vibración o movimiento perturba el asentamiento de los finos y nos da un resultado equivocado.
- h) Se toma la lectura de caída de los finos en períodos de 2 minutos para arcillas y de 1 minuto para arenas hasta llegar a los 20 minutos respectivamente. Con los datos obtenidos se traza la curva.
- i) La "lectura de la arcilla" es la que se toma a los 20 minutos (la última) del nivel superior de la suspensión de arcilla, se estima al 0.1 de pulgada).

j) Se introduce cuidadosamente el pie hasta que asienta sobre la arena y se toma la altura que queda del material depositado entre el fondo de la probeta y la parte inferior del pie. Esta es la “lectura de la arena”.

k) Equivalente de arena =
$$\frac{\text{Lectura de la arena}}{\text{Lectura de la arcilla}} \times 100$$

Se expresa en porcentaje.

l) Porcentajes (%) aceptables de E.A. según el Instituto del Asfalto:

Para bases 30% como mínimo.

Para sub-bases 25% como mínimo.

Si el equivalente de arena da un valor inferior al especificado, deberá efectuarse 2 pruebas más y tomarse el promedio de las tres como el E.A. del material.

4.2 Ensayos de graduación

Norma AASHTO T-11 (La cantidad de material más fino que la malla 0.075 mm (No. 200) en el agregado)

Este método de prueba es el procedimiento para determinar la cantidad total de material fino que atraviesa la malla No. 200 (0.075mm) que se encuentra en los agregados.

El equipo consistirá en lo siguiente:

Malla

Un juego de dos mayas, la malla inferior de 0.075 mm y la superior de 1.18 mm.

El recipiente

Una cacerola o vaso de un tamaño suficiente para contener la muestra cubierta con el agua y para permitir la agitación vigorosa sin la pérdida inadvertida de cualquier parte de la muestra o agua.

La Balanza

Balanza serán sensibles dentro de 0.2 por ciento del peso de la muestra probados.

El horno:

El horno será capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5C$ ($230 \pm 9F$).

Procedimiento:

La muestra de la prueba podrá ser secada a una temperatura de $110 \pm 5C$ ($230 \pm 9F$) y pesada al más cercano 0.2 por ciento.

La muestra de la prueba, después de haber sido secada y pesada, se pondrá en el recipiente y se rociara con agua con una cantidad suficiente para mojarla y asegurar una separación completa del material más fino en la malla 0.075 mm (No.200) de las partículas más gruesas. El contenido del recipiente será agitado fuertemente y el agua para el lavado será vertida inmediatamente encima de las mayas anidadas, colocadas con la malla más grueso en la cima.

Debe evitarse en lo posible la decantación de las partículas gruesas o de la muestra. El funcionamiento se repetirá hasta que el agua del lavado esté clara.

Todo el material retenido en las mallas anidadas se devolverá a la muestra lavada. El agregado lavado será secado a una temperatura constante de 110+-5C(230+-9F).

Calculo:

El cálculo se obtendrá de la formula siguiente:

Porcentaje de material más fino que la malla 0.075mm (No.200)=

$$\frac{\text{Peso seco original} - \text{peso después de ser secado}}{\text{Peso Seco Original}} \times 100$$

El porcentaje de material más fino que la malla 0.075mm (No. 200)=

$$\frac{\text{Peso del residuo}}{\text{Peso seco original}} \times 100$$

Norma AASHTO T-27 (Análisis de agregados finos y gruesos)

Este método de prueba es un procedimiento para la determinación de la distribución de tamaño de partículas finas y los agregados gruesos que usan las mayas.

Esto se puede hacer por medio de una serie de tamices por tamaños grandes y medianos de partículas, o sea las llamadas granulometrías gruesa y fina.

Otro proceso es el de vía húmeda para granos finos (material que pasa por el tamiz No. 200).

- El análisis por tamices se hace con una muestra íntegra, usando en una sola operación todos los tamices.
- También se puede hacer con una fracción de la muestra total, dependiendo de las características del material fino de ella. Cuando los finos consisten esencialmente en arcillas, el análisis de tamices se hace con material al cual se le quitan los finos por medio de lavado. con los tamices se hace la separación de partículas desde 0.074 m de diámetro (malla No.200) hasta los granos mayores de 2". Al preparar la muestra, se separará y se pesará la fracción mayor que la malla No. 4; el ensayo de la fracción se hará para el material que pase por la malla No. 4, con la diferencia de que los tamices usados serán: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2" y 3/8". Se conoce corrientemente como "granulometría gruesa".

La cantidad de suelo requerido para el ensayo de la fracción que pasa la malla No. 4 (granulometría fina), depende de la cantidad de finos que contenga: suelos arcillosos y limosos de 200 a 500 grs. y para suelos arenosos de 500 a 1,000 gr.

Equipo

- Juego de tamices: No. 4, 10, 40, 100, 200, fondo y tapa. En algunos ensayos se usarán también los tamices No. 20,30,50,60 y 80.
- Balanza de 0.1 gr. de aproximación.
- Balanza de 0.01 gr. de aproximación.
- Horno capaz de mantener la temperatura constante de 105 °C.
- Cápsula de 25 cms de diámetro.

- Brocha (para limpiar los tamices).
- tubo de vidrio.

Análisis sin Lavado se realiza cuando las partículas no son predominantemente arcillosas y el procedimiento es el siguiente:

- a) Se pone a secar la muestra en un horno a 105 °C. Se deja enfriar a la temperatura ambiente y se pesa la cantidad requerida para hacer la prueba.
- b) Se desmoronan los granos suaves de material con un rodillo de madera o un martillo de hule.
- c) Se coloca el juego de mallas sucesivamente desde la No. 4, que va arriba, hasta la No. 200, y al final la charola o fondo.
- d) Se agita todo el juego de mallas, horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes de vez en cuando. El tiempo de agitado depende de la cantidad de finos en la muestra, pero por lo general no debe ser menor de 15 minutos. Para el agitado de los tamices, es muy conveniente el uso de tamizadoras mecánicas y eléctricas, destacándose entre ellas el aparato especial de agitado Ro-tap.
- e) Se quita la tapadera y se separará la malla No.4, vaciando la fracción de suelo que ha sido retirada en ella sobre un papel bien limpio. A las partículas que han quedado retenidas en la maya no hay que forzarlas a pasar a través de ella; inviertase el tamiz y con ayuda de una brocha o un cepillo de alambre, despréndase y agréguese a las depositadas en el papel.

- f) se pesa cuidadosamente la fracción de la muestra obtenida en el inciso anterior y se pone una bandeja o cápsula.
- g) Se van agregando y pesando, acumulativamente, las fracciones retenidas en cada uno de los otros tamices y la parte que se deposita en el fondo, procediéndose en la forma ya indicada. Todos los pesos retenidos acumulados, se anotan en el registro.

Los cálculos serán

- a) Se divide el peso de la fracción retenida en tamiz No. 4 entre el peso seco de la muestra original que se tamizó, así se obtiene el % retenido en el No.4.
- b) Se obtienen los porcentajes del material retenido en cada malla respecto del peso seco de la muestra original, dividiendo cada peso retenido acumulado entre el peso total. Se anotan en el registro.
- c) Se determinan los porcentajes acumulativos de material que ha pasado cada malla, restando de 100 el % retenido del mismo tamiz. Estos porcentajes del material que pasa cada malla o tamiz constituyen el objeto de la prueba.
- d) Si se ha efectuado granulometría gruesa para preparar la muestra, en ella se obtuvo el % de material que pasó la malla No. 4 respecto a la muestra total con objeto de tener los porcentajes acumulativos que la granulometría fina referidos a toda la muestra y no solo al material que pasa No. 4, es necesario multiplicarlos por el porcentaje que pasa el susodicho tamiz obtenido en la granulometría gruesa.

e) Se dibuja la curva de granulometría en papel semilogarítmico. En la escala aritmética vertical se anotan los porcentajes del material que pasó por las distintas mallas. En escala logarítmica horizontal, las aberturas de las diferentes mallas utilizadas y que corresponden a los diámetros de las partículas del suelo o material. Si hay alguna especificación que fije límites a la granulometría, conviene dibujar también las curvas que correspondan a esos límites.

4.3 Ensayos de límite líquido

Norma AASHTO T-89 (Limite liquido)

Es el contenido de agua de suelo (expresado en porcentaje de peso seco) que posee una consistencia tal que una muestra a la que se le ha practicado una ranura, al sujetarse al impacto de varios golpes fuertes, se cierra sin que el suelo resbale sobre su apoyo.

El dispositivo que se usa para el procedimiento de límite líquido es llamado Casagrande el cual fue diseñado por A. Casagrande. Este aparato produce un impacto "Standard" desde una altura fija y una herramienta especial para una ranura de dimensiones Standard. Según el aparato se podría decir que el Limite Liquido es el contenido de agua que permite cerrar la ranura típica con 25 golpes en el aparato de Casagrande.

Para llevar a cabo la prueba se determina el número de golpes necesarios para cerrar la ranura hecha en la muestra del suelo, con tres o más diferentes contenidos de agua. Se ha encontrado empíricamente que la curva que se obtiene trazando una gráfica en papel semilogarítmico, con el contenido de agua en la escala aritmética vertical y el número de golpes en la logarítmica horizontal, es una línea recta. El contenido de agua que corresponde a esa curva a cortar la vertical de 25 golpes, es el límite líquido.

Equipo a ser usado

- Aparato de Casagrande para límite líquido, incluyendo la cuchilla para hacer ranura.
- Espátulas
- Cápsula de porcelana
- Tamiz No. 40
- Recipientes con tapas para secar muestras
- Mortero
- Horno capaz de mantener temperatura constante de 105 °C
- Balanza que puede pesar con 0.01 gramos de aproximación.

Ajuste y procedimiento en el aparato de Casagrande

El aparato debe ser ajustado antes de usarse para que la copa tenga una altura de caída de 1 cm. exactamente. Esta distancia se mide de una solera que tiene un espesor de 1 cm. y que generalmente forma parte del mango del ranurador.

En la copa del aparato se marca una cruz, con lápiz, en el centro de la huella que se forma al golpearse con la base.

Se da vuelta a la manija hasta que la copa se levante a su mayor elevación y tomando como punto de referencia la cruz marcada, se verifica la distancia entre ésta y la base con la solera de calibración.

Se aflojan los tornillos de cierre y se gira el tornillo de ajuste hasta que la distancia sea exactamente de 1 cm. se vuelven a apretar los tornillos y el aparato está listo para usarse.

Procedimiento para la preparación de una muestra

La prueba de consistencia para el L.L como para el L.P se hacen solamente con la porción de suelo que pase a través de la malla No. 40. Esta porción se obtiene ya sea pasando el material por la malla No. 40, en seco, o bien por un proceso saturado más lento pero mucho más preciso.

Para determinar cual proceso conviene, se seca al horno una muestra húmeda de material y se presiona con los dedos. Si se desmorona fácilmente y los granos pueden separarse (lo que indica que el material es areno-limoso) se usa el método de separación en seco. En cambio, si la muestra ofrece considerable resistencia y los granos no pueden separarse (arcillas), se debe hacer por medio del proceso en húmedo.

Preparación de la Muestra

- Del material que pasa la malla No. 4 se desmenuzan 150 grs. en un mortero, sin llegar a romper los granos.
- Se pasa el material a través de la malla No. 40, desechando el que queda retenido.
- Se pone en una cápsula el material que ha pasado por la malla.
- Se agrega agua, y con una espátula se mezcla perfectamente hasta obtener una pasta suave y espesa.

Procedimiento para la prueba del limite liquido

- a) Se coloca una parte de material que pasa el tamiz No. 40 y que ya está en la cápsula de 50 a 80 gramos en la copa del aparato; se trabaja con una

espátula hasta lograr una pasta suave y luego se aplana hasta que su superficie quede horizontal.

- b) Se coloca la punta del ranurador, encima de la pasta, de manera que la herramienta quede perpendicular a la superficie de la copa.
- c) Se hace una ranura a lo largo de la pasta y por el centro de ella. Al mismo tiempo, se inclina el ranurador para que permanezca perpendicular a la superficie inferior de la copa.
- d) Después de asegurarse de que la copa y la base estén limpias y secas, se da vuelta a la manija a razón de dos golpes por segundo, contando el número de golpes requerido para que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1 cm. Se anota el número de golpes en el registro respectivo.
- e) Se pone aproximadamente, 20 ó 30 gramos de la porción de la muestra que está próxima a la ranura, en un recipiente. Se cierra el recipiente luego se pesa con una aproximación de 0.01 gramos y una vez destapado el recipiente, se introduce en un horno con el fin de sacar la porción de la muestra.

Lo más conveniente, es obtener primero, los puntos correspondientes a un número cercano a 35 y después agregar agua para obtener una consistencia a un número menor de golpes. Deberá agregarse material adicional de la

muestra para reemplazar el material tomado para las determinaciones de contenido de agua.

Una vez que los datos estén anotados en el formulario será fácil el dibujo de la curva de escurrimiento.

Para completar la curva de escurrimiento, se repite el mismo procedimiento para obtener 2 ó 3 puntos de la curva de escurrimiento, con la condición de que los golpes requeridos estén entre 20 a 35. Después, se cambia la consistencia de la pasta de modo que los golpes requeridos estén entre 5 y 15 con el fin de obtener otros 2 ó 3 puntos de la curva. El mínimo de puntos es tres, uno entre 5 y 15 golpes, otro comprendido entre 15 y 30 golpes y el último entre 30 y 40. No se debe tratar de forzar los 25 golpes.

Se anotaran los datos en el registro respectivo y después de hacer los cálculos necesarios se procederá a hacer lo siguiente:

Se encuentra la relación entre el porcentaje de humedad y el número de golpes por medio de papel semilogarítmico, dibujando el número de golpes como abcisa, en la escala logarítmica, y el porcentaje de humedad como ordenada, en la escala aritmética.

Se unen los puntos entre 10 y 20 golpes con los puntos entre 25 y 35 golpes por medio de una línea recta, si todos los puntos, no corresponden en una misma línea, ésta se dibuja buscando la tendencia o sea promediando entre los puntos.

El contenido de humedad que corresponde, en esta línea, a 25 golpes, se define como el límite líquido, si no es posible hacer esta determinación, se dice que el material es no líquido.

4.4 Ensayos de limite plástico

Norma AASHTO T-90 (Limite plástico)

El límite plástico se define como el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco) con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 mm (1/8") de diámetro, al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa.

Procedimiento del ensayo del límite plástico

- Se toma aproximadamente la mitad de la muestra, inmediatamente después de su preparación y se cilindra con las manos sobre una superficie limpia y lisa, como la de una hoja de papel, que puede ser secante, o la de un vidrio, hasta formar un cilindro de 3 mm de diámetro y de 6 a 10 cm de largo.
- Se amasa la tierra y se vuelve a cilindrar, repitiendo la operación tantas veces como se necesite para reducir gradualmente la humedad por evaporación, hasta que el cilindro se empiece a endurecer.
- El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser rodillado hasta que tenga aproximadamente 3 mm (1/8") de diámetro. Si existiera duda de cuando se alcanzó el límite plástico, repítase la misma operación con la otra mitad de la muestra. Si no es posible formar los cilindros, se dice que el material es no plástico.
- Una vez alcanzado el límite plástico, se parte el cilindro y se ponen los pedazos en un recipiente con tapa. Se preparan 3 grupos de pedazos para poder promediar.
- Se determina el contenido de agua de cada grupo, secándolo en un horno a 105 °C, en la forma indicada en el procedimiento para la obtención del límite líquido, luego se anotan los datos en un formulario. Se promedian los 3 resultados, desechando alguno que difiera mucho de los otros dos.

De los ensayos de los límites de consistencia y del gráfico del L.L se pueden determinar varios índices interesantes:

Índice de plasticidad

Es el mas usado es la diferencia numérica entre el limite liquido y plástico

$$I_p = LL - L_p$$

Índice de escurrimiento

Es igual a la pendiente de curva de escurrimiento. Numéricamente, es igual a la resta entre el contenido de agua a los 10 y a los 100 golpes, o entre 1 y 10 golpes.

Índice de tenacidad

Es el cociente que resulta de la división entre el índice plástico por el índice de escurrimiento.

$$I_p = L_p / L_c$$

4.5 Ensayos de peso unitario

Norma AASHTO T-19 (Método standard de prueba para el peso unitario de un agregado)

Este método es usado para encontrar el peso unitario agregados finos, gruesos o mixtos.

Equipo a usar

Balanza

Una balanza o pesa de precisión de 1 décimo de gramo.

Barra de apisonamiento

Una barra recta y redondeada de acero, 5/8" (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24 plg (600 mm) de largo, teniendo un extremo circular hacia una punta hemisférica del mismo diámetro que la barra.

Medida

Medida cilíndrica de metal, preferiblemente con agarradores. Este deberá ser impermeable con la parte de arriba y la parte de abajo exacta y pareja, preferiblemente mecánico para que las dimensiones internas sean precisas y suficientemente rígidas para mantener su forma aun bajo uso extremo. El borde superior deberá ser suave y plano de 0.01 plg (0.25 mm) y deberá ser paralelo al fondo dentro de un ángulo de 0.50°.

Tabla XXV. El método de standard de prueba para el peso de la unidad de agregado

La capacidad p ³	Diametro Plg	Altura Plg	Mínimo de grueso del metal Plg		Tamaño Nominal Máximo de Agregado
1/10	6,0 ± 0,1	6,1 ± 0,1	0,20	0,10	1/2
1/3	8,0 ± 0,1	11,5 ± 0,1	0,20	0,10	1
1/2	10,0 ± 0,1	11,0 ± 0,1	0,20	0,12	1 1/2
1	14,0 ± 0,1	11,2 ± 0,1	0,20	0,12	4

* Normas AASHTO

Tabla XXVI. Dimensiones de medida en el sistema métrico

La capacidad P ³	Diametro Plg	Altura Plg	Minimo de grosor del metal Plg		Tamaño Nominal Maximo de Agregado
3	155 ± 2	160 ± 2	5,0	2,50	12,50
10	205 ± 2	305 ± 2	5,0	2,50	25,00
15	255 ± 2	295 ± 2	5,0	3,00	37,50
30	355 ± 2	305 ± 2	5,0	3,00	100

* Normas AASHTO

Tabla XXVII. Peso unitario de agua

Temperatura		Lb/P ³	Kg/m ³
°F	°C		
60	15.6	62.366	999.01
65	18.3	62.336	998.53
70	21.1	62.301	997.97
73.4	23	62.274	997.53
75	23.9	62.261	997.32
80	26.7	62.216	996.60
85	29.4	62.166	995.80

* Normas AASHTO

Calibración de la medida

Llenar la medida de agua con la temperatura del sitio y cubrirla con un pedazo de cristal de la placa una vez se hayan eliminado el agua en exceso y las burbujas del agua.

Determine el peso neto de agua en la medida a una exactitud de $\pm 0,1$ por ciento.

Mida la temperatura del agua y determine su peso de unidad, de la tabla 27, interpolando en caso de ser necesario.

Calcule el factor para la medida dividiendo el peso de unidad del agua por el peso requerido para llenar la medida.

4.6 Ensayos para determinación de humedad

Norma AASHTO 217

Determinación de Humedad de los suelos por medio de carburo y verificador de presión de Humedad (Speed)

Equipo a usar:

El verificador de presión de humedad (speed)

Tara

Dos bolas de acero de 1 1/4

El cepillo limpiando y tela

Ahueque para medir el reactivo de carburo.

El material

Carburo.

El carburo del calcio debe pulverizarse finamente y debe ser de una calidad capaz que el gas producido por el tenga una cantidad de por lo menos $0.14 \text{ m}^3/\text{Kg}$ de carburo.

Procedimiento

Al usar el probador del tamaño de 26 g, coloque tres cucharadas (aproximadamente 24 g) del carburo de calcio y dos bolas de acero de 1 1/4 pulg. en el compartimiento más grande del probador de humedad.

Se pesará una muestra de 26 g (o una muestra de 6 g, si se está utilizando el probador pequeño en la escala destarada).

Se colocara tierra en la tapadera del verificador y con el vaso de presión en una posición aproximadamente horizontal, también se introducirán unas

bolas de acero en el verificador, colocar la tapadera en el vaso de presión y sellar la unidad apretando la aleta, teniendo el cuidado que nada del carburo entre en el contacto con la tierra hasta que el baso de presión este bien cerrado.

Levante el verificador de humedad a una posición vertical para que la tierra en la tapadera entre en el vaso de presión.

Agite el instrumento vigorosamente en una forma circular para que los trozos del material se separen y así permitir al carburo de calcio reaccionar con la humedad que contiene el material. Cuando la aguja del speed en la parte posterior se detenga, lea el dial mientras sostiene el instrumento en una posición horizontal al nivel del ojo.

Grabe la masa de la muestra y la lectura del dial.

Luego afloje la aleta que presiona la tapadera del speed y despacio suelte la presión de gas. Vacíe el vaso de presión y examine el material. Si la muestra no se pulveriza completamente, la prueba deberá repetirse nuevamente.

4.7 Aspecto ambiental

En la actualidad el tema ambiental es importante para los trabajos de mantenimiento de caminos de terracería, ya que hay leyes que regulan algunas actividades. En este inciso trataremos lo que son las causas y efectos y las medidas de mitigación que habrá que realizar o poner en práctica.

4.7.1 Causas y efectos

Los impactos ambientales pueden ser negativos o positivos dependiendo de las actividades o causas que los producen. En nuestro caso las causas y efectos serán los siguientes:

Impacto en la calidad del aire

Causas:

- a) Partículas de tierra en suspensión por el movimiento de tierra.
- b) Emisión de gases derivados de la maquinaria a la hora de estar trabajando.

Efecto de las causas en la calidad de aire

- a) Las partículas de tierra en suspensión por el movimiento de tierra provocaran polvo que es malo para las vías respiratorias o visión de vehículos o personas **(Impacto Negativo)**.
- b) Emisión de gases derivados de la maquinaria, esto contribuye a la liberación de dióxido de carbono y las partículas sólidas a la atmósfera por ser producto de la combustión del diesel. Estas partículas son perjudiciales para el ser humano **(Impacto Negativo)**.

Impacto por ruido

Causas:

- a) Derivado de la labor de la maquinaria o equipo.

Efecto de las causas por ruido

- a) El efecto será el mismo ruido, el cual afectará a las personas aunque será tolerable. Los mas afectados son los operadores de maquinaria en la extracción de material en los bancos o maniobrando los materiales con maquinaria en el área de carga ó tendido. Para el ser humano exponerlo poco

tiempo no le afecta pero ya bastante tiempo, puede afectar el sistema nervioso **(Impacto Negativo)**.

Impacto en el suelo

Causas

- a) Compactación

Efecto de las Causas por compactación

- a) La compactación tiene un efecto de impermeabilizar el suelo lo que hace que no se infiltre la precipitación pluvial en el mismo y no recargue los mantos acuíferos. **(Impacto Negativo)**.

Impacto en la topografía

Causas

- a) La extracción de materiales en taludes o montañas y en riberas del río.

Efecto de las Causas por extracción de materiales en taludes o montañas

- a) En forma general, independientemente del sitio en particular se modifica el terreno en su topografía inicial. Esta situación tiene incidencia en el flujo de agua en la dirección de la misma, las corrientes de agua tienden a desviarse de su cauce original provocando erosión y arrastre de material arenoso y suelos o material no consolidado que se estarán trasladando hacia el cauce original, provocando asolvamiento en las partes bajas, lo cual, posteriormente, incide en inundaciones al elevar el mismo cauce del río.

En lo que respecta a la extracción de material de taludes pasará lo mismo ya que se alterara la topografía original aquí puede producirse derrumbes ya que se deja el material suelto. **(Impacto Negativo).**

Impacto en la seguridad humana y vial

Causas

- a) Transito de vehículos.
- b) Diseño de carretera o diseño de velocidad.

Efecto de las Causas por extracción de materiales en taludes o montañas

- a) Una carretera ya construida representa un grave peligro a los habitantes ya que se aumenta los riesgos de accidentes. **(Impacto Negativo).**
- b) Una carretera diseñada a excesiva velocidad nos conduce a que haya demasiados accidentes de transito o que haya accidentes a los peatones, mas aun las carreteras de terracería que se construyen frecuentemente en lugares llenos de vegetación y no se proveen de señalizaciones. **(Impacto Negativo).**

Impacto en el medio socioeconómico

Efectos producidos en el medio socioeconómico

- a) Reducción de Costos de Transporte. **(Impacto Positivo).**
- b) Mejor acceso a los mercados para la producción agrícola. **(Impacto Positivo).**

- c) Generación de empleo, ante la contratación de mano de obra local. **(Impacto Positivo).**
- d) Desechos a los lados de la carretera producidos por vehículos o personas. **(Impacto Negativo).**
- e) Transporte de materiales peligrosos. **(Impacto Negativo).**
- f) Daños ambientales a raíz de posibles accidentes con materiales peligrosos en tránsito. **(Impacto Negativo).**
- g) Colocación de vallas publicitarias y esto dará como resultado contaminación visual. **(Impacto Negativo).**

4.7.2 Medidas de mitigación para impactos ambientales en la reparación de carretera

Medidas de mitigación para la calidad del aire

- a) Para evitar las partículas de tierra en suspensión por el movimiento de tierras se humedecerá el área a trabajar, en caso de ser clima húmedo de por si el terreno estará humedecido.
- b) Se le dará mantenimiento continuo y adecuado a la maquinaria y equipo a fin de no liberar dióxido de carbono

Medidas de mitigación para ruido

- a) Se sugiere a cada habitante, mantenerse en lo posible dentro de su residencia para evitar que lleguen a ellas los ruidos.

- b) Dotar a los trabajadores de protectores para oídos en caso de trabajar con maquinaria o equipo hidroneumático.

Medidas de mitigación para el uso del suelo

- a) Se construirán pozos de absorción para así de este modo recargar los mantos acuíferos del área.

Medidas de mitigación para el impacto en la topografía

- a) Realizar la extracción en forma ordenada iniciando operaciones desde los extremos del área de explotación, lo más alejado del cauce del río, la extracción debe hacerse en franjas alternas de un máximo de 10 metros de ancho, partiendo de la orilla del cauce hacia el centro del río, procurando mantener el cauce actual.
- b) En lo que se refiere a extracción de material en taludes deberá hacerse gradas en él o darle algún tipo de protección para evitar derrumbe.

Medidas de mitigación en la seguridad humana y vial

- a) Durante la reparación o mantenimiento se deberá mantener, en todo momento, las áreas de trabajo y de almacenamiento, libres de acumulación de basura, materiales de desperdicio producto de los trabajos.
- b) El contratista designará un miembro responsable de su personal destacándolo en el sitio de la obra, cuya obligación será la prevención de accidentes.
- c) Las carreteras o pasos permanentes y provisionales deberán contar con el señalamiento vial horizontal y vertical, antes de entrar en uso. Durante el proceso de construcción se deberá brindar el mantenimiento y protección necesaria a la señalización existente.

Medidas de mitigación para los efectos de medio socioeconómico

Los efectos socioeconómicos serán en su mayoría de impacto positivo así que se menciona como contrarrestar los efectos siguientes:

- a) Se deberá contratar los servicios de una empresa privada para darle mantenimiento a la carretera, cunetas, etc.

- b) se colocará la señalización preventiva respectiva como lo es indicar en ellos velocidad, y vallas preventivas.

5. PRINCIPALES PROBLEMAS

En este trabajo de tesis en el procedimiento de mantenimiento de carreteras en estos se menciona la adquisición uso y mantenimiento de maquinaria pesada en forma general. A todo esto también existen problemas con la maquinaria en los proyectos de carreteras. A continuación se mencionaran algunos de los problemas que usualmente se presentan.

5.1 ¿Cómo debe hacerse para colocar en el campo el equipo adecuado?

Se seleccionará de acuerdo a:

- a) Tipo o clase de material a removerse
- b) Características mecánicas
- c) Usos propios de la máquina

Hay que pensar que en algunas oportunidades no será posible conseguir el equipo que ha sido seleccionado como el más adecuado, siendo este el caso, será necesario sustituir la unidad faltante, por otra cuyas características sean semejantes, y que estamos seguros de que no interferirá en el desempeño de las otras máquinas.

5.2 ¿Que hacer para asegurar una producción alta?

Estableciendo un ciclo óptimo de trabajo. Esto será una consecuencia de la forma en que organicemos la labor de cada ciudad. Se habló anteriormente de aumentar la producción, para lograr esto es necesario equipar la maquinaria normal con accesorios, los cuales facilitan el trabajo. Por otro lado, el desplazamiento o recorrido adecuado de las máquinas siguiendo técnicas como

la del recorrido según la curva de Diagrama de masas, nos dan mejores posibilidades de un buen ciclo de trabajo; además la combinación de trabajo con otras máquinas, ya sea en forma simultanea, o por turnos, será recomendables y talvez necesaria.

5.3 ¿Cuales son los límites de aproximación de corte con cuchilla?

En realidad no están establecidos sin embargo algunos contratista acostumbran dejar la afinación hasta 15 cms. sobre la cota original

Es posible llegar al corte con aproximación de 5 cms. pero no es lo usual.

5.4 ¿Cómo puede determinarse la capacidad de cada operador?

Mediante la selección del personal de operación por medio del análisis de valuación de puestos.

Ocurre con frecuencia que por ejemplo un operador de patrol que trabaja en afinación de carpeta asfáltica es puesto a trabajar en afinación de subrasante que es un trabajo más duro, desperdiciando, así por decirlo, un operario más calificado.

Lo mismo sucede con el operario que talla talud; aquí perdemos eficiencia, y así sucesivamente, por eso es que se insiste en la selección del personal y su puesto.

5.5 ¿Cual es la persona considerada clave en un proyecto con maquinaria pesada?

Es el encargado de la misma. El encargado tiene autoridad para hacer cambios en el equipo de trabajo; podrá cambiar los ciclos de trabajo de las máquinas que su experiencia y capacidad considere necesario. Suele decirse que el encargado de maquinaria es el alma del proyecto.

5.6 ¿Cuándo la afinación es conveniente?

En este momento la afinación con patrol será obligada pues es la máquina apropiada para este trabajo. Siempre la superficie en la que trabaje el patrol debe estar libre de piedras grandes, aunque el patrol puede estar equipado con escarificador, este sólo se usa para terreno más o menos suelto y piedra de tamaño pequeño. Algunos patroles vienen equipados con cuchilla Dozer pero sólo serán útiles en terreno suave.

5.7 ¿Que nos garantiza una reparación duradera?

Fuera de la buena mano de obra, los repuestos empleados. La calidad de un repuesto redundará en evitarnos nuevos y más costosas reparaciones. Una reparación, aunque sea menor, si exige un repuesto, es necesario proporcionarlo de la calidad y marca apropiada para la máquina que se repara. Los chapuces solo nos acarrearán problemas ya que se corre el riesgo de provocar el deterioro de otras piezas, además de la posible paralización del equipo.

5.8 ¿como obtener la seguridad de producción de nuestro equipo previamente calculado?

Los cálculos y nuestra experiencia respecto al ciclo de trabajo de las máquinas nos dan resultados teóricos. Por lo tanto es necesario asegurarnos que en el campo suceda lo previsto en gabinete. En el control de trabajo en campo y gabinete se plantea el procedimiento, por lo que solamente agregamos qué, los tomadores de tiempo (controladores) es sobre los que descansan los resultados prácticos de nuestro plan; y es nuestro encargado de maquinaria el que supervisará a éstos.

Algunos contratistas aconsejan además de lo anterior, afectar nuestros cálculos de un factor de seguridad lo más conservador que se pueda, ya que las condiciones propias de nuestro medio así lo ameritan.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que al utilizar maquinaria adecuada en cada renglón del mantenimiento de caminos de terracería, se evita retrasos en la entrega de los proyectos y se minimiza los costos de operación.
2. La adquisición de maquinaria pesada por el sistema de arrendamiento será factible cuando la cantidad de trabajo a realizarse sea de poca o mediana magnitud.
3. La aplicación correcta de las normas AASHTO, en los trabajos de mantenimiento de caminos de terracería dará como resultado trabajos de excelente calidad.
4. El ensayo de proctor ya sea Estándar o Modificado es muy importante, ya que éste será el parámetro del material a utilizar en el trabajo de mantenimiento de carreteras de terracería.
5. El clima y la localización del lugar son dos elementos importantes para los trabajos de terracería, ya que pueden ocasionar retrasos e incremento en los costos de operación.
6. Los trabajos de terracería producen impactos en los aspectos ambientales como la atmósfera, la fauna, la flora, el suelo y lo socioeconómico.

7. Generar impactos al ambiente nos puede producir suspensión de actividades o multas por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
8. En el aspecto ambiental, el impacto positivo producto de las actividades del mantenimiento de caminos de terracería es generar empleo a personal cercanas al proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Tener cimentados los conocimientos sobre la descripción y uso de la maquinaria pesada a usarse en los trabajos de terracería.
2. Recabar información sobre la precipitación pluvial del lugar por medio del INSIVUMEH, ya que este factor produce que el material a utilizar (selecto) se sature de humedad y se tenga que esperar a que lo libere.
3. Contar con la ubicación exacta del lugar de trabajo, para hacer las contrataciones del transporte de la maquinaria como el Low Boy.
4. Poner en práctica las medidas de mitigación o correctivas para cada impacto ambiental, ya que esto evitara problemas con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales con lo referente a la suspensión parcial o total de las actividades o imponer alguna multa.
5. Es indispensable contar con supervisor de campo, a fin de observar el trabajo del personal y maquinaria, con esto se logrará obtener un máximo rendimiento de trabajo.
6. Entregar los trabajos de caminos de terracería en el tiempo previsto, evitará que impongan multas por cada día de retraso.

BIBLIOGRAFIA

1. Reglamento Orgánico Interno del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo Gubernativo Número 186-2001
Ley del Medio Ambiente.
2. Congreso de la República de Guatemala, Ley de Protección y mejoramiento del Medio ambiente, Decreto 68-86, 1,986.
3. Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Publicas. Diciembre 2000
4. Congreso de la República de Guatemala, Ley de Áreas Protegidas y sus Reglamentos, Decretos 4-89, 1989.
5. Ralph B. Peck et al. Ingeniería de Cimentaciones. 3ra. ed. Editorial Limusa, S.A. 1988. p. 37-52,
6. Juárez Badillo, Rico Rodríguez. Mecánica de Suelos. 3era- Ed- Tomo I Editorial Limusa, S.A. 1978. p. 575.
7. Normas AASHTO
1995
8. Dirección General de Caminos. Sección de Carreteras, Normas de Diseño. Diciembre 2000

9. Corporación General de Tractores, S.A. Especificaciones de Maquinaria. Impreso en EEUU. 2001

10. www.CAT.com.
Febrero 2006

ANEXO I

EJEMPLOS PARA CONTRATACIÓN DE MAQUINARIA PARA EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS DE TERRACERIA

A continuación se ilustrara un ejemplo para la contratación de maquinaria en los trabajos de conformación de caminos de terracería.

Se realizara la conformación de un tramo en Aldea el Triunfo del Departamento de San Marcos. A continuación se presenta la información de la carretera.

Largo = 800.00 M.

Ancho de calle = 5.00 M.

Espesor de Calle = 0.10 M.

El material del área es fragmentos de roca semidura con arena pómez limosa.

Respuesta:

Para la conformación de este tramo, la forma de adquirir la maquinaria será por arrendamiento ya que el tramo a trabajar no es de gran longitud. La maquinaria que se utiliza para esta actividad es:

MOTONIVELADORA

Una motoniveladora que se encarga de escarificar, mover y afinar el material a trabajar existente en el lugar.

Para este trabajo se asumirá una velocidad de 6 Km./h y 18 pasadas en todo el trabajo. El Factor de Eficiencia será según tabla descritas en el presente trabajo 45 min./ 60 min. Según manual de la caterpillar para nuestro ejemplo se elegido el patrol 120 H y se observa que la cuchilla tiene una longitud de 3.7 m.

El tiempo que tarda en realizar el trabajo se calculara por medio de la formula:

$$\text{Tiempo/hora} = \frac{\# \text{ de pasadas} * \text{Dist. (M)}}{\text{Vel. (M)} * \text{Fact. de Efic.}}$$

$$\text{tiempo / hora} = \frac{18 * 1.6}{6 * (45/60)}$$

Tiempo / hora = 6.4 horas.

El arrendamiento por hora de una motoniveladora esta en el rango de 400 a 450, por lo tanto el costo es:

Costo de Motoniveladora = Tiempo de uso /hora * Costo de maquina /hora

Costo de Motoniveladora = 7 Horas * Q.400.00

Costo de Motoniveladora = **Q.2,800.00**

Vibrocompactador

En los trabajos de conformación de caminos de terracería se necesita también un vibrocompactador. Este se encargara de compactar el material que la motoniveladora tiende en todo lo ancho y lardo del tramo. A continuación se calculara las horas de trabajo que se necesitaran para compactar el área de nuestro ejemplo. Se asumirá que se utilizara un rodillo caterpillar CP- 433C de

7 Toneladas. Con un ancho del tambor de 1.68 Mts. Se asumirá una velocidad de 100 m./min. y 4 pasadas.

$$\text{Producción (m}^3/\text{h)} = \frac{60(\text{min./h}) * \text{Vel(m./min.)} * \text{Long. (m)} * \text{espesor en (m)}}{\# \text{ de pasadas}}$$

$$\text{Producción (m}^3/\text{h)} = \frac{60 (\text{min./h}) * (100 \text{ m./min.}) * 1.68 \text{ m.} * .10 \text{ m.}}{4}$$

$$\text{Producción (m}^3/\text{h)} = 252.00 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$\text{Área Trabajada/h} = \frac{\text{Producción (m}^3/\text{h)}}{\text{Espesor de capa}}$$

$$\text{Área trabajada/h} = \frac{252.00}{0.10}$$

$$\text{Área trabajada/h} = 2,520.00 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$\text{El área total del proyecto} = 800.00 \text{ m} * 5.00 \text{ m}$$

$$\text{El área total del proyecto} = 4,000.00 \text{ m}^2$$

$$\text{Tempo de trabajo de compactadora (h)} = \frac{4,000.00 \text{ m}^2}{2,520.00 \text{ m}^2/\text{h}}$$

$$\text{Tempo de trabajo de compactadora (h)} = 1.60 \approx 2.00 \text{ h.}$$

El costo por hora de la compactadora esta entre Q.250.00 y Q.400.00. Asumiremos que nos cuesta Q.300.00/h.

$$\text{Costo} = \text{Q.300.00/h} * 2 \text{ h.}$$

$$\text{Costo Total} = \underline{\underline{\text{Q.600.00}}}$$

Ejemplo de costo para trabajos de reposición de capa de balastro

En estos trabajos el material existente no es de buena calidad, así que es removido y remplazado por otro traído de otro lugar.

La maquinaria es la misma que se utiliza en conformación agregando

Camiones de Carga
Cargador Frontal y
Retroexcavadora.

Para nuestro ejemplo, el costo de la vibrocompactadora y de la Motoniveladora el mismo que se calculo en los trabajos de conformación, así que se procederá a hacer el calculo del costo de la demás maquinaria.

Camiones de Volteo

Los camiones de carga se utilizan en este trabajo para transportar el material desde el banco hasta el área de trabajo. Esta maquinaria es arrendada y la forma de cobro es por viaje. El costo por viaje es de Q.800.00. El factor de expansión es de 35 %.

Aquí se asumirá un camión de 12.00 m³ de capacidad.

El costo del viaje se detalla a continuación:

Volumen de Material = Largo * Ancho * Espesor * Fact. de Expansión

Volumen de Material = 800.00 * 5.00 * 0.10 * 1.35

Volumen de Material = 1,080.00 m³

de Viajes = $\frac{\text{Volumen de Material}}{\text{Capacidad de camión}}$

de Viajes = $\frac{1,080 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3}$

de Viajes = 90

Costo total del proyecto = # de viajes * Costo por Viaje.

Costo total del proyecto = 90 * Q.800.00

Costo total de los viajes del proyecto = **Q.72,000.00**

Retroexcavadora

La retroexcavadora será utilizada para cortar el material de taludes, el que será utilizado en la base o sub-base, así también puede ser utilizado como cargador frontal.

El costo/h de arrendamiento de la retrocargadora en el mercado esta entre Q.300.00 a Q.350.00. Aquí asumiremos que se utilizara una CASE 580L, y tiene una capacidad de excavación en el cucharón de 0.25 m³. El costo por hora de la maquinaria es Q.300.00. Según investigación hecha en proyectos, el ciclo de trabajo de la maquina es de 20 Segundos. Factor de Eficiencia 50 min.

El tiempo que necesitara la maquinara para cortar el material utilizado en el tramo de terracería será:

$$\text{Producción (m}^3/\text{min)} = \text{Capacidad de Cucharón} * \# \text{ de ciclos/min.}$$

$$\text{Producción (m}^3/\text{min)} = 0.25 \text{ m}^3 * 5 \text{ ciclos / min.}$$

$$\text{Producción (m}^3/\text{min)} = 1.25 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$\text{El Volumen de Material} = 1,080.00 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de trabajo de} \\ \text{Retroexcavadora} &= \frac{\text{Volumen de Material} * \text{Fact. de Expansión} * \text{Fac. Efic.}}{\text{Producción (m}^3/\text{min)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de trabajo de} \\ \text{Retroexcavadora} &= \frac{1,080.00 \text{ m}^3 * 1.35 * 0.83}{1.25 \text{ m}^3/\text{min}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de trabajo de} \\ \text{Retroexcavadora} &= 968.11 \text{ min.} \end{aligned}$$

Tiempo de Trabajo de la maquina en horas es:

$$\text{Tiempo (h)} = \text{Tiempo de trabajo de Retroexcavadora} * \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}}$$

$$\text{Tiempo (h)} = \frac{968.11 \text{ min.} * 1\text{h}}{60 \text{ min.}}$$

$$\text{Tiempo (h)} = 16.14 \text{ hrs.} \approx 17 \text{ hrs.}$$

Costo de Arrendamiento de Maquinaria = Tiempo (h) * Costo de Arrendamiento

Costo de Arrendamiento de Maquinaria = 17 hrs. * Q.300.00

Costo de Arrendamiento de Maquinaria = **Q.5,100.00**

Cargador frontal

El cargador frontal sirve para cargar dentro de los camiones de volteo el material cortado por la retroexcavadora.

El costo/h de arrendamiento de la maquina en el mercado esta entre Q.300.00 a Q.400.00. Aquí asumiremos que se utilizara una 924G, y tiene una capacidad de carga en el cucharón de 1.50 m³. El costo por hora de la maquinaria es Q.300.00. Según investigación hecha en proyectos, el cargador frontal carga un camión de volteo en 15 minutos. Factor de Eficiencia 50 min.
Producción (m³/min) = Capacidad de Cucharón * # cucharones en una hora

Producción (m³/min) = 1.5 m³. * (12 m³/1.5 m³)*(60.00 min./ 15.00 min.)

Producción (m³/min) = 1.5 m³ * 8 cucharones * 4.00

Producción (m³/min) = 48.00 m³/h.

El Volumen de Material = 1,080.00 m³

Tiempo de trabajo del
Cargador Frontal = $\frac{\text{Volumen de Material} * \text{Fact. de Expansión} * \text{Fac. Efic.}}{\text{Producción (m}^3\text{/h)}}$

Tiempo de trabajo del
Cargador Frontal = $\frac{1,080.00 \text{ m}^3 * 1.35 * 0.83}{48.00 \text{ m}^3\text{/h}}$

Tiempo de trabajo del
Cargador Frontal = 25.21 h. ≈ 26.00 h.

Costo de Arrendamiento de Maquinaria = Tiempo (h) * Costo de Arrendamiento

Costo de Arrendamiento de Maquinaria = 26 hrs. * Q.300.00

Costo de Arrendamiento de Maquinaria = **Q.7,800.00**