

**GUÍA PRÁCTICA DE MAQUINARIA ADECUADA PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS VIALES**

JOSÉ ELÍAS FONSECA - 7.603.796
LUZ MARINA LÓPEZ OROZCO - 43.728.540

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS Y TRANSPORTES
MEDELLÍN
2011

**GUÍA PRÁCTICA DE MAQUINARIA ADECUADA PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS VIALES**

JOSÉ ELÍAS FONSECA - 7.603.796
LUZ MARINA LÓPEZ OROZCO - 43.728.540

Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Vías y Transportes

Asesor Temático:
JORGE MARIO OSPINA PARRA

Asesor Metodológico:
JOHN MARIO GARCÍA GIRALDO

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS Y TRANSPORTES
MEDELLÍN
2011

*El esfuerzo y la dedicación que he puesto en esta tesis,
va con mucho cariño a Sebastián y Andrés, quienes
sintieron que su mamá se volvió pequeñita como ellos
haciendo tareas, gracias a su apoyo y comprensión tuve
fuerzas para salir adelante con este proyecto.
Luz Marina*

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
1. GENERALIDADES	13
2. EXCAVACIONES	15
2.1 DESMONTE Y LIMPIEZA	16
2.2 EXCAVACIÓN EN PROYECTOS VIALES	21
2.3 TIPOS DE EXCAVACIONES	22
2.3.1 Excavaciones subterráneas	22
2.3.2 Excavaciones a cielo abierto	23
2.3.3 Excavación en Roca	23
2.3.4 Excavación Heterogéneo	23
2.3.5 Excavación en Tierra o material Común	25
2.4 MÉTODOS DE EJECUCIÓN	25
2.4.1 Método 1 Excavación y Lleno Adyacente	25
2.4.2 Método 2 Excavación y Lleno o disposición del material alejada	26
2.5 EL CEREO	31
3. TERRAPLENES	33
3.1 TIPOS DE TERRAPLENES	33
3.1.1 Terraplenes en zonas planas	34
3.1.2 Terraplenes en zonas montañosas y escarpadas	34
3.1.3 Terraplenes en zonas onduladas y entre onduladas y montañosas	35
3.2 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES	35
3.2.1 Extendido	37
3.2.2 Humectación o Desecación	40
3.2.3 Compactación	41
3.2.4 Perfilación	43
3.3 CONFORMACIÓN DEL DEPÓSITO DE LOS MATERIALES SOBRANTES DE LA EXCAVACIÓN	43
4. SUBBASES Y BASES	45
4.1 DEFINICIÓN SUBBASE	45
4.2 DEFINICIÓN BASE	46

4.3 METODOLOGÍA	46
4.3.1 Extendido del Material	46
4.3.2 Compactación	47
4.3.3 Riego de imprimación	48
5. COLOCACIÓN DE PAVIMENTOS EN CONCRETO ASFÁLTICO	51
5.1 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA	51
5.2 INSPECCIÓN DE LA BASE	51
5.3 TRANSPORTE DE LA MEZCLA	52
5.4 COLOCACIÓN DE LA MEZCLA	53
5.5 COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA	56
6. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE MAQUINARIA	60
7. MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS VIALES	64
7.1 EL BULLDOZER	65
7.2 EXCAVADORA HIDRÁULICA	69
7.3 LA MOTONIVELADORA	72
7.4 LOS COMPACTADORES	75
7.4.1 Descripción de los compactadores	75
7.4.2 Rodillos Vibratorios	76
7.4.3 Rodillos Patecabra	77
7.4.4 Rodillos Neumáticos	78
7.4.5 Recomendaciones para escoger el equipo de compactación	78
7.5 LA TERMINADORA DE ASFALTO O PAVIMENTADORA	82
7.6 LAS VOLQUETAS	84
8. COSTO HORARIO DE MAQUINARIA	90
8.1 CARGOS FIJOS	90
8.2 CARGOS POR CONSUMO	91
8.3 CARGOS POR OPERACIÓN	92
8.4 CARGOS POR TRANSPORTE	92
8.5 MANUAL DE TARIFAS DE ARRENDAMIENTO PARA EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN	93
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	99

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Disposición de Maquinaria en la excavación de la Vía Interna en Valle Sur – Municipio de Itagüí	15
Fotografía 2. Desmonte en zonas planas con Bulldozer	17
Fotografía 3. Desplazamiento de la excavadora de orugas	18
Fotografía 4. Desmonte en zonas escarpadas, Vía Interna de la Parcelación Sierra grande, Municipio del Retiro	19
Fotografía 5. Trasplante de árbol en la Ampliación de la Vía regional sector Solla – Tricentenario	20
Fotografía 6. Moldeo del suelo con Excavadora	21
Fotografía 7. Excavación en túneles - Excavación túnel Piloto de La Línea	22
Fotografía 8. Bulldozer CAT D8T con Ripper	24
Fotografía 9. Ripper del Bulldozer	24
Fotografía 10. Excavación en Tierra	25
Fotografía 11. Corte y lleno Adyacente	26
Fotografía 12. Volqueta por debajo del nivel de sustentación de la retroexcavadora	27
Fotografía 13. Volqueta al mismo nivel de sustentación de la Excavadora	28
Fotografía 14. Excavación con proceso de repaleo	28
Fotografía 15. La volqueta está por encima del nivel del nivel de sustentación de la excavadora	29
Fotografía 16. Excavación con Mototrailla	30
Fotografía 17. Nivelación del terreno con Motoniveladora	31
Fotografía 18. Sellado de la subrasante en la doble calzada Bello - Hatillo	32
Fotografía 19. Construcción de terraplenes	34
Fotografía 20. Construcción de terraplén en zonas montañosas	35
Fotografía 21. Conformación de terraplén K2+500 Vía Ancón sur – Primavera	37
Fotografía 22. Extendido de material con Motoniveladora Vía de Acceso Hotel Stelar Manzanillo – Cartagena	37
Fotografía 23. Humectación por medio de carrotanque	41
Fotografía 24. Compactación con Rodillo Patecabra en la Doble Calzada Bello Hatillo	42
Fotografía 25. Sellado de superficie después del céreo	43

Fotografía 26. Conformación del depósito	44
Fotografía 27. Instalación de Subbase en la parcelación Pradera, Municipio del Retiro	45
Fotografía 28. Extendido de material granular en la doble calzada Solla - tricentenario	47
Fotografía 29. Compactación de Material granular en la vía Solla - Tricentenario	48
Fotografía 30. Repavimentación calle 5 sur	49
Fotografía 31. Imprimación en vías rurales, Corregimiento San Antonio de Prado	50
Fotografía 32. Intercambio la Tablaza vía Ancón Sur – Primavera	52
Fotografía 33. Transporte de la mezcla en Volquetas Carpadas	53
Fotografía 34. Extendido y verificación del espesor de la mezcla asfáltica	54
Fotografía 35. Ajuste manual de las juntas	55
Fotografía 36. Termómetro	56
Fotografía 37. Compactación inicial de la mezcla K9+550 Vía Ancón Sur – Primavera	57
Fotografía 38. Compactación con rodillo neumático	58
Fotografía 39. Densímetro nuclear	59
Fotografía 40. Reportaje sobre el bulldozer en 1934	65
Fotografía 41. Volqueta tipo Mula	87
Fotografía 42. Volqueta Minera con capacidad de 30 a 50m ³	89
Fotografía 43. Volqueta tipo Dumper trabajo pesado en sitios muy agrestes	89

LISTADO DE ESQUEMAS

	Pág.
Esquema 1. Tipos de Trabajos	13
Esquema 2. Desmonte y limpieza	16
Esquema 3. Zonas de un terraplén	33
Esquema 4. Operaciones cíclicas en la construcción de un terraplén	36
Esquema 5. Diagrama de Masas	39
Esquema 6. Tipos de Excavaciones	63
Esquema 7. Primera Motoniveladora	64
Esquema 8. Comparativo de Bulldozer	67
Esquema 9. Comparativo de excavadoras	71
Esquema 10. Comparativo Motoniveladora	74
Esquema 11. Tipos de Compactadores	76
Esquema 12. Comparativo Compactadores	80
Esquema 13. Comparativo Terminadora de asfalto o Pavimentadora	83
Esquema 14. Tipos de Volquetas	86
Esquema 15. Cargos para calcular el Costo horario de la maquinaria	90

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Tabla de Rendimientos

ANEXO B. Consumos de Combustible (ACPM)

ANEXO C. Tarifas de Arrendamiento para Equipos de Construcción (CCI)

RESUMEN

En la actualidad, existe una amplia gama de maquinaria para la construcción de carreteras; en este documento se muestra detalladamente los procedimientos, las técnicas y la maquinaria necesaria para el proceso de construcción. Este manual brinda a los Ingenieros civiles el conocimiento relacionado con el funcionamiento, selección, organización y rendimientos de la maquinaria y los equipos empleados en la construcción de vías.

Además, se busca facilitar a los constructores la toma de decisiones a la hora de realizar inversiones en la compra de maquinaria, para que éstas no sean innecesarias; ya que estos equipos en vez de mejorar los rendimientos de obra, retrasarán de manera significativa las actividades de construcción, por el desconocimiento de las características y funcionalidad de cada una de ellos.

La adquisición de un equipo debe considerarse como una inversión que se recuperará con una cierta utilidad, durante su vida útil, la selección del equipo adecuado a usar en la obra debe ser, motivo de un cuidadoso estudio económico comparativo entre los diversos equipos con que se puede realizar un trabajo.

Servirá como una herramienta fundamental dentro del engranaje de los procesos y actividades a desarrollar en los futuros proyectos viales de nuestro medio, ya que su aplicación será básica dentro de las actividades a ejecutar en la construcción de vías por el contratista, el interventor o la persona encargada.

INTRODUCCIÓN

La construcción de vías es un conjunto de actividades que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza y de aportar obras útiles a la comunidad.

Con este manual aspiramos hacer una relación de las actividades necesarias para la construcción de una obra vial describiendo que maquinaria se emplea según el dinamismo del proyecto, generando un cuadro comparativo de las capacidades y rendimientos que se pueden esperar de las máquinas según el desarrollo del proyecto.

Actualmente los grandes volúmenes y las extensiones de tierra afectadas con las obras viales, requieren que el ingeniero a cargo de ellas posea un conocimiento especializado de técnicas constructivas adecuadas que garanticen la optimización de los recursos para obtener mayores mejores resultados en la ejecución de obras con eficiencia y calidad.

La ingeniería moderna exige una actualización en técnicas y procedimientos constructivos mediante el empleo de maquinaria especializada, que permite obtener mayores rendimientos y por consiguiente costos más bajos para tener mayor rentabilidad y calidad en las obras ejecutadas.

Con este trabajo de grado queremos hacer un estudio detallado de los procedimientos, las técnicas y la maquinaria empleados en nuestro medio para construcción de vías. Este manual brindará a los Ingenieros civiles el conocimiento relacionado con el funcionamiento, selección, organización y rendimientos de la maquinaria y los equipos empleados en la construcción de vías.

Este manual tiene como objetivo ser una herramienta fundamental dentro del engranaje de los procesos y actividades a desarrollar en los futuros proyectos viales de nuestro medio, ya que su aplicación será básica dentro de las actividades a ejecutar en la construcción de vías por el contratista, el interventor o la persona encargada.

1. GENERALIDADES

Gran parte del capital de trabajo de una empresa corresponde a inversiones en equipo de construcción. La adquisición de un equipo debe considerarse como una inversión que se recuperará con una cierta utilidad, durante su vida útil, la selección del equipo más adecuado a usar en la obra debe ser, motivo de un cuidadoso estudio económico comparativo entre los diversos equipos con que se puede realizar un trabajo.

El tamaño o capacidad de producción del equipo de movimiento de tierras debe corresponder al establecido en el programa de trabajo a fin de que las máquinas trabajen con su mejor rendimiento. Además, el tipo de equipo debe ser el adecuado al tipo de trabajo asignado, ver Esquema 1.

Esquema 1. Tipos de Trabajos



El análisis de los planos y especificaciones también permiten determinar el procedimiento constructivo a seguir y, por lo tanto, se puede determinar la maquinaria y equipo necesario para el desarrollo de la obra en cuestión, esto obliga a determinar los costos horarios de la maquinaria y equipo que intervendrán en la obra.

La programación de los equipos indica el tiempo de uso que tendrá el equipo, lo que justifica su adquisición o no. Sirve de base para determinar la inversión en equipos y repuestos, el tiempo de ocupación de los operadores, la fecha en que el equipo debe llegar a la obra, etc.

Los gastos que estos controles originaran son siempre una fracción del valor de las economías que se obtienen en la operación de equipo y en los otros trabajos relacionados. Toda esta información tiene un gran valor para el estudio de los presupuestos de nuevas obras.

2. EXCAVACIONES

Las excavaciones en proyectos viales son las actividades que radican en la extracción de materiales en sitios previamente definidos para llegar hasta la cotas de las estructuras a construir.

Las excavaciones consisten en un seguimiento a un diseño previamente elaborado, utilizando métodos y maquinaria según los cortes, profundidad y la misma naturaleza del suelo, es de singular importancia conocer de antemano el estudio de suelos del proyecto.

Para definir la elección de la maquinaria, hay que tener en cuenta factores determinantes del proyecto como la geometría de la sección transversal, la ubicación de los botaderos, la estabilidad de la zona y la amplitud del área para moverse las máquinas como se observa en la Fotografía 1.

Fotografía 1. Disposición de Maquinaria en la excavación de la Vía Interna en Valle Sur – Municipio de Itagüí



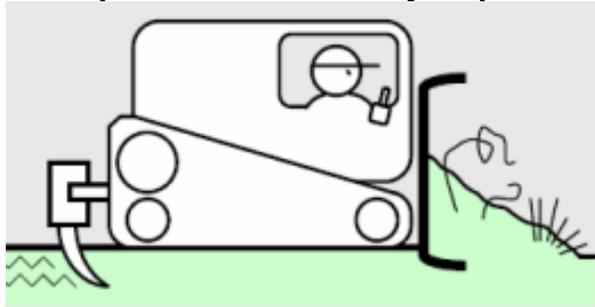
Todos estos factores se deben analizar para definir el tipo de excavación a ejecutar, definir el método, el tipo de máquina y poder calcular los precios unitarios. El trabajo asignado a las diferentes máquinas debe ser compatible con sus características.

Aunque no es un tema de esta guía es absolutamente necesario analizar previamente el uso potencial de los materiales excavados para ser utilizados en el proyecto.

2.1 DESMONTE Y LIMPIEZA

El desmonte y limpieza consiste en el retiro del material orgánico como árboles, arbustos, rastrojos, malezas, entre otros, como se observa en el Esquema 2 que haya en las zonas señaladas en los planos y en las fajas laterales reservadas para la vía.

Esquema 2. Desmonte y limpieza



Cuando se hace el desmonte y limpieza se deben analizar los usos que pueden tener los diferentes productos, como utilizar los fustes como fuente de madera para obra falsa, construcción de instalaciones provisionales u obtención de postes para construcción de cercos. Los Brazos sirven como fuente de madera para confección de estacas, las raíces. Sirven para control de la sedimentación en los extremos de los botaderos etc.

Durante la ejecución de este proceso es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

Antes de iniciar las operaciones, hay que hacer un inventario detallado de los árboles que es necesario talar, con el fin de dar una respuesta efectiva a la autoridad ambiental correspondiente acerca de las medidas de compensación pertinentes.

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de desmonte y limpieza deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados teniendo en cuenta que su capacidad y su eficiencia se ajusten al tipo de relieve del proyecto.

En zonas planas: se puede hacer este proceso con bulldozer, como son materiales orgánicos de baja dureza no se necesita que tenga mucha fuerza, por lo que se podría utilizar bulldozer tipo Caterpillar D4 a D6 o similar, ver Fotografía 2. Y luego se lleva este material al botadero donde guarda para después ser utilizado para revegetalización.

Fotografía 2. Desmonte en zonas planas con Bulldozer



Con el bulldozer se hace un acopio de todo el material orgánico retirado y se carga con:

- Cargador tipo CAT D6 o similar
- Excavadora de orugas CAT 310 – 320, o similar
- Excavadora de llantas CAT 416 – 426, o similar

En zonas onduladas: se debe hacer el retiro del material orgánico con excavadora de orugas tipo CAT 310 – 320 – E200B, o similar, su sistema de rodamiento le permite desplazarse en la zona Ver Fotografía 3 y hacer el retiro y/o cargue del material.

La excavadora debe ir haciendo acopios laterales para cuando se haga la vía provisional se pueda evacuar este material en volquetas.

Fotografía 3. Desplazamiento de la excavadora de orugas



En zonas escarpadas: donde las operaciones de desmonte y limpieza se tornen difíciles por la densidad o las altas pendientes, ver Fotografía 4, debe pensarse en utilizar excavadoras de orugas de gran potencia y agilidad como la CAT 320 – 330, o similar.

Fotografía 4. Desmonte en zonas escarpadas, Vía Interna de la Parcelación Sierra grande, Municipio del Retiro



Para el retiro de arboles, tocones y raíces que no se pueden sacar fácilmente se tienen las siguientes alternativas:

Tractor + Cadena: Se amarra la cadena alrededor del tocón y se jala con el bulldozer para ser removido.

Excavadora: Se le hace una zanja alrededor de la raíz o tocón y se jala con el cucharón de la excavadora.

Tractor con ripper: En caso de estar fuertemente arraigado, se puede utilizar el ripper del bulldozer, clavándolo en todo el centro del estacón y desarraigándolo con la fuerza del bulldozer.

Trasplante de árboles: Si dentro del proyecto se encuentran arboles que por su tipo de especie merecen ser trasplantados, se debe recurrir a la asesoría y supervisión del personal especializado en Silvicultura, para hacer el tratamiento previo respectivo. Ver Fotografía 5.

Fotografía 5. Trasplante de árbol en la Ampliación de la Vía regional sector Solla – Tricentenario



Se debe proceder primero a realizar una excavación manual alrededor del árbol equivalente a 6 veces el diámetro del tallo, con esto se asegura dejar el suficiente material que proteja la raíz. Después se amarra el árbol a la pluma de la grúa o la excavadora, se eleva y transporta a su nueva ubicación. Es de anotar que en éste procedimiento la maquinaria solo será utilizada para el levantamiento del árbol, el resto de las actividades debe hacerse de forma manual.

2.2 EXCAVACIÓN EN PROYECTOS VIALES

Esta actividad radica en la extracción de materiales en sitios previamente definidos para llegar hasta la cotas de las estructuras a construir.

Las excavaciones consisten en un moldeo del suelo, Ver Fotografía 6, hasta llegar a las cotas requeridas según un diseño previo, utilizando métodos y maquinaria según los cortes, profundidad y la misma naturaleza del suelo, es de singular importancia conocer de antemano el estudio de suelos del proyecto.

Fotografía 6. Moldeo del suelo con Excavadora



También hay que tener en cuenta otros factores determinantes para la elección de la maquinaria como la geometría de la sección transversal, la ubicación de los botaderos, la estabilidad de la zona y la amplitud del área para moverse las máquinas.

Todos estos factores se deben analizar para definir el tipo de excavación a ejecutar, definir el método, el tipo de máquina y poder calcular los precios unitarios.

2.3 TIPOS DE EXCAVACIONES

Las excavaciones tienen varios tipos de clasificaciones entre ellas según donde se realice la excavación, pueden ser:

2.3.1 Excavaciones subterráneas. Son aquellas que se ejecutan en condiciones artificiales o forzadas de iluminación y ventilación, ver Fotografía 8-. El drenaje, normalmente, se hace por gravedad aunque pueden requerirse motobombas para reforzar el sistema de evacuación de aguas. Este es exactamente el caso de los túneles, los cuales son elementos especiales en construcción de vías por lo que no trataremos el tema en esta guía.

Fotografía 7. Excavación en túneles - Excavación túnel Piloto de La Línea



<http://www.conconcreto.com/Default.aspx?tabid=58&idProyecto=1>

2.3.2 Excavaciones a cielo abierto. Son aquellas que se ejecutan en condiciones naturales de iluminación, ventilación y drenaje.

La clasificación de las excavaciones también se hace según el material que se está excavando a saber:

2.3.3 Excavación en Roca. Comprenderá la correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y la de todos aquellos materiales que presenten características de roca maciza, cementados tan sólidamente, que únicamente pueden ser excavados por medio de explosivos, Ver Fotografía 9, o métodos especiales para fragmentar la roca y poder ser excavada.

Cuando se panifican las voladuras de roca, es el tamaño de fragmento de roca que deseamos obtener y el volumen de roca a mover, que condicionará el explosivo a utilizar así como la cuadrícula de perforación según la dureza de la roca a fragmentar, también hay que tener en cuenta la existencia o no de agua en la perforación a la hora de elegir el tipo de explosivo por la resistencia de este al contacto con el agua

El tema de voladura de Roca es muy específico y de gran alcance el cual no compete a los objetivos de este trabajo y no será tratado esta guía.

2.3.4 Excavación Heterogéneo. Comprenderá la correspondiente a los materiales formados por rocas descompuestas, tierras muy compactas y todos aquellos que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos y se precise el desgarramiento del material con la utilización de escarificadores profundos (Bulldozer con ripper).

Fotografía 8. Bulldozer CAT D8T con Ripper



Los Bulldozer D9 y D8 de Caterpillar que tienen ripper son muy utilizados en nuestro medio para excavar el material heterogéneo, Ver Fotografía 8.

El desgarramiento es un proceso que consiste en fisurar los materiales mediante una herramienta llamada “ripper o desgarrador” instalada en la parte trasera de un Bulldozer.

F:\file\pdf\maquinaria\tractorCadena\D8T.pdf

Fotografía 9. Ripper del Bulldozer



El ripper es una herramienta que se instala en la parte trasera del Bulldozer cuyo objetivo es fragmentar materiales de resistencia intermedia entre roca y material común, ver Fotografía 9

file\pdf\maquinaria\tractorCadena\D8T.pdf

2.3.5 Excavación en Tierra o material Común. Material de fácil excavabilidad tipo suelo descompuesto, comprenderá a todos los materiales no incluidos en los apartados anteriores, ver Fotografía 12.

Fotografía 10. Excavación en Tierra



Construcción Comfama – Parque Arvi Corregimiento Santa Elena

2.4 MÉTODOS DE EJECUCIÓN

Según los sistemas de trabajo y las condiciones particulares de ubicación de la obra tenemos:

2.4.1 Método 1 Excavación y Lleno Adyacente. En éste método se hace el corte o excavación del material con el Bulldozer y se empuja o acarrea con el mismo equipo hasta el lugar final bien sea la en terraplén para la misma vía o la conformación de un sitio aledaño que sirve para la disposición de los materiales provenientes de las excavaciones, ver Fotografía 13.

Para esta actividad se pueden utilizar desde los Caterpillar D4 hasta los D8 o similares, dependiendo de la cantidad de material a remover. A mayor cantidad de m^3 a mover se debe usar un equipo mayor o sacrificar el tiempo de ejecución del proyecto.

Fotografía 11. Corte y Lleno Adyacente



2.4.2 Método 2 Excavación y Lleno o disposición del material alejada. En este método se debe cargar el material excavado y llevarlo hasta el sitio de disposición final en volquetas y en este sitio regarlo con un Bulldozer.

El material excavado puede utilizarse en terraplenes en la vía o disponerlo en los sitios designados como depósitos de material sobrante de la excavación.

La Excavación y cargue se hace con excavadora, según sea la cantidad de material que hay que excavar y el tiempo de que se disponga se debe definir cuál es el equipo que se necesita. Este tema se verá más ampliamente en el capítulo 7

donde se expondrán las capacidades y rendimientos de los equipos de construcción para proyectos viales.

El transporte del material se hace en volquetas hasta el sitio de disposición final donde la extensión se hace con Bulldozer.

En relación con este método existen las siguientes alternativas desde el punto de vista de la posición relativa entre la excavadora y la volqueta.

Volqueta por debajo del nivel de sustentación de la retroexcavadora: Esta alternativa es la ideal dentro de su género, ya que las variables, altura de carga y ángulo de giro, tienden a ser mínimas, ver Fotografía 12.

Fotografía 12. Volqueta por debajo del nivel de sustentación de la retroexcavadora



Volqueta al mismo nivel de sustentación de la Excavadora: La excavación se encuentra al mismo nivel o ligeramente por encima del nivel de la retroexcavadora y la volqueta. En estos los operadores tienden hacer una plataforma provisional para optimizar el rendimiento del cargue, ver Fotografía 13.

Fotografía 13. Volqueta al mismo nivel de sustentación de la Excavadora



La excavación se encuentra por debajo del nivel de alcance de la excavadora: En estos casos se deben utilizar dos excavadoras, a esta actividad comúnmente se le llama repaleo, Ver Fotografía 14, pues la primera excava hasta cierto nivel dejando el material al alcance de la segunda facilitando el cargue de las volquetas.

Fotografía 14. Excavación con proceso de repaleo



El constructor deberá estudiar muy bien el proyecto para identificar estas zonas donde se hace necesario utilizar dos excavadoras ya que se afectan los rendimientos y aumentan los costos.

Fotografía 15. La volqueta está por encima del nivel del nivel de sustentación de la excavadora



La volqueta está por encima del nivel del nivel de sustentación de la excavadora: Esta alternativa es la más desfavorable dentro, ya que las variables, altura de carga y ángulo de giro, tienden a ser máximas.

Este tipo de excavaciones se deben evitar al máximo ya que son las más contraproducentes para los rendimientos porque las excavadoras aumentan los tiempos de excavación y cargue.

2.4.3 Método 3 Utilización de la Mototralla. Este método no es muy común en nuestro medio ya que hay poca existencia de estas maquinas en la zona, debido a que son usadas en zonas muy planas ya que son elementos muy voluminosos y

pesados difíciles de maniobrar en nuestra topografía. De todos modos describimos su uso.

Excavación y cargue con Mototrailla.

Acarreo con Mototrailla.

Extensión en el botadero con Mototrailla.

Este método se utiliza en acarreos aproximadamente de 400 mts, la Mototrailla almacena unos 35 – 40m³ de material.

Fotografía 16. Excavación con Mototrailla



<http://www.cat.com/equipment/scrapers>

Este método es ideal para zonas de corte pequeño, para materiales suaves y realizar desniveles precisos y poco gruesos.

2.5 EL CEREO

Cuando se tiene ejecutado el grueso de la excavación se dejan los últimos 10 centímetros de la zona superior adyacente a la subrasante para ser niveladas hasta la cota de construcción de la subbase.

Tiene las siguientes características:

- Los volúmenes excavados son pequeños.
- Se requiere la utilización de métodos de control especiales (topografía), Instalación de tacos de subrasante.
- Es necesario utilizar una máquina especial de muy buena precisión llamada motoniveladora.

Fotografía 17. Nivelación del terreno con Motoniveladora



Construcción de Terraplén en la vía de acceso al Hotel Stelar Manzanillo Cartagena.

Una vez terminadas las excavaciones se debe compactar el suelo y dejar drenajes por donde se pueda evacuar el agua y no se dañe la subrasante.

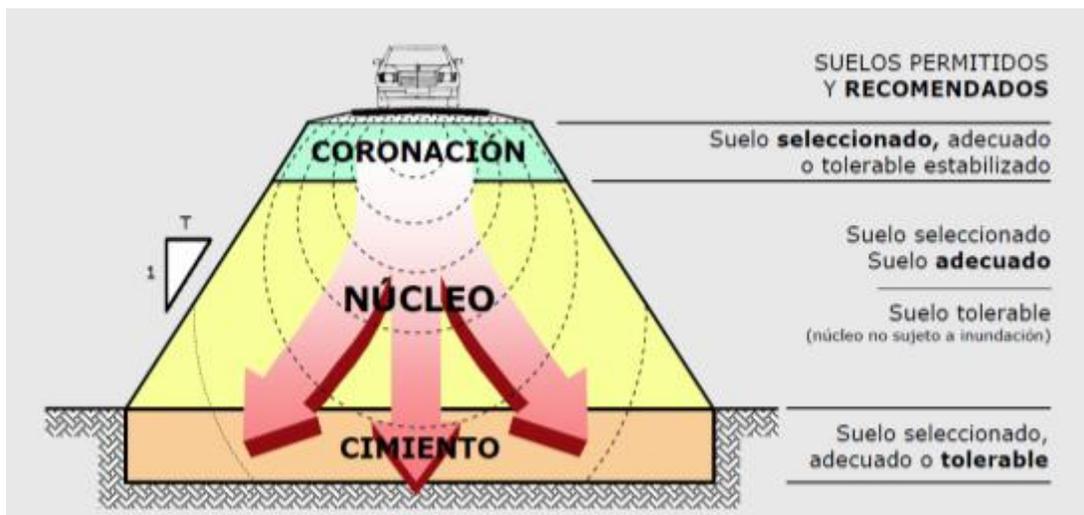
Fotografía 18. Sellado de la subrasante en la doble calzada Bello - Hatillo



3. TERRAPLENES

Los Terraplenes son grandes acumulaciones de tierra adecuadamente tratadas y compactadas para asegurar su estabilidad y servir de soporte a la vía se construyen en zonas de cota inferior a la prevista en proyectos mediante aportes de tierra, pudiendo aprovechar las extraídas de las excavaciones, siempre y cuando sean aptas.

Esquema 3. Zonas de un terraplén



Los terraplenes se construyen siguiendo un diseño previamente elaborado, en sitios previamente definidos, con suelos previamente seleccionados y utilizando métodos y recursos también previamente determinados.

3.1 TIPOS DE TERRAPLENES

Es necesario destacar que los terraplenes que se construyen en carreteras pertenecen a uno de los siguientes tipos:

3.1.1 Terraplenes en zonas planas. Los terraplenes en zonas planas se caracterizan por tener altura pequeña (menor de 5 metros), longitudes grandes (hasta de varios kilómetros) y disponibilidad de espacios amplios para la maniobra de equipos.

Fotografía 19. Construcción de terraplenes



3.1.2 Terraplenes en zonas montañosas y escarpadas. Los terraplenes ubicados en estas zonas se caracterizan por tener altura muy grande (hasta de 30 metros), longitud pequeña (menor de 50 metros) y no ofrecen espacios amplios para la maniobra de equipos. Normalmente se confinan con muros de contención.

Fotografía 20. Construcción de terraplén en zonas montañosas



3.1.3 Terraplenes en zonas onduladas y entre onduladas y montañosas.

Tienen características intermedias entre las dos (2) anteriores. Es muy importante que el constructor diferencie y caracterice las zonas de localización de los terraplenes que tiene que construir, para que pueda calcular, un precio unitario verdaderamente representativo de los costos reales del proceso

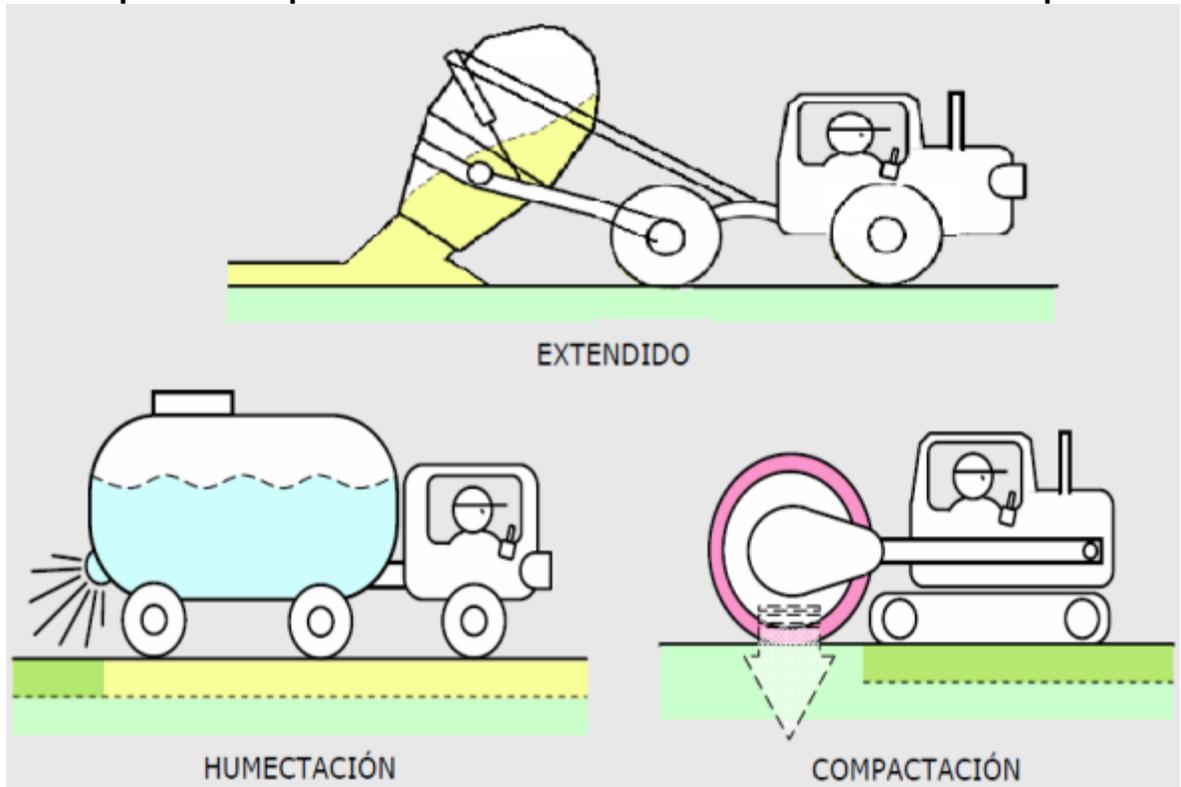
3.2 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE TERRAPLENES

La construcción de un terraplén está compuesta por las siguientes operaciones cíclicas, aplicables a cada capa de terraplén.

- Acarreo de Material con Volqueta.
- Extendido de la capa con Bulldozer.
- Humectación hasta tener manejabilidad del suelo (humedad óptima) con carro-tanque.
- Compactación con Vibrocompactador.
- Perfilado con Motoniveladora.

- Sello con Vibrocompactador.

Esquema 4. Operaciones cíclicas en la construcción de un terraplén



Antes que nada se debe inspeccionar la zona donde vamos a construir el terraplén para comprobar la no existencia de agua, y el estado de la subrasante. Se debe prever el acceso de volquetas y preparar el sector destinado antes de comenzar con los trabajos de vertido.

En algunos casos se mejora la subrasante colocando geotextil como refuerzo de capacidad portante.

También se debe tener definido las condiciones de apoyo del terraplén, el tipo de material a utilizar y sus ensayos de laboratorio.

Fotografía 21. Conformación de terraplén K2+500 Vía Ancón sur – Primavera



3.2.1 Extendido. Se procederá al extendido del suelo en capas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanación. El material que componga cada capa deberá ser homogéneo y presentar características uniformes; en caso contrario, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente.

Fotografía 22. Extendido de material con Motoniveladora Vía de Acceso Hotel Estelar Manzanillo – Cartagena



El espesor de estas capas será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles en obra, se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Por lo general, dicho espesor oscila entre los 15 a 20 cm.

Durante la construcción del terraplén deberá mantenerse una pendiente transversal que asegure una rápida evacuación de las aguas y reduzca el riesgo de erosión.

La maquinaria a emplear en el extendido es muy diversa y la elección de uno u otro modelo dependen fundamentalmente de la distancia de transporte de tierras y el tipo de material

Para extendido de material rocoso que deba ser triturado y para distancias menores a 100m se debe utilizar el Bulldozer.

Para materiales granulares se pueden utilizar el Bulldozer o la motoniveladora, según la disponibilidad que tenga el contratista o la holgura en el cronograma de trabajo, ya que con la motoniveladora es un proceso más lento.

Para planificar adecuadamente la maquinaria necesaria para el movimiento de tierras y coordinar sus movimientos en función de la distancia de transporte se realiza el diagrama de masas. Las funciones principales de un diagrama de masas son:

- Distribución del equipo
- Determinar sentido de los movimientos de los equipos
- Cuantificar el volumen del movimiento de tierras.

En el Manual de Carreteras de Luis Bañón Blazquez y José F. Beviá García se encuentra el esquema No. 5 donde se analizan los equipos que se deben utilizar según la distancia de acarreo.

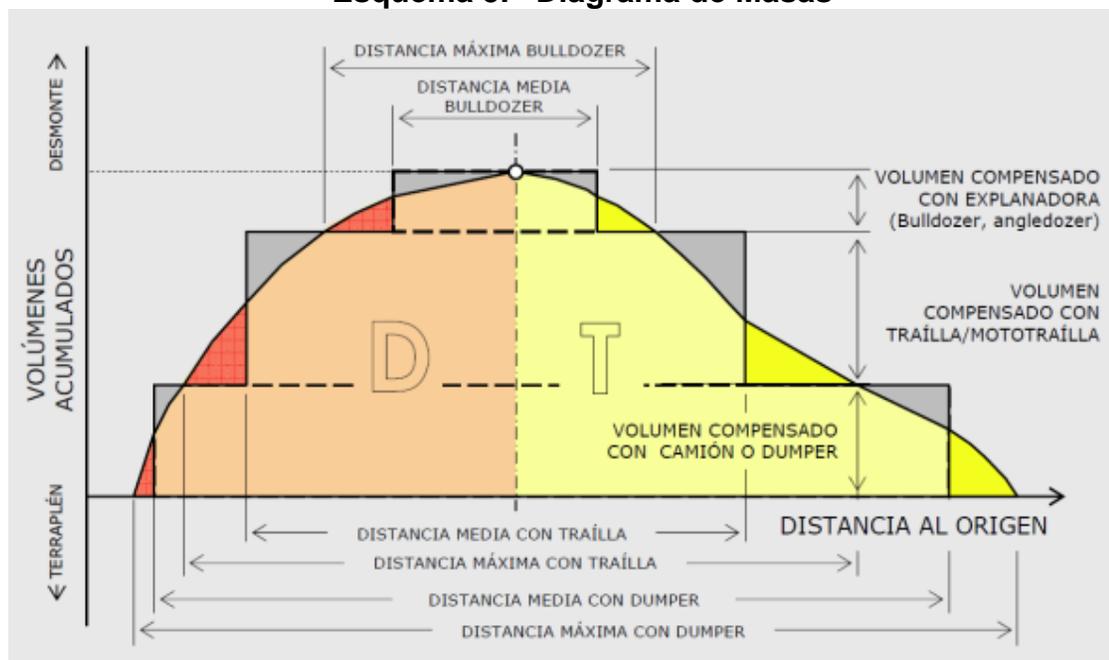
Para distancias de transporte inferiores a 500m, se emplea el bulldozer en terraplenes de media ladera, tanto el transporte como el extendido se hacen con el mismo equipo.

Si la distancia de transporte se halla entre 1 y 5 km se puede utilizar la Mototrailla o Scrapper para el corte, transporte y extendido.

Cuando se tienen distancias entre 500m y 1 km se podrá utilizar cualquiera de los dos esquemas anteriores según la disponibilidad de equipos que tenga el contratista.

Para distancias mayores de 5 km se utiliza el acarreo con Dumpers o Volquetas.

Esquema 5. Diagrama de Masas



Es importante ajustar el diseño de una carretera a las especificaciones sobre pendiente y curvas. Para economizar, es importante acarrear a la menor distancia. En el diagrama de masas se hace el análisis de excavación Vs llenos para definir la compensación correspondiente.

En la actualidad este diagrama se puede obtener fácilmente de los programas de computadores para diseño de carreteras.

3.2.2 Humectación o Desecación. Una vez ha sido extendida la capa de terreno, se procede a acondicionar la humedad del suelo. Este proceso es especialmente importante ya que cumple una doble función: Ayuda a obtener una óptima compactación de material, garantizando la suficiente resistencia y reduciendo los posteriores asentamientos del terraplén.

Evita las variaciones de humedad después de la construcción las cuales provocan cambios excesivos de volumen en el suelo, ocasionando daños y deformaciones en la base.

Suele tomarse como humedad de referencia la determinada en ensayo Próctor Normal o Modificado, su valor es cercano a la humedad de equilibrio, que es la que alcanzará definitivamente el firme pasado un tiempo después de su construcción.

Fotografía 23. Humectación por medio de carrotanque



La maquinaria empleada en esta fase de construcción es generalmente un camión provisto de un tanque de agua llamado carrotanque. La humectación del terreno deberá ser progresiva y uniforme hasta alcanzar el grado óptimo estipulado.

3.2.3 Compactación. Conseguido el grado de humedad óptimo, se procederá a la última fase de ejecución del terraplén, La Compactación. El objetivo de este proceso es aumentar la estabilidad y resistencia mecánica del terraplén, se consigue comunicando energía de vibración a las partículas que conforman el suelo, produciendo una reordenación de éstas, que adoptaran una configuración energéticamente más estable.

En términos más explícitos, la compactación trata de forzar el asentamiento prematuro del terraplén para que las deformaciones durante la vida útil de la carretera sean menores.

Fotografía 24. Compactación con Rodillo Patecabra en la Doble Calzada Bello Hatillo



La maquinaria empleada en la compactación de terraplenes es muy diversa, suelen emplearse compactadores vibratorios de llanta metálica lisa, rodillos de pata de cabra y compactadores neumáticos. En las márgenes y zonas difíciles se emplean vibroapisonadores o planchas vibrantes.

Después de terminada la compactación se toman ensayos de densidad y humedad en cada capa.

Cuando se efectúa la compactación, se debe evitar el tráfico sobre las capas en ejecución, si es necesario el paso, debe distribuirse el tráfico para que las huellas de las rodadas no se concentren en el mismo lugar.

Debe cuidarse que la compactación sea correcta y uniforme, tanto en los flancos como en el centro del terraplén. De no hacerse, podrían producirse grietas laterales y ondulaciones en la superficie de rodadura.

3.2.4 Perfilación. Una vez construido el terraplén se hace el Control de la inclinación de los taludes cada metro (verticalmente) y se realizará el acabado geométrico del mismo, perfilando los taludes y la superficie donde posteriormente se asentará la base, empleándose la motoniveladora.

Este procedimiento es similar al céreo visto en la sección 2.5. Después de perfilar se realiza una última pasada con el compactador sin aplicar vibración para corregir posibles irregularidades producidas por el paso de la maquinaria y sellar la superficie.

Fotografía 25. Sellado de superficie después del céreo



3.3 CONFORMACIÓN DEL DEPÓSITO DE LOS MATERIALES SOBANTES DE LA EXCAVACIÓN

Los depósitos son los sitios donde se disponen todos los materiales sobrantes de las excavaciones cuando estos no pueden ser utilizados en los terraplenes por su mala calidad o porque no se necesitan.

Los depósitos se manejan como los terraplenes, se hace el riego del material con un bulldozer, para este trabajo no se exige un bulldozer específico, pero si se debe tener en cuenta que mientras más capacidad mas rendimiento dará.

Es de primordial importancia quitar todo el material orgánico que cubra la zona donde se va hacer el depósito y se debe almacenar para volver a cubrir el depósito cuando se terminen los trabajos.

Las capas de material se colocaran con espesores no mayores de los que puedan ser compactados con el equipo seleccionado. La compactación se hará de tal forma que se garantice una compactación uniforme en toda el área del depósito.

Fotografía 26. Conformación del depósito



Para obtener mejores rendimientos se debe tener otro bulldozer en el sitio de disposición del material sobrante de las excavaciones para obtener mejores rendimientos y evitar desgaste de las orugas en la movilización del Bulldozer de un lado a otro.

4. SUBBASES Y BASES

4.1 DEFINICIÓN SUBBASE

Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo firme a la base de una carpeta asfáltica o a una losa de concreto hidráulico.

Fotografía 27. Instalación de Subbase en la parcelación Pradera, Municipio del Retiro



La Subbase soporta las cargas aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndoles adecuadamente a la capa inmediata inferior y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

4.2 DEFINICIÓN BASE

Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la subbase, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica

La base soporta las cargas que le transmiten la carpeta asfáltica o las losas de concreto, aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior.

También, proporciona a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drena el agua que se pueda infiltrar e impide el ascenso capilar del agua subterránea.

4.3 METODOLOGÍA

Antes de iniciar la conformación de la capa de subbase o la base, la superficie sobre la que se colocara debe estar debidamente terminada y perfilada dentro de las líneas y niveles, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los fallos que hubieran existido.

Los acarreo de los materiales hasta el sitio de su utilización, se harán en volquetas, de tal forma que el tránsito sobre la superficie donde se construirá la subbase o la base, se distribuya sobre todo el ancho de la misma, evitando la concentración en ciertas áreas, y por consecuencia su deterioro.

4.3.1 Extendido del Material. Se descargara el material sobre la subrasante o la subbase, en cantidad prefijada por estación de veinte metros, en tramos que no sean mayores a los que en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar el material.

Fotografía 28. Extendido de material granular en la doble calzada Solla - tricenenario



Se prepara el material extendiéndolo parcialmente con la motoniveladora y se le incorpora el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad adecuada y obtener homogeneidad en granulometría y humedad.

Inmediatamente después de preparado el material se extenderá en todo el ancho de la corona y se conformara de manera que se obtenga una capa de espesor uniforme.

4.3.2 Compactación. El material se extenderá en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado. Una vez compactada la ultima capa, se tendrán la sección y los niveles establecidos en el proyecto.

Fotografía 29. Compactación de Material granular en la vía Solla - Tricentenario



La capa extendida se compactara hasta alcanzar el grado de compactación exigido en las especificaciones técnicas del proyecto. La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia adentro de las tangentes y del interior al exterior, en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

Se debe hacer el respetivo control de calidad con respecto a las densidades en cada capa instalada de material de Base o Subbase. En la actualidad los métodos utilizados para las tomas de densidades son el densímetro nuclear y el Método de cono y arena.

4.3.3 Riego de imprimación. La imprimación es un asfalto liquido de curado medio o de asfalto emulsificador que se aplica sobre la base granular la cual debe haber cumplido las condiciones de densidad especificadas y con los anchos, alineamientos y pendientes indicados en los planos.

La imprimación cumple los siguientes objetivos:

Evita que el material de base se desplace bajo las cargas de tránsito durante la construcción antes de que se coloque la carpeta asfáltica.

Protege la capa de base de la intemperie.

Consigue que haya adherencia entre el pavimento y la carpeta asfáltica.

Los mejores resultados de este riego se obtiene cuando la base está seca y a una temperatura por encima de los 27°.

El material bituminoso se deberá secar por unas horas hasta alcanzar su máxima adhesividad y nunca puede ser superior a 24 horas

La imprimación se aplica generalmente con un carrotanque especial para distribuir asfalto, el cual cuenta en el extremo final del tanque con un sistema de barras de riego y boquillas a través del cual se riega el asfalto sobre la superficie. La longitud de la barra puede ser de 3 a 8 m de la calzada.

Fotografía 30. Repavimentación calle 5 sur



La barra rociadora se ajusta de tal manera que los ejes verticales de las boquillas queden perpendiculares a la vía y las boquillas en un ángulo de 15° a 30° con el eje horizontal de la barra, para evitar que los abanicos de rociado interfieran uno con el otro.

En proyectos pequeños se puede hacer el riego de la imprimación manualmente, verificando que se tenga un riego uniforme sin espacios en blanco ni encharcamientos.

Fotografía 31. Imprimación en vías rurales, Corregimiento San Antonio de Prado



5. COLOCACIÓN DE PAVIMENTOS EN CONCRETO ASFÁLTICO

Los procedimientos específicos que se describirán tienen el propósito principal de ser aplicables a la instalación de carpetas asfálticas en caliente.

5.1 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

En esencia, las plantas que producen mezclas asfálticas en calientes deben tener un estricto control de calidad y suministrar diariamente al contratista los ensayos y controles que le han hecho a la mezcla suministrada.

5.2 INSPECCIÓN DE LA BASE

Es frecuente que la colocación de las carpetas de concreto asfáltico se coloquen sobre una base ya imprimada y que requiera muy poca preparación de todos modos se debe revisar que la base este uniformemente compactada a la densidad requerida, su superficie debe ser firme, dura y resistente, sin acumulaciones de agua y debe estar libre de partículas sueltas y de acumulación de polvo.

Para garantizar la limpieza antes de la colocación de la mezcla se debe limpiar la superficie con escobas a mano y reparar manualmente las zonas defectuosas.

Fotografía 32. Intercambio la Tablaza vía Ancón Sur – Primavera



5.3 TRANSPORTE DE LA MEZCLA

Cuando las volquetas llegan a la planta a recoger la mezcla asfáltica pasan por la estación de pesaje para establecer su peso sin carga, para luego determinar el peso de la mezcla.

La mezcla se descarga de la planta de producción directamente a las volquetas o remolques vacíos para su transporte hasta el sitio de trabajo. Se requiere que los vehículos que se utilicen tengan volcos metálicos fuertes y lisos los cuales se limpian previamente para quitar todo tipo de material que pueda contaminar la mezcla asfáltica.

Es necesario que el vehículo tenga aislamiento térmico tipo carpa o lona impermeable para evitar la pérdida excesiva de calor en la mezcla durante su transporte y para proteger la mezcla de la intemperie. Se debe hacer una evacuación ordenada de las volquetas asegurando siempre que se descargue el

pavimento según la hora de llegada para evitar que se descargue la mezcla fría al final.

Fotografía 33. Transporte de la mezcla en Volquetas Carpadas



5.4 COLOCACIÓN DE LA MEZCLA

La uniformidad y continuidad en las operaciones es esencial en la pavimentación de mezclas asfálticas en caliente para obtener resultados de alta calidad. Por esta razón se debe pavimentar a una velocidad que éste coordinada con la producción en planta.

La mezcla asfáltica deberá llegar al sitio de instalación a una temperatura de 115 a 125° C, esto se verifica con un termómetro de varilla.

La mezcla se vacía en la máquina terminadora de asfalto o extendedora que formará una capa de mezcla asfáltica uniforme y espesor correcto, sino se cumple

alguna de estas dos características se deben efectuar ajustes y permitir cierto tiempo para que el enrasador reaccione.

Fotografía 34. Extendido y verificación del espesor de la mezcla asfáltica K9+020 Vía Ancón Sur – Primavera



Para asegurar un extendido uniforme se debe dar un movimiento suave y continuo de la tolva al área delantera del equipo, el sinfín se debe mantener lleno de mezcla hasta el nivel medio y se debe tener una persona encargada de estar verificando el espesor de la mezcla que está instalando, para detectar oportunamente alguna variación en el espesor y hacer los correctivos en caso de ser necesarios.

Las capas sucesivas de la mezcla no deberán ser construidas directamente una sobre otra, si no que deben desplazarse no menos de 150 mm, en los lados alternos de la línea central de la carretera. Este método previene que se forme una costura vertical continua a través del pavimento a lo largo de la junta longitudinal.

Fotografía 35. Ajuste manual de las juntas



Se recomienda tener una cuadrilla de rastrillos que aseguren una textura uniforme en la superficie y que borren las juntas longitudinalmente entre franjas.

Es esencial que se asegure una liga apropiada en las juntas longitudinales y transversales entre la mezcla colocada recientemente y la superficie existente, sin importar su naturaleza, y se utilicen procedimientos especiales, que en general se realizan a mano, para asegurar la formación de juntas adecuadas.

Fotografía 36. Termómetro



Se debe revisar con frecuencia detrás de la terminadora de asfalto la temperatura de la mezcla, es muy importante hacer esto en las primeras horas del día porque el aire y la superficie están todavía fríos.

5.5 COMPACTACIÓN DE LA MEZCLA

La compactación de la mezcla tiene por objeto que la mezcla alcance la densidad especificada, que suele ser del 95% al 98% de la obtenida en el ensayo Marshall. La compactación debe realizarse de manera uniforme en toda la superficie extendida para que el perfil definitivo coincida con el previsto en el proyecto.

La compactación inicial se hace utilizando un rodillo tándem ligero de entre 8 y 10 toneladas de peso con dos ruedas de acero, en esta compactación la fuerza vibratoria de éste tipo de rodillo creadas por el peso y el impacto producen unas ondas de presión logrando poner en movimiento los áridos contribuyendo a la reubicación para un mejor contacto entre ellos. Durante la compactación las

ruedas de las apisonadoras deberán mantenerse húmedas para evitar que se adhieran al material.

Fotografía 37. Compactación inicial de la mezcla K9+550 Vía Ancón Sur – Primavera



La compactación se comienza a una temperatura de la mezcla entre 110° y 120° C, los rodillos del compactador se moverán paralelamente al eje del camino y de la orilla hacia el centro, y del lado interior hacia el exterior en las curvas.

Los rodillos deben trabajar lo más cerca de la terminadora para obtener la densidad adecuada sin causar un desplazamiento indebido. Con este primer paso de compactación se obtiene la mayor cantidad de densidad

La segunda compactación se ejecuta con rodillos neumáticos, que deben seguir a la compactación inicial tan de cerca como sea posible y mientras la mezcla está aún a una temperatura que permita alcanzar la máxima densidad

Fotografía 38. Compactación con rodillo neumático



En esta etapa la capa debe estar lo suficientemente caliente para terminar de obtener la densidad esperada y la lisura inicial de la superficie.

La compactación final de acabado o sellado se hace con una compactación mínima y su propósito principal es la obtener la lisura de la superficie y la remoción de marcas

La cantidad, peso y tipo de rodillos que se empleen deberán ser el adecuado para alcanzar la compactación requerida dentro del lapso de tiempo durante el cual la mezcla es trabajable.

Fotografía 39. Densímetro nuclear



Se debe verificar en campo como va el proceso de compactación con un densímetro nuclear.

6. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE MAQUINARIA

Los equipos de excavación y movimiento de tierra en su mayoría se componen la familia de palas y excavadoras, las que se desarrollaron a partir de la creación de una maquina mecánica (alrededor de 1836) que duplico el movimiento y efectividad del trabajo de un hombre cavando con una pala a mano. Entre ellos tenemos: Tractor, Bulldozer, Cargador Frontal, Retroexcavadora, etc.

La productividad del equipo de construcción es una base primordial para su selección al planear una operación. Es la expresión empleada para asignar el rendimiento del equipo en una unidad de tiempo (normalmente una Hora), donde la cantidad de tiempo depende principalmente de las condiciones del trabajo y de la dirección del mismo, así como la destreza del operador, y de la coordinación con los demás equipos de construcción.

El tiempo también se debe tomar en cuenta, al momento de realizar la selección del equipo, ya que el proyecto depende directamente de las siguientes consideraciones de plazo del contrato y sincronización de las operaciones secuenciales.

Antes de definir los equipos para un proyecto de carreteras lo más importante es conocer el tipo de trabajo que se debe realizar, todo depende de lo que se vaya a ejecutar y los espacios con que se cuenta.

Se debe estudiar la programación de la obra para calcular los rendimientos requeridos para cumplir el plazo del proyecto y así definir la cantidad de equipos necesarios para ejecutar la obra en el tiempo establecido. Esto es muy importante porque según sean las características de los equipos que se tienen a disposición se deberá decir cuántas maquinas se requieren:

Ejemplo:

Para un movimiento de tierras de 100.000 m³ y un plazo de ejecución para el movimiento de tierras de 6 meses tenemos:

$$\frac{100.000 \text{ m}^3}{6 \text{ meses}} = \frac{16.667 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}}{24 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = \frac{694 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 87 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Sabiendo que se deben mover aproximadamente 83 m³/hr, identifico en los catálogos de la maquinaria cuantas maquinas necesito según sus rendimientos y características.

Si se tiene un movimiento de tierras grande y el plazo es corto, esto indica que debe tener varios equipos preferiblemente grandes. Sin embargo muchas veces el espacio no permite colocar varios equipos a la vez, lo que demuestra fallas en la programación por falta de conocer el terreno y el proyecto

Se deben revisar los equipos que tiene el contratista y determinar si algunos pueden ejecutar otra actividad aunque no sea la labor especifica de ellos. Se pueden variar los rendimientos optimizando los equipos siempre y cuando no se afecte el plazo del proyecto.

Si el contratista cuenta dentro de sus equipos con una terminadora de asfalto y con un cilindro de llantas, estos se podrían utilizar para regar y compactar la base granular, y también para la instalación de la mezcla asfáltica sin necesidad de otro tipo de equipo, siempre que los resultados sean los requeridos en cuando a espesor y densidad. De esta manera se pueden tener beneficios económicos.

Las máquinas sobre orugas deben preferirse en los casos que haya condiciones agrestes de rodadura como en los frentes de desgarramiento y voladuras y cuando haya suelos de muy baja capacidad de soporte.

En el siguiente esquema se muestra un resumen de las actividades de excavaciones y la maquinaria con la que se puede hacer el trabajo.

En el anexo A se relacionan los rendimientos encontrados para diferentes equipos y actividades.

Esquema 6. Tipos de Excavaciones

ACTIVIDAD	FRAGMENTACIÓN		EXCAVACIÓN	CARGUE	
Excavación en Tierra.	No aplica		Bulldozer	Retroexcavadora	
				Cargador	
			Retroexcavadora	Retroexcavadora	
			Mototrailla	Mototrailla	
Excavación Heterogénea	Bulldozer con Ripper		Bulldozer	Retroexcavadora	
				Cargador	
			Retroexcavadora	Retroexcavadora	
Excavación Roca	Darda	Estos son métodos de fragmentación de roca y para cualquiera de los 4 se pueden utilizar en las otras actividades los siguientes equipos:	Bulldozer	Retroexcavadora	
	Martillo demoledor (accesorio de la excavadora)			Cargador	
	Voladura con Dinamita			Retroexcavadora	Retroexcavadora
	Cuña hidráulica				

7. MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS VIALES

Los Estados Unidos fueron los pioneros en desarrollar innovaciones para ahorrar mano de obra, primero en agricultura, después en construcción, los dos encajándose en una vigorosa tradición de mecanización.

La historia del mejoramiento en el diseño de máquinas, que se dio principalmente en los Estados Unidos, nos da una fascinante ilustración del principio de cómo la forma sigue la función. La especialización del equipamiento de mover tierra, esencialmente como función de la distancia de acarreo, hizo aparecer la niveladora, el bulldozer, el compactador, la excavadora hidráulica, etc.

Esquema 7. Primera Motoniveladora



Heavy Equipment

Este proceso se dio más o menos alrededor de los 1880 hasta el final de la primera guerra mundial. Ya en esta época todos habían adquirido su silueta familiar. El diseño elegante y utilitario del tractor de hacienda cambió poco en los últimos noventa años. Las primeras niveladoras, raspadores y compactadores eran de tracción animal, pero el esfuerzo de tracción necesario requería de equipos de un tamaño excesivo (se mencionaron equipos de hasta dieciséis mulas), entonces rápidamente el tractor, y luego el asentador de vías fueron adaptados para poder jalarlos.

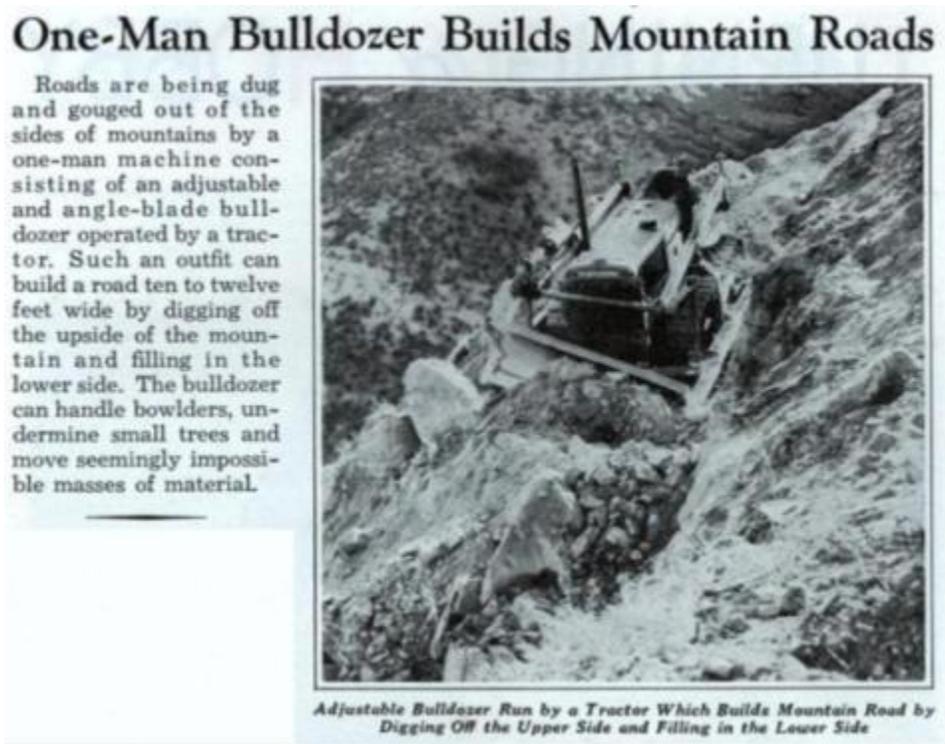
Luego fueron motorizados. La adición de la cuchara del Bulldozer al tractor arrastrador, una innovación clave para desplazar tierra sobre cortas distancias, llegó un poco más tarde, el motor a combustión interna fue adoptado rápidamente.

El diseño se consolidó en los años 20 y 30. El tamaño y la potencia de los motores incrementaron, los motores diesel se volvieron bastante universales, así como los sistemas hidráulicos. Al umbral de la segunda guerra mundial la maquinaria de construcción había llegado a grosso modo a su forma actual.

7.1 EL BULLDOZER

El bulldozer tiene sus orígenes en los años 30, en un periódico de amplia circulación en estados Unidos salió el siguiente informe en el año 1934

Fotografía 40. Reportaje sobre el bulldozer en 1934



<http://blog.modernmechanix.com/2008/07/17/one-man-bulldozer-builds-mountain-roads/>

... *“Las carreteras están siendo excavadas sacándole una tajada a las montañas con una máquina de un solo hombre, que consiste en una cuchilla ajustable operada desde un tractor. Este equipo puede construir una carretera de 3 a 3.5 metros de ancho cortando en la parte de arriba de la montaña y rellenando en la parte inferior. El bulldozer puede tumbar los árboles como pines de bolos y mover masas de tierra aparentemente imposibles de mover”...*

Los bulldozer son tractores con orugas, dotados de una cuchilla frontal rígidamente unida a él, que sirve para excavar y empujar materiales al mismo nivel de sustentación del tractor, además se emplean para realizar excavaciones superficiales en terrenos compactos, limpiezas de capas vegetales y extendido de tierras.

El bulldozer puede excavar la gran mayoría de los materiales que normalmente se encuentran en construcción de vías.

En la construcción de vías los usos más recomendables del Bulldozer pueden ser:

- Ejecutar excavaciones a cielo abierto cuando hay botaderos laterales adyacentes.
- Extendido de los materiales excavados por la máquina o transportados por otras máquinas.
- Aproximar y extender materiales en la construcción de terraplenes.
- Mantenimiento de las vías de acceso.
- Extracción de derrumbes.
- Ejecución de la trocha, o sea la primera fracción de la excavación.
- Para recolectar fragmentos de roca producto de voladuras, o materiales previamente fragmentados.
- Extender materiales rocosos para la conformación de mejoramientos de subrasante.

A continuación se mostrara un cuadro comparativo mostrando las especificaciones entre los equipos disponibles en el mercado:

Esquema 8. Comparativo de Bulldozer

Referencia Bulldozer	Marca Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Capacidad Hoja (m ³)
				
D85	New Holland	85	8,5 a 9,2	1,6 a 2,0
				
D9T	Caterpillar	410	10,9	28,3

Referencia Bulldozer	Marca Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Capacidad Hoja (m ³)
				
D6H	Caterpillar	170	19.8	3,7

Para un buen desarrollo, óptimo desempeño y minimizar las pérdidas de material que normalmente tienen lugar durante el empuje y que pueden alcanzar valores considerables en relación a la distancia recorrida y a la forma de la hoja del bulldozer se recomienda tener las siguientes consideraciones:

- No asignar al bulldozer trabajos de precisión, ya que esta herramienta no está diseñada para ello.
- Las distancias máximas de acarreo con bulldozer no deben ser superiores a 100m.
- Hasta donde sea posible, las operaciones de excavación y acarreo deben ejecutarse hacia abajo para eliminar el gasto de potencia por resistencia a la pendiente.

- Hasta donde sea posible, debe trabajarse en línea recta para evitar el derrame de material por los costados de la hoja, y la disminución de velocidad en los giros.
- En los retornos, la hoja debe levantarse para disminuir la resistencia a la rodadura.
- Para mejorar la producción del bulldozer, pueden colocarse dos (2) máquinas a trabajar en paralelo lo cual mitiga el derrame lateral de material por los costados de la hoja.
- Se debe trabajar entre paredes de una zanja o entre dos pequeños realces convenientemente preparados.

7.2 EXCAVADORA HIDRÁULICA

También llamadas retroexcavadoras, son máquinas compuestas de un bastidor montado sobre orugas o neumáticos y una superestructura giratoria dotada de un brazo con cuchara, accionado por un mando hidráulico o por cables, especialmente diseñadas y construidas para ejecutar excavaciones por debajo de su nivel de sustentación o sea de su nivel de apoyo.

Las excavadoras hidráulicas tienen la posibilidad de combinar un rango de capacidades de cucharones para un mismo modelo. La selección de la capacidad del cucharón depende de la facilidad con que se puede manipular el material. Si se tiene roca bien fragmentada o material fácilmente excavable, los cucharones pequeños podrán manipular el material y no necesitarán ejercer mucha fuerza para excavar el material. Existen además una variedad de cucharones para usos específicos que les da una versatilidad aún mayor

Son muy adecuadas para la excavación y cargue de grandes volúmenes de tierra, Se utilizan mucho también para el trabajo en zanjas en el que trabaja retrocediendo.

Además a la maquina se le puede adaptar según la capacidad, otro accesorios para realizar otras actividades, como los martillos que se ubican en vez del cucharon, lo que permite realizar labores de fragmentación de Terrenos con Roca. Ver capitulo donde se describen los diferentes métodos de excavaciones.

Las excavadoras hidráulicas tienen la posibilidad de combinar un rango de capacidades de cucharones para un mismo modelo. La selección de la capacidad del cucharón depende de la facilidad con que se puede manipular el material. Si se tiene roca bien fragmentada o material fácilmente excavable, los cucharones pequeños podrán manipular el material y no necesitarán ejercer mucha fuerza para excavar el material. Existen además una variedad de cucharones para usos específicos que les da una versatilidad aún mayor.

Los principales criterios relacionados con la operación y uso de la retroexcavadora son los siguientes:

- Seleccionar métodos de operación que incluyan la mínima altura de cargue y el mínimo ángulo de giro posibles.
- Procurar que el área de trabajo sea lo más nivelada posible para evitar que se presenten cargas desfavorables desestabilizadoras.

Las principales ventajas gracias a que su sistema se encuentra montado sobre orugas se pueden definir como:

- Mayor tracción.
- Mejor maniobrabilidad para terrenos muy difíciles.
- Reubicación más rápida de la maquina.

A continuación se mostrara un cuadro comparativo mostrando las especificaciones entre los equipos disponibles en el mercado:

Esquema 9. Comparativo de excavadoras

Referencia Excavadora	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Capacidad del Balde (m ³)
 <p data-bbox="412 1037 1211 1094">http://www.volvo.com/constructionequipment/na/en-us/products/excavators/crawlerexcavators/EC210C/introduction.htm</p>				
EC210 BLC	Volvo D6D	143 hp a 1900 rpm	21,3 a 22,3 Ton	0,75 a 1,55 m ³
 <p data-bbox="391 1759 1232 1787">http://www.kobelcoamerica.com/products/fullsize/Pages/SK210LC.aspx</p>				
SK210LC	KOBELCO F4G39684E – J6	150 hp a 2000 rpm	21,7 Ton	0,48 a 1,4 m ³

Referencia Excavadora	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Capacidad del Balde (m ³)
				
320D	Caterpillar	148 hp	20,33 Ton	0.9

7.3 LA MOTONIVELADORA

Las Motoniveladoras son equipos muy importantes en la construcción de proyectos viales ya que es el ideal para ejecutar excavaciones de precisión, para dar acabado, conformar la pendiente de un banco o de una cuneta.

Las motoniveladoras son máquinas de usos múltiples usadas, se usan también para mezclar, esparcir, desplegar, nivelar el terreno y el céreo de la subrasante, subbase y bases.

El principal propósito de una motoniveladora es cortar y lo hace con la cuchilla, están limitadas cuando hacen cortes laterales en materiales medios a duros, ya que no pueden usarse para excavación pesada. Una motoniveladora puede mover pequeñas cantidades de material pero no puede realizar el trabajo de un tractor debido a la resistencia de su estructura y la posición de la cuchilla.

La Motoniveladora es muy versátil para regar tierra u otro material suelto, para extender las capas de materiales componentes de la estructura del pavimento. Su maniobrabilidad está dada por los diferentes movimientos de la hoja, como por la serie de accesorios que puede tener. Las volquetas descargan el material en pilas y es la motoniveladora la encargada de extenderlas. La cuchilla se trabaja un poco girada, empezando desde los extremos hacia el centro, para evitar desparramar el material más allá del área de colocación.

La nivelación de superficies es quizás la forma más común de aplicación de la motoniveladora. La motoniveladora corta el material de las salientes y lo empuja para usarlo en el relleno en las hondonadas. Esto se aplica en la nivelación de subrasante.

La diversificación de operación de este equipo ha llevado a implementarla para el extendido de bases asfálticas y doble riegos, gracias a su alto rendimiento y velocidad de esparcido.

Los principales criterios relacionados con la operación de la motoniveladora son los siguientes:

- Entre más suelto sea el material, mayor es la producción de la maquina, y por ello ésta normalmente, posee un escarificador para aflojar materiales duros tales como los afirmados de carreteras.
- En los modelos de operación es fundamental minimizar los giros debido a la desventaja inherente a la longitud de la maquina.
- Las velocidades de operación de la maquina oscilan entre 1,8 km/h y 8,0 km/h.

Los usos de la motoniveladora, en construcción de carreteras, son los siguientes:

- Conformación del peraltado y bombeo.
- Extensión de materiales de subbase y base.
- Mantenimiento de vías.

Las motoniveladoras no son máquinas para la producción, sino para realizar trabajos de acabados y nivelación.

A continuación se mostrara un cuadro comparativo mostrando las especificaciones entre los equipos disponibles en el mercado:

Esquema 10. Comparativo Motoniveladora

Referencia Motoniveladora	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Ancho de la Hoja (m)
 <p>http://www.equipmentalley.com/main/nhcused/listing/NEW-HOLLAND-140b</p>				
New Holland 140.B	Cummins	140	14.3	2.76m

Referencia Motoniveladora	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Ancho de la Hoja (m)
 <p>F:\file\pdf\maquinaria\moto\320D.pdf</p>				
CAT 120M	Caterpillar	138	31.8	3.66 m

7.4 LOS COMPACTADORES

7.4.1 Descripción de los compactadores. Son equipos utilizados posterior al extendido de los materiales granulares que permiten obtener las densidades necesarias para que el suelo adquiera la resistencia requerida, en nuestro medio existen de diferentes tipos de compactadores Ver esquema 8, de pesos estáticos del vibrador y de fuerzas dinámicas generadoras de la vibración.

Los equipos que hay en el mercado se diferencian más que por la energía de compactación que suministran, por la forma en que dicha energía es transmitida al terreno.

Esquema 11. Tipos de Compactadores



7.4.2 Rodillos Vibratorios. Los suelos granulares se dejan compactar de mejor forma y lo mas económicamente posible por medio rodillos vibratorios. La

vibración reduce la fricción entre las partículas individuales del suelo, permitiendo simultáneamente una redistribución de estas mismas partículas. Gracias a la vibración se logran reducir los volúmenes de poros y las inclusiones de agua y aire son desplazadas hacia la superficie, obteniéndose paralelamente una mayor densidad seca del material suelo.

Dado que la vibración aumenta el efecto de la compactación en la profundidad es posible especificar capas de mayor profundidad, contribuyéndose con ello a una compactación más efectiva y económica.

En general, y gracias a su intensivo efecto de compactación, los rodillos vibratorios se utilizan para lograr óptimos resultados en la compactación de suelos no cohesivos.

Adicionalmente se deberán considerar los excelentes resultados en la compactación de grandes superficies con suelos granulares, la alta producción, el alto grado de confiabilidad y los costos resultantes relativamente bajos, de esta clase de equipos.

7.4.3 Rodillos Patecabra. Para llevar a cabo en forma correcta y efectiva la compactación de un suelo cohesivo es necesario que el material sea amasado y, a la par, presionado o golpeado en forma vigorosa. Cuando se utilizan los rodillos pate cabra se reducen a un mínimo los terrones grandes incluidos en el suelo, obteniéndose así capas homogéneas y densas.

Con la acción del rodillo pata de cabra se logra una compactación por amasado, los rodillos pata de cabra compactan concentrando grandes presiones en las áreas de apoyo relativamente pequeñas de sus vástagos; éstos penetran profundamente en la capa suelta tendida, especialmente en las primeras pasadas y esta penetración va siendo menor a medida que se densifica la capa. De esta

manera el rodillo pata de cabra va compactando a la capa tendida de abajo hacia arriba, característica única en los rodillos de compactación

En suelos cohesivos la acción de la fuerza de impacto de un Vibrocompactador de impacto reduce a un mínimo la adhesión (cementación) entre las partículas individuales (cohesión real). Adicionalmente es reducida la fricción entre partículas. Las inclusiones de aire y/o agua son desplazadas en dirección a la superficie. De esta manera se obtiene una compactación mayor.

La alta secuencia de golpes hace que las partículas giren, oscilen y vibren y se mantengan en constante movimiento, lo que es una gran ventaja durante la compactación de suelos tanto cohesivos como también no cohesivos.

7.4.4 Rodillos Neumáticos. La llanta flexible de los Rodillos neumáticos llena de aire proporciona áreas de transmisión de presión suficientemente grandes como para que el efecto de densificación se transmita a profundidades suficientemente grandes como para poder utilizar espesores de capa económicos, sin detrimento de la homogeneidad de los resultados logrados.

El acabado superficial de las capas compactadas con rodillos neumáticos suele presentar una rugosidad suficiente para garantizar una buena liga entre las capas tendidas sucesivamente.

Para seleccionar el equipo de compactación adecuado para un proyecto de vial se deben tener en cuenta toda una serie de factores que forman parte del estudio de suelos del proyecto como es el tipo de suelo, forma y rugosidad de la partícula individual como también a la distribución granulométrica.

7.4.5 Recomendaciones para escoger el equipo de compactación. Los factores recién mencionados deberán ser analizados para poder determinar:

- Qué tipo de máquina es la más adecuada según el trabajo a efectuar?
- Con qué equipo se logra alcanzar, en la forma más económica, los resultados requeridos?

El compactador a escoger será aquel que más se ajuste al tipo de suelo para lograr una eficiente compactación y que además posea el mayor rendimiento entre los disponibles.

Al seleccionar un equipo de compactación para ser utilizado sobre suelos semicohesivos a granulares considere siempre en primer lugar un rodillo vibratorio.

Considerar las condiciones específicas de la obra, el porcentaje de compactación prescrito del material a ser compactado (densidad Próctor), además de las condiciones especiales del contrato.

Definir, ante todo, desde el inicio del proyecto cual es el tipo de material predominante si los suelos NO cohesivos (suelos granulares) o los suelos cohesivos.

Al seleccionar un equipo de compactación para ser utilizado sobre suelos semicohesivos a cohesivos considere siempre en primer lugar un Vibrocompactador o rodillo vibratorio con tambores pata de cabra.

A continuación se presenta una tabla en la cual se enumeran diferentes tipos de equipos de compactación, divididos en distintas categorías de peso, correlacionados con diferentes grupos de suelos y profundidades de compactación.

A continuación se mostrara un cuadro comparativo mostrando las especificaciones entre los equipos disponibles en el mercado:

Esquema 12. Comparativo Compactadores

TIPO	Referencia Compactador	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)
				
	815	Cat® C9 ACERT™	232	20.76
				
	CT-3000	Cummins QSB 6.7 T3	260	21

TIPO	Referencia Compactador	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)
				
Compactador de Llantas Caterpillar	PS-150C	CAT 3054C	100	12.9
	 <p data-bbox="375 1455 1243 1478">http://www.machinerytrader.com/listingsdetail/detail.aspx?OHID=7364807</p>			
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand	SD100D LAD-75A	4 CYL CUMMINS	99	7

TIPO	Referencia Compactador	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)
				
http://www.dynapac.com/en/Products/?cat=10&product=4				
Compactador Vibratorio Dynapac	CA144D	John Deere	84	5.9

7.5 LA TERMINADORA DE ASFALTO O PAVIMENTADORA

La máquina de extendido de la mezcla asfáltica se llama terminadora de asfalto, pavimentadora o finisher. Las pavimentadoras son máquinas automotrices diseñadas para colocar mezcla asfáltica con espesor, alineamientos, pendientes y anchos especificados. Las dos partes principales de una pavimentadora son la unidad de potencia o tractor y la unidad de potencia o engrase.

La unidad de potencia cuenta con una tolva de recepción en la parte delantera y un sistema de fajas, para mover la mezcla a través de un túnel por debajo de la planta de potencia, hacia atrás de la unidad. En su parte posterior la mezcla se deposita en la superficie a pavimentar y por medio de unos elementos helicoidales del tipo tornillo sin fin, se extiende el asfalto transversal y frontalmente, frente a la plataforma de acarreo.

Un par de brazos conectados a la unidad de tracción tiran de la unidad de acarreo por detrás del tractor. De esta forma se controla el ancho y la profundidad del asfalto colocado y se obtiene el acabado y la compactación inicial del material. Su

barra posterior define la calidad del concreto asfáltico colocado, su espesor y su curvatura o pendiente.

A continuación encontramos un cuadro comparativo mostrando las especificaciones entre los equipos disponibles en el mercado:

Esquema 13. Comparativo Terminadora de asfalto o Pavimentadora

Referencia terminadora	Motor	Potencia Neta (hp)	Velocidad	Tipo de arrastre	Ancho de pavimentación (m)
 http://www.cat.com/cda/layout?m=308680&x=7					
Finisher Cat AP1000	Caterpillar C7 with ACERT Technology	224	300 pies/min 5.5 km/hr	LLantas	2.44 a 3.05 m
 http://www.voegele.info/en/produkte/super_serie/radfertiger/super_1603-2/SUPER_1603-2_-_Einzelseite.php					
Finisher Voegele	PERKINS engine rated at 100kW	160	18 m/min 1.2 km/hr	Llantas	2.55 a 7.0 m

Las velocidades de las pavimentadoras de asfalto pueden variar entre 1 km/hr a 10 Km/h, aparentemente son velocidades lentas, pero para aplicación de mezcla son relativamente altas, tanto que el rendimiento en los procesos de instalación de carpeta asfáltica no están dados por la terminadora de asfalto, sino por la Los

aspectos la capacidad de producción de la planta asfáltica para abastecer la instalación de una manera constante y contar con las unidades de carga suficientes para no tener parada la terminadora de asfalto.

El rendimiento de las finisher está dado en función de:

$$R = V * F.E * e * L$$

Donde,

V= Velocidad m/hora

F.E.= Factor de efectividad adimensional, normalmente se trabaja con un 70%

e= Espesor de la carpeta aplicar en metros

L= Ancho de la maquina en metros

Ver Anexo A. Rendimientos de Equipos de Construcción

7.6 LAS VOLQUETAS

Las volquetas son quizás la maquinaria más utilizada en cualquier tipo de obra civil. Son vehículos automóviles que poseen un dispositivo mecánico para volcar la carga que transportan en un cajón que reposa sobre el chasis del vehículo.

La composición mecánica de la volqueta depende precisamente del volumen de material que pueda transportar el cajón. Por tal razón, este tipo de maquinaria de carga cumple una función netamente de transporte ya sea dentro de la misma obra o fuera de ella.

El tamaño y la capacidad de las volquetas son variables en los siguientes rangos:

Potencia en el volante.

Peso bruto vehicular.

Capacidad en volumen y peso.

Longitud.

Altura.

En la mayoría de los casos sus capacidades oscilan entre 10m^3 y 50m^3 , las volquetas utilizadas en la construcción de vías poseen entre 3 ejes, uno 1 delante de rueda sencilla que es direccional y dos 2 atrás de rueda doble que son motrices y los de 5 ejes, poseen uno delante de rueda sencilla, dos intermedios de rueda doble, que son motrices y dos atrás de rueda doble para apoyo de la caja.

La caja tiene forma rectangular, de sección constante. Existen volquetas de una caja que posee tapa en la cola y una visera en la parte delantera para protección durante las operaciones de cargue.

Se deben utilizar principalmente para el transporte, sobre vías en buen estado, de arena, grava, suelo seco y mezclas asfálticas.

Los usos generales de las volquetas son:

- Para transportar materiales desde los sitios de excavación hacia los terraplenes y botaderos.
- Para transporte de materiales desde las canteras hacia la planta de procesamiento.
- Para transportar materiales desde los prestamos hacia los terraplenes.
- Para transportar materiales desde la planta de procesamiento hacia los diferentes sitios de la vía en construcción.

Existen diferentes tipos de volquetas según el volumen de su tolva, según el número de ejes que posea y según su uso.

Las volquetas comúnmente utilizadas son las de 7 metros cúbicos llamadas sencillas, estas generalmente poseen solo dos ejes y se pueden utilizar para transporte interno o externo en la obra.

Generalmente, dentro de la obra son utilizadas para transportar cualquier tipo de material que por tiempo, por cantidad y por factibilidad, el ser humano no puede transportar.

El otro tipo de volquetas son las de 12 a 18 metros cúbicos, las cuales por el peso que representa para el vehículo transportar dicho volumen son de tres ejes y son más conocidas en el medio de la construcción como doble troques.

Esquema 14. Tipos de Volquetas

Tipo	Marca	Motor	Potencia Neta (hp)	Capacidad m ³
				
Sencilla	Hino 2010	Hino J08E-UD	247	4-7

Tipo	Marca	Motor	Potencia Neta (hp)	Capacidad m ³
 <p>http://www.freightlinertrucks.com/trucks/find-by-model/columbia/</p>				
Doble Troque	Freightliner's FLD SD 2008	Detroit Diesel Series	425	De 12 a 16 m ³
 <p>http://www.internationaltrucks.com/Trucks/Trucks/Series/WorkStar/7600/</p>				
Doble Troque	International 7600	Caterpillar diesel ACERT® C-13	395	De 12 a 16 m ³

Otros vehículos a los que también se les puede clasificar como volquetas a raíz del cajón que llevan son las maquinas más conocidas como mulas. Las cuales poseen cuatro o más ejes, también llamadas en nuestro medio tipo bañera o carboneras, Ver Fotografía 37.

Fotografía 41. Volqueta tipo Mula



Este tipo de Volquetas transportan de 30 a 70 metros cúbicos de material y son utilizadas cuando es necesario llevar algún tipo de material a lugares que se encuentran a gran distancia, son muy utilizadas en las grandes minas.

Las volquetas tipo Dumper: son las destinadas al transporte de materiales ligeros dotado de una caja, tolva o volquete basculante para la descarga. Difiere de los otros sistemas porque el basculado es de una rapidez muy superior que en una volqueta.

El dumper lleva colocada la carga sobre el eje trasero, lo que aumenta notablemente su peso adherente, si bien para soportar éste habrá que calzar neumáticos de mas sección; por tanto, los dumper tienen los neumáticos delanteros mucho menores que los traseros. Esto le permite también ascender fácilmente grandes pendientes sin patinar.

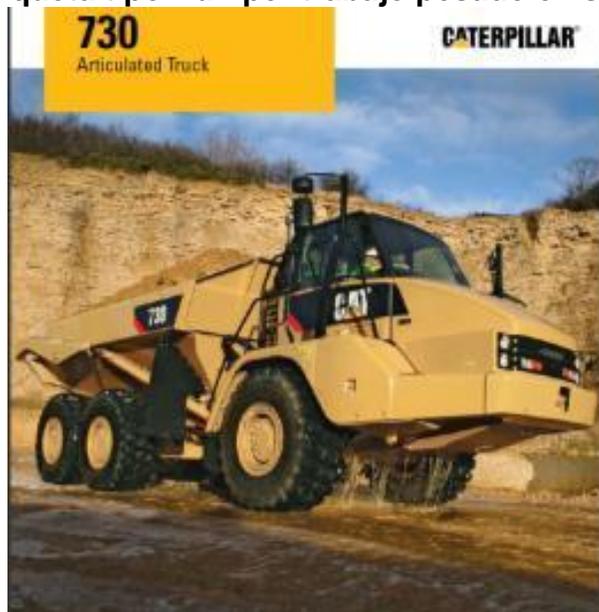
Otros tipos de volquetas o maquinaria para transporte de materiales son las Volquetas Mineras y las Dumpers, que por ser para trabajos muy específicos y poco usados en nuestras vías, no se detallaran en esta guía.

Fotografía 42. Volqueta Minera con capacidad de 30 a 50m³



<http://www.cat.com/cda/layout?m=271364&x=7>

Fotografía 43. Volqueta tipo Dumper trabajo pesado en sitios muy agrestes



<http://www.cat.com/cda/layout?m=172963&x=7>

8. COSTO HORARIO DE MAQUINARIA

El Costo horario de la maquinaria y del equipo es un aspecto importante en el análisis de costos para posteriormente fijar el precio unitario. En este capítulo se explican en forma sencilla los factores que se consideran para el cálculo de los costos horarios.

Esquema 15. Cargos para calcular el Costo horario de la maquinaria

Cargos fijos	Inversión.
	Depreciación.
	Seguros.
	Almacenaje.
	Mantenimiento
Cargos por consumo	Combustible.
	Llantas.
	Lubricantes.
Cargos por operación	Mano de obra
Cargos por transporte	Fletes

8.1 CARGOS FIJOS

Son cargos que ayudan a determinar el costo horario independientemente de que el equipo o maquinaria esté operando o inactivo.

Inversión: Es el cargo equivalente a los intereses del capital, invertido en maquinaria.

Depreciación: Es el resultado de la disminución del valor original de la maquinaria como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica.

Seguros: Se refiere a los posibles accidentes de trabajo como podría ser la destrucción imprevista de un equipo, es un riesgo que se puede cubrir a través de la compra de un seguro o que la empresa decida absorber ese gasto funcionando como autoaseguramiento.

Almacenaje: El equipo requiere de un almacenamiento en las épocas en que está inactivo, por lo tanto habrá que considerar los gastos correspondientes a la renta o amortización, manteniendo en las bodegas o patios de guarda la vigilancia necesaria. Este concepto último se puede considerar dentro de los costos indirectos.

Mantenimiento: Es necesario mantener los equipos en las mejores condiciones de operación, con el fin de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica. Por lo tanto el mantenimiento es fundamental para este fin.

8.2 CARGOS POR CONSUMO

Estos cargos son los que consideran cuando el equipo está en funcionamiento, ya que requiere entonces del consumo de combustibles, lubricantes y llantas.

Llantas: Se considera este cargo sólo para aquella maquinaria en la cual al calcular su depreciación se haya deducido el valor de las llantas del valor inicial de la misma.

Combustible: Es el derivado de todas las erogaciones originales de los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan al desarrollar trabajo. En el ANEXO B se adjunto las tablas de consumo de combustible suministradas por la Empresa *Procopal S.A.*

Lubricantes: Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceite, incluye los costos necesarios para el suministro y puesta en la unidad.

En el estudio de combustibles y lubricantes se debe tener en cuenta:

- Que el consumo de combustibles y de una máquina de combustión interna es uno de los elementos que toma en cuenta para la determinación de los costos de hora máquina.
- Que el consumo de combustible horario es función de gran número de factores no fácilmente mensurable, entre los que pueden citarse: potencia de la máquina, ciclo de trabajo efectivo, experiencia de los operadores, condiciones mecánicas de diseño y operación, altura sobre el nivel del mar a la que operan etcétera.
- Que de acuerdo a lo expuesto arriba, es deseable obtener el consumo de combustible horario mediante medición directa del mismo, lo cual es muy difícil que lo hagan los analistas de costos y precios unitarios.
- Que existe un grupo de máquinas cuyos ciclos de trabajo efectivo se puede considerar cuantitativamente del mismo orden.

8.3 CARGOS POR OPERACIÓN

La mano de obra es el costo que se deriva de las erogaciones que hace la empresa por concepto del pago de los salarios del personal encargado de la operación de la máquina por hora efectiva de la misma.

8.4 CARGOS POR TRANSPORTE

Este cargo se refiere al costo del flete el cual se calcula por el costo horario correspondiente a fletes por equipo y por obra de acuerdo a la siguiente ecuación:

CHF = CF / HO Donde:

CHF = Costo horario de fletes.

CF = Costo total del flete (redondo: ida y vuelta).

HO = Horas de utilización del equipo en esa obra.

8.5 MANUAL DE TARIFAS DE ARRENDAMIENTO PARA EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN

La Cámara Colombiana de la Infraestructura CCI, a través de su departamento técnico, continúa prestando el servicio en formato digital del cálculo de las tarifas de arrendamiento para equipos de construcción, siguiendo la estructura de costos planteada en el manual que publicaba anualmente ACIC.

El software “Tarifas de Arrendamiento para Equipos de Construcción” Consiste en una plataforma interactiva, en donde el usuario encontrará más de 6.000 máquinas clasificadas en 34 categorías, donde podrá escoger la marca y el modelo de su preferencia. Como novedad este software podrá suministrar los datos en tiempo real para la realización del cálculo de las tarifas, como Tasa Representativa del Mercado (TRM), los valores de combustibles (ACPM y gasolina) y lubricantes. Inmediatamente el programa arroja un reporte con las principales características de la máquina y las tarifas discriminadas en tarifa horaria, diaria, semanal y mensual, el cual puede ser exportado a otras aplicaciones como Excel, Word y Pdf.

El link para obtener información sobre éste software es:

<http://www.infraestructura.org.co/cd.php>

En el ANEXO C se encuentran los cálculos del costo horario de varias máquinas según el software “Tarifas de Arrendamiento para Equipos de Construcción”.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de grandes proyectos de viales requiere de una planeación e información adecuada que apoye la toma de decisiones en cuanto a las diferentes alternativas, del tipo de maquinaria y equipos a escoger para ejecutar este tipo de obras.

El proceso de evaluación de la maquinaria a escoger para un proyecto vial consiste básicamente en comparar diferentes panoramas financieros los beneficios y los costos de la adquisición de maquinaria, los resultados se expresan en resultados numéricos que permiten conclusiones cuantificables; sin embargo, no por ello son precisas y excluyentes.

A lo largo del análisis se introducen datos sujetos a un cierto grado de imprecisión o supuestos que no necesariamente se tienen que cumplir. Por otra parte, diversas variables son proyectadas a posteriori y toda proyección futura es incierta.

El mejor método para utilizar evaluar la maquinaria a escoger para la construcción para los proyectos viales será el que produzca el menor precio unitario, el cual es una combinación de costos bajos de operación y altos rendimientos de la maquinaria.

Sin embargo, en cada caso deberá analizarse detalladamente, la flexibilidad del proceso en cuanto a los efectos derivados de los imprevistos y la maquinaria que posea el contratista.

La selección adecuada de los equipos a emplear garantizará el cumplimiento de los plazos de obra, cuando todo el conjunto de la obra se ejecute con rendimientos apropiados en todas las etapas constructivas, la obra se comporta como una

cadena, donde el eslabón más débil (en nuestro caso el más lento) determina la eficiencia del conjunto.

Para realizar una correcta selección de equipos se debe considerar un amplio espectro de factores, entre los que se puede citar estudio del proyecto a construir con sus distintas estructuras básicas, los materiales disponibles, los rendimientos parciales para la ejecución esperados, las exigencias de calidad, la versatilidad de los equipos preseleccionados para cada trabajo, su rentabilidad, etc.

Los rendimientos de la maquinaria para construcción de proyectos viales son el resultado de condiciones de trabajo y operación muy particulares de cada proyecto, por lo que recomendamos llevar un registro propio de los rendimientos obtenidos, puesto que las condiciones de una obra son muy variadas e inestables, dichos registro proporcionan al ingeniero las herramientas para proveer y proyectar programas de trabajo futuros.

Es importante registrar los consumos de combustibles, lubricantes, etc. Ya que estos datos servirán para calcular unos costos horarios de maquinaria más ajustados, dando mayor margen de seguridad que llevara al contratista a tener mayor utilidad

BIBLIOGRAFÍA

BAÑÓN BLAZQUEZ, Luis y BEVIÁ GARCÍA, José F. Manual de Carreteras. Alicante, Ed. Enrique Ortiz e Hijos. 2000. 390p.

BRUUN Erik and KEITH Buzzy, Heavy Equipment, Singapore, Ed Tess Press, 2004. 127p.

CAPACHI, Nicholas E. Excavation & Grading Handbook, Carlsbad, Ed. Craftsman Book Company. 2005. 380p.

DÍAZ DEL RICO, Manuel. Manual de Maquinaria de Construcción. Editorial Mc Graw Hill, España, 2001

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras Santafé de Bogotá D.C. INVIAS, 2006

ZAPATA, Edgard, Notas de Clase, Construcción de Vías, Especialización en Vías y Transportes, Universidad de Medellín, 2010

Catálogos de los equipos suministrados por:

CONALQUIP, Carrera 41 No. 31-83, Itagüí, PBX (4) 4484939, Antioquia, Colombia.

GECOLSA, Carrera 48 No. 55 sur 56, Sabaneta, Teléfono (4) 448 52 00, Antioquia, Colombia.

RODRIGUEZ Y LONDOÑO, Carrera 43F No. 18 – 142, Teléfono (4) 369 56 50, Antioquia, Colombia.

VOLVO – CHANEME, Carrera 48 No. 16-45, Teléfono (4) 2662622, Antioquia, Colombia.

Sitios en la Web:

<http://ingesite.com/construccion/info/equipoinfo/>

<http://www.potenciahoy.es/>

<http://www.ruralroads.org/meconst.html/>

<http://.icc.ucv.cl/obrasviales/temariomaquinas.htm/>

<http://www.maquinaria/construcción/.com/>

<http://www.caterpillar.com>

<http://www.komatsu.com>

<http://www.volvo.com>

<http://www.cat.com>

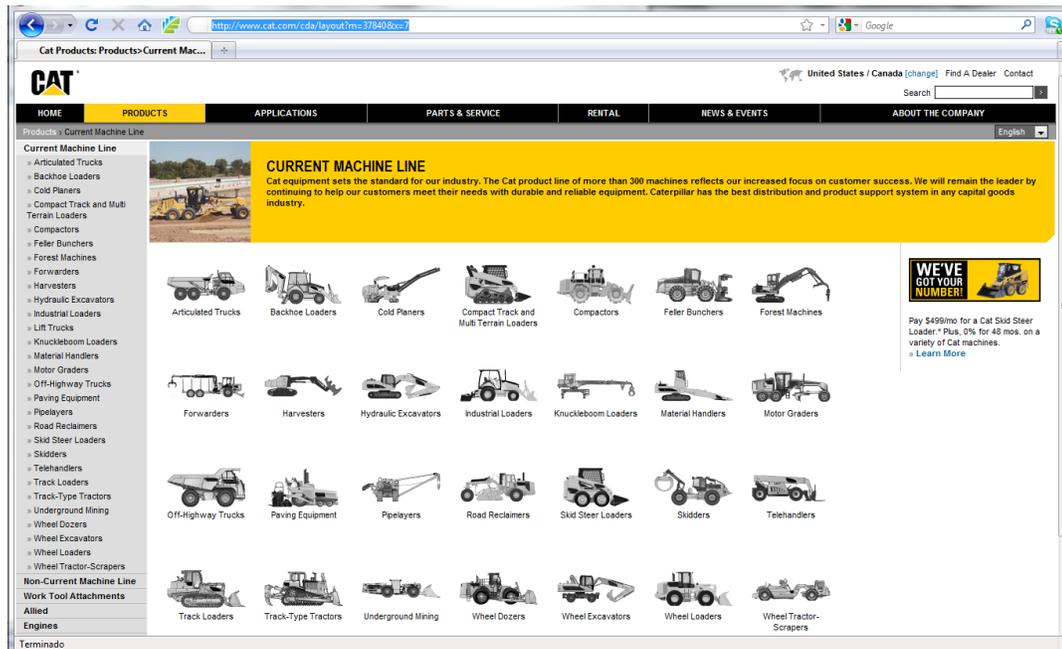
<http://www.johndeere.com>

ANEXOS

ANEXO A.
TABLAS DE RENDIMIENTOS

Los siguientes rendimientos fueron tomados de la pagina Web de la marca Caterpillar.

<http://www.cat.com/cda/layout?m=37840&x=7>



Y ajustados aproximadamente a nuestras condiciones con las entrevistas que se hicieron a los diferentes Ingenieros en las obras visitadas.

Estos rendimientos deben tomarse como una guía teórica porque hay otros factores menos directos que influyen en el funcionamiento y productividad de las máquinas, pero no es posible mostrarlos en tablas ni gráficas.

Son ejemplos de esto el clima, la accesibilidad a la zona, la facilidad de servicio, la disponibilidad de piezas de repuesto y muy importante el operador.

RENDIMIENTOS BULLDOZER DE ORUGAS

EQUIPO	POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	RENDIMIENTO
CAT D9L	460 HP	Excavación en tierra	160 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	130 m3/hr
		Exc. Roca con voladura	100 m3/hr
CAT D8L	400 HP	Excavación en tierra	80 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	70 m3/hr
		Exc. Roca con voladura	50 m3/hr
CAT D8K	300 HP	Excavación en tierra	80 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	60 m3/hr
		Exc. Roca con voladura	50 m3/hr
CAT D7G	200 HP	Excavación en tierra	50 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	40 m3/hr
		Exc. Roca con voladura	30 m3/hr
CAT D6D	140 HP	Excavación en tierra	30 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	30 m3/hr
		Exc. Roca con voladura	20 m3/hr

RENDIMIENTOS MOTONIVELADORA

MODELO	POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	Espesor	RENDIMIENTO	Unidades
CAT 120 G	125 HP	Acabado de Sub-Rasante		400	m2/hr
		Conformación de Terraplén	30 cm	130	m3/hr
		Subbase Seleccionada	15 cm	350	m2/hr
		Subbase Seleccionada	20 cm	320	m2/hr
		Base granular	15 cm	310	m2/hr
		Base granular	20 cm	290	m2/hr
		Escarificado		430	m2/hr
		Acabado de Sub-Rasante		420	m2/hr
CAT 140 G	140 HP	Conformación de Terraplén	30 cm	140	m3/hr
		Subbase Seleccionada	15 cm	380	m2/hr
		Subbase Seleccionada	20 cm	340	m2/hr
		Base granular	15 cm	330	m2/hr
		Base granular	20 cm	300	m2/hr
		Escarificado		460	m2/hr
		Acabado de Sub-Rasante		450	m2/hr
		CAT 14 G	180 HP	Conformación de Terraplén	30 cm

MODELO	POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	Espesor	RENDIMIENTO	Unidades
		Subbase Seleccionada	15 cm	400	m2/hr
		Subbase Seleccionada	20 cm	360	m2/hr
		Base granular	15 cm	350	m2/hr
		Base granular	20 cm	320	m2/hr
		Escarificado		490	m2/hr

RENDIMIENTOS EXCAVADORAS HIDRAULICAS

MODELO	POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	CAPACIDAD CUCHARON	RENDIMIENTO
CAT 215	90 HP	Excavación en tierra		90 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	0,7 m3	50 m3/hr
		Exc. Roca con voladura		30 m3/hr
		Excavación en tierra		100 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	0,9 m3	60 m3/hr
		Exc. Roca con voladura		40 m3/hr
CAT 225	125 HP	Excavación en tierra		130 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	1,1 m3	70 m3/hr
		Exc. Roca con voladura		50 m3/hr
CAT 235	195 HP	Excavación en tierra		150 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	1,3 m3	90 m3/hr
		Exc. Roca con voladura		60 m3/hr
		Excavación en tierra		170 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	1,5 m3	100 m3/hr
		Exc. Roca con voladura		70 m3/hr
		Excavación en tierra		200 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	17 m3	110 m3/hr
		Exc. Roca con voladura		80 m3/hr

MODELO	POTENCIA	TIPO DE TRABAJO	CAPACIDAD CUCHARON	RENDIMIENTO
		Excavación en tierra		220 m3/hr
		Exc. Mat. Heterogéneo	1,9 m3	130 m3/hr
		Exc. Roca con voladura		90 m3/hr

RENDIMIENTOS MOTONIVELADORAS

MODELO	POTENCIA (HP)	TIPO DE TRABAJO	Espesor (cm)	RENDIMIENTO	Unidades
CAT 120 G	125 HP	Acabado de Sub-Rasante		400	m2/hr
		Conformación de	30	130	m3/hr
		Terraplén			
		Subbase Seleccionada	15	350	m2/hr
		Subbase Seleccionada	20	320	m2/hr
		Base granular	15	310	m2/hr
		Base granular	20	290	m2/hr
		Escarificado		430	m2/hr
CAT 140 G	140 HP	Acabado de Sub-Rasante		420	m2/hr
		Conformación de	30	140	m3/hr
		Terraplén			
		Subbase Seleccionada	15	380	m2/hr
		Subbase Seleccionada	20	340	m2/hr
		Base granular	15	330	m2/hr
		Base granular	20	300	m2/hr
		Escarificado		460	m2/hr
CAT 14 G	180 HP	Acabado de Sub-Rasante		450	m2/hr
		Conformación de	30	150	m3/hr
		Terraplén			

MODELO	POTENCIA (HP)	TIPO DE TRABAJO	Espesor (cm)	RENDIMIENTO	Unidades
		Subbase Seleccionada	15	400	m2/hr
		Subbase Seleccionada	20	360	m2/hr
		Base granular	15	350	m2/hr
		Base granular	20	320	m2/hr
		Escarificado		490	m2/hr

RENDIMIENTOS ESPERADOS DE RODILLOS AUTO PROPULSADOS

Actividad: Compactación de material suelto

EQUIPO	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD (Ton)	RENDIMIENTO	Unidades
CA-15 LISO	101 HP	6,58	160	m3/hr
CA-15 PC	108 HP	7,4	140	m3/hr
CA-25 LISO	127 HP	9	210	m3/hr
CA-25D LISO	125 HP	9,4	210	m3/hr
CA-25 PC	125 HP	11,1	180	m3/hr
CC-43 TANDEM	140 HP	10,1	180	m3/hr

RENDIMIENTOS ESPERADOS DE TERMINADORAS DE ASFALTO

Actividad: Instalación de Carpeta Asfáltica

El rendimiento de las finisher está dado en función de:

$$R = V * F.E * e * L$$

Donde,

V= Velocidad m/hora

F.E.= Factor de efectividad a dimensional, normalmente se trabaja con un 70%

e= Espesor de la carpeta aplicar en metros

L= Ancho de la maquina en metros

MODELO	POTENCIA (HP)	V (m/hr)	f.e.	Espesor (m)	L (m)	RENDIMIENTO (m3/hr)	RENDIMIENTO (ton/hr)
Finisher Cat AP1000	125 HP	80	0.7	0.05	3.0	8.4	14.28
				0.10	3.0	16.8	28.56
				0.15	3.0	25.2	42.84
				0.20	3.0	33.6	57.12

ANEXO B.

Consumos de Combustible (ACPM)

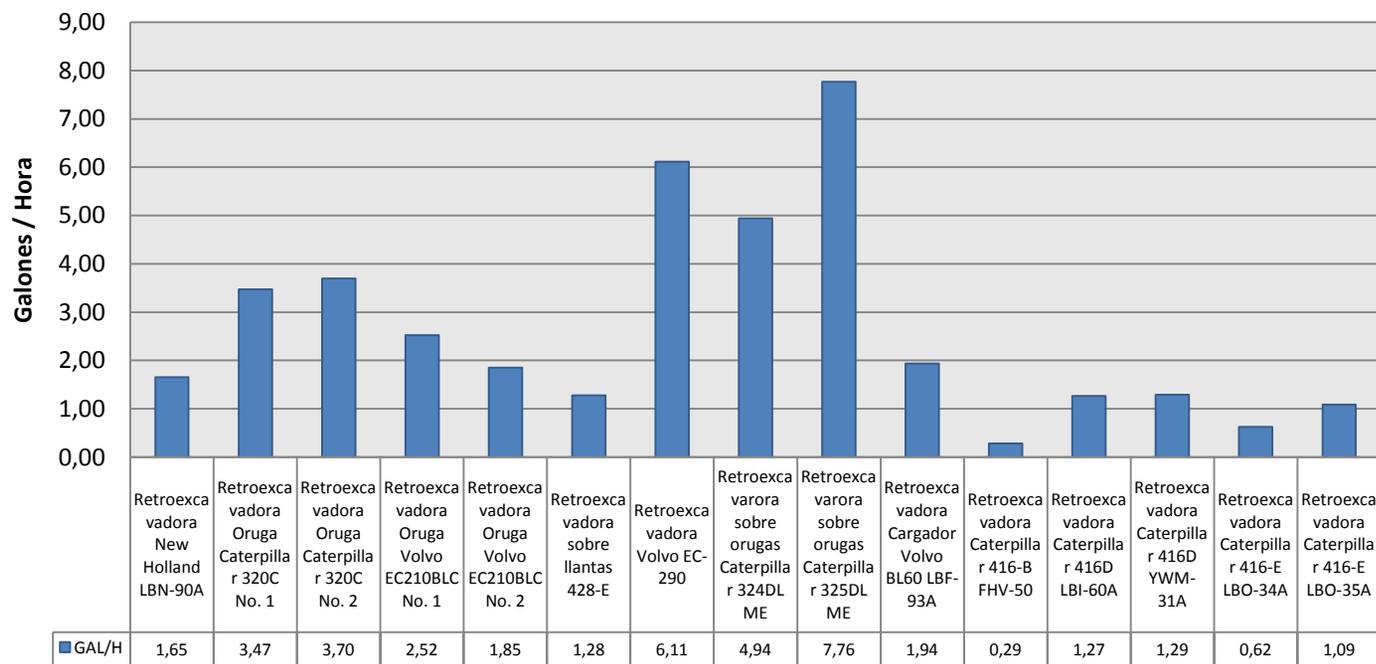
El cargo por combustible es un elemento representativo al momento de obtener una tarifa real de los costos horarios de los equipos. En este anexo ilustramos un estudio detallado hecho por la firma Constructora de Vías y Carreteras Procopal S.A., de los consumos horarios de los equipos de su propiedad.

CONSUMOS PROMEDIOS DE ACPM POR EXCAVADORA HIDRÁULICA

Consumo de combustible (ACPM), galones por hora de diferentes Retroexcavadoras de llantas:

RETROEXCAVADORAS	Galones/ Hora
Retroexcavadora New Holland LBN-90A	1.65
Retroexcavadora Oruga Caterpillar 320C No. 1	3.47
Retroexcavadora Oruga Caterpillar 320C No. 2	3.70
Retroexcavadora Oruga Volvo EC210BLC No. 1	2.52
Retroexcavadora Oruga Volvo EC210BLC No. 2	1.85
Retroexcavadora sobre llantas 428-E	1.28
Retroexcavadora Volvo EC-290	6.11
Retroexcavadora sobre orugas Caterpillar 324DL ME	4.94
Retroexcavadora sobre orugas Caterpillar 325DL ME	7.76
Retroexcavadora Cargador Volvo BL60 LBF-93A	1.94
Retroexcavadora Caterpillar 416-B FHV-50	0.29
Retroexcavadora Caterpillar 416D LBI-60A	1.27
Retroexcavadora Caterpillar 416D YWM-31A	1.29
Retroexcavadora Caterpillar 416-E LBO-34A	0.62
Retroexcavadora Caterpillar 416-E LBO-35A	1.09

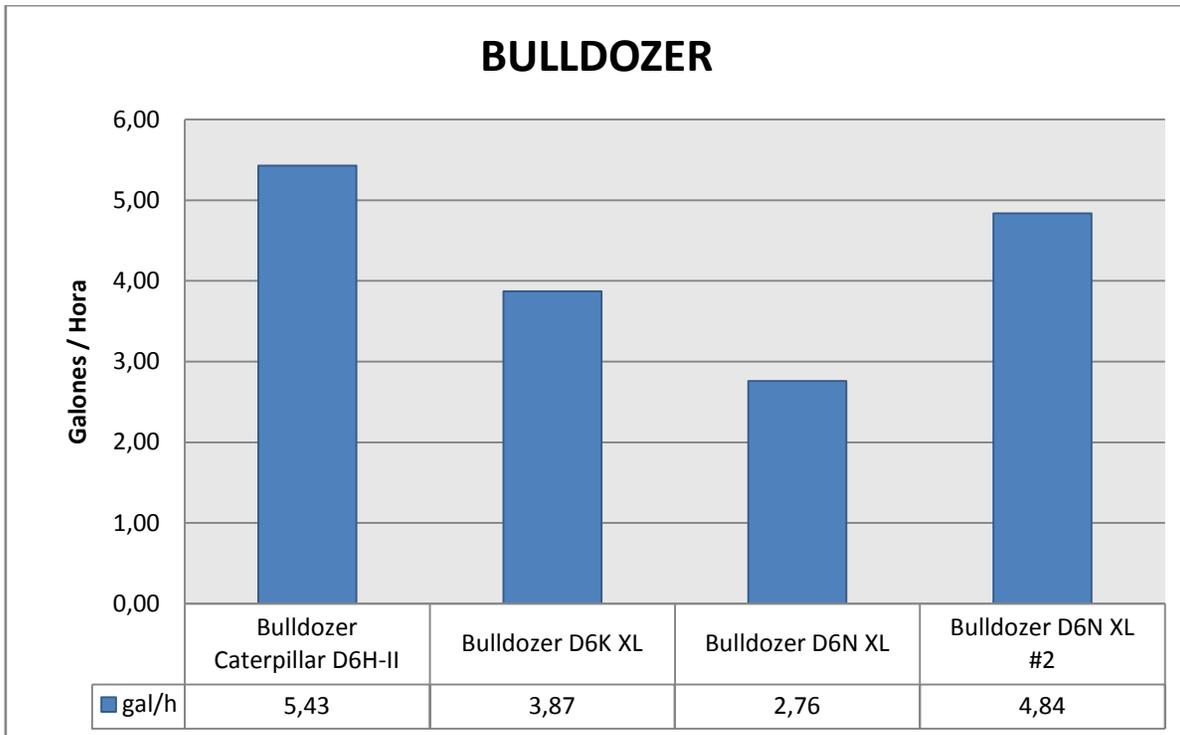
RETROEXCAVADORA



CONSUMOS PROMEDIOS DE ACPM POR BULLDOZER

Cuadro de análisis del consumo de combustible (ACPM) por hora medidos a equipos Caterpillar:

BULLDOZER	Galones / Hora
Bulldozer Caterpillar D6H-II	5.43
Bulldozer D6K XL	3.87
Bulldozer D6N XL	2.76
Bulldozer D6N XL #2	4.84

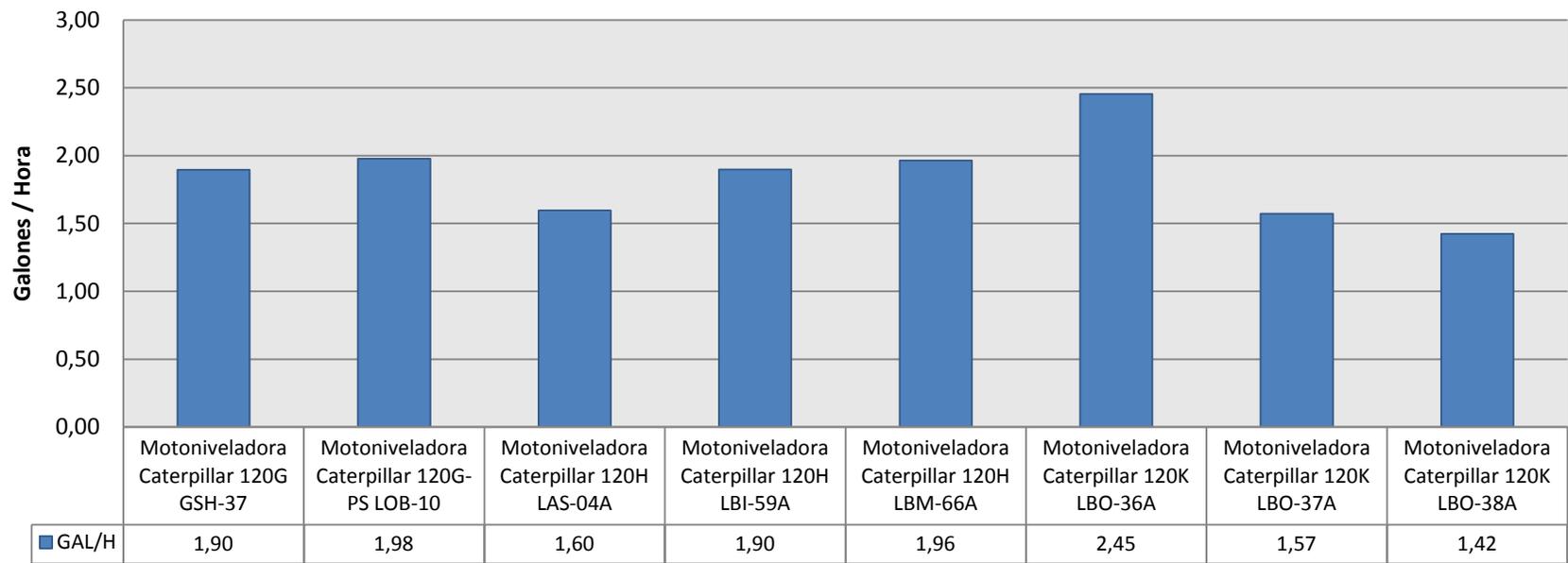


CONSUMOS PROMEDIOS DE ACPM POR MOTONIVELADORAS

Cuadro del consumo de combustible (ACPM), galones por hora:

MOTONIVELADORAS	Galones / Hora
Motoniveladora Caterpillar 120G GSH-37	5.43
Motoniveladora Caterpillar 120G-PS LOB-10	1.98
Motoniveladora Caterpillar 120H LAS-04A	1.60
Motoniveladora Caterpillar 120H LBI-59A	1.90
Motoniveladora Caterpillar 120H LBM-66A	1.96
Motoniveladora Caterpillar 120K LBO-36A	2.45
Motoniveladora Caterpillar 120K LBO-37A	1.57
Motoniveladora Caterpillar 120K LBO-38A	1.42

MOTONIVELADORAS

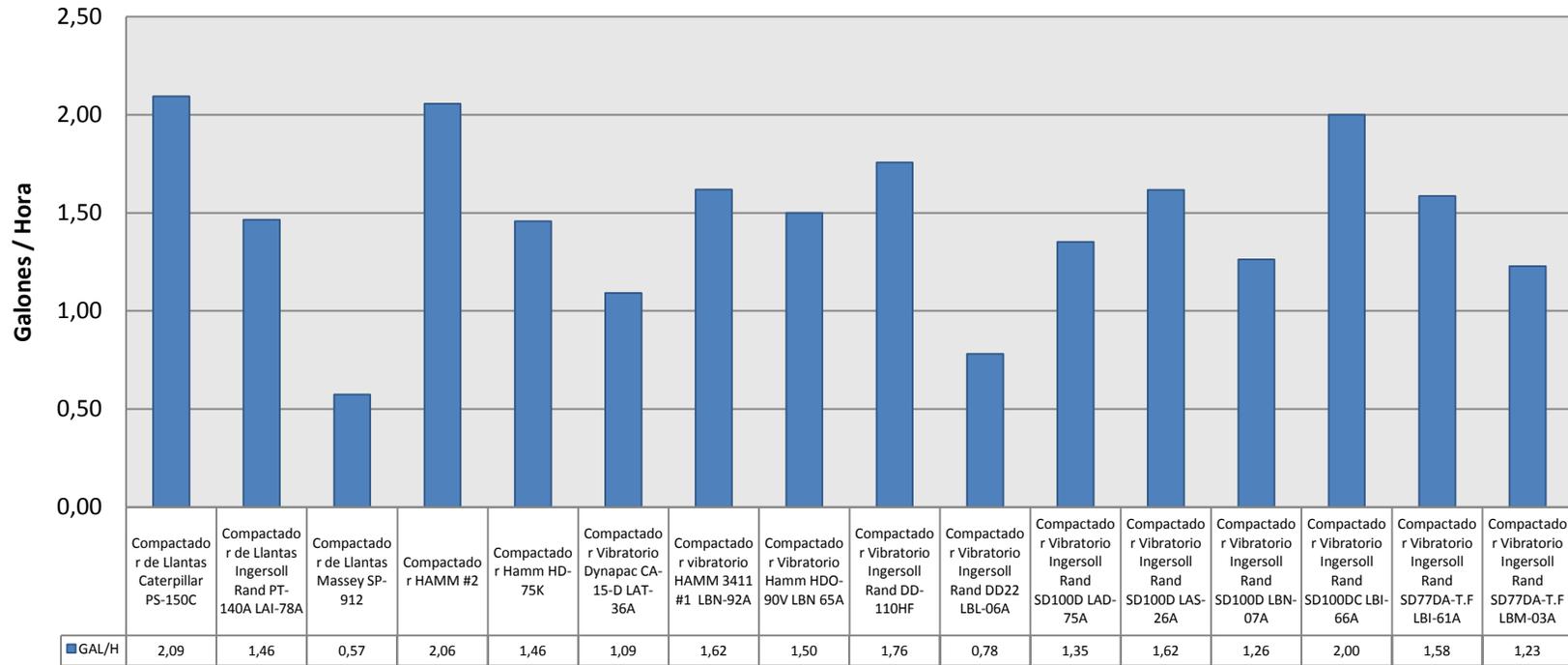


CONSUMOS PROMEDIOS DE ACPM POR COMPACTADORES

Cuadro de análisis del consumo de combustible (ACPM) por hora medidos a varios compactadores:

COMPACTADORES	Galones / Hora
Compactador de Llantas Caterpillar PS-150C	2.09
Compactador de Llantas Ingersoll Rand PT-140A LAI-78A	1.46
Compactador de Llantas Massey SP-912	0.57
Compactador HAMM #2	2.06
Compactador Hamm HD-75K	1.46
Compactador Vibratorio Dynapac CA-15-D LAT-36A	1.09
Compactador vibratorio HAMM 3411 #1 LBN-92A	1.62
Compactador Vibratorio Hamm HDO-90V LBN 65A	1.50
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand DD-110HF	1.76
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand DD22 LBL-06A	0.78
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand SD100D LAD-75A	1.35
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand SD100D LAS-26A	1.62
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand SD100D LBN-07A	1.26
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand SD100DC LBI-66A	2.00
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand SD77DA-T.F LBI-61A	1.58
Compactador Vibratorio Ingersoll Rand SD77DA-T.F LBM-03A	1.23

COMPACTADORES

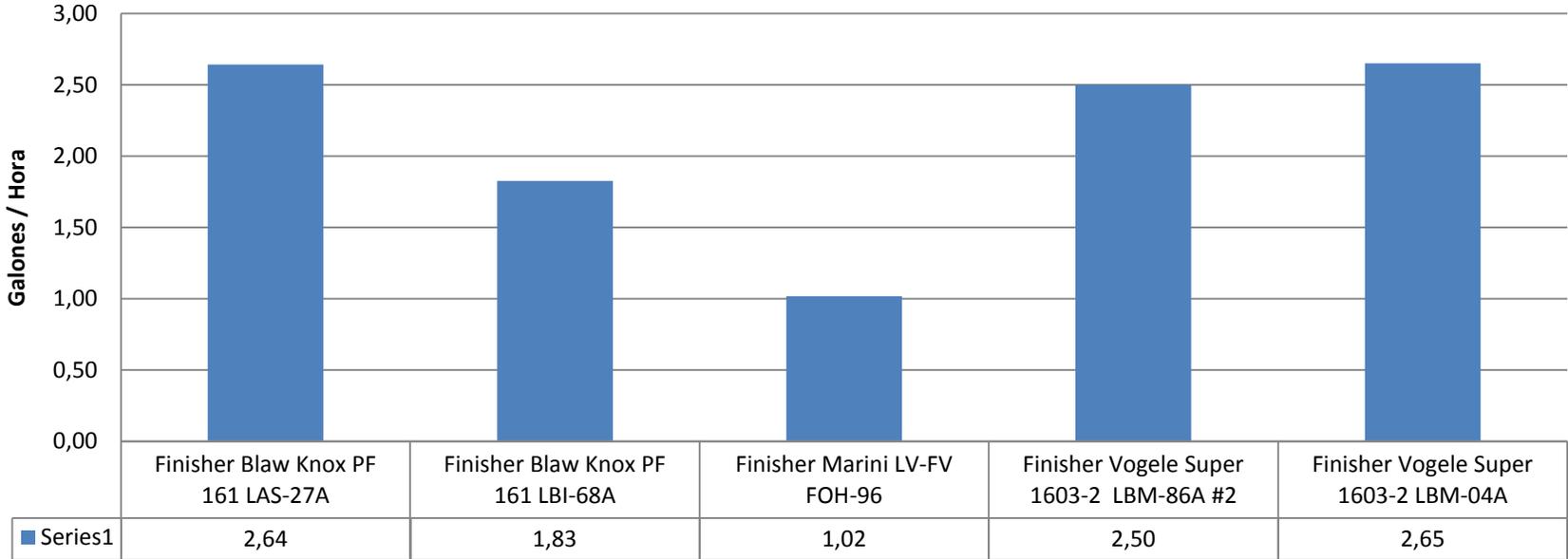


CONSUMOS PROMEDIOS DE ACPM POR TERMINADORAS DE ASFALTO

Cuadro de análisis del consumo de combustible (ACPM) por hora medidos a varios compactadores:

FINISHER	Galones / Hora
Finisher Blaw Knox PF 161 LAS-27A	2.64
Finisher Blaw Knox PF 161 LBI-68A	1.83
Finisher Marini LV-FV FOH-96	1.02
Finisher Voegele Super 1603-2 LBM-86A #2	2.50
Finisher Voegele Super 1603-2 LBM-04A	2.65

FINISHER



ANEXO C.

Tarifas de Arrendamiento CCI

Listado de Maquinaria de la cual se tiene análisis de costo horario

No.	Bulldozer	Marca Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Capacidad Hoja (m3)	Año Fabricación	Valor Hora
1	D85 LT	New Holland	85	8,5 a 9,2	1,6 a 2,0	2008	111.856
2	D9T	Caterpillar	410	10,9	28,3	2009	578.184
3	D6H	Caterpillar	170	19.8	3,7	1990	107.276

No.	Excavadora	Marca Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Capacidad del Balde (m3)	Año Fabricación	Valor Hora
4	EC210 BLC	Volvo D6D	143 HP a 1900 rpm	21,3 a 22,3 Ton	0,75 a 1,55 m3	2007	137.023
5	SK210LC	KOBELCO F4G39684E – J6	150 HP a 2000 rpm	21,7 Ton	0,48 a 1,4 m3	2007	37.327
6	320D	Caterpillar	148 HP	20,33 Ton	0.9	2009	135.945
7	R320LC-7	HYUNDAY	232 HP	33 Ton	1.5 m3	2008	214.735
8	CAT 416E	Caterpillar	76 HP	6.79	0.76 m3	2009	81.433

	Motoniveladora	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Ancho de la Hoja (m)	Año Fabricación	Valor Hora
9	CAT 120H	Caterpillar	138	31.8	3.66 m	2007	130.000
10	New Holland 140.B	Cummins	140	14.3	2.76m	2003	112.178

	Tipo y Marca Compactador	Referencia	Motor	Potencia Neta (hp)	Peso Operacional (Ton.)	Año Fabricación	Valor Hora
11	Patecabra Dynapac	CT-262	Cummins QSB 6.7 T3	215	47	2009	287.008
12	Patecabra CAT	815B	Cat® C9 ACERT™	232	20.76	1997	141.358
13	Vibratorio Dynapac	CA141D	John Deere	84	5.9	2008	79.867
14	Compactador de llantas Caterpillar	PS-150C	CAT 3054C	100	12.9	2008	78.648
15	Vibratorio Ingersoll Rand	SD100D LAD-75A	4 CYL CUMMINS	99	7	1995	101.198

	Terminadora	Motor	Potencia Neta (hp)	Tipo de arrastre	Ancho de pavimentación (m)	Año Fabricación	Valor Hora
16	Finisher Cat AP1000	Caterpillar C7 with ACERT Technology	224	LLantas	2.44 a 3.05 m	1999	87.519
17	Finisher Vogeles 2111W	DIESEL	107	LLantas	2.44 a 9.0 m	2007	155.961

	Tipo Volqueta	Marca y Modelo	Motor	Potencia Neta (hp)	Capacidad del Cajon	Año Fabricación	Valor Hora
18	Doble Troque	International 4300	Caterpillar diesel ACERT® C-13	195	De 12 a 14 m3	2010	87.271
19	Doble Troque	Kodiak	Diesel Series	250	De 12 a 16 m3	2010	95.965

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:15:20p.m.

Categoría TRACTORES SOBRE ORUGAS Y RIPPERS

Subcategoría Bulldozer estándar sobre orugas

Fabricante New Holland

Modelo D85 LT

Año 2.008

Precio (\$USD) \$ 104.568

Precio (\$COL) \$ 280.348.402,08

TRM \$ 1.831,00

Peso 18900 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 0

Potencia Neta (HP) 84,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

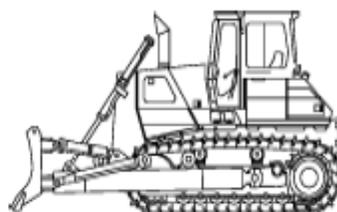
Tamaño

Tipo PAT

Tamaño de Llantas N/A

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 11.149,00

Ayudante \$ 5.377,00

Mano de Obra \$ 18.526,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	2,84	1,10	\$ 21.081,06
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1,10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,05	1,10	\$ 2.178,00
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,02	1,10	\$ 968,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,01	1,10	\$ 555,50
GRASA	\$ 6.017,00	0,03	1,10	\$ 198,56
TOTAL				\$ 26.261,19

Filtros: \$ 5.252,24

Costo de Propiedad: \$ 37.796,58

Tarifa Directa Horaria: \$ 111.855,86

Tarifa Directa Semanal: \$ 2.450.550,84

Reparaciones: \$ 26.019,84

Costo de Operación: \$ 74.059,27

Tarifa Directa Diaria: \$ 805.362,17

Tarifa Directa Mensual: \$ 8.576.927,94

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:10:55p.m.

Categoría TRACTORES SOBRE ORUGAS Y RIPPERS

Subcategoría Bulldozer estándar sobre orugas

Fabricante Caterpillar

Modelo D9T

Año 2.009

Precio (\$USD) \$ 885.425

Precio (\$COL) \$ 1.837.670.611,68

TRM \$ 1,831.00

Peso 105600 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 0

Potencia Neta (HP) 405,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

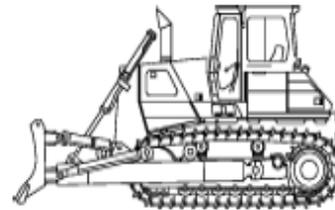
Tamaño

Tipo Semi-U

Tamaño de Llantas N/A

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 11.149,00

Ayudante \$ 5.377,00

Mano de Obra \$ 16.526,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	13,69	1.10	\$ 101.640,83
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.600,00	0,24	1.10	\$ 10.454,40
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,06	1.10	\$ 2.904,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,05	1.10	\$ 2.777,50
GRASA	\$ 6.017,00	0,06	1.10	\$ 397,12
TOTAL				\$ 119.453,92

Filtros: \$ 23.890,78

Costo de Propiedad: \$ 247,754,75

Tarifa Directa Horaria: \$ 578.184,26

Tarifa Directa Semanal: \$ 16.063.240,53

Reparaciones: \$ 170.558,80

Costo de Operación: \$ 330.429,50

Tarifa Directa Diaria: \$ 4.162.926,64

Tarifa Directa Mensual: \$ 56.221.341,86

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:13:43p.m.

Categoría TRACTORES SOBRE ORUGAS Y RIPPERS

Subcategoría Bulldozer estándar sobre orugas

Fabricante Caterpillar

Modelo D6H

Año 1.990

Precio (\$USD) \$ 50.505

Precio (\$COL) \$ 135.407.308,23

TRM \$ 1.831,00

Peso 36974 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 0

Potencia Neta (HP) 165,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

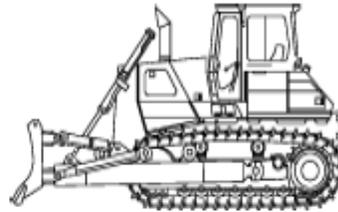
Tamaño

Tipo Straight

Tamaño de Llantas N/A

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 11.149,00

Ayudante \$ 5.377,00

Mano de Obra \$ 16.526,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	5,58	1.10	\$ 41.409,23
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,10	1.10	\$ 4.356,00
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1.10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,02	1.10	\$ 1.111,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,05	1.10	\$ 330,94
TOTAL				\$ 49.939,23

Filtros: \$ 9.987,85

Costo de Propiedad: \$ 18.255,61

Tarifa Directa Horaria: \$ 107.276,18

Tarifa Directa Semanal: \$ 1.183.607,20

Reparaciones: \$ 12.567,49

Costo de Operación: \$ 89.020,57

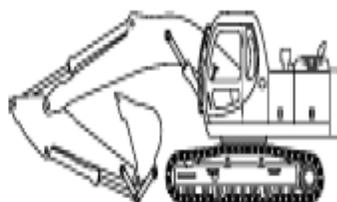
Tarifa Directa Diaria: \$ 772.388,50

Tarifa Directa Mensual: \$ 4.142.625,19

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:17:36p.m.

Categoría	EXCAVADORAS HIDRAULICAS
Subcategoría	Excavadoras hidráulicas sobre orugas
Fabricante	Volvo
Modelo	EC210B LC
Año	2.007
Precio (\$USD)	\$ 167.778
Precio (\$COL)	\$ 449.818.761,42
TRM	\$ 1.831,00
Peso	47540 lbs
Tipo de Motor	Diesel
Valor Llantas	\$ 0
Potencia Neta (HP)	143,00
Potencia (HP)	0,00
Potencia Bruta (HP)	0
Capacidad Cubo/Cuchara	1,16 cy
Capacidad	N/A
Tamaño	
Tipo	
Tamaño de Llantas	N/A
Tamaño de Llantas Delanteras	N/A
Tamaño de Llantas Traseras	N/A



Altura	
Longitud (m)	9'6"
Ancho	
Profundidad	
Diametro	
Operario	\$ 12.607,00
Ayudante	\$ 5.377,00
Mano de Obra	\$ 17.984,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	3,72	1.10	\$ 27.806,15
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,08	1.10	\$ 3.484,80
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1.10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,02	1.10	\$ 1.111,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,15	1.10	\$ 992,81
TOTAL				\$ 35.926,83

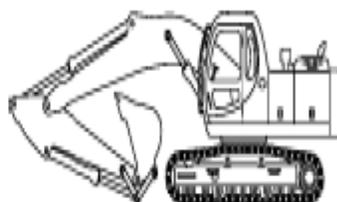
Filtros:	\$ 7.185,37
Costo de Propiedad:	\$ 48.094,62
Tarifa Directa Horaria:	\$ 137.023,35
Tarifa Directa Semanal:	\$ 2.915.602,86

Reparaciones:	\$ 27.832,54
Costo de Operación:	\$ 88.928,73
Tarifa Directa Diaria:	\$ 986.568,10
Tarifa Directa Mensual:	\$ 10.204.610,01

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:20:14p.m.

Categoría	EXCAVADORAS HIDRAULICAS
Subcategoría	Excavadoras hidráulicas sobre orugas
Fabricante	Kobelco
Modelo	SK210LC
Año	2.007
Precio (\$USD)	\$ 225.410
Precio (\$COL)	\$ 604.339.399,03
TRM	\$ 1.831,00
Peso	47000 lbs
Tipo de Motor	Diesel
Valor Llantas	\$ 0
Potencia Neta (HP)	148,00
Potencia (HP)	0,00
Potencia Bruta (HP)	0
Capacidad Cubo/Cuchara	1,13 cy
Capacidad	N/A
Tamaño	
Tipo	
Tamaño de Llantas	N/A
Tamaño de Llantas Delanteras	N/A
Tamaño de Llantas Traseras	N/A



Altura	
Longitud (m)	9'8"
Ancho	
Profundidad	
Diametro	
Operario	\$ 12.607,00
Ayudante	\$ 5.377,00
Mano de Obra	\$ 17.984,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	3,85	1,10	\$ 28.571,40
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1,10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,09	1,10	\$ 3.920,40
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1,10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,02	1,10	\$ 1.111,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,15	1,10	\$ 992,81
TOTAL				\$ 37.327,68

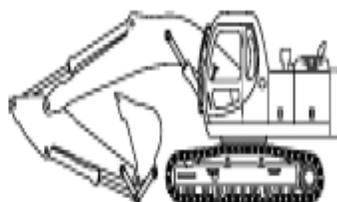
Filtros:	\$ 7.465,54
Costo de Propiedad:	\$ 64.615,97
Tarifa Directa Horaria:	\$ 164.786,68
Tarifa Directa Semanal:	\$ 3.917.163,60

Reparaciones:	\$ 37.393,50
Costo de Operación:	\$ 100.170,71
Tarifa Directa Diaria:	\$ 1.186.464,09
Tarifa Directa Mensual:	\$ 13.710.072,61

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:22:19p.m.

Categoría	EXCAVADORAS HIDRAULICAS
Subcategoría	Excavadoras hidráulicas sobre orugas
Fabricante	Caterpillar
Modelo	320D
Año	2.009
Precio (\$USD)	\$ 167.954
Precio (\$COL)	\$ 450.295.991,41
TRM	\$ 1.831,00
Peso	44700 lbs
Tipo de Motor	Diesel
Valor Llantas	\$ 0
Potencia Neta (HP)	138,00
Potencia (HP)	0,00
Potencia Bruta (HP)	0
Capacidad Cubo/Cuchara	1,18 cy
Capacidad	N/A
Tamaño	
Tipo	
Tamaño de Llantas	N/A
Tamaño de Llantas Delanteras	N/A
Tamaño de Llantas Traseras	N/A



Altura	
Longitud (m)	97"
Ancho	
Profundidad	
Diametro	
Operario	\$ 12.607,00
Ayudante	\$ 5.377,00
Mano de Obra	\$ 17.984,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	3,59	1.10	\$ 26.640,90
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.600,00	0,08	1.10	\$ 3.484,80
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1.10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,02	1.10	\$ 1.111,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,15	1.10	\$ 992,81
TOTAL				\$ 34.961,58

Filtros:	\$ 6.992,32
Costo de Propiedad:	\$ 48.145,65
Tarifa Directa Horaria:	\$ 135.945,60
Tarifa Directa Semanal:	\$ 2.918.696,14

Reparaciones:	\$ 27.862,06
Costo de Operación:	\$ 87.799,95
Tarifa Directa Diaria:	\$ 978.808,33
Tarifa Directa Mensual:	\$ 10.215.436,48

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:40:07p.m.

Categoría EXCAVADORAS HIDRAULICAS

Subcategoría Excavadoras hidráulicas sobre orugas

Fabricante Hyundai

Modelo R320LC-7 (28.1 - 33.0 MTons)

Año 2.008

Precio (\$USD) \$ 282.495

Precio (\$COL) \$ 757.388.130,64

TRM \$ 1.831,00

Peso 73200 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 0

Potencia Neta (HP) 232,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara 1,88 cy

Capacidad N/A

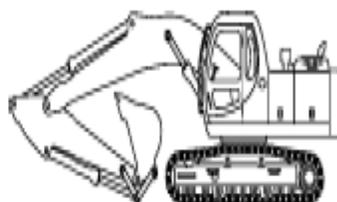
Tamaño

Tipo

Tamaño de Llantas N/A

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) 10'6"

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 12.807,00

Ayudante \$ 5.377,00

Mano de Obra \$ 17.984,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	6,03	1.10	\$ 44.787,60
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,14	1.10	\$ 6.098,40
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,04	1.10	\$ 1.936,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,03	1.10	\$ 1.666,50
GRASA	\$ 6.017,00	0,25	1.10	\$ 1.654,68
TOTAL				\$ 57.423,25

Filtros: \$ 11.484,65

Costo de Propiedad: \$ 80.979,94

Tarifa Directa Horaria: \$ 214.735,22

Tarifa Directa Semanal: \$ 4.909.183,85

Reparaciones: \$ 46.863,39

Costo de Operación: \$ 133.755,28

Tarifa Directa Diaria: \$ 1.546.093,61

Tarifa Directa Mensual: \$ 17.182.143,49

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:41:55p.m.

Categoría	RETROEXCAVADORAS
Subcategoría	Retroexcavadoras sobre llantas
Fabricante	Caterpillar
Modelo	416E
Año	2.009
Precio (\$USD)	\$ 69.988
Precio (\$COL)	\$ 187.642.544,07
TRM	\$ 1.831,00
Peso	14960 lbs
Tipo de Motor	Diesel
Valor Llantas	\$ 7.145.600
Potencia Neta (HP)	74,00
Potencia (HP)	0,00
Potencia Bruta (HP)	0
Capacidad Cubo/Cuchara	N/A
Capacidad	N/A
Tamaño	
Tipo	
Tamaño de Llantas	N/A
Tamaño de Llantas Delanteras	12.5/80 X 18-10
Tamaño de Llantas Traseras	19.5 X 24-12



Altura	
Longitud (m)	N/A
Ancho	
Profundidad	
Diametro	
Operario	\$ 11.149,00
Ayudante	\$ 5.377,00
Mano de Obra	\$ 16.526,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	2,50	1.10	\$ 18.571,41
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,04	1.10	\$ 1.742,40
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,02	1.10	\$ 968,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,01	1.10	\$ 555,50
GRASA	\$ 6.017,00	0,10	1.10	\$ 661,87
TOTAL				\$ 23.779,25

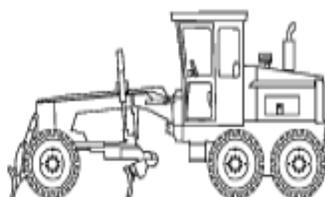
Filtros:	\$ 4.755,85
Costo de Propiedad:	\$ 22.076,51
Tarifa Directa Horaria:	\$ 81.433,63
Tarifa Directa Semanal:	\$ 1.488.168,70

Reparaciones:	\$ 14.296,01
Costo de Operación:	\$ 59.357,11
Tarifa Directa Diaria:	\$ 586.322,11
Tarifa Directa Mensual:	\$ 5.208.590,46

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:28:06p.m.

Categoría	MOTONIVELADORAS
Subcategoría	Motoniveladoras articuladas
Fabricante	Caterpillar
Modelo	120H
Año	2.007
Precio (\$USD)	\$ 168.495
Precio (\$COL)	\$ 451.746.448,87
TRM	\$ 1.831,00
Peso	27880 lbs
Tipo de Motor	Diesel
Valor Llantas	\$ 9.048.000
Potencia Neta (HP)	125,00
Potencia (HP)	0,00
Potencia Bruta (HP)	0
Capacidad Cubo/Cuchara	N/A
Capacidad	N/A
Tamaño	12'
Tipo	
Tamaño de Llantas	N/A
Tamaño de Llantas Delanteras	13 X 24-10 (G2)
Tamaño de Llantas Traseras	13 X 24-10 (G2)



Altura	
Longitud (m)	N/A
Ancho	
Profundidad	
Diametro	
Operario	\$ 12.607,00
Ayudante	\$ 5.377,00
Mano de Obra	\$ 17.984,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	3,25	1.10	\$ 24.131,25
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.600,00	0,07	1.10	\$ 3.049,20
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1.10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,02	1.10	\$ 1.111,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,03	1.10	\$ 198,56
TOTAL				\$ 31.222,08

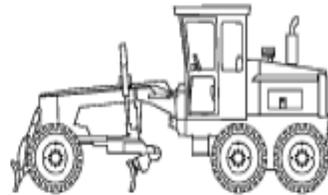
Filtros:	\$ 6.244,42
Costo de Propiedad:	\$ 47.225,83
Tarifa Directa Horaria:	\$ 130.006,09
Tarifa Directa Semanal:	\$ 3.036.656,23

Reparaciones:	\$ 27.329,76
Costo de Operación:	\$ 82.780,26
Tarifa Directa Diaria:	\$ 936.043,82
Tarifa Directa Mensual:	\$ 10.628.296,82

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:25:10p.m.

Categoría	MOTONIVELADORAS
Subcategoría	Motoniveladoras articuladas
Fabricante	New Holland
Modelo	RG140
Año	2.003
Precio (\$USD)	\$ 120.700
Precio (\$COL)	\$ 323.604.833,25
TRM	\$ 1.831,00
Peso	31360 lbs
Tipo de Motor	Diesel
Valor Llantas	\$ 10.092.000
Potencia Neta (HP)	140,00
Potencia (HP)	0,00
Potencia Bruta (HP)	0
Capacidad Cubo/Cuchara	N/A
Capacidad	N/A
Tamaño	12'
Tipo	
Tamaño de Llantas	N/A
Tamaño de Llantas Delanteras	14 X 24-10PR
Tamaño de Llantas Traseras	14 X 24-10PR



Altura	
Longitud (m)	N/A
Ancho	
Profundidad	
Diametro	
Operario	\$ 12.607,00
Ayudante	\$ 5.377,00
Mano de Obra	\$ 17.984,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	3,64	1.10	\$ 27.027,00
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.600,00	0,08	1.10	\$ 3.484,80
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1.10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,02	1.10	\$ 1.111,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,03	1.10	\$ 198,56
TOTAL				\$ 34.553,43

Filtros:	\$ 6.910,69
Costo de Propiedad:	\$ 33.400,90
Tarifa Directa Horaria:	\$ 112.178,24
Tarifa Directa Semanal:	\$ 2.218.603,13

Reparaciones:	\$ 19.329,22
Costo de Operación:	\$ 78.777,34
Tarifa Directa Diaria:	\$ 807.683,33
Tarifa Directa Mensual:	\$ 7.765.110,96

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:28:00p.m.

Categoría COMPACTADORES PATA DE CABRA ESTATICOS

Subcategoría Compactadores pata de cabra autopropulsados

Fabricante Dynapac

Modelo CT262

Año 2.009

Precio (\$USD) \$ 431.398

Precio (\$COL) \$ 1.156.607.107,32

TRM \$ 1.831,00

Peso 47619 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 0

Potencia Neta (HP) 215,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

Tamaño

Tipo

Tamaño de Llantas N/A

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 9.012,00

Ayudante \$ 5.377,00

Mano de Obra \$ 14.389,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	7,27	1.10	\$ 53.957,48
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.600,00	0,13	1.10	\$ 5.662,80
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,04	1.10	\$ 1.936,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,00	1.10	\$ 0,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,25	1.10	\$ 1.654,68
TOTAL				\$ 64.491,02

Filtros: \$ 12.898,20

Costo de Propiedad: \$ 123.664,43

Tarifa Directa Horaria: \$ 287.007,72

Tarifa Directa Semanal: \$ 7.496.812,67

Reparaciones: \$ 71.565,06

Costo de Operación: \$ 163.343,29

Tarifa Directa Diaria: \$ 2.066.455,59

Tarifa Directa Mensual: \$ 26.238.844,35

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:28:55p.m.

Categoría COMPACTADORES PATA DE CABRA ESTATICOS

Subcategoría Compactadores pata de cabra autopropulsados

Fabricante Caterpillar

Modelo 815B

Año 1.997

Precio (\$USD) \$ 114.040

Precio (\$COL) \$ 305.748.924,47

TRM \$ 1.831,00

Peso 44174 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 0

Potencia Neta (HP) 210,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

Tamaño

Tipo

Tamaño de Llantas N/A

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 9.012,00

Ayudante \$ 5.377,00

Mano de Obra \$ 14.389,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	7,10	1.10	\$ 52.702,85
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,12	1.10	\$ 5.227,20
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,04	1.10	\$ 1.938,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,00	1.10	\$ 0,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,25	1.10	\$ 1.654,68
TOTAL				\$ 62.800,60

Filtros: \$ 12.560,12

Costo de Propiedad: \$ 32.690,68

Tarifa Directa Horaria: \$ 141.358,60

Tarifa Directa Semanal: \$ 1.981.781,36

Reparaciones: \$ 18.918,21

Costo de Operación: \$ 108.667,93

Tarifa Directa Diaria: \$ 1.017.781,95

Tarifa Directa Mensual: \$ 6.936.234,78

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:31:34p.m.

Categoría COMPACTADORES VIBRATORIOS AUTOPROPULSADOS

Subcategoría Compactadores vibratorios de tambor único

Fabricante Dynapac

Modelo CA141D

Año 2.008

Precio (\$USD) \$ 95.998

Precio (\$COL) \$ 257.377.106,73

TRM \$ 1.831,00

Peso 10800 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 2.784.000

Potencia Neta (HP) 72,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

Tamaño

Tipo

Tamaño de Llantas 16,5 - 16

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho 60"

Profundidad

Diametro

Operario \$ 9.012,00

Ayudante \$ 0,00

Mano de Obra \$ 9.012,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	2,43	1.10	\$ 18.069,48
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,04	1.10	\$ 1.742,40
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,02	1.10	\$ 968,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,01	1.10	\$ 555,50
GRASA	\$ 6.017,00	0,10	1.10	\$ 661,87
TOTAL				\$ 23.277,32

Filtros: \$ 4.655,46

Costo de Propiedad: \$ 27.188,02

Tarifa Directa Horaria: \$ 79.866,61

Tarifa Directa Semanal: \$ 1.701.651,05

Reparaciones: \$ 15.733,81

Costo de Operación: \$ 52.678,59

Tarifa Directa Diaria: \$ 575.039,62

Tarifa Directa Mensual: \$ 5.955.778,69

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:29:12p.m.

Categoría COMPACTADORES DE LLANTAS AUTOPROPULSADOS

Subcategoría Compactadores de llantas autopropulsados

Fabricante Caterpillar

Modelo PS-150C

Año 2.008

Precio (\$USD) \$ 77.547

Precio (\$COL) \$ 207.908.732,43

TRM \$ 1.831,00

Peso 28535 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 8.874.000

Potencia Neta (HP) 96,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

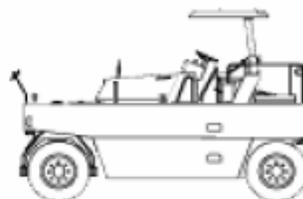
Tamaño

Tipo

Tamaño de Llantas 8,5/90 X 15

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 9.012,00

Ayudante \$ 0,00

Mano de Obra \$ 9.012,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	3,24	1.10	\$ 24.092,64
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,06	1.10	\$ 2.613,60
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,02	1.10	\$ 968,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,01	1.10	\$ 555,50
GRASA	\$ 6.017,00	0,10	1.10	\$ 661,87
TOTAL				\$ 30.171,68

Filtros: \$ 6.034,34

Costo de Propiedad: \$ 21.175,37

Tarifa Directa Horaria: \$ 78.647,65

Tarifa Directa Semanal: \$ 1.420.002,65

Reparaciones: \$ 12.254,27

Costo de Operación: \$ 57.472,28

Tarifa Directa Diaria: \$ 566.263,09

Tarifa Directa Mensual: \$ 4.970.009,29

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:30:29p.m.

Categoría COMPACTADORES VIBRATORIOS AUTOPROPULSADOS

Subcategoría Compactadores vibratorios de tambor único

Fabricante Ingersoll Rand

Modelo SD100

Año 1.995

Precio (\$USD) \$ 128.700

Precio (\$COL) \$ 345.053.372,32

TRM \$ 1.831,00

Peso 23510 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 12.084.000

Potencia Neta (HP) 96,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

Tamaño

Tipo

Tamaño de Llantas 23,1 X 26-8

Tamaño de Llantas Delanteras N/A

Tamaño de Llantas Traseras N/A



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho 84"

Profundidad

Diametro

Operario \$ 9.012,00

Ayudante \$ 0,00

Mano de Obra \$ 9.012,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	3,24	1.10	\$ 24.092,64
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,06	1.10	\$ 2.613,60
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,02	1.10	\$ 968,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,01	1.10	\$ 555,50
GRASA	\$ 6.017,00	0,10	1.10	\$ 661,87
TOTAL				\$ 30.171,68

Filtros: \$ 6.034,34

Costo de Propiedad: \$ 35.459,90

Tarifa Directa Horaria: \$ 101.198,70

Tarifa Directa Semanal: \$ 2.381.286,94

Reparaciones: \$ 20.520,78

Costo de Operación: \$ 65.738,79

Tarifa Directa Diaria: \$ 728.630,62

Tarifa Directa Mensual: \$ 8.334.504,30

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:32:31p.m.

Categoría TERMINADORAS DE ASFALTO SOBRE LLANTAS

Subcategoría Terminadoras de asfalto sobre llantas

Fabricante Caterpillar

Modelo AP-1000

Año 1.999

Precio (\$USD) \$ 79.006

Precio (\$COL) \$ 230.245.462,84

TRM \$ 1.831,00

Peso 29475 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 11.600.000

Potencia Neta (HP) 143,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad N/A

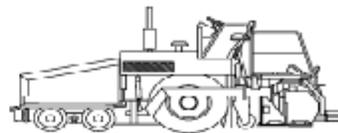
Tamaño

Tipo

Tamaño de Llantas N/A

Tamaño de Llantas Delanteras 22" X 14"

Tamaño de Llantas Traseras 18 X 25-16



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 11.149,00

Ayudante \$ 5.377,00

Mano de Obra \$ 16.526,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	3,72	1.10	\$ 27.806,15
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.600,00	0,08	1.10	\$ 3.484,80
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1.10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,02	1.10	\$ 1.111,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,03	1.10	\$ 198,56
TOTAL				\$ 35.132,58

Filtros: \$ 7.026,52

Costo de Propiedad: \$ 19.522,97

Tarifa Directa Horaria: \$ 87.518,87

Tarifa Directa Semanal: \$ 1.151.760,80

Reparaciones: \$ 9.310,80

Costo de Operación: \$ 67.995,90

Tarifa Directa Diaria: \$ 630.135,85

Tarifa Directa Mensual: \$ 4.031.162,78

Informe de Maquinaria

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:33:43p.m.

Categoría TERMINADORAS DE ASFALTO SOBRE LLANTAS

Subcategoría Terminadoras de asfalto sobre llantas

Fabricante Vogeles

Modelo 2111W

Año 2.007

Precio (\$USD) \$ 276.010

Precio (\$COL) \$ 804.369.923,77

TRM \$ 1.831.00

Peso 27180 lbs

Tipo de Motor Diesel

Valor Llantas \$ 5.011.200

Potencia Neta (HP) 110,00

Potencia (HP) 0,00

Potencia Bruta (HP) 0

Capacidad Cubo/Cuchara N/A

Capacidad 9,4 t

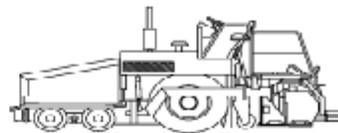
Tamaño

Tipo

Tamaño de Llantas N/A

Tamaño de Llantas Delanteras 12" X 22"

Tamaño de Llantas Traseras 14 X 20



Altura

Longitud (m) N/A

Ancho

Profundidad

Diametro

Operario \$ 11.149,00

Ayudante \$ 5.377,00

Mano de Obra \$ 16.526,00

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	2,86	1.10	\$ 21.235,50
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,06	1.10	\$ 2.613,60
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1.10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,02	1.10	\$ 1.111,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,03	1.10	\$ 198,56
TOTAL				\$ 27.890,73

Filtros: \$ 5.578,15

Costo de Propiedad: \$ 71.748,39

Tarifa Directa Horaria: \$ 155.961,18

Tarifa Directa Semanal: \$ 4.088.348,86

Reparaciones: \$ 34.217,91

Costo de Operación: \$ 84.212,79

Tarifa Directa Diaria: \$ 1.122.920,46

Tarifa Directa Mensual: \$ 14.309.221,00

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:37:44p.m.

Categoría	VOLQUETAS LIVIANAS, CAMIONES, BUSES Y VEHICULOS LIVIANOS	
Subcategoría	Volquetas livianas para carretera	
Fabricante	International	
Modelo	4300	
Año	0	
Precio (\$USD)	\$ 85.856	
Precio (\$COL)	\$ 157.202.336,00	
TRM	\$ 1.831,00	
Peso	N/A	
Tipo de Motor	Diesel	
Valor Llantas	\$ 0	
Potencia Neta (HP)	195,00	
Potencia (HP)	0,00	
Potencia Bruta (HP)	0	
Capacidad Cubo/Cuchara	N/A	
Capacidad	N/A	
Tamaño		
Tipo		
Tamaño de Llantas	N/A	
Tamaño de Llantas Delanteras	315/80R 22,5	
Tamaño de Llantas Traseras	12R 22,5	
Altura		
Longitud (m)	N/A	
Ancho		
Profundidad		
Diametro		
Operario	\$ 7.749,00	
Ayudante	\$ 0,00	
Mano de Obra	\$ 7.749,00	

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	5,07	1.10	\$ 37.844,75
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,11	1.10	\$ 4.791,80
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,03	1.10	\$ 1.452,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,00	1.10	\$ 0,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,08	1.10	\$ 529,50
TOTAL				\$ 45.697,92

Filtros:	\$ 9.139,58
Costo de Propiedad:	\$ 15.930,88
Tarifa Directa Horaria:	\$ 87.271,59
Tarifa Directa Semanal:	\$ 947.907,45

Reparaciones:	\$ 8.754,21
Costo de Operación:	\$ 71.340,70
Tarifa Directa Diaria:	\$ 628.355,44
Tarifa Directa Mensual:	\$ 3.317.676,07

Fecha: 26/10/2010 Hora: 05:36:47p.m.

Categoría	VOLQUETAS LIVIANAS, CAMIONES, BUSES Y VEHICULOS LIVIANOS	
Subcategoría	Volquetas livianas para carretera	
Fabricante	Kodiak	
Modelo	7500	
Año	0	
Precio (\$USD)	\$ 62.208	
Precio (\$COL)	\$ 113.902.848,00	
TRM	\$ 1.831,00	
Peso	N/A	
Tipo de Motor	Diesel	
Valor Llantas	\$ 0	
Potencia Neta (HP)	250,00	
Potencia (HP)	0,00	
Potencia Bruta (HP)	0	
Capacidad Cubo/Cuchara	N/A	
Capacidad	6,6 Ton	
Tamaño		
Tipo		
Tamaño de Llantas	11.00 x 20 / 16PR	
Tamaño de Llantas Delanteras	N/A	
Tamaño de Llantas Traseras	N/A	
Altura		
Longitud (m)	N/A	
Ancho		
Profundidad		
Diametro		
Operario	\$ 7.749,00	
Ayudante	\$ 0,00	
Mano de Obra	\$ 7.749,00	

	Precio (\$/gal)	Consumo (gal/hr)	Desperdicio (10%)	Valor (\$/hr)
ACPM	\$ 6.750,00	6,50	1.10	\$ 48.262,50
GASOLINA	\$ 7.758,00	0,15	1.10	\$ 1.280,07
ACEITE MOTOR	\$ 39.800,00	0,15	1.10	\$ 6.534,00
ACEITE TRANSMISION	\$ 44.000,00	0,04	1.10	\$ 1.936,00
ACEITE HIDRAULICO	\$ 50.500,00	0,00	1.10	\$ 0,00
GRASA	\$ 6.017,00	0,09	1.10	\$ 595,68
TOTAL				\$ 58.608,25

Filtros:	\$ 11.721,85
Costo de Propiedad:	\$ 11,542,91
Tarifa Directa Horaria:	\$ 95.964,78
Tarifa Directa Semanal:	\$ 686.817,77

Reparaciones:	\$ 6.342,96
Costo de Operación:	\$ 84.421,87
Tarifa Directa Diaria:	\$ 690.946,44
Tarifa Directa Mensual:	\$ 2.403.862,20