TESIS
IC996
C3
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Universidad Católica Andrés B.
BIBLIOTECA
Caracas

"Estudio de los Rendimientos de la Maquinaria Pesada en distintos escenarios topográficos para el establecimiento de Precios Referenciales"

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: 18 (Dieciocho)

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Eduardo Madrigal	Nombre: Francisco CESTARI	Nombre: GUEDNO CORREDOR

REALIZADO POR	**Vicente E. Capriles Raytler**
	Eduardo E. Valladares Mota
PROFESOR GUIA	**Ing. Eduardo Madrigal Quevedo**
FECHA	**Junio de 1996**

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

Agradecimientos Especiales:

Al Ingº. Eduardo Madrigal, por todo el apoyo brindado a lo largo de la realización de este trabajo, por toda su dedicación y ayuda constante.

Al Ingº. Raúl Pacheco (A.V.M.P.), por todo su tiempo e información suministrada, sin los cuales hubiese sido difícil completar este proyecto.

PRÓLOGO

Es un hecho, que los precios unitarios referenciales utilizados por los Ministerios de la República y la misma Contraloría General para estudiar las licitaciones provienen de rendimientos de maquinaria nueva, sin importar las condiciones geomorfológicas del lugar donde operan, estableciendo un rendimiento fijo para cada partida. Esto evidencia la inminente necesidad de estudiar y establecer los rendimientos de la maquinaria existente en el pais en los más predominantes escenarios topográficos.

A partir de 1983, Venezuela se ha visto afectada por una grave crisis económica, caracterizada por una marcada devaluación e inflación, las cuales ha impedido que los dueños de Maquinaria Pesada para Movimiento de Tierras renueven sus equipos y por lo tanto la gran mayoría de esta maquinaria tiene entre 15 y 30 años en operación. Por esto, ni sus costos ni sus rendimientos pueden ser los mismos de maquinaria nueva equivalente.

Esto nos lleva a definir dichos rendimientos, ya que sus costos han sido objeto de un proceso de estandarización, al que haremos referencia durante el desarrollo de este trabajo. Así se establecerán precios referenciales realistas, que permitan que las licitaciones se efectúen de un modo sincero, evitando la desorganización y corrupción.

ÍNDICE

1. SINOPSIS 4

2. INTRODUCCIÓN 5

3. ANTECEDENTES 7

3.1 Descripción del esquema de costos utilizado 8

3.2 Consideraciones relativas a la edad de la maquinaria utilizada 11

3.3 Consideraciones adicionales concernientes a los costos 16

4. DESARROLLO

4.1 Definición del tipo de obra y el escenario topográfico correspondiente ... 18

4.2 Descripción de las partidas que intervienen en el estudio 21

4.3 Análisis de la maquinaria que interviene en cada partida 22

4.4 Estudio de la necesidad de escarificación 24

4.5 Cálculo de los rendimientos por medio de los métodos establecidos en los manuales 26

4.6 Fundamentos del Proceso de Tropicalización 29

4.7 Descripción de la Metodología Implementada en el cálculo de los rendimientos según las partidas codificadas del M.T.C. 32

4.8 Determinación del número requerido de cada tipo de maquinaria 37

4.9 Obtención de los Costos Horarios y Diarios 39

4.10 Cálculo de los Precios Unitarios Referenciales 39

4.11 Análisis de las Tablas Comparativas 41

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 45

6. BIBLIOGRAFÍA 47

1. SINOPSIS

Este Trabajo Especial de Grado tiene como idea fundamental estudiar los rendimientos de la maquinaria pesada dentro de la rama de la construcción civil, bajo distintos escenarios topográficos, para de esta manera llegar al establecimiento de precios unitarios referenciales, utilizando la información sobre costos estandarizados que se detalla en la sección de antecedentes del mismo.

Inicialmente, se establecieron los más significativos escenarios topográficos y geologías, de acuerdo a la experiencia de personas que laboran dentro de este ramo.

Conjuntamente, se seleccionaron las partidas que intervinieron en el estudio y se analizó el tipo de maquinaria que desarrolla las actividades respectivas a cada partida en cuestión.

Para la selección de la antigüedad de la máquina a utilizar como patrón, en la obtención de los rendimientos, se utilizó un proceso gráfico-comparativo, el cual toma en cuenta la estructura de costos que también se detalla en la sección de antecedentes.

Posteriormente, con el año de fabricación de maquinaria obtenido, se procedió, utilizando los manuales del fabricante, al cálculo de los rendimientos de la maquinaria en cada partida, y de esta manera, junto con los costos estandarizados, la obtención de los precios unitarios referenciales, en cada escenario.

2. INTRODUCCIÓN

Este estudio surge por medio de la iniciativa de la Asociación Venezolana de Maquinaria Pesada (A.V.M.P.), de establecer una metodología eficiente y justa para el cálculo de los rendimientos de maquinaria de movimiento de tierra, bajo un criterio discriminativo según las características del lugar donde se trabaje, para así acordar los términos en que interactúan el contratista y los funcionarios públicos encargados del diseño de los presupuestos.

Debido al desconocimiento de la estructura de costos y al deterioro de la economía, llegó un momento en que al considerar rendimientos fijos, los precios unitarios referenciales estaban por debajo de los costos de operación, lo cual trajo como consecuencia que en los últimos 15 años, las empresas dueñas de maquinaria se hayan descapitalizado y un número significativo de ellas haya desaparecido, pasando Venezuela de ser el país con el parque de maquinaria pesada más moderno de Latinoamérica, a estar constituido por equipos en su gran mayoría obsoletos. Por lo anteriormente expuesto, se presenta una situación en la que de aproximadamente 2000 empresas dedicadas al ramo que llegó a haber en un momento dado queden, hoy en día, menos de 150.

El sector de la industria de maquinaria pesada, se encuentra actualmente afectado por la recesión que padece el País, además de la aplicación de una política equívoca por parte de los entes contratantes y los propios contratistas, debido al total desconocimiento y hasta anarquía con que éstos estipularon los costos y rendimientos de la maquinaria pesada.

Esto nos lleva a realizar este Trabajo Especial de Grado, con miras de realizar un estudio que siente un precedente.

3. ANTECEDENTES

El presente Trabajo Especial de Grado, tiene entre sus fundamentos estudios anteriores: "II Taller de Costos de Maquinaria Pesada", realizado en Barquisimeto, en Junio de 1995 y el Trabajo Especial de Grado "Actualización y Estandarización de Costos de Movimiento de Tierra en Venezuela", realizado por el Ingº Rafael E. Madrigal L. y presentado en la Universidad Católica Andrés Bello en Octubre de 1994, que surgieron de la necesidad de establecer costos horarios verdaderos a los que está sujeta la maquinaria que interviene en las obras de movimiento de tierra. Cabe destacar que aunque este proyecto resulta ambicioso, no se puede pretender que la economía venezolana esté capacitada para soportar precios unitarios calculados con costos de maquinaria de último modelo y se debe intentar definir cuál es el modelo que, utilizado como unidad patrón, lograría que se reactivara la industria de la construcción, con la consiguiente recapitalización de las empresas que poseen estas máquinas, para que posteriormente inviertan en renovar sus ya obsoletos y fatigados equipos.

3.1 Descripción del esquema de costos utilizado:

Para estudiar los costos horarios detalladamente, son clasificados de la siguiente forma:

a.) Costos de Posesión: Representa el importe incurrido por la propiedad de la maquinaria y su finalidad es la de proteger la inversión en el equipo para poder reemplazarlo, al término de su vida útil, por uno de tecnología y condiciones similares al adquirido originalmente. El propietario incurre en este costo aunque el equipo no esté en operación.

-Depreciación: Es la pérdida de valor que sufre un equipo a través del tiempo, por su uso y/u obsolencia. El cargo regular representado por la disminución de valor referida a la inversión original, se llama cargo por depreciación. Cuando el equipo termina su vida útil estimada, la suma de estos cargos regulares habrá reducido el valor del equipo a su valor de salvamento. En consecuencia, debe considerarse que el cargo por depreciación representa la disminución del valor original del dinero invertido en el equipo durante el tiempo que éste sea usado.

Para efectos de este estudio, se entiende por vida útil el período de tiempo en que se deprecia la máquina, independientemente de su año de fabricación.

-Costo de Inversión: Es el cargo que debe pagarse por el dinero obtenido en préstamo para la adquisición del equipo. Este cargo representa el costo

del dinero invertido, sin importar que sea con recursos de la empresa o a través del financiamiento de terceros.

-Seguros e Impuestos: El seguro es el costo de la prima a pagar por el seguro necesario para proteger al propietario contra la pérdida financiera en el caso de pérdida o daños sufrido por el equipo. Los impuestos son los costos que carga el estado por la posesión del equipo, y se manifiestan a través del Impuesto a los Activos Empresariales, y se ubica en el 1 % del valor del activo en libros.

-Resguardo: Es el costo que representa la vigilancia y seguridad del equipo durante las horas no laborables del día. Aquí no se incluye el costo del terreno, sólo se toma en cuenta el costo de la mano de obra necesaria de acuerdo al contrato colectivo de la construcción.

b.) Costos de Operación: El costo generado directamente por el trabajo de la maquinaria, constituye el costo de operación. Aquí se toman en cuenta los distintos elementos necesarios para el trabajo de las máquinas.

-Reparaciones: Las reparaciones son usualmente el renglón más alto de gastos en los costos de operación, e incluyen todas las piezas, mano de obra, instrumentos y equipos utilizados.

Los costos por hora de reparación de una sola máquina suelen seguir un curso ascendente escalonado, pues los gastos principales en reparaciones ocurren en picos

representados, en la práctica, por las paradas que deben hacerse a la maquinaria para reparaciones preventivas en unos casos o para reparaciones mayores en otros. Si se consideran en términos medios, los escalones se convierten en una curva ascendente. Puesto que esta curva de costos por hora en reparación se inicia en nivel bajo y aumenta gradualmente, los costos por hora de reparación deben ajustarse continuamente en ascenso, a medida que envejece la máquina y la reserva para reparaciones debe seguir este aumento.

-Combustibles, Lubricantes y Filtros: Representan el costo generado por el consumo propio de cada maquinaria de los distintos elementos consumibles durante la operación de la misma.

-Neumáticos: Los costos de neumáticos son una parte considerable de los costos de toda máquina de ruedas. Se refiere a los costos incurridos por el desgaste de los neumáticos por el trabajo de la máquina. Su vida útil dependerá de las condiciones bajo las que opere el equipo.

-Partes de Desgaste: Los costos involucrados en las partes de desgaste están constituidos por el tren de rodaje en el caso de máquinas de oruga y las demás piezas de desgaste rápido para toda maquinaria, tales como cuchillas, puntas del desgarrador, dientes del cucharón, etc.

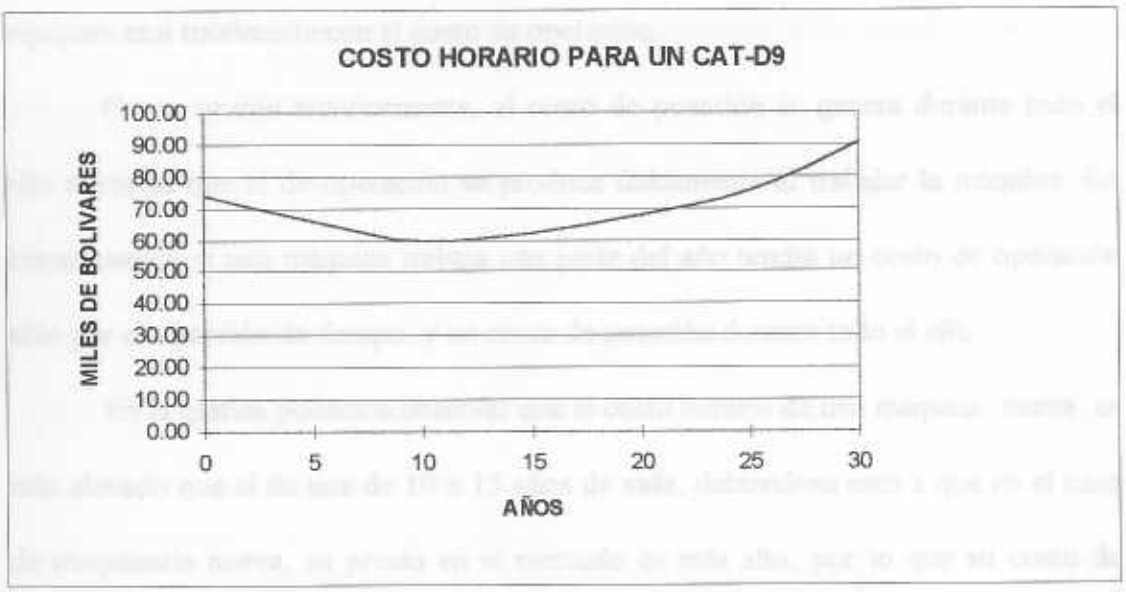
3.2 Consideraciones relativas a la edad de la maquinaria utilizada

Fue objeto de los mencionados Taller y Trabajo Especial de Grado, utilizando la clasificación de costos anteriormente establecida, el cálculo del costo horario para distintos años de vida de la maquinaria, por medio de las llamadas planillas del cálculo de costo horario, con la información suministrada por la A.V.M.P., se obtuvieron los gráficos con los resultados de aplicar la metodologia implícita.

Los gráficos arrojaron resultados similares de *comportamiento del costo horario vs. la edad de la maquinaria*, al comparar los distintos tipos de maquinaria que intervienen en las partidas analizadas en este trabajo y por esta razón, incluimos un ejemplo representativo de todos los casos considerados. En la sección de anexos del presente trabajo, se encuentran detalladamente todos los gráficos pertinentes al caso y a continuación se ilustra este fenómeno:

VARIACIÓN DEL COSTO HORARIO PARA UN CAT D9

No. AÑOS	AÑO DE FABRICACIÓN	COSTO HORARIO (Miles de Bolívares)	%POSESION	%OPERACION
0	1995	73.96	66	34
5	1990	66.21	54	46
10	1985	59.91	38	62
15	1980	62.12	25	75
20	1975	67.99	13	87
25	1970	75.23	7	93
30	1965	90.72	5	95



La distribución de los costos horarios de maquinaria de distintos años de fabricación, forma una especie de parábola, la cual tiene su punto más bajo para máquinas de edades comprendidas entre 10 y 15 años de vida. Este punto, indica el costo real mínimo por hora que representan su posesión y operación para el momento analizado, en este caso 1996.

El costo horario de una máquina es fruto de la adición del costo de posesión y el de operación. Al principio, el costo de posesión es superior al de operación, pero a medida que transcurre el tiempo se invierte esta relación, llegando a presentarse para

edades avanzadas de hasta treinta años, una situación donde el costo horario se equipara casi totalmente con el costo de operación.

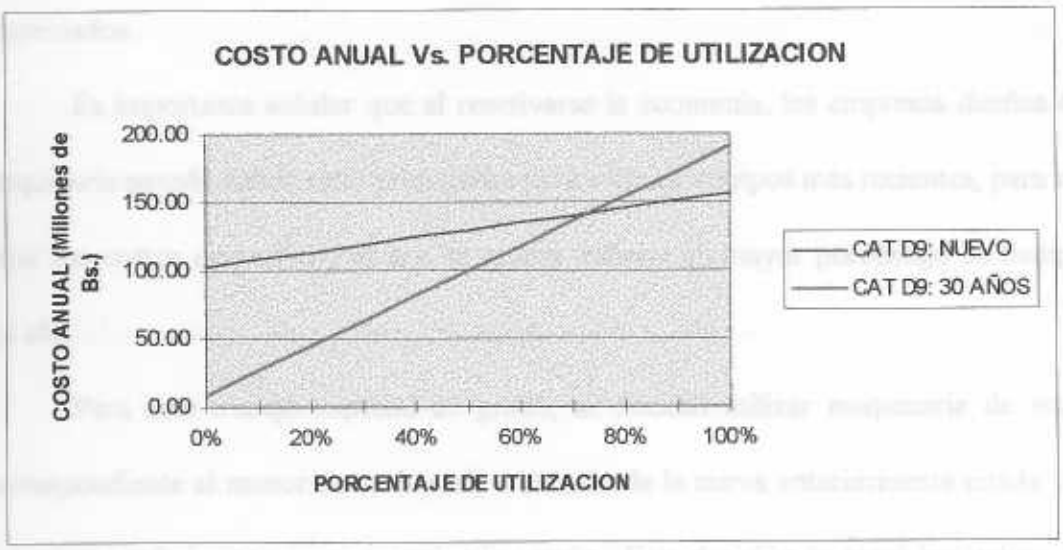
Como se dijo anteriormente, el costo de posesión se genera durante todo el año mientras que el de operación se produce únicamente al trabajar la máquina. En consecuencia, si una máquina trabaja una parte del año tendrá un costo de operación sólo por esa porción de tiempo y un costo de posesión durante todo el año.

En la gráfica podemos observar que el costo horario de una máquina nueva es más elevado que el de una de 10 a 15 años de vida, debiéndose esto a que en el caso de maquinaria nueva, su precio en el mercado es más alto, por lo que su costo de posesión es mayor. En cambio, se nota que a partir de este punto, mientras la maquina va envejeciendo, aumenta su costo horario, lo cual se debe a que a esta edad los costos de operación son mas elevados debido a las numerosas reparaciones y reemplazos de partes en las que incide esta maquinaria.

Como toda empresa, la de movimiento de tierra, se ve afectada por los cambios de la situación económica del país. Así pues, se da la situación de que una empresa bien administrada e incluso en un momento próspera, se vea en la necesidad de reducir su parque de maquinarias nuevas y con altos costos de posesión, teniendo que venderlos para poder soportar una fuerte recesión, y le resultará económicamente favorable seguir operando únicamente con los equipos de mayor antigüedad.

Aunque lo anteriormente expuesto, contrasta con los planes de cualquier empresario ambicioso, un análisis más completo y profundo de la situación revela que esta es una verdad ineludible.

El hecho es, como fue establecido anteriormente, que las maquinarias tienen unos costos horarios fijos (de posesión) y otros variables (de operación), cuya suma constituye el costo horario total de la maquinaria, los cuales al ser llevados a una gráfica explican claramente la situación al hacer variar el porcentaje del tiempo que trabaja la maquinaria durante el año:



En la generalidad de los casos, ocurre que para una máquina vieja, el Costo de Posesión sea bajo, mientras su Costo de Operación resulta alto. Para una máquina nueva, la situación es contraria.

Cuando graficamos el costo total, vemos que mientras menor es el porcentaje del tiempo que trabaja la máquina durante el año, menor es el Costo Horario Total de una máquina vieja. Más adelante, hay un punto de equilibrio en el cual los Costos Horarios Totales de maquinarias viejas se igualan con los de máquinas nuevas, a partir del cual, resulta más económico el utilizar máquinas nuevas.

Esto explica el por qué en tiempos de recesión subsisten las empresas propietarias de equipos viejos, que aunque suelen hacer frente a trabajos de menor envergadura, sus equipos tienen menor costo de posesión, ya que se hallan depreciados.

Es importante señalar que al reactivarse la economía, las empresas dueñas de maquinaria pesada deben estar preparadas para adquirir equipos más recientes, para así bajar sus costos operativos, ya que se espera trabajar un mayor porcentaje de tiempo del año.

Para este trabajo especial de grado, se decidió utilizar maquinaria de edad correspondiente al menor costo horario obtenido de la curva anteriormente citada y a la cual nos referiremos como maquinaria patrón. Esta decisión se tomó basándose en un criterio, que considera que en este punto, aunque señala el menor de los costos horario, resulta mucho mayor que el que establecía el M.T.C., y así la transición resulta la menos drástica manteniendo su enfoque realista.

De esta manera, los dueños de maquinaria nueva no se verían afectados, ya que su rendimiento, comparado con el de la maquinaria patrón, sería muy superior, debido a que ésta permanecería menos tiempo parada debido a reparaciones.

La otra cara de la moneda, es la maquinaria más antigua que la tomada como patrón, y aunque su caso resulta menos favorable que los casos anteriores, se busca que perciban ingresos mayores a los acostumbrados y a la vez, que se genere una reserva, con destino al reemplazo de la misma en el momento más oportuno, para entonces seguir un plan de renovación de toda la maquinaria pesada existente en el país.

Así, se busca en un futuro poder competir en igualdad de condiciones y oportunidades con las compañías extranjeras que participan en las licitaciones.

3.3 Consideraciones adicionales concernientes a los costos:

Para ser más exactos al calcular la globalidad de los costos de una obra de movimiento de tierra relativos a la maquinaria, es necesario incluir el costo que se genera de la movilización de los equipos hasta el sitio de obra, el cual debe ser detalladamente estudiado, así como las posibilidades de transporte y acceso al lugar. En cualquier caso, este estudio debe ser hecho en base a las condiciones particulares de la obra que se va a realizar, así como la lejanía del sitio en que se hallan las

maquinarias antes de comenzar la obra, por lo que con objeto de no perder el rango de aplicabilidad de este trabajo con estos detalles tan particulares, nos limitamos a sólo hacer mención de este aspecto.

Por otro lado, también es interesante hacer mención de la variación de los Precios Unitarios que puede experimentar una obra debido a las grandes alteraciones en los rendimientos así como cambios en los costos, según la época del año en que se lleva a cabo la obra. Debido a que en nuestro país las estaciones presentes a lo largo del año son la de sequía (Diciembre-Abril) y la de lluvias (Mayo-Noviembre), es evidente que si no se programa debidamente una obra para poder terminarla antes de que comiencen las lluvias, se producirá un atraso general, debido a las diversas complicaciones que se generan al trabajar con materiales húmedos, mojados, o hasta en algunos casos, sumergidos, así como trabajar bajo la lluvia o circular por caminos de tierra enlodados, sin entrar en otros problemas más graves como son los derrumbes. Este aspecto tampoco ha sido considerado en las estimaciones de rendimientos realizadas en el presente trabajo, por razones evidentes.

4. DESARROLLO

4.1 Definición del tipo de obra y el escenario topográfico correspondiente:

Para tratar de abarcar la totalidad de los tipos de obra de movimiento de tierra que se llevan a cabo en Venezuela, estudiamos el caso de desarrollos viales, que constituye la mayoría de estas obras y a su vez lo subdividimos según el tipo de topografía.

Es de vital importancia destacar que estos casos son ejemplos representativos y que tienen como finalidad demostrar el rango de variación de los rendimientos de la maquinaria según las condiciones topográficas presentes.

En cuanto a los tipos de suelos seleccionados, tomamos como ejemplos representativos una arcilla suelta, una arcilla densa y un esquisto, ya que constituyen las tres condiciones de operación más comunes en el país, y determinan la necesidad del uso de escarificador, que se encuentra íntimamente ligado a la velocidad de onda sísmica a través de dicho material, y esta propiedad se puede determinar en el sitio de obra.

Las propiedades de los materiales que constituyen estos tipos de suelos, se encuentran en las tablas de los manuales sobre rendimiento de maquinaria pesada, publicados internacionalmente y en Venezuela, por las autoridades respectivas, así

como por otros estudiosos de la materia, como geólogos y expertos en obras de movimiento de tierra.

	SIN ESCARIFICADOR 1 ARCILLA BLANDA SECA	CON ESCARIFICADOR 2 ARCILLA DENSA EN SU LECHO NATURAL	CON ESCARIFICADOR 3 ESQUISTO
* Densidad en Banco (kg/m^3)	1700	1900	2250
F.C.V.	0,81	0,83	0,75
F.C.	0,75	0,8	0,85
Coeficiente de Tracción	0,45	0,5	0,55
Hundimiento	12	10	7
%Hum. Añadida	7	7	7

* (Información facilitada por el Ingº Daniel Salcedo)

4.1.1 Vialidad

4.1.1.1 Terreno Montañoso

En este caso, tomaremos en cuenta una clasificación de acuerdo al desnivel de los centros de gravedad de las masas de banqueo y terraplén. El desnivel resulta significativo porque determina la longitud del recorrido durante el regreso, afectando así el tiempo de ciclo, dado que la pendiente típica admisible del terreno por el cual asciende una mototraílla es de 6 %.

La pendiente de bajada que consideramos, fue de 35 % por ser ésta el promedio de la existente en las obras, según los propios contratistas que fueron consultados.

Para el estudio, seleccionamos 3 casos: **Montaña 1, Montaña 2 y Montaña 3**, correspondiendo cada uno a desniveles, para los cuales el transporte abarca cada uno de los casos estipulados en las normas COVENIN vigentes, las cuales se encuentran especificadas en la sección 4.2.

4.1.1.2 Terreno Llano

En la práctica, podemos considerar llano un terreno cuya pendiente sea menor del 3%, aunque en la región de los llanos venezolanos las pendientes presentes rara vez superan el 0.2%.

En este caso, resulta innecesario definir una pendiente máxima de regreso para fijar el recorrido, ya que la altura del terraplén rara vez superará los 5 ó 6 m y la diferencia de nivel entre los centros de gravedad del préstamo y el terraplén tampoco es significativa.

Se estableció un escenario topográfico representativo, en el cual a medida que va avanzando la vía (terraplén), también lo hacen los préstamos a lo largo de ésta, con una separación entre sus centros de área de 300 m. Considerando un acarreo libre de 200 m (Capítulo II, pág. 4 de las Cartas Técnicas del M.O.P.), para evitar el costo de

sobreacarreo, se predimensionaron los préstamos de manera que aporten un volumen de tierra que represente 150 m de longitud de terraplén. Las dimensiones resultantes de los cálculos correspondientes resultaron, después de aplicar los factores de conversión correspondientes, de 110 m de largo, 55 m de ancho y una profundidad de aproximadamente 2 m.

4.2 Descripción de las partidas que intervienen en el estudio:

4.2.1 *Excavación para banqueos en cualquier tipo de material con empleo de mototraillas y tractor de empuje, carga, transporte hasta 200 m de distancia y descarga*..... **C-10-02-001-02**

4.2.2 *Excavación para banqueos en cualquier tipo de material, con uso exclusivo de tractores con escarificador, carga, transporte hasta 200 m de distancia y descarga*..... **C-10-02-007-00**

4.2.3 *Excavación en préstamo en cualquier tipo de material, con empleo de mototrailla y tractor de empuje, carga, transporte hasta 200 m de distancia y descarga*..... **C-10-03-001-02**

4.2.4 *Excavación en préstamo en cualquier tipo de material, con uso exclusivo de tractores con escarificador, carga, transporte hasta 200 m de distancia y descarga*..... **C-10-03-01-03**

4.2.5 *Transporte con equipo pesado de materiales relativos a movimiento de tierras, a distancias menores de 500 m*..... **C-10-82-001-00**

4.2.6 *Transporte con equipo pesado de materiales relativos a movimiento de tierras, a distancias comprendidas entre 500 m y 1000 m*..... **C-10-82-001-02**

4.2.7 *Transporte con equipo pesado de materiales relativos a movimiento de tierras, a distancias mayores de 1 Km*..... **C-10-82-001-03**

4.2.8 *Construcción de terraplenes con material transportado con equipo pesado*..... **C-10-04-001-01**

4.3 Análisis de la maquinaria que interviene en cada partida

Como se mencionó y justificó en la sección de antecedentes, las máquinas que influyen directamente en el rendimiento de cada partida tendrán edades comprendidas entre 10 y 15 años, lo que nos lleva a:

* Para las partidas de **banqueo**: mototraíllas CAT-631D, tractores CAT-D9H, con o sin escarificadores CAT-9D, según convenga.

* Para las partidas de **transporte**: mototraíllas CAT-631D.

* Para las partidas de **terraplenes**: compactador de pisones CAT-825B.

Resulta necesario señalar que estos no son todos los equipos que intervienen en cada partida, sino los que definen el rendimiento. El resto de la maquinaria

utilizada se encuentra debidamente especificada en las hojas de análisis de precios de las respectivas partidas y tienen como función las que se indican a continuación:

- **Motoniveladora** (Patrol): Este equipo es comúnmente empleado para mantener el camino que va a ser utilizado para acarreo y retorno en óptimas condiciones y para uniformizar las capas de material compactado en el terraplén.

- **Camión de engrase**: Se utiliza para suplir a la maquinaria en su sitio de trabajo, llevándole gasoil, aceite y agua.

- **Camioneta**: Resulta conveniente para transportar personal y asistir a los operadores.

- **Camión Cisterna** (Ballena): Este equipo suele ser una adaptación de una mototraílla generalmente vieja, como una 631 B, a la que se le sustituye el cajón por un tanque cisterna y tiene como función principal el regar con un gasto dosificado de agua el terraplén, para alcanzar la humedad óptima de compactación en éste, así como poder controlar el levantamiento de polvo en los caminos.

- **D8** (taluceando): Mientras se avanza en la partida de banqueo, se presenta la necesidad de reperfilar los taludes. Esto se lleva a cabo con el bulldozer aquí especificado.

- **D9** (terraceando): Para conformar un terraplén, es necesario que se apoye sobre terrazas horizontales, las cuales se fabrican con el equipo señalado. Cabe

mencionar que esta máquina en particular no se incluye en los análisis de costos, ya que en ocasiones existe otra partida individual para esta actividad.

Como se observó anteriormente, el fabricante de los equipos seleccionados es CATERPILLAR. Esto se debe fundamentalmente a que estos equipos son los que se encuentran presentes en mayor abundancia en Venezuela, así como el hecho de que esta empresa es la que suministra mayor cantidad de material informativo y de consulta.

4.4 Estudio de la necesidad de escarificación

Cuando el terreno que va a ser cortado con mototrailla presenta características que hacen a este procedimiento ineficiente, hay que recurrir al uso de escarificadores para fragmentarlo. En este trabajo se pretende abarcar lo que se refiere al uso de los escarificadores, ya que es una actividad comúnmente necesaria en las obras de movimiento de tierra que se presentan.

Básicamente, encontramos dos tipos de escarificadores: los simétricos (con más de una punta) y los de penetración (con una sola punta), estos a su vez disponibles con las configuraciones de puntas corta, intermedia y larga, según las condiciones de servicio que se le den (económica para condiciones de altos impactos,

servicio moderado para donde la abrasión no es excesiva o servicio severo, para materiales sueltos y abrasivos).

Se conocen varios métodos para estimar la producción de tractores con escarificadores. En nuestro caso, los escenarios son de carácter ideal y lo que se pretende es que estos tengan un amplio grado de aplicabilidad buscando así la generalización y no la especificación. Por esta razón se reducen los métodos de estimación a los siguientes:

a.) Utilizar los conocimientos de experiencias previas en obras en las que las condiciones del material a escarificar, la topografía, equipos utilizados y operadores sean similares al sitio de obra presente y la información sea confiable.

b.) Guiándose por las publicaciones de los fabricantes de los equipos que detallan las prestaciones de éstos en tablas y gráficas, los cuales resultan medianamente confiables y posibles de aplicar para estimaciones preliminares.

Debido a que este último evidencia un mayor carácter técnico, fue con este que se procedió para los cálculos y estimaciones respectivas.

4.5 Cálculo de los rendimientos por medio de los métodos establecidos en los manuales:

Resumen del método empleado para realizar los cálculos:

Toda máquina cuenta con una *fuerza motriz disponible*, que es la potencia bruta máxima que puede entregar. Para la realización de un trabajo, la máquina cuenta con una fracción de la fuerza motriz disponible, que depende de la tracción en el camino de acarreo y de la altitud, la cual se conoce como *fuerza motriz utilizable*.

Por último, para llevar a cabo una actividad tenemos la *fuerza motriz requerida,* que es la necesaria para mover la máquina, que es la suma de la resistencia a la rodadura (sólo para máquinas de neumáticos) y la resistencia en la pendiente, y que constituyen la resistencia total o pendiente compensada, según en las unidades en que se exprese.

La *resistencia a la rodadura* es el producto del factor de resistencia a la rodadura **FRR** multiplicado por el peso bruto cargado del vehículo **PBV**. Este factor **FRR** está a su vez constituido por los efectos de:

a) La fricción interna de la máquina y flexión en los neumáticos, se toma como el **2%** del **PBV**, es decir 20 kg/ton (constante empírica).

b) La penetración de los neumáticos, se consideran 6 kg/ton por cada cm. de penetración.

La *resistencia en la pendiente*, indica que por cada **1%** de pendiente hay una fuerza equivalente a 10 kg/ton del **PBV**. Si se quiere expresar la resistencia total como pendiente compensada , una vez obtenida la primera, se transforma a % de pendiente con la misma relación: **1%**, de pendiente equivale a 10 kg/ton del **PBV.**

La *fuerza motriz utilizable* antes mencionada afecta a la *fuerza motriz disponible* con dos coeficientes:

a) Coeficiente de tracción o agarre: es la relación que se obtiene al dividir la fuerza que produce el resbalamiento de las ruedas propulsora entre el peso sobre esas últimas únicamente.

b) Altitud: debe considerarse una pérdida de potencia a razón del 3% por cada 300m adicionales a partir de 1000 m.s.n.m. para motores de aspiración normal. En el caso de motores turboalimentos o con sopladores, no se considera ninguna pérdida a menos de 2300 m.s.n.m.

Basándonos en esta formulación técnico-teórica, se procede al establecimiento del ciclo de la maquinaria para obtener el rendimiento como se explica a continuación.

Por medio de la pendiente compensada, obtenida como se indicó anteriormente, se entra en las gráficas de los manuales de rendimiento, las cuales se muestran en la sección de anexos de este trabajo, y junto con el peso del vehículo, ya sea cargado o vacío, según esté acarreando o retornando, se obtiene la velocidad, y

posteriormente, dividiendo la distancia entre ésta, el tiempo del ciclo. Conociendo este último podemos calcular cuanto ciclos puede realizar la maquinaria en una unidad de tiempo. Mediante la capacidad de carga del equipo seleccionado, y el factor de conversión volumétrica, se halla el volumen de tierra que se mueve en ese período de tiempo, que viene a ser el rendimiento, en m^3/hr. Con el factor de compresibilidad del suelo, se obtiene el rendimiento en el terraplén, en $m^3_{compactados}$/hr.

También se ha determinado un factor de eficiencia del operador, calculando según el turno de trabajo (diurno o nocturno) el número de minutos que trabaja durante cada hora, siendo esta estimación de 50 min./h para el primer turno mencionado y de 45 min./h para el segundo y desarrollando así toda una formulación teórico-práctica para el cálculo del número de ciclos por hora que posteriormente se transforma en m^3/hr.

Para ilustrar este método, se ha incluido un ejemplo de hoja de cálculo de rendimiento *según los fabricantes* y se muestra a continuación.

PLANILLA PARA EL CALCULO DE RENDIMIENTOS

CASO: Vialidad
CONDICIONES: Montana tipo 2
ESCARIFICACIÓN: Necesaria

Descripción: SEGUN EL CASO

Densidad del banco(kg/m^3):	1900
Factor de Conversión Volumétrica (FCV):	0.83
Factor de Compresibilidad (FC):	0.8
Coeficiente de Tracción:	0.5
Altitud (m.s.n.m):	1000
Hundimiento de los Neumáticos (cm):	10.00
Pendiente del Terreno o Vía (%), ruta de descens	-35
Pendiente del Terreno o Vía (%), ruta de ascenso	6
"(introduzca valor (+) si sube, (-) si baja)"	
Diferencia de cota entre los cetros de gravedad de las masas de corte y de relleno (m):	100

MAQUINA: (631 D)

Capacidad de Carga (m^3):	24
Carga Útil Estimada (t):	37.85
Peso Máquina Vacía (t):	40
Peso Bruto Vehículo cargado (t):	77.85
% de Peso Sobre las Ruedas Propulsoras Cargada:	54
% de Peso Sobre las Ruedas Propulsoras Vacía:	69
Peso Sobre las Ruedas Propulsoras Cargada (kg):	42038
Peso Sobre las Ruedas Propulsoras Vacía (kg):	27600
Fuerza Motriz Utilizable ó de Tiro Cargada (kg):	21019
Fuerza Motriz Utilizable ó de Tiro Vacía (kg):	13800
Fuerza Motriz Requerida (kg): "en la ruta de descenso":	-21019
Fuerza Motriz Requerida (kg): "en la ruta de ascenso":	10899

DATOS ESPECIALES DE LA MAQUINARIA:
TURBO-ALIMENTADA=1 ASPIRACION NORMAL=0
COLOQUE EL VALOR CORRESPONDIENTE: 1

EXCESO ALTITUD: -1300

FACTOR DE REDUCCION DE POTENCIA: 1

CALCULOS PARA LA RUTA DE DESCENSO:

FRR (kg/t)=	80.00
RR (kg)=	6227.84
RR (%)=	8.00
FRP (kg/t)=	-350.00
RP (%)=	-35.00
RP (kg)=	-27246.80
P.Co. (%)=	-27.00

NOTA: La Resistencia Total, cuando viene expresada en porcentaje, se conoce como Pendiente Compensada y cuando viene expresada en kg, como Fuerza Motriz Requerida

COMPARACION DE LA FUERZA DE TIRO REQUERIDA Y LA UTILIZABLE:
Si estoy acarreando (cargada) ..... La máquina puede efectuar el trabajo.
Si estoy retornando (vacía) ..... La máquina puede efectuar el trabajo.

Cálculo de las longitudes de acarreo o retorno:
Diferencia de Cotas entre los centros de gravedad de las masas de corte y relleno (m): 100
Longitud que tendrá que RECORRER la máquina con la pendiente estipulada (m): 303

DATOS PARA ENTRAR EN LAS GRAFICAS

PBV (vacío) (t)	40.00	"utilizar en el caso de retorno"
PBV (cargado) (t)	77.85	"utilizar en el caso de acarreo"
DISTANCIA (m)	303	
P.Compensada (%)	-27.00	"si es (-) utilizar gráficas de retardador" "si es (+) utilizar gráficas convencionales"

Resultado Tabla (km/h): 11
Tiempo de descenso (min): 1.65

CALCULOS PARA LA RUTA DE ASCENSO:

FRR (kg/t)=	80.00
RR (kg)=	6227.84
RR (%)=	8.00
FRP (kg/t)=	60.00
RP (%)=	6.00
RP (kg)=	4670.88
P.Co. (%)=	14.00

NOTA: La Resistencia Total, cuando viene expresada en porcentaje, se conoce como Pendiente Compensada y cuando viene expresada en kg, como Fuerza Motriz Requerida

COMPARACION DE LA FUERZA DE TIRO REQUERIDA Y LA UTILIZABLE:
Si estoy acarreando (cargada): ..... La máquina puede efectuar el trabajo.
Si estoy retornando (vacía): ..... La máquina puede efectuar el trabajo.

Cálculo de las longitudes de acarreo o retorno:
Diferencia de Cotas entre los centros de gravedad de las masas de corte y relleno (m): 100
Longitud que tendrá que RECORRER la máquina con la pendiente estipulada (m): 1670

DATOS PARA ENTRAR EN LAS GRAFICAS

PBV (vacío) (t)	40.00	"utilizar en el caso de retorno"
PBV (cargado) (t)	77.85	"utilizar en el caso de acarreo"
DISTANCIA (m)	1670	
P.Compensada (%)	14.00	"si es (+) utilizar gráficas convencionales" "si es (-) utilizar gráficas de retardador"

Resultado Tabla (km/h): 17
Tiempo de ascenso (min.): 5.89

CÁLCULO DEL TIEMPO DE CICLO:

TIPO DE MAQUINARIA:	Mototrailla 631D		
Tiempo Fijo: (manuales)		**Tiempo Variable: (resultado de las gráficas)**	
Tiempo de Carga (min):	0.7	Tiempo de Acarreo (min):	1.65
Tiempo demaniobras y descarge (min):	0.7	Tiempo de Retorno (min):	5.89
Total Tiempo Fijo (min):	1.4	*Total Tiempo Variable (min):*	7.54
Total Tiempo Ciclo (min):	8.94		

DATOS DEL EMPUJADOR D9H

Tiempo en el empuje (min):	0.1
Tiempo de retorno (min):	0.28
Tiempo de empuje (min):	0.7
Tiempo de maniobras (min):	0.15
Tiempo de ciclo (min):	1.23

CALCULO DEL NUMERO DE MAQUINARIA REQUERIDA

Número total de trailas requeridas por empujador:	7.27
Número total de trailas utlizadas por empujador:	8.00

CALCULO DE LA PRODUCCION:

Ciclos por hora:	6.7
Carga estimada (m^3 de banco):	19.92
Producción por máquina por hora (m^3 de banco):	133.6
Producción corregida (m^3 de banco):	78.0
Producción p/maqdefinitiva (m^3 de banco/día):	623.61

CALCULO DEL RENDIMIENTO:

Producción por hora de la flota (m^3 de banco):	4535

FACTOR DE EFICIENCIA

Trabajo diurno	50 min/hr	eficiencia	0.58
Tarbajo nocturno	45 min/hr	eficiencia	0.53
Factor de disponibilidad	70 %		
Introduzca "1" si el trabajo es diurno y "0" si es nocturno			1
Factor de eficiencia:	0.58		

4.6 Fundamentos del Proceso de Tropicalización:

Aunque suene poco ortodoxo, el término tropicalización en este caso no guarda ninguna relación con la temperatura ni el clima, sino que es el que mejor describe la adaptación a que se deben someter las condiciones de trabajo en los países latinoamericanos, menos desarrollados que algunos tildan de tercermundistas, ya que por desconocimiento, o aplicación de políticas incoherentes han creado un ambiente diferente a aquel para el cual se definieron los procedimientos presentes en los manuales de los fabricantes para el cálculo de rendimientos y por lo tanto de precios unitarios. Estas condiciones, si se quiere ideales, que fueron citadas anteriormente deben modificarse para representar el escenario real que se experimenta en el país.

Este proceso encierra dos aspectos fundamentales:

1.) A partir de la maquinaria requerida (ideal), obtenida mediante el procedimiento antes explicado, lograr sincerar la distribución de la maquinaria utilizada. Esto es debido a que por razones de costo y factibilidad resulta improbable que una empresa posea una combinación desproporcionada de maquinarias, la cual en el papel puede aparecer como óptima, pero en la realidad, debido al desfase que se genera con el avance de los ciclos y lo particular de cada tipo de obra, hace que resulte ineficaz esta distribución.

2.) Como fue anteriormente expuesto, el hecho de que la maquinaria presente en el país tiene más de 15 años en operación, disminuye el tiempo efectivo de funcionamiento, ya que se detiene por reparaciones y desperfectos mecánicos cada vez con más frecuencia. Así mismo, se dificulta el conseguir los repuestos de estos modelos desactualizados, obligando al uso de partes no originales, manufacturadas en talleres que no tienen las normas de control de calidad adecuadas y que a la larga dañan el equipo.

Este último aspecto, tiene como consecuencia directa la disminución del rendimiento con respecto al establecido por el ente contratante y por consiguiente, el aumento del tiempo de ejecución de la obra, con lo que se reduce notablemente el margen de ganancia, el cual se encuentra limitado a un porcentaje del monto del contrato.

A continuación, se citan dos maneras de solucionar este problema:

a) Castigar con otro factor de eficiencia, esta vez no del operador sino de la maquinaria, para así disminuir los rendimientos ideales y obtener un costo unitario realista.

a) Aumentar el número de maquinarias, alegando parte de la flota en reserva, aumentando así los costos horarios y obteniendo un costo y precio unitario realista.

c) Debido a que la maquinaria no está disponible el 100 % del tiempo por el lapso que tiene que permanecer inactiva a causa de reparaciones, se afecta notablemente el rendimiento medio en la obra. El factor sugerido de disponibilidad es de 70 % para compensar el tiempo que tarda en llegar el repuesto al país y su posterior traslado hasta el sitio de reparación, ya que no se puede tener un stock de repuestos muy extenso porque se reduciría notablemente el capital de trabajo. Considerando que fuera posible conseguir todas las partes necesarias y sin llegar al absurdo de un nuevo control cambiario que retrasaría o hasta impediría la obtención de las divisas para adquirir estas partes en el exterior, entra en juego el factor de que en Venezuela existe una crisis aduanera que retrasa y dificulta más todavía este proceso.

Es oportuno hacer mención de otro aspecto del proceso de *tropicalización*, que tiene que ver con la eficiencia del operador. Básicamente, encontramos que el operador de maquinaria pesada existente en el país es una persona poco instruida a nivel técnico y en cuanto a la labor que debe desempeñar, pero esto no es lo más grave, sino que esta persona no tiene ningún incentivo para tratar de hacer su trabajo de la mejor manera posible, y esto es debido a que el pago que recibe no es por hora trabajada sino semanal o mensual, etc., y si a esto se le agregan las políticas de trabajo nacionales y la ley de prestaciones, llegamos a una situación en la que el operador no sufre las consecuencias de usar el equipo negligentemente, si no rinde o si no trabaja .

Debido a lo anteriormente expuesto, deberíamos considerar un valor menor de eficiencia del operador al estipulado por los fabricantes de los equipos. Este valor es de 0,83.

Al combinar los dos últimos factores mencionados, obtenemos una *Eficiencia Global* para las condiciones del país del 56 %.

4.7 Descripción de la metodología implementada en el cálculo de los rendimientos según las partidas codificadas del M.T.C. :

Existe diversidad de opiniones en lo que se refiere a la manera de calcular los rendimientos de equipos que ejecutan obras de movimiento de tierra. En este aspecto, hay organismos partidarios de calcular dichos rendimientos trabajando con todo el tiempo del ciclo, considerándolo como una sola unidad. Esta metodología es la establecida por los propios fabricantes en sus manuales, y fue expuesta anteriormente.

En Venezuela, el organismo que regula las obras de movimiento de tierra (M.T.C.), adoptó un sistema de codificación en partidas, el cual divide el ciclo de movimiento de tierra según actividades predeterminadas (corte-transporte$_{200m}$-bote, transporte en estaciones, etc.). Los rendimientos de estas partidas han sido tabulados de alguna manera por el M.T.C., definiendo así rendimientos individuales, que no necesariamente se han hallado para las características del equipo, material o

topografia del sitio de obra presentes en cada caso particular y que hacen que se pierda la continuidad de las actividades del ciclo. Esto resulta sumamente problemático, ya que el rendimiento en cada partida es único y debe ser obtenido considerando las condiciones y características específicas de cada obra. Esta diferencia entre los rendimientos asignados por el M.T.C. y los que son producto de un estudio detallado pueden resultar sensibles y perjudicar por tanto a alguna de las partes interesadas.

Por otra parte, algunos empresarios experimentados prefieren estimar sus propios rendimientos en base a sus conocimientos y los resultados que han obtenido en anteriores obras con maquinarias, materiales y características similares.

Ha sido nuestra intención, el tratar de llegar a resultados realistas en el cálculo de estos rendimientos, y para esto, hemos desarrollado ejemplos para caracterizar los más predominantes escenarios topográficos, así como las especificaciones de los equipos que integran el parque nacional de maquinaria pesada, para entonces tratar de justificar debidamente los rendimientos y consecuentemente los precios unitarios que se deben esperar en una licitación de una obra que una empresa planea llevar a cabo. Esto permite que el ente contratante pueda medir la seriedad y el conocimiento que posee el contratista acerca de las características de la obra en cuestión.

Para hallar el rendimiento de las partidas individuales que han sido establecidas por el M.T.C., se debe resaltar que cuando los materiales del banqueo se estén

utilizando para construir terraplenes, el ritmo de las operaciones de banqueo debe ajustarse al rendimiento del equipo de compactación.. Nos basamos en la metodología utilizada por los fabricantes para estimar el rendimiento de compactación en el terraplén, que no es mas que la aplicación de una fórmula en la que intervienen en el numerador: el ancho de pasada del compactador, el espesor de las capas compactadas, la velocidad de compactación, y en el denominador: el número de pasadas requeridas por cada capa. Esta expresión arroja un valor en metros cúbicos compactados por unidad de tiempo (MCC/t), el cual por medio de el factor de compresibilidad, se transforma en metros cúbicos de banco por unidad de tiempo (MCB/t) y así se podrán limitar las demás actividades (banqueo y transporte). El rendimiento nominal del equipo de compactación fue corregido, al igual que el de las otras maquinarias que están envueltas en las operaciones del ciclo, por el factor de disponibilidad (0.7) y el de eficiencia del operador (0.83), que fueron anteriormente descritos.

Una vez establecido el número de unidades compactadoras a utilizar en el terraplén, se pudo hallar la producción, en $m^3_{compactados}$/hr que dividida entre el factor de compresibilidad (F.C.), será la producción *en* m^3_{banco}/hr que se requiere para que la compactadora trabaje a su capacidad plena corregida.

Conociendo la capacidad de carga del cajón de la mototraílla utilizada, llevada a capacidad *en banco* por medio del factor de conversión volumétrica (F.C.V.), y el tiempo del ciclo de la misma (obtenido siguiendo el procedimiento indicado por los manuales), se obtiene un rendimiento aislado para cada partida sin tomar en cuenta la participación de ésta en el ciclo, y por lo tanto se arroja un valor deliberadamente alto ya que se supone que esta actividad se realiza constantemente a lo largo del tiempo. Luego se realiza un estudio de la distribución del tiempo del ciclo según las actividades incluidas en estas partidas y procedimos a corregir los rendimientos individuales de cada partida con un factor que representa el % del tiempo del ciclo que la máquina está realizando dicha actividad. Es necesario afectar a las mototraíllas por los mencionados factores de disponibilidad y eficiencia del operador.

Dividiendo el rendimiento en m^3_{banco}/hr requerido en el terraplén entre rendimiento de "1" mototraílla se determina cuántas son necesarias para mantener la producción antes establecida.

Como el número de mototraíllas así obtenido rara vez será exacto, tendrá que redondearse al entero inmediato superior para garantizar la producción fijada en el terraplén. Este "exceso" de mototraíllas, creará un factor de seguridad que resulta muy útil debido a que sirve para corregir algún pequeño desfase en el ciclo sin tener necesariamente que alterar la producción.

A continuación se muestra un ejemplo de una hoja de cálculo de rendimiento según partidas codificadas, donde se incluye la adaptación o "tropicalización".

PLANILLA PARA EL CALCULO DE RENDIMIENTOS

CASO: Validad
CONDICIONES: Montana tpo 2
ESCARIFICACIÓN: Necesaria

Descripción: SEGUN EL CASO

Densidad del banco(kg/m^3):	1900
Factor de Conversión Volumétrica (FCV):	0.83
Factor de Compresibilidad (FC):	0.8
Coeficiente de Tracción:	0.5
Altitud (m.s.n.m):	1000
Hundimiento de los Neumáticos (cm):	10.00
Pendiente del Terreno o Vía (%), ruta de descenso:	-35
Pendiente del Terreno o Vía (%), ruta de ascenso:	6
(Introduzca valor (+) si sube, (-) si baja)	
Diferencia de cota entre los cetros de gravedad de las masas de corte y de relleno (m):	100

MAQUINA: (631 D)

Capacidad de Carga (m^3):	24
Carga Útil Estimada (t):	37.85
Peso Máquina Vacía (t):	40
Peso Bruto Vehículo cargado (t):	77.85
% de Peso Sobre las Ruedas Propulsoras Cargada:	54
% de Peso Sobre las Ruedas Propulsoras Vacía:	69
Peso Sobre las Ruedas Propulsoras Cargada (kg):	42038
Peso Sobre las Ruedas Propulsoras Vacía (kg):	27600
Fuerza Motriz Utilizable ó de Tiro Cargada (kg):	21019
Fuerza Motriz Utilizable ó de Tiro Vacía (kg):	13800
Fuerza Motriz Requerida (kg): "en la ruta de descenso":	-21019
Fuerza Motriz Requerida (kg): "en la ruta de ascenso":	10899

DATOS ESPECIALES DE LA MAQUINARIA:
TURBO-ALIMENTADA=1 ASPIRACION NORMAL=0
COLOQUE EL VALOR CORRESPONDIENTE: 1

EXCESO ALTITUD: -1300 2300 0

FACTOR DE REDUCCION DE POTENCIA: 1

CALCULOS PARA LA RUTA DE DESCENSO:

FRR (kg/t)=	80.00
RR (kg)=	6227.84
RR (%)=	8.00
FRP (kg/t)=	-350.00
RP (%)=	-35.00
RP (kg)=	-27246.80
P.Co. (%)=	-27.00

NOTA: La Resistencia Total, cuando viene expresada en porcentaje, se conoce como Pendiente Compensada y cuando viene expresada en kg, como Fuerza Motriz Requerida

COMPARACION DE LA FUERZA DE TIRO REQUERIDA Y LA UTILIZABLE:
Si estoy acarreando (cargada) ..... La máquina puede efectuar el trabajo.
Si estoy retornando (vacía) ..... La máquina puede efectuar el trabajo.

DATOS PARA ENTRAR EN LAS GRAFICAS

PBV (vacío) (t)	40.00	"utilizar en el caso de retorno"
PBV (cargado) (t)	77.85	"utilizar en el caso de acarreo"
DISTANCIA (m)	303	
P.Compensada (%)	-27.00	"si es (-) utilizar gráficas de retardador" "si es (+) utilizar gráficas convencionales"

Cálculo de las longitudes de acarreo o retorno:

Diferencia de Cotas entre los centros de gravedad de las masas de corte y relleno (m):	100
Longitud que tendrá que RECORRER la máquina con la pendiente estipulada (m):	303

Resultado Tabla (km/h)	11
Tiempo de descenso (min)	1.65

CALCULOS PARA LA RUTA DE ASCENSO:

FRR (kg/t)=	80.00
RR (kg)=	6227.84
RR (%)=	8.00
FRP (kg/t)=	60.00
RP (%)=	6.00
RP (kg)=	4670.88
P.Co. (%)=	14.00

NOTA: La Resistencia Total, cuando viene expresada en porcentaje, se conoce como Pendiente Compensada y cuando viene expresada en kg, como Fuerza Motriz Requerida

COMPARACION DE LA FUERZA DE TIRO REQUERIDA Y LA UTILIZABLE:
Si estoy acarreando (cargada): ..... La máquina puede efectuar el trabajo.
Si estoy retornando (vacía): ..... La máquina puede efectuar el trabajo.

DATOS PARA ENTRAR EN LAS GRAFICAS

PBV (vacío) (t)	40.00	"utilizar en el caso de retorno"
PBV (cargado) (t)	77.85	"utilizar en el caso de acarreo"
DISTANCIA (m)	1670	
P.Compensada (%)	14.00	"si es (+) utilizar gráficas convencionales" "si es (-) utilizar gráficas de retardador"

Cálculo de las longitudes de acarreo o retorno:

Diferencia de Cotas entre los centros de gravedad de las masas de corte y relleno (m):	100
Longitud que tendrá que RECORRER la máquina con la pendiente estipulada (m):	1670

Resultado Tabla (km/h)	17
Tiempo de ascenso (min.)	5.89

CÁLCULO DEL TIEMPO DE CICLO:

TIPO DE MAQUINARIA: Mototrailla 631D

Tiempo Fijo: (manuales)

Tiempo de Carga (min):	0.7
Tiempo demaniobras y descarga (min):	0.7
Total Tiempo Fijo (min):	1.4

Tiempo Variable: (resultado de las gráficas)

Tiempo de Acarreo (min):	1.65
Tiempo de Retorno (min):	5.89
Total Tiempo Variable (min):	7.54

Total Tiempo Ciclo (min): 8.94

DATOS DEL EMPUJADOR D9H

Tiempo en el empuje (min):	0.1
Tiempo de retorno (min):	0.28
Tiempo de empuje (min):	0.7
Tiempo de maniobras (min):	0.15
Tiempo de ciclo (min):	1.23

CALCULO DEL NUMERO DE MAQUINARIA REQUERIDA

Número de trailas requeridas por la compactación:	10.04
Número de empujadores requeridos por las trailas:	1.51
Número de empujadores req. corregidos por eficiencia:	3
Número total de trailas utilizadas:	11

CALCULO DEL RENDIMIENTO DEL BANQUEO:

Ciclos de Carga por hora:	27.7
Carga estimada (m^3 de banco):	19.92
Rendimiento por máquina (m^3 de banco/h):	552.1
Rendimiento p/maq corregida por eficiencia (m^3 de banco/h):	322.0
Rendimiento p/maq corregida por %tiempo (m^3 de banco/h):	77.95
Rendimiento máx. posible de la flota (m^3 de banco/h):	857
Rendimiento de la flota limitado por compactación (m^3 de bco./	**792.8**
Rendimiento p/maq. limitado por compactación (m^3 de bco./h):	**71.16**

FACTOR DE EFICIENCIA

Trabajo diurno	50 min/hr	eficiencia	0.58
Tarbajo nocturno	45 min/hr	eficiencia	0.53
Factor de disponibilidad	70 %		

Introduzca "1" si el trabajo es diurno y "0" si es nocturno 1

Factor de eficiencia: 0.58

CALCULO DEL RENDIMIENTO DEL TERRAPLEN:

Ancho de compactación (m):	2.28
Velocidad media de compactación (km/h):	9.5
Espesor de las capas (cm):	20.0
Número de pasadas requeridas:	4
Rendimiento p/compactdor 825B de pisones (m3/h):	1074
Rendimiento p/compactdor 825B de pisones, corregida (m3/h):	826
Número de Compactadores que deseo utilizar:	1
Rendimiento total de la compactación (m3/h):	**826**

RELACION ENTRE LOS TIEMPOS DEL CICLO			FACTOR	Estos tiempos de banqueo y transporte se obtuvieron
Tiempo banqueo (min):	2.16	24.2 %	0.242	de la tabla de distribucion de tiempos para los costos
Tiempo transporte (min):	6.78	75.8 %	0.758	dado que la distribucion de partidas y por lo
Tiempo total (min):	8.94	100 %	1	tanto de tiempos era exacta.

CALCULO DEL RENDIMIENTO EN EL TRANSPORTE:

Ciclos de Carga por hora:	8.9
Carga estimada (m^3 de banco):	19.92
Rendimiento por máquina por hora (m^3 de banco)/h:	176.3
Rendimiento corregido por eficiencia (m^3 de banco)/h:	102.8
Rendimiento corregido por % tiempo (m^3 de banco)/h:	77.95
Rendimiento máx. posible de la flota (m^3 de banco/h):	857
Rendimiento de la **flota** limitado por compactación (m^3 de bco.	**782.8**
Rendimiento **p/maq.** limitado por compactación (m^3 de bco./h):	**71.16**
Rendimiento de la **flota** en (m^3 x estación de 50m /hr):	**12307.91**
Rendimiento **por máquina** en (m^3 x estación de 50m):	**1118.90**

Distancia de acarreo	1670	m
Distancia de retorno	303	m
Distancia media recorr.	986	m
Distacia acarr.libre	-200	m
Distancia presupuest.	786	m
equivalente a :	15.724	estaciones de 50m

EQUIPO DESGARRADOR NECESARIO SEGUN EL TIPO DE SUELO:

Tipo de Suelo (con el tipo se entra en la gráfica)	Tractor Escarificando	Desgarrador utilizado	Valores obtenidos de las gráficas: Velocidad sismica (pies/s)	Producción (m^3/h)	Producción (m^3/d)	Número de unidades requeridas
Arcilla Densa	D8-H	9D	5500	1000	8800	2

INVENTARIO DE EQUIPOS PARA ESTE ESCENARIO:

Tipo de Máquina	Modelo	Condiciones	Cantidad
Mototrailla	631D	cualquiera	11
Empujador	D9H	cualquiera	3
Escarificador	D9H	segun el caso	0
Compactador	825B	cualquiera	1
Patrol	130G	Carretera	2
C.Cisterna	631D	cualquiera	4
Reperfilador	D8H	cualquiera	3

CALCULO DELNÚMERO DE CISTERNAS REQUERIDAS:

Capacidad de la Cisterna (l):	15,000
% de humedad añadida:	7
Número de Cisternas requeridas:	4

CÁLCULO DEL NÚMERO DE REPERFILADORAS:

Número de Mototrallas en uso:	11
Número de D8 requeridos:	3

CÁLCULO DEL NÚMERO DE MOTONIVELADORAS:

Número de Patroles requerido:	2

Tabla de Distribución de los tiempos:

(cálculo del factor de corrección de costos para máquinas de trabajo compartido)

Partida	Actividad	Tiempo (m)	% Tiempo	% uso 631D	Factor de Corrección
Corte (BANQUEO o PRESTAMO)	Corte y Carga	0.7	7.83	24.21	0.242
	Descarga y Man.	0.7	7.83		
	Transporte 0-200 m	0.76	8.55		
Transporte	Transp. > 200 m	6.78	75.79	75.79	0.758
	T.total	8.94	100.00	100.00	1.000

Tabla de distribución de costos para la motoniveladora

Partida	Actividad	% de uso
Transporte	Mantenimiento de los caminos	100
Terraplen	Batir y unirormizar terraplen	100

Distancia promedio de Acarreo + Retorno
1972

4.8 Determinación del número requerido de cada tipo de maquinaria

Una vez realizados estos cálculos, se procedió a la determinación de los números necesarios de otros equipos, siguiendo una metodología basada en fórmulas simples de mecánica de suelos y los criterios que dicta la experiencia de aquellos especialistas en estas actividades.

De esta manera, para hallar el número de empujadores necesarios, primero se determina cuántas mototraillas pueden ser empujadas por cada D9 "bulldozer", tomando el tiempo del ciclo de la mototraílla y dividiéndolo entre el del D9, y a este valor se le afecta por los factores de disponibilidad y eficiencia del operador. Esto nos da la relación entre el número de mototraillas y de D9, luego con una regla de tres se puede hallar el número de empujadores total requerido.

Para el caso del cálculo del número de camiones cisternas, se parte de los datos del suelo: la humedad natural y la humedad óptima de compactación, para determinar la humedad que es necesario añadir. Conociendo la producción, en ton/hr y este % $_{de\ humedad}$, se halla el volumen de agua que es necesario añadir, en m^3_{agua}/hr. Con la información de la capacidad del camión cisterna y suponiendo que éste hace 2 viajes por hora (este último dato varía mucho según las características de la obra y es sólo una buena aproximación al promedio real), se obtiene el número de camiones cisterna

necesarios. Cabe mencionar que este número no ha sido afectado por los factores de disponibilidad o eficiencia del operador.

En cuanto al cálculo de los bulldozer D8 que se utilizan para reperfilar los taludes de banqueo, se da por entendido que éstos no son absolutamente necesarios en el caso de préstamos, y se adoptó, de acuerdo a la experiencia de gente que trabaja en el ramo y debido a la no existencia de una metodología que indique cómo realizar su cálculo, el criterio de utilizar un D8 por cada cinco mototraíllas presentes en la obra.

Tanto por razones de mantenimiento de los caminos como para distribuir el agua uniformemente en el terraplén, se requiere del uso de las motoniveladoras, comúnmente conocidas como "Patrol". Para nuestros cálculos, utilizamos el modelo 12 G. Como esta máquina se comparte para las dos actividades antes mencionadas, resulta indispensable determinar hasta qué punto se pueden distribuir, o resultará necesario utilizar más de una en la obra por razones de tiempo y distancias de recorrido. A continuación se muestra la tabla de distribución de costos de la motoniveladora.

TOPOGRAFÍA	TRANSPORTE	TERRAPLÉN	No. de Motoniveladoras	Distancia aprox. (m) Acarreo + Retorno
	%tiempo motoniveladora			
Llano	No Hay	1	1	400
Montaña Tipo 1	0.5	0.5	1	986
Montaña Tipo 2	1	1	2	1972
Montaña Tipo 3	1	1	2	3550

4.9 Obtención de los Costos Horarios y Diarios

Para la obtención de los costos aquí mencionados, se procedió siguiendo la metodología empleada por la A.V.M.P., utilizando información actualizada para el momento de elaboración de este trabajo, y que se encuentran debidamente especificados en la sección de anexos.

4.10 Cálculo de los Precios Unitarios Referenciales

Una vez obtenido el número requerido de cada tipo de maquinaria y los costos de las mismas, como fue señalado en las dos secciones anteriores, se estructuraron planillas de análisis de precios, las cuales contenían toda la información sobre los

costos expresados en costos de posesión y de operación, de manera tal que el costo total pueda ser afectado por un **factor de corrección interpartidiario**, ya que existe maquinaria que operando dentro de un ciclo de movimiento de tierra, interviene en más de una partida (mototraílla) y por tanto su costo horario total se debe compartir entre éstas, para no intervenir 100% en cada partida durante el ciclo, lo cual resultaría un costo alto e injustificado. Una vez obtenido el total de estos costos (diarios), se dividió entre el rendimiento de la partida correspondiente, para así obtener el costo unitario de los equipos. Para la obtención del costo unitario de la mano de obra, se siguió un procedimiento similar, dividiendo el costo diario de mano de obra (salario + costos asociados a salario) entre el rendimiento.

La suma de estos dos costos unitarios más los gastos de administración (16%) y la utilidad (12%), constituye el **Precio Unitario Referencial**, que citamos a continuación y se analizan posteriormente.

Resulta importante señalar que todas las hojas de cálculo de rendimientos, y los análisis de precio para cada topografía y condición geológica se encuentran en la sección de anexos de este trabajo.

A continuación se citan las tablas comparativas de rendimientos y precios unitarios referenciales con los resultados de los estudios pertinentes a cada caso.

TABLA COMPARATIVA DE RENDIMIENTOS

NOTA: ESTOS RENDIMIENTOS SE HALLAN LIMITADOS POR LA CAPACIDAD DE COMPACTACIÓN EN EL TERRAPLÉN

TOPOGRAFIA		CORTE (BANQUEO o PRÉSTAMO)				TRANSPORTE			TERRAPLEN			
		por mototrailla m^3/hr	por mototrailla m^3/dia	de la flota m^3/hr	de la flota m^3/dia	por mototrailla m^3*est./dia	de la flota m^3*est./dia	longitud de cada estación	por compactadora m^3/hr	por compactadora m^3/dia	de la flota m^3/hr	de la flota m^3/dia
Llano	Terreno Blando	209	1837	835	7348				626	5511	626	5511
	Arcilla Densa	196	1722	783	6888	NO HAY	NO HAY	0	626	5511	626	5511
	Esquisto	246	2161	737	6483				626	5511	626	5511
Montaña Tipo 1	Terreno Blando	119	1050	835	7348	0	0		626	5511	626	5511
	Arcilla Densa	130	1148	783	6888	0	0	50 m	626	5511	626	5511
	Esquisto	123	1081	737	6483	0	0		626	5511	626	5511
Montaña Tipo 2	Terreno Blando	70	612	835	7348	0	0		626	5511	626	5511
	Arcilla Densa	71	626	783	6888	0	0	50 m	626	5511	626	5511
	Esquisto	74	648	737	6483	0	0		626	5511	626	5511
Montaña Tipo 3	Terreno Blando	40	350	835	7348	0	0		626	5511	626	5511
	Arcilla Densa	46	405	783	6888	0	0	1km	626	5511	626	5511
	Esquisto	43	381	737	6483	0	0		626	5511	626	5511

TABLA COMPARATIVA DE PRECIOS UNITARIOS REFERENCIALES

TOPOGRAFIA		CORTE (BANQUEO o PRESTAMO)	TRANSPORTE		TERRAPLEN
		por partida Bs/m^3	Longitud de la estación	por partida Bs/m^3*estación	por partida Bs/m^3
Llano	Terreno Blando	736		no hay	284
	Arcilla Densa	1010	0	no hay	284
	Esquisto	1113		no hay	284
Montaña Tipo 1	Terreno Blando	759		88	262
	Arcilla Densa	993	50m	80	262
	Esquisto	1301		83	262
Montaña Tipo 2	Terreno Blando	827		70	284
	Arcilla Densa	1090	50m	68	284
	Esquisto	1298		65	284
Montaña Tipo 3	Terreno Blando	986		1336	284
	Arcilla Densa	1146	1km	1151	284
	Esquisto	1468		1213	284

4.11 Análisis de las Tablas Comparativas

4.11.1 Factores que inciden en el Precio Unitario del Terraplén

a) Densidad: mientras más denso es el material, más kg por metro cúbico contiene, lo que significa una mayor cantidad de agua agregada por metro cúbico que compacto, incidiendo en el costo y aumentando el precio unitario.

b) Factor de Compresibilidad (F.C.): mientras mayor es este factor (tiende a 1), menos compresible es el material, y se compactan menos metros cúbicos de banco por hora.

c) Longitud de la vía : ésta viene definida por la diferencia de cota entre los centros de gravedad de las masas de corte y relleno. En el terraplén, mientras más larga es la vía, menor % de tiempo opera la motoniveladora dentro de esta partida, menor es el costo, y por lo tanto el precio unitario. (Este aspecto se ilustra en la tabla de distribución de tiempos de la motoniveladora). Sin embargo, cuando la longitud de la vía es demasiado larga, es necesario emplear más de una motoniveladora en la obra, lo que afecta los costos y los precios unitarios, haciéndolos mayores.

4.11.2 Factores que inciden en el Precio Unitario del Transporte

a) Hundimiento de los neumáticos: mientras mayor es el hundimiento, mayor es la pendiente compensada, y se realiza una menor cantidad de ciclos por hora por máquina, lo que va a disminuir el rendimiento por máquina, y por ende aumentará el número de mototraillas necesarias para cumplir con el rendimiento de la compactación

que se impone en el terraplén. Esto va a incrementar los costos y por consecuencia, el precio unitario.

b) Factor de conversión volumétrica (F.C.V.): al aumentar este factor (tiende a 1), disminuye el esponjamiento y se pueden transportar más metros cúbicos de banco por viaje de la mototraílla, lo que aumenta el rendimiento individual por máquina, y reduce el número de mototraillas necesarias para cumplir con el rendimiento de compactación que se impone en el terraplén. Esto va a reducir los costos y por tanto, el precio unitario.

c) Factor de Compresibilidad (F.C.): dentro de esta partida el F.C. influye de dos maneras:

1-. Si este factor aumenta (menor compresibilidad), el rendimiento de $m^3/hr_{en\ banco}$ requerido por la compactación en el terraplén disminuye, y así aumenta el precio unitario.

2-. De la misma manera, al aumentar este factor y disminuir el rendimiento requerido, se presenta la situación en que necesito menor número de mototraillas para lograrlo, lo que disminuye los costos y así el precio unitario.

d) Longitud de la vía : esta viene definida por diferencia de cota entre los centros de gravedad de las masas de corte y relleno, y afecta al transporte de dos maneras:

1-. Mientras más larga es la vía mayor es el % de tiempo que opera la motoniveladora dentro de esta partida, mayor es el costo, y por lo tanto el precio unitario. (Este aspecto se ilustra en la tabla de distribución de tiempos de la motoniveladora).

2-. Mientras más larga es la vía, logro transportar menos metros cúbicos por máquina por hora, así aumenta el número de mototraillas que requiero para cumplir con el rendimiento que dicta la compactación, aumentan los costos y el precio unitario.

4.11.3 Factores que inciden en el Precio Unitario del Banqueo

a) Velocidad sísmica: este parámetro mide la dureza, densidad, o dificultad que ofrece el suelo para ser escarificado. Al aumentar su dureza, aumentan el número de escarificadores que requiero. Esto trae como consecuencia un aumento en los costos y por ende, del precio unitario.

b) Longitud de la vía : esta viene definida por diferencia de cota entre los centros de gravedad de las masas de corte y relleno. Mientras más larga es la vía, logro transportar menos metros cúbicos por máquina por hora, así aumenta el número de mototraillas que requiero para cumplir con el rendimiento que dicta la compactación, aumentan los costos y el precio unitario.

c) Factor de conversión volumétrica (F.C.V.): al aumentar este factor (tiende a 1), disminuye el esponjamiento y se pueden transportar más metros cúbicos de banco por

viaje de la mototrailla, lo que aumenta el rendimiento individual por máquina, y reduce el número de mototraillas necesarias para cumplir con el rendimiento de compactación que se impone en el terraplén. Esto va a reducir los costos y así, el precio unitario.

d) Factor de Compresibilidad (F.C.): dentro de esta partida el F.C. influye de dos maneras:

1-. Si este factor aumenta (menor compresibilidad), el rendimiento requerido por la compactación en el terraplén disminuye, y así aumenta el precio unitario.

2-. De la misma manera, al aumentar este factor y disminuir el rendimiento requerido, se presenta la situación en que necesito menor número de mototraillas para lograrlo, lo que disminuye los costos y así el precio unitario.

e) Hundimiento de los neumáticos: mientras mayor es el hundimiento, mayor es la pendiente compensada, y se realiza una menor cantidad de ciclos por hora por máquina, lo que va a disminuir el rendimiento por máquina, y por ende aumentara el número de mototraillas necesarias para cumplir con el rendimiento de la compactación que se impone en el terraplén. Esto va a incrementar los costos y por medio de estos el precio unitario.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es necesario entender que las obras de movimiento de tierra deben ser concebidas como un ciclo dentro del cual las distintas actividades que desempeña la maquinaria, están estrechamente relacionadas. Es por esto que no se pueden evaluar rendimientos aislados para cada actividad, sino que el análisis implementado debe ser global, e incluir todas las variantes para llegar a resultados significativos.

Como se aprecia en las tablas comparativas y en la sección de análisis de las mismas contenido en el punto anterior, existe una apreciable diferencia entre los rendimientos, costos, y precios unitarios de las partidas según el escenario topográfico y la geología correspondiente. Considerando esta premisa, y agregando a ella la aleatoriedad con que los ministerios designan o fijan rendimientos y precios unitarios sin ningún tipo de apoyo técnico-teórico, sin tomar en cuenta los parámetros y factores que en este trabajo se consideraron, se nota claramente que los rendimientos y por lo tanto los precios unitarios asumidos por estos entes gubernamentales no son solamente imprecisos, sino que están errados, y hasta se encuentran por debajo de los costos del contratista, por lo que no se puede pretender que las empresas que ejecutan obras de esta índole se aventuren a trabajar bajo estas condiciones, que conducen a descapitalizaciones masivas, corrupción, estafas, y a la quiebra de estas compañías.

Esto evidencia y comprueba la importancia del propósito para el cual esta tesis fue creada, el de generar unos precios unitarios "**referenciales**", para diferentes tipos de topografías y condiciones de suelo, utilizando costos estandarizados obtenidos de estudios profesionales recientes, y rendimientos calculados basándose en la metodología que proponen los fabricantes, pero implementado un proceso de adaptación al cual llamamos "tropicalización", para así llegar a un enfoque realista, actual, y sincero, que simplificará y agilizará todo el proceso de licitaciones de obras civiles de movimiento de tierra en Venezuela.

Aunque este trabajo representa el primer paso dentro de un proceso, en el cual se persigue establecer rendimientos y precios referenciales para las condiciones de trabajo venezolanas, la meta comprende el mejorar el crítico proceso actual de licitaciones, de forma tal que cuando los costos y rendimientos se hayan logrado referenciar, el factor decisivo dentro de las licitaciones sea la oferta respecto al tiempo de ejecución de la misma.

6. BIBLIOGRAFÍA

"**Caterpillar performance handbook**", Caterpillar Tractor Co., edition 7, a CAT publication.

Peoria, Illinois, EUA, 1976.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), "**Codificación de Partidas para Presupuestos**", Sector Construcción, Parte I, Carreteras , 3ra edición, Fondonorma .

Caracas, Venezuela, 1983.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), "**Especificaciones, Codificación y Mediciones**", Sector Construcción, Parte I, Carreteras , Fondonorma .Caracas, Venezuela, 1980.

"**The Complete Guide to Worldwide Caterpillar Serial Numbers**"

(PASSPORT 91). International Equipment Exchange Ltd.

Norcross, Georgia, EUA, 1991.

II Taller de Costos de Maquinaria Pesada, "**Actualización y Estandarización de Costos**"

Asociación Venezolana de Maquinaria Pesada (A.V.M.P.).

Caracas, Venezuela, 1995.

Trabajo Especial de Grado "**Actualización y Estandarización de Costos de Movimiento de Tierra en Venezuela**"

Rafael E. Madrigal L., Universidad Católica Andrés Bello.

Caracas, Venezuela, 1994.

CORREDOR, Gustavo (Ingº.) "**Construcción de Obras de Tierra**", tomos I y II

Caracas, Venezuela, 1987

CORREDOR, Gustavo (Ingº.) "**Rendimiento y Costos en el Movimiento de Tierras**", volumen II, Estimación de rendimientos.

Caracas, Venezuela, 1989

SALCEDO, Daniel (Ingº.) "**Carta Técnica #17**", Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Vialidad, División de Control de Obras, Departamento de Control de Calidad.

Caracas, Venezuela, 1973

BALLESTER, F.- CAPOTE, J. "**Máquinas de Movimiento de Tierra**", Criterios de Selección. Ediciones Pedeca.

Universidad de Cantabria, España, 1992.

DAY A., David (profesor de Ingeniería civil en la universidad de Denver, Colorado) "**Maquinaria para Construcción**".

Ediciones Limusa, México, 1978.

"**Cost Reference Guide for Construction Equipment**"

Dataquest Incorporated, EUA, 1994.

Tabulador de Costos de Posesión y Operación

APROMET, 1996

Publicación : "Cálculo del Factor de Costos asociados a los salarios de los trabajadores"

Tabuladores de oficios y salarios mínimos.

Cámara Venezolana de la construcción, 1996.

Información adicional facilitada por:

Asociación Venezolana de Maquinaria Pesada, Ingeniero Raúl Pacheco

Constructora SURCOS, Ingeniero Eduardo Madrigal

Constructora ARPIGRA, Ingeniero Salvador Di Lodovico

Ingeniero Daniel Salcedo.

ÍNDICE

II.1 Carta de la A.V.M.P. solicitando la ejecución de la tesis.

II.2 Hojas de Cálculo de Rendimiento con sus respectivos Análisis de Precios en cada Partida.

II.3 Tabla tipo de suelo-densidad.

II.4 Tabla de expansión, % de vacíos y F.C.

II.5 Tabla de tipo de terreno vs. %RR.

II.6 Tabla de coeficientes de tracción.

II.7 Gráficas de pendiente compensada-velocidad-tiempo (standard y retardador).

II.8 Gráfica de tipo de suelo vs. velocidad sónica.

II.9 Gráfica de velocidad sónica vs. producción del escarificador.

II.10 Comunicado de la A.V.M.P. citando las gráficas *costo vs. edad* de las que se obtuvo la edad de la maquinaria patrón y el costo horario referencial a ser utilizado.

II.11 Gráfico de la variación de la paridad cambiaria a partir de 1983 y hasta la presente fecha.