

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO Y ASIGNACIÓN DE MAQUINARIA EN
PROYECTOS DE TERRACERÍA PARA
URBANIZACIONES; UTILIZANDO SOFTWARE
ESPECIALIZADO”**

PRESENTADO POR:

**REYNALDO ARISTIDES GUTIÉRREZ PAZZUELO
MAURICIO MINERO OLANO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL :

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

ING. LUÍS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación Previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

**“ESTUDIO Y ASIGNACIÓN DE MAQUINARIA EN PROYECTOS DE
TERRACERÍA PARA URBANIZACIONES; UTILIZANDO SOFTWARE
ESPECIALIZADO.”**

Presentado por :

**REYNALDO ARISTIDES GUTIÉRREZ PAZZUELO
MAURICIO MINERO OLANO**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Directores :

**ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES
ING. EDGAR ANTONIO BODEWIG AGUILAR
ING. JOSE RENE SERRANO MENDOZA**

San Salvador, Septiembre de 2007.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

ING. EDGAR ANTONIO BODEWIG AGUILAR

ING. JOSE RENE SERRANO MENDOZA

AGRADECIMIENTOS.

A lo largo de la realización a realización de este trabajo de graduación son muchas las personas que nos han colaborado y apoyado desinteresadamente, es por ello que de manera especial queremos hacer públicos nuestros agradecimientos:

A DIOS: En primer lugar deseamos agradecer a Dios todo poderoso por iluminar y guiar nuestro camino en la realización de este proyecto, por no desampararnos en los momentos más difíciles que tuvimos que pasar. Gracias señor por la oportunidad que nos has dado de alcanzar nuestra meta, pero sobre todo, gracias por darnos la vida, mantener firme nuestra fe, a darnos fuerzas para continuar en el esfuerzo del diario vivir.

A SIMAN CONSTRUCTORA: Por ayudarnos en la realización de este proyecto facilitándonos la información necesaria y acceso al proyecto.

A NUESTROS DOCENTES DIRECTORES: Gracias por ayudarnos a llegar al final de este trabajo de graduación, por darnos sus conocimientos sin ningún pretexto, y por estar siempre dispuestos a ayudarnos en todo momento.

AL PERSONAL DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL: Gracias por enseñarnos todo lo básico sobre nuestra carrera, por ser los mejores maestros, por mostrarnos el camino a seguir.

DEDICATORIA.

A DIOS: Por darme la vida y oportunidad de luchar para alcanzar mis metas, iluminando mí camino en cada instante.

A MIS PADRES: Mauricio Minero Ayala que con su esfuerzo, sacrificio y trabajo me brindo una buena educación, Consuelo Edith de Minero por darme el apoyo y amor incondicional en todos los instantes de mi vida ¡**GRACIAS MAMA!**, dándome ánimos en los momentos difíciles.

A TÍO: Ingeniero Cesar Minero por enseñarse muchas cosas de la ingeniería civil, transmitiéndome sus experiencias vividas como profesional, que en los momentos oportunos me ha dado ese consejo con la sabiduría que Dios le ha dado.

A MIS AMIGOS: Por ayudarme cuando los necesitaba, y por compartir conmigo todo lo bueno y malo en la vida. Y Gerardo Orantes mi amigo desde la infancia.

A MI NOVIA: Por comprenderme y apoyarme en todo momento durante el desarrollo del presente trabajo. Gracias Mi Amor.

A MIS AMIGOS DE LA UNIVERSIDAD: Los hermanos Néstor y Rene Grande, Odir Alvarado, Alex Orellana, Paúl, Angélica Torres, Claudia, Jimmy, Carmen Evangelina, Danilo Vega, Dubon Urbina, Juan Pablo y Víctor Manuel. Con los cuales hemos compartido mucho tiempo en las aulas de estudio, noches de desvelo y hemos reído y gozado.

DE MANERA MUY ESPECIAL A MI COMPAÑERO DE TESIS: Gracias por ser mi amigo incondicional, por soportar mis inquietudes y bromas. Estoy muy agradecido por ser mi amigo, compañero de estudio a lo largo de muchos años, y hacer posible que llegáramos a la culminación de nuestra meta, sin tu ayuda este proyecto no hubiera sido posible.

MAURICIO MINERO OLANO

A DIOS TODOPODEROSO: Por colmarme de bendiciones durante todo este tiempo que estuve en la universidad, gracias por no dejar que me desvaneciera y darme la entereza suficiente de para superar todos los inconvenientes, gracias por no dejarme abandonado, gracias por convertirte en mi mejor amigo y aliado.

A MI MADRE: Ana Maria Pazzuelo (QQDD). Por cuidarme durante todo este tiempo en el cual nunca me ha dejado solo y enseñarme cuando estuvo con vida a disfrutar de cada momento, cada día del regalo de la vida.

A MI ABUELO: Don Ricardo Jaime Elvir Pazzuelo. (QQDD). Por pasar a ser mi padre y amigo al cual le dedico especialmente este trabajo **GRACIAS, GRACIAS ABUELO**, Por tu infinito amor y sabiduría te llevare siempre conmigo. Te quiero mucho.

A MIS AMIGOS DE LA UNIVERSIDAD: Los hermanos Néstor y Rene Grande, Odir Alvarado, Albín Ríos, Zulma Pineda, Milton Hasbún, Julio Mejia, Carlos Ayala, Con los cuales hemos compartido mucho tiempo en las aulas de estudio, noches de desvelo y hemos reído y gozado.

A MIS AMIGOS DEL TRABAJO: DON TREJO, NAHUN TOBAR Y A TODA LA FAMILIA DE AMIGOS QUE ESTAN EN EL PANTEL GUAZAPA.

ESPECIAL AGRADECIMIENTO: A los padres de Mauricio Minero quienes durante todo este tiempo me han brindado su cariño y comprensión **QUE DIOS ME LOS BENDIGA** por su gran corazón.

A MIS AMIGOS: Delmy Torres, Mauricio Minero, Fredy Ramos, Claudia Geraldina por su buena disposición en ayudarme.

REYNALDO PAZZUELO

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XX
GENERALIDADES	XXVIII
RESUMEN	XXVIII
ALCANCES	XXX
OBJETIVOS	XXXII
<i>Objetivo General</i>	<i>xxxii</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>xxxii</i>
LIMITACIONES	XXXIII
JUSTIFICACIÓN	XXXIV
CAPITULO I: CLASIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIPOS DE MAQUINARIA PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 ACTIVIDAD Y TIPOS DE MAQUINARIA MÁS UTILIZADA PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA EN URBANIZACIONES	2
1.3 DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA Y APLICACIONES	4
1.3.1 Equipo de excavación y empuje (tractor de oruga)	4
Definición	4
Clasificación	4
Características de Operación	5
Utilización	5
Accesorios de los Tractores	5
Recomendaciones para la utilización más eficiente	10
1.3.2 Equipo de excavación, carga y acarreo. (Mototraillas)	12

Definición	12
Clasificación	12
Características de operación	13
Utilización	13
Recomendaciones para la utilización de las mototraíllas:	16
1.3.3 Equipo de carga. (Cargadores)	18
Definición	18
Clasificación	18
Características	19
Accesorios	20
Utilización	21
Recomendaciones para lograr mayor eficiencia	22
1.3.4 Equipo de nivelación. (Motoniveladora)	23
Definición	23
Características de operación	23
Utilización	23
Recomendaciones para lograr mayor eficiencia	24
1.3.5 Equipo de excavación, carga. (Excavadora)	25
Definición	25
Clasificación	26
Principales componentes	26
Características de operación	26
Utilización	26
Operación de una pala excavadora	27
Recomendaciones para lograr mayor eficiencia	27
1.3.6 Equipo de compactación. (Compactadores)	28
Definición	28
Importancia	28
Tipo de compactadores	29

1.3.7 Equipo de excavación y carga. (Retroexcavadora)	34
Definición	34
Características	34
1.3.8 Equipo de acarreo. (Camión de volteo)	35
Definición	35
Clasificación	35
Características de operación	36
Utilización	36
Recomendaciones para lograr mayor eficiencia	37
1.4 GENERALIDADES DE LOS RENDIMIENTOS DE LOS EQUIPO UTILIZADOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA	38
1.4.1 Factores básicos de la producción	38
El tiempo	38
Materiales	40
La Eficiencia	42
1.5 FORMAS DE ESTIMAR LA PRODUCCIÓN	43
Observación directa:	43
Por medio de formulas y reglas.	43
Por medio de tablas de fabricante	44
1.6 RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS	44
RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE UN CAMIÓN DE VOLTEO	62
CAPITULO II: MOVIMIENTO DE TIERRA EN URBANIZACIONES	66
2.1 GENERALIDADES	66
2.2 CONSIDERACIONES SOBRE LOS RECURSOS NECESARIOS	67
2.2.1 Mano de obra	68
2.2.2 Manejo y suministro de materiales	68

2.2.3 Equipo.....	69
2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	70
2.3.1 Contenido de una especificación técnica	70
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS RUBROS MÁS RELEVANTES EN PROYECTOS DE TERRACERÍA EN URBANIZACIONES.....	74
2.4.1 Trabajo de topografía.....	74
2.4.2 Operaciones de terracería en urbanizaciones	75
2.4.2.1 Chapeo y limpieza	75
2.4.2.2 Podado y tala de árboles.....	76
2.4.2.3 Descapote, desraizado y destronconado.	76
2.4.2.4 Demoliciones	77
2.4.2.5 Trazo y nivelación	77
2.4.2.6 Corte en terrazas	78
2.4.2.7 Corte bajo niveles de terraza.....	79
2.4.2.8 Excavación o corte	80
2.4.2.9 Relleno compactado	81
2.4.2.10 Desalojo de material sobrante	83
2.4.2.11 Movimiento interno	84
2.4.2.12 Mezclas de materiales.....	84
2.4.2.13 Suministro de materiales desde bancos de préstamo	85
2.4.2.14 Conformación de taludes	85
2.4.2.15 Desprendimientos	85
2.4.3 Complementación.....	86
2.5 MATERIALES.....	87
2.5.1 Definición de materiales	87
2.5.2 Cambios de volumen.	90
2.6 VALORES DEL ESPONJAMIENTO Y SU FACTOR.	94

CAPITULO III: COSTOS DE OPERACIÓN DE MAQUINARIA	96
3.1 GENERALIDADES SOBRE COSTOS	96
3.2 COSTOS HORARIOS	97
3.2.1 Costos Fijos	99
3.2.1.1 Depreciación	100
3.2.1.2 Cargos por inversión.....	103
3.2.1.3 Cargos por seguros.....	104
3.2.1.4 Cargo por almacenaje.....	105
3.2.1.5 Cargo por mantenimiento	105
3.2.1.6 Método alternativo para el cálculo del factor de reparación o mantenimiento.....	106
3.2.2 Cargos variables	108
3.2.3 Cargos por consumo	109
3.2.3.1 Cargo por combustible	109
3.2.3.2 Cargo por lubricantes.....	110
3.2.3.3 Cargo por llantas.....	111
3.2.3.4 Cargo por elementos de desgaste rápido.....	111
3.2.3.5 Factores básicos para estimar la vida económica de las llantas.....	112
3.2.4 Costos de operación.....	115
3.3 COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS.....	118
3.3.1 Vida útil	119
3.3.2 Vida económica	121
3.4 CRITERIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VIDA ECONÓMICA.....	123
3.4.1 Valor de rescate	124
3.5 LA INFLACIÓN Y LA MAQUINARIA.....	125
3.6 EJEMPLO PRÁCTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN PALA EXCAVADORA MARCA VOLVO MODELO EC290BLC.....	127

3.6.1 Datos generales de la maquina.....	127
3.6.2 Tablas y gráficos de los costos de mantenimiento mensual para un grupo de excavadoras.	128
3.6.3 Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.	130
3.6.4 Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.....	131
3.6.5 Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria. 132	
3.7 EJEMPLO PRÁCTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN CARGADOR FRONTAL DE RUEDAS MARCA KOMATSU MODELO WA380-3.....	133
3.7.1 Datos generales de la maquina.....	133
3.7.2 Tablas y graficas de los costos de mantenimiento mensual de un grupo de cargadores con rueda.....	134
3.7.3 Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.	136
3.7.4 Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.....	137
3.7.5 Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria. 139	
3.8 EJEMPLO PRÁCTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN MOTONIVELADORA MARCA CATERPILLAR MODELO 140M..	140
3.8.1 Datos generales de la maquina.....	140
3.8.2 Costos de mantenimiento mensual de un grupo de motoniveladoras.	141
3.8.3 Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.	143
3.8.4 Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.....	144
3.8.5 Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria. 146	
3.9 EJEMPLO PRÁCTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN PARA UN CAMION DE VOLTEO MARCA FREIGHTLINER MODELO FL106.....	147
3.9.1 Datos generales de la maquina.....	147

3.9.2 <i>Tablas y graficas de los costos de mantenimiento mensual para un grupo de camiones de volteo.....</i>	148
3.9.3 <i>Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.</i>	152
3.9.4 <i>Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.....</i>	153
3.9.5 <i>Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria..</i>	155
EJEMPLO PRACTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN RODO COMPACTADOR PATA DE CABRA MARCA VOLVO MODELO 815B.....	156
3.10.1 <i>Datos generales de la maquina.....</i>	156
3.10.2 <i>Tablas y graficas de los costos de mantenimiento por mes de un grupo de rodos compactadores pata de cabra.....</i>	157
3.10.3 <i>Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.</i>	161
3.10.4 <i>Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.....</i>	162
3.10.5 <i>Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria</i>	163
CAPITULO IV: CALCULO DE VOLÚMENES DE TIERRA UTILIZANDO LAND DESKTOP 2004	164
4.1 GENERALIDADES DEL CAPITULO.....	164
4.1.1 <i>Generalidades de modulo Land Desktop.....</i>	165
4.1.2 <i>Generalidades de modulo Autodesk Civil Design</i>	166
4.2 MODELACIÓN DIGITAL DE TERRENOS.	166
4.2.1 <i>Creación de una nueva superficie</i>	168
4.2.2 <i>Selección de los datos o información topográfica</i>	169
4.2.3 <i>Cálculo de la malla o superficie</i>	170
4.2.3.1 <i>Corrección de la malla</i>	173
4.3 COMANDO PARA ESTUDIAR Y VISUALIZAR EL TERRENO MODELADO.	174

4.3.1 Comandos para visualizar el terreno en 3D	174
4.3.1.1 Malla triangular	174
4.3.1.2 Malla rectangular	176
4.3.2 Comandos para estudiar el terreno	178
4.3.2.1 Estudio de elevaciones	179
4.3.2.2 Estudio de pendientes	182
4.4 CURVAS DE NIVEL	183
4.4.1 Definición de estilos de curvas de nivel	183
4.4.2 Generación de curvas de nivel	183
4.4.3 Etiquetado de curvas de nivel	186
4.4.4 Otros comandos sobre curvas de nivel	187
4.5 CORTES EN EL TERRENO	187
4.5.1 Vistas rápidas de cortes del terreno	188
4.5.2 Cortes del terreno, que se pueden ingresar gráficamente al dibujo	189
4.6 REALIMENTACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO	190
4.6.1 Alineamiento horizontal del eje	190
4.6.2 Definición de la rasante como alineamiento vertical	191
4.6.3 Definición de los perfiles transversales	191
4.7 CÁLCULOS DE LOS MOVIMIENTOS DE TIERRA	192
4.7.1 Cálculo del movimiento de tierra	193
4.7.1.1 Definición del sitio de cubicación	193
4.7.1.2 Selección de las superficies que serán cubicadas	194
4.7.1.3 Cálculo del volumen	194
4.7.1.3.1 Grid Volumes	195
4.7.1.3.2 Composite Volumen	197
4.7.1.3.3 Section Volumen	199
4.7.2 Informe del cálculo de volumen	202

4.7.3 <i>Actualización de la topografía original</i>	203
CAPITULO V: ASIGNACIÓN DE MAQUINARÍA EN OBRAS DE TERRACERÍA EN URBANIZACIONES	205
5.0 GENERALIDADES DEL CAPITULO	205
5.1 PLANTEAMIENTO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS	206
5.1.1 <i>Análisis de los requerimientos del proyecto</i>	207
5.1.2 <i>División del proyecto en unidades de trabajo</i>	207
5.1.3 <i>Estudio detallado del trabajo a realizar</i>	208
5.1.4 <i>Requerimientos del proyecto planos y especificaciones</i>	208
5.2 SISTEMATIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN, ATAQUE Y CONTROL DE LA MAQUINARÍA	209
5.2.1 <i>Subsistema de base de datos</i>	212
5.2.1.1 <i>Recopilación de base datos</i>	213
5.2.1.2 <i>Interacción base de datos</i>	219
5.2.2 <i>Subsistema de optimizaciones de los equipos y cálculo de la producción</i> 220	
5.2.2.1 <i>Evaluación de partidas de pago</i>	222
5.2.2.2 <i>Selección de equipos según actividades expuestas en plan de oferta</i>	223
5.2.2.3 <i>Análisis topográfico del área donde se desarrollara la urbanización</i>	224
5.2.2.4 <i>Recalculo de volumen de obra por partida en plan de oferta</i>	226
5.2.2.5 <i>Calculo de equipos por frente de trabajo</i>	226
5.2.2.6 <i>Calculo de la producción de equipos para movimientos de tierra</i> ..	227
5.2.2.7 <i>Creación de planos de frentes de trabajo según los requerimientos del trabajo</i>	230
5.2.2.8 <i>Generación de alternativas y evaluación económicas por frente de trabajo</i>	234
5.2.2.9 <i>Justificación de compra de equipos</i>	238
5.2.2.10 <i>Listado de equipos a disponer en el proyecto</i>	238

5.2.3 Subsistema de reportes	242
5.2.3.1 Reportes técnicos, económicos, Avance y control.	243
CAPITULO VI: EJEMPLO PRÁCTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE MAQUINARIA EN OBRAS DE TERRACERÍA APLICADO A URBANIZACIÓN LOS SUEÑOS.....	246
6.0 GENERALIDADES DEL CAPITULO.....	246
6.1 ETAPA I SUBSISTEMA BASE DE DATOS	246
6.1.1 Resumen de las bases del proyecto los sueños	246
6.1.2 Ubicación del proyecto	247
6.1.3 Tiempo de ejecución.....	248
6.1.4 Tipo de material.....	248
6.1.5 Información de las especificaciones técnicas	248
6.1.5.1 Descapote y desalojo	249
6.1.5.2 Trazo y nivelación	250
6.1.5.3 Corte.....	251
6.1.5.4 Relleno compactado	252
6.1.5.5 Acarreo interno en terreno del proyecto.....	253
6.1.5.6 Acarreo externo.....	254
6.1.6 Tipo de contrato.....	254
6.1.7 Plan de oferta	255
6.1.8 Presupuesto resumen de Urbanización los Sueños	256
6.1.9 Equipos disponibles para el proyecto	259
6.1.10 Planos del proyecto	260
6.2 ETAPA II SUBSISTEMA OPTIMIZACIONES DE LOS EQUIPOS Y CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN.....	261
6.2.1 Evaluación de las partidas de pago.	261

6.2.2 Evaluación selección de equipos según actividades expuestas en plan de oferta.....	262
6.2.3 Evaluación análisis topográfico del área donde se desarrollara la urbanización.....	263
6.2.4 Recalculo de volumen de obra por partida en plan de oferta.....	264
6.2.5 Calculo de equipos por frente de trabajo.	265
6.2.5.1 Actividades críticas	265
6.2.5.2 Actividades dependientes	266
6.2.6 Creación de planos de frentes de trabajo según los requerimientos del trabajo.....	270
6.2.7 Generación de alternativas y evaluación económicas por frente de trabajo.	270
6.2.8 Justificación compra de equipos.	274
6.2.9 Listado de equipos a disponer en el proyecto.....	274
7.0 GENERALIDADES.....	275
7.1 TIPOS DE CONTROLES PRINCIPALES EN LAS OBRAS DE INGENIERÍA.....	276
7.1.1 Control de avance.....	276
7.1.2 Control de rendimiento.	277
7.1.3 Control de costos y presupuesto.....	278
7.1.4 Control de calidad	280
7.2 NIVELES DE CONTROL	280
7.3 EL CONTROL DE LOS EQUIPOS PARA DETERMINAR LA PRODUCCIÓN.....	281
7.3.1 Objetivos principales del control de los equipos	282
7.3.2 Personal participante en la medición de la producción	282
7.3.2.1 Perfil del controlador de campo.....	282
7.3.2.2 Funciones del controlador de campo.....	283
7.3.2.3 Materiales de trabajo necesarios para el controlador de campo.....	283

7.4	<i>PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LA PRODUCCIÓN HORARIA DE VARIOS EQUIPOS.....</i>	284
7.4.1	<i>Revisión de la operatividad de la maquinaria.....</i>	284
7.5	<i>DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN HORARIA PARA DIFERENTES EQUIPOS</i>	286
7.5.1	<i>Determinación de producción horaria para un Tractor de orugas.....</i>	286
7.5.1.1	<i>Calculo a través de levantamiento topográfico</i>	286
7.5.1.2	<i>Métodos de montículos asimétricos.....</i>	286
7.5.2	<i>Determinación de la producción de los camiones de volteo</i>	291
7.5.2.1	<i>Calculo de volumen de acarreo (m³).....</i>	291
7.5.2.2	<i>Calculo del ciclo y producción horaria.</i>	293
7.5.3	<i>Determinación de la producción de la excavadora hidráulica y/o cargador frontal</i>	295
7.5.3.1	<i>Forma de determinar la eficiencia horaria (Eh)</i>	295
7.5.3.2	<i>Ejemplo practico para determinar el rendimiento de un cargador</i>	298
7.6	<i>CALCULO DE LA PRODUCCIÓN POR EQUIPOS DE TRABAJO.....</i>	298
7.6.1	<i>Excavadora hidráulica y/o cargador frontal versus camiones de volteo ..</i>	298
7.6.2	<i>Criterio practico de corrección sobre la marcha de equipos mecánicos...</i>	299
7.6.3	<i>Formato del control diario para la maquinaria.....</i>	300
7.6.4	<i>Acciones correctivas para mejorar los rendimientos de la maquinaria....</i>	301
7.7	<i>RECOMENDACIONES PARA MANTENER EL CONTROL EN EL SECTOR DE MANTENIMIENTO</i>	303
7.7.1	<i>Recomendaciones para el sistema de compras de los insumos básicos para la maquinaria</i>	304
	CONCLUSIONES.....	305
	RECOMENDACIONES.....	308
	REFERENCIAS	309

ANEXOS	313
ANEXO A: ÍNDICE DE TABLAS	313
ANEXO B: ÍNDICE DE PRESUPUESTOS DEL PROYECTO URBANIZACIÓN LOS SUEÑOS.....	326
ANEXO C: PLANOS DEL PROYECTO URBANIZACIÓN LOS SUEÑOS	327

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Lista de equipos y actividades más comunes utilizadas para el movimiento de tierra.	3
Tabla 1.2 Rendimiento de un tractor a con suelo que posee alto nivel de arena.	46
Tabla 1.3 Rendimiento de tractor tierra común (hasta 2300 m.s.n.m).....	47
Tabla 1.4 Rendimiento de tractor, suelo con alto contenido de arcilla.	48
Tabla 1.5 Rendimiento estándar de los compactadores	49
Tabla 1.6 Rendimiento estándar de las retroexcavadoras	51
Tabla 1.7 Rendimiento de las motoniveladora.....	52
Tabla 1.8 Rendimiento de un cargador de ruedas	53
Tabla 1.9 Rendimiento de tractor, suelo con alto contenido de arena	54
Tabla 1.10 Rendimiento de tractor tierra común (hasta 2300 m.s.n.m).....	55
Tabla 1.11 Rendimiento de tractor en suelo con alto contenido de arcilla	56
Tabla 1.12 Producción por hora estimada de las traillas remolcadas	61
Tabla 1.13 Rendimiento del transporte de material con camión de volteo, combinado carretera y ciudad	62
Tabla 1.14 Rendimiento del transporte de material con camión de volteo, en ciudad	62

Tabla 1.15 Rendimiento del transporte de material con camión de volteo, en carretera con tráfico medio.....	63
Tabla 1.16 Rendimiento del transporte de material con camión de volteo, en montaña calle con fuerte pendiente.....	63
Tabla 1.17 Producción aproximada de una pala mecánica	64
Tabla 1.18 Profundidad optima de corte para las palas mecánicas.....	65
Tabla 2.1 Densidades del material en banco y suelto, para los casos más frecuentes del movimiento de tierras.....	94
Tabla 3.1 Porcentaje de depreciación anual para diferentes métodos.....	102
Tabla 3.2 Factores para el cálculo del costo de reparación de diferentes maquinarias..	108
Tabla 3.3 Factores de carga para estimar consumo de combustible en diferentes equipos.	110
Tabla 3.4 Factores básicos para la estimación de la vida económica de las llantas.....	115
Tabla 3.5 Diferentes periodos de vida económica.	124
Tabla 3.6 Costos de mantenimiento de las excavadoras por mes en el año 2005.....	128
Tabla 3.7 Costos de mantenimiento de un grupo de excavadoras por mes año 2006....	129
Tabla 3.8 Calculo del factor de mantenimiento para una excavadora.	130
Tabla 3.9 Diferentes valores de la vida económica de una excavadora.....	131

Tabla 3.10 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de una excavadora.	132
Tabla 3.11 Costos de mantenimiento de cargadores por mes en el año 2005.....	134
Tabla 3.12 Costos de mantenimiento de cargadores por mes en el año 2006.....	135
Tabla 3.13 Calculo del factor de mantenimiento para un cargador.	136
Tabla 3.14 Diferentes valores de la vida económica para un cargador de ruedas.	137
Tabla 3.15 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de un cargador con ruedas.	139
Tabla 3.16 Costos de mantenimiento de motoniveladora por mes en el año 2005.....	141
Tabla 3.17 Costos de mantenimiento de motoniveladora por mes en el año 2006.....	142
Tabla 3.18 Calculo del factor de mantenimiento para una motoniveladora.	143
Tabla 3.19 Diferentes valores de la vida económica de las motoniveladoras.....	144
Tabla 3.20 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de una motoniveladora.....	146
Tabla 3.21 Costos de mantenimiento de varios camiones por mes en el año 2005.....	148
Tabla 3.22 Costos de mantenimiento de varios camiones por mes en el año 2006.....	150
Tabla 3.23 Calculo del factor de mantenimiento para un camión.....	152

Tabla 3.24 Diferentes valores de la vida económica para un camión.	153
Tabla 3.25 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de un camión de volteo.....	155
Tabla 3.26 Costos de mantenimiento de un grupo de rodos compactadores por mes en el año 2005.....	157
Tabla 3.27 Costos de mantenimiento de un grupo de rodos compactadores por mes en el año 2006.....	159
Tabla 3.28 Calculo del factor de mantenimiento para un rodo compactador.	161
Tabla 3.29 Diferentes valores de la vida económica de un rodo compactador.....	162
Tabla 3.30 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de un rodo compactador.	163
Tabla 4.1 Nombre de los softwares existentes en el mercado salvadoreño especializados en el cálculo de volúmenes de tierra.	164
Tabla 5.1 Tablas de ayuda para la selección del equipo considerando el tipo de trabajo.	224
Tabla 5.2 Recorte de tabla presentada en Capitulo I, para la selección de rendimiento de un tractor de cadenas.....	228
Tabla 5.3 Recorte de tabla presentada en Capitulo I, para la selección de rendimiento de una pala sobre orugas.....	228

Tabla 5.4 Recorte de tabla presentada en Capitulo I, para la selección de rendimiento para un rodó compactador de 11 Ton.....	229
Tabla 5.5 Recorte de tabla presentada en Capitulo I, para la selección de rendimiento para un rodó compactador de 7.4 Ton.....	230
Tabla 5.6 Ejemplo de evaluación económica opción según rendimiento requerido.....	238
Tabla 5.7 Ejemplo de evaluación económica opción de cambio de equipos.....	238
Tabla 6.1 Resumen general del prepuesto realizado de las obras de terracería en Urbanización los Sueños.....	256
Tabla 6.2 Resumen del prepuesto realizado de las obras de terracería en Urbanización los Sueños, etapa I.....	257
Tabla 6.3 Resumen del prepuesto realizado de las obras de terracería en Urbanización los Sueños, etapa II.....	257
Tabla 6.4 Resumen del prepuesto realizado de las obras de terracería en Urbanización los Sueños, etapa III.....	258
Tabla 6.5 Listado de equipos disponibles para el proyecto de la Urbanización los Sueños.....	260
Tabla 6.6 Calculo del rendimiento mínimos requerido.....	262
Tabla 6.7 Tipos de equipos que pueden ser utilizados para las obras a realizar en el proyecto Urbanización los Sueños.....	263
Tabla 6.8 Comparativo de cantidades presupuestadas versus calculadas.....	264

Tabla 6.9 Calculo del rendimiento requerido para el proyecto Urbanización los Sueños.	264
Tabla 7.1 Formato de calibración para registrar las mediciones de la hoja topadora. ...	288
Tabla 7.2 Ejemplo del formato control para un tractor de oruga KOMATSU	290
Tabla 7.3 Formato de control de las producciones para los camiones de volteo	294
Tabla 7.4 Formato de campo para el calculo de la producción de una pala excavadora.	297
Tabla 7.5 Formato de campo para el control diario de la maquinaria.....	300

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Equipo tractor de oruga.	4
Figura 1.2 Muestra los diferentes tipos de hoja que puede adaptarse al tractor.....	6
Figura 1.3 Ejemplo de diferentes métodos de operación en un tractor.....	11
Figura 1.4 Principales partes de una mototrailla autocargable.	12
Figura 1.5 Ciclo de carga y descarga de las mototraillas.....	14
Figura 1.6 Diversas formas de efectuar los ciclos en la mototrailla.	14
Figura 1.7 Carga y descarga en ambas direcciones de la mototrailla.	15
Figura 1.8 Diferentes formas de efectuar los ciclos de trabajo con mototrailla.....	15
Figura 1.9 hasta la figura 1.11 se presentan gráficamente los procedimientos correctos e incorrectos de una motoniveladora.	17
Figura 1.12 Partes principales de un cargador.	18
Figura 1.13 Forma de operación de un cargador en bancos.....	22
Figura 1.14 Partes principales de una motoniveladora.	23
Figura 1.15 Partes principales de una excavadora	25
Figura 1.16 Partes principales de un compactador.....	28

Figura 1.17 Cuadro de utilización de los compactadores en diferentes suelos.....	31
Figura 1.18 Diferentes formas de transmisión de esfuerzos al suelo.....	32
Figura 1.19 Principales métodos de compactación y cargas aplicadas con rodo liso y neumático.....	32
Figura 1.20 Distribución de esfuerzos bajo cargas en los suelos según la teoría de Boussinesq	33
Figura 1.21 Distintos tipos equipos de compactación.....	33
Figura 1.22 Vista lateral de una retroexcavadora.....	34
Figura 1.23 Vista lateral de un camión de volteo.....	35
Figura 1.24 Representación esquemática de los ciclos de movimiento de tierra.....	39
Figura 1.25 Representa volúmenes de diferentes tipos de material en estado natural, suelto y compacto.....	42
Figura 2.1 Ejemplo de un proyecto de urbanización.....	67
Figura 2.2 Flujo grama del contenido general de la especificación técnica.....	73
Figura 2.3 Esquema de trabajo global de topografía en un proyecto de terracería.	75
Figura 2.4 Presenta esquemáticamente la operación de cambio de volumen.	91
Figura 2.5 Indica la variación de los volúmenes contra densidades en las operaciones del movimiento de tierras.....	92

Figura 2.6 Representa la evolución del volumen aparente (tomando como referencia 1 m ³ de material en banco), durante las diferentes fases del movimiento de tierras.....	92
Figura 3.1 Flujograma de la determinación de un costo horario.	99
Figura 3.2 Grafico de la vida económica.	120
Figura 3.3 Gráfica de la vida útil del equipo.....	120
Figura 3.4 Vistas lateral izquierda, lateral derecha y posterior de una pala excavadora, marca Volvo.	127
Figura 3.5 Grafica del costo por mantenimiento por mes de un grupo de excavadoras en el año 2005.	128
Figura 3.6 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de excavadora en el año 2006.	129
Figura 3.7 Vistas lateral izquierda de un cargador frontal de ruedas, marca Komatsu modelo WA380-3.....	133
Figura 3.8 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de cargadores en el año 2005.	134
Figura 3.9 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de cargadores en el año 2006.	135
Figura 3.10 Grafico para determinar la vida económica de las llantas en un cargador de ruedas.	138

Figura 3.11 Vistas lateral izquierda y trasera de una motoniveladora, marca Caterpillar modelo 140 M.	140
Figura 3.12 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de motoniveladoras en el año 2005.....	141
Figura 3.13 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de motoniveladoras en el año 2006.....	142
Figura 3.14 Grafico para determinar la vida económica de las llantas para una motoniveladora.....	145
Figura 3.15 Vistas lateral izquierda de un camión de volteo marca Freightliner modelo FL106.....	147
Figura 3.16 Grafica del costo por mantenimiento de equipo para un grupo de camiones en el año 2005.	149
Figura 3.17 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de camiones en el año 2006.	151
Figura 3.18 Grafico para determinar la vida económica de las llantas para un camión de volteo.....	154
Figura 3.19 Vistas lateral izquierda, lateral derecha y trasera de rodo compactador, marca Volvo modelo 815 B.	156
Figura 3.20 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de rodos compactadores en el año 2005.	158

Figura 3.21 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de rodos compactadores en el año 2006.	160
Figura 4.1 Ejemplo de modelo digital de un terreno.....	167
Figura 4.2 Ejemplo para una malla triangular.....	176
Figura 4.3 Ejemplo de una malla rectangular.	178
Figura 4.4 Ejemplo una imagen con tres rangos de colores para la modelación de terrenos.....	179
Figura 4.5 Ejemplo de curvas de nivel.....	185
Figura 4.6 Ejemplos de de la visualización de las mallas en los modelos del terreno...204	
Figura 5.1 Principales actividades del movimiento de tierra, se muestra diferentes equipos trabajando en obras de terracería.	206
Figura 5.2 Algoritmo principal para la asignación de recursos de maquinaria en obras de terracería.....	211
Figura 5.3 Algoritmo del subsistema de la recolección de datos principales del proyecto.	212
Figura 5.4 Ejemplo de la programación de los tiempos de ejecución consolidados de un proyecto, realizado con el software Microsoft Project 2003.....	214
Figura 5.5 Ejemplo de programación con los tiempos de ejecución del proyecto por etapas y desglosado, realizado con el software Microsoft Project 2003.....	214

Figura 5.6 Representación de un perfil estratigráfico formado en base al estudio de suelos presentado por el propietario, dibujo realizado con el software Autocad Land Desktop.	216
Figura 5.7 Diagrama conceptual del orden de las actividades.....	216
Figura 5.8 Ejemplo plan de oferta o presupuesto de obra.....	217
Figura 5.9 Ejemplo de un listado disponible de equipos.	218
Figura 5.10 Vista de montaje de diseño en planta de urbanización a realizar sobre el terreno natural, marcando los linderos de la propiedad.	219
Figura 5.11 Algoritmo del sistema a seguir para el calculo, asignación de maquinaria en obras de terracería.	220
Figura 5.12 Algoritmo del subsistema y selección del equipo a utilizar.	222
Figura 5.13 Ejemplos de planos ubicando bancos de préstamo.....	231
Figura 5.14 Ejemplo de esquematización global de etapas a desarrollar el proyecto y plan de oferta presentando rubros a considerar en el proyecto.	231
Figura 5.15 Ejemplo de esquematización en planta de fases para desarrollar el descapote en una urbanización.....	232
Figura 5.16 Ejemplo de esquematización en planta de fases para desarrollar el cortes y rellenos en una urbanización.....	233

Figura 5.17 Ejemplo de esquematización en planta de fases para desarrollar el cortes en terrazas, rellenos en terrazas y perfilado de taludes, para una primera etapa de construcción.	233
Figura 5.18 Ejemplo de esquematización en planta de fases para desarrollar el cortes en terrazas, rellenos en terrazas y perfilado de taludes, para una segunda etapa de construcción.	234
Figura 5.19 Muestra una alternativa de selección de maquinaria para realizar un mismo tipo de trabajo.....	235
Figura 5.20 Creación del plan de oferta y análisis de precios unitarios para los rubros corte en calles y relleno en calles, realizados con el software Opus Ole.	236
Figura 5.21 Generación de alternativas para los rubros de corte y relleno en calles utilizando con el software Opus Ole.	237
Figura 5.22 Ejemplo de creación de programa de trabajo en base a plan de oferta.....	239
Figura 5.23 Ejemplo de consolidado de horas maquina de tipo de equipos a utilizar en el proyecto. Creado en Opus en base a cronograma de actividades.	240
Figura 5.24 Ejemplo programación de uso de equipos por partida en base a un programa de trabajo, muestra partidas desde 1.1 hasta 2.3	241
Figura 5.25 Ejemplo programación de uso de equipos por partida en base a un programa de trabajo, muestra partidas desde 2.4 hasta 2.9	242
Figura 5.26 Vista de modulo de generación de reportes en el software Opus.....	243
Figura 5.27 Vista de carpeta generación de reportes técnicos en el software Opus	244

Figura 5.28 Vista de carpeta de generación de reportes económicos en el software Opus	244
Figura 5.29 Vista de carpeta de generación de reportes avance en el software Opus....	245
Figura 5.30 Vista de carpeta de generación de reportes control en el software Opus ...	245
Figura 6.1 Imagen satelital de ubicación del terreno donde se construirá Urbanización los Sueños	247
Figura 6.2 Esquema de ubicación de posibles puntos de conflictos por lluvias y por conformación de taludes.	263
Figura 7.1 Vista en planta y lateral de los montículos de tierra realizados por un tractor de orugas.	287
Figura 7.2 Representación esquemática del acarreo de un tractor de orugas.....	288
Figura 7.3 Materiales a utilizar para el cálculo de volumen del suelo.....	292
Figura 7.4 Camión de volteo sobre una balanza electrónica para determinar la tara.....	292
Figura 7.5 Representación esquemática de un cargador frontal y una excavadora hidráulica.....	296
Figura 7.6 Representación esquemática de un cargador frontal, un camión de volteo y una excavadora hidráulica.....	299

GENERALIDADES

RESUMEN

El estudio de la asignación de maquinaria para el movimiento de tierra en urbanizaciones presenta algunos antecedentes sobre la necesidad que se ha observado para poseer criterios en la evaluación y asignación de maquinaria en proyectos que involucren el movimiento de tierra, la necesidad que existe de poder ahorrar costos de operación sin afectar la productividad y la gran demanda del sector construcción. Por medio de una buena asignación de maquinaria se pueden hallar los pilares del éxito de un proyecto de terracería de una urbanización.

El presente trabajo de graduación se ha desarrollado en tres partes principales: la primera es la parte introductoria la cual trata las generalidades del trabajo de investigación, donde se plantean los objetivos, alcances, limitaciones y la justificación por la cual se ha llevado a cabo este trabajo de investigación, la segunda consiste en siete capítulos, la tercera contiene las recomendaciones y conclusiones del trabajo de investigación.

El primer capítulo describe los distintos tipos, clase y usos de maquinaria más comúnmente utilizada en nuestro país para el movimiento de tierra en urbanizaciones.

El segundo capítulo se describe las tareas primarias y secundarias pero igualmente importantes que se realizan en el movimiento de tierra en una urbanización como lo es destronconado, descapote, conformación de terrazas, taludes, pendientes, etc.

En el tercer capítulo se describe la forma matemática de obtener el costo unitario de la operación de cualquier maquinaria, se presentan ejemplos de análisis donde se determina el costo directo de alquiler o posesión de equipos, obteniendo el costo horario.

En el capítulo cuatro se da a conocer la metodología para la creación y modelación digital de una superficie del terreno natural, montando la urbanización sobre este,

mediante la utilización del software especializado Land Desktop, donde se podrá obtener las cantidades de corte y relleno a realizar, así como la ubicación precisa de estos.

El capítulo cinco describe la metodología de asignación de maquinaria en las obras de terracería, planteando un algoritmo el cual se pueda aplicar para cualquier tipo, clase y tamaño de urbanización, se describen los criterios más importantes que un ingeniero civil que este realizando una obra de terracería debe poseer con la finalidad de realizar los trabajos con mayor eficiencia, y a la vez sea rentable independientemente de la complejidad del proyecto.

En el sexto capítulo se realiza un ejemplo de asignación de maquinaria en la terracería realizada para el proyecto **Urbanización los Sueños**, utilizando las herramientas de software's especializados como lo son *Land Desktop* y *Opus Ole*. La metodología que se aplica es realizándolas en cuatro etapas principales que son: *Base de datos*, *Optimización de los equipos*, *calculo de la producción* y *creación de reporte*, las cuales son explicadas ampliamente en el capítulo V.

En el último capítulo se expone distintos métodos de control para la determinación de los rendimientos de la maquinaria en la obra, los criterios básicos que pueden aplicarse para realizar las correcciones en la obra al momento de la ejecución, el cual tiene como objetivo principal de incrementar los rendimientos.

ALCANCES

En el presente trabajo realizaremos una guía para la asignación de maquinaria en proyectos de terracería en urbanizaciones, dependerá en gran medida de la información recopilada, por este motivo a modo de ejemplificar el tema a desarrollar se contó con información de un proyecto ya ejecutado, el cual proporcionará toda la información necesaria, es decir, el juego de planos con el diseño final de la urbanización, estudio de suelos e información topográfica del terreno natural, etc. Con dicha información se comenzó a aplicar los criterios obtenidos y desarrollados del tema.

Para el análisis utilizaremos software especializados, los software nos brindaran herramientas que automatizan y facilitan las tareas complicadas y tediosas en el calculo de volúmenes de tierra, determinación de los costo de operación y rendimientos de la maquinaria, estos son: Autocad Land Desk 2004 y Opus Ole 2.0

Con el fin de agilizar la obtención de los cálculos y dejando más tiempo para el análisis de los resultados considerando varias alternativas que serán evaluadas en la solución del problema. A continuación se describe brevemente los softwares a utilizar:

Autodesk Land Desktop 2004: Permite crear mapas, modelar terrenos, etiquetar puntos, hacer alineamientos, perfiles, definir parcelas, posee funciones para el análisis topográfico, sistemas de coordenadas reales, cálculo de volúmenes por los métodos de secciones transversales, método de cuadrículas y áreas compuestas, geometría de caminos y automatiza la recolección de datos de campo.

Opus Ole: Es el software desarrollado en México de Ingeniería de Costos que permiten analizar precios unitarios y matrices, factores de salario real, costos horarios y todo lo relacionado con el presupuesto de una obra, aplicando herramientas que permiten minimizar el tiempo invertido en el análisis de un presupuesto y optimizar métodos de trabajo, Genera programas de obra de acuerdo al presupuesto y los rendimientos de cada

concepto. Posee el análisis de la ruta crítica vinculada entre las actividades o conceptos del programa, ya sea por medio de gráficas GANT ó CPM.

Luego de la obtención de los resultados del cálculo de volúmenes, asignaremos la maquinaria de acuerdo a los criterios desarrollados y con el análisis respectivo se diseñara una planificación para la ejecución del proyecto de terracería. Es decir, pretendemos elaborar un plano que muestre los procedimientos y etapas de la terracería en la urbanización de ejemplo, definiendo los periodos de utilización de los equipos.

También plantearemos una guía, para el control de las actividades involucradas en este rubro para ser aplicada en el momento de la ejecución del proyecto.

El tema que desarrollaremos pretende brindar una solución, por medio de un ejemplo a cualquier proyecto de urbanización que se encuentre dentro de nuestro país ya que brindara al ingeniero encargado de la terracería los criterios básicos y necesarios para la asignación de los recursos de maquinaria en el proyecto que involucre el movimiento de tierra.

OBJETIVOS

Objetivo General

Crear una metodología para la planificación, programación, organización y asignación de la maquinaria en un proyecto de terracería en una urbanización.

Objetivos específicos.

- ⇒ Describir y clasificar brevemente la maquinaria más utilizada en nuestro país para el movimiento de tierra.
- ⇒ Identificar los rendimientos teóricos de la maquinaria para el movimiento de tierra y los factores que lo afecten en los proyectos de terracería en una urbanización
- ⇒ Calcular volúmenes de tierra a mover a través de software Autodesk Land Desktop.
- ⇒ Evaluación de los costos de operación de la maquinaria para el movimiento de tierra en un proyecto de urbanización utilizando el software Opus Ole.
- ⇒ Asignación y análisis de la selección de maquinaria para la generación de alternativas en un proyecto ejemplo de terracería.
- ⇒ Elaboración de planos de taller que contendrán una planificación y asignación para el proyecto de ejemplo.
- ⇒ Elaboración de un formato para la evaluación periódica de la producción de horas máquina por sector, los cuales permitan realizar correcciones y aumentar los rendimientos.

LIMITACIONES

- ❖ Para la generación de alternativas y asignación de maquinaria en proyectos de terracería en urbanizaciones, utilizaremos maquinaria que se encuentra disponible en el mercado nacional.
- ❖ Debido a que existen en el mercado muchos tipos y marcas de maquinaria daremos una descripción de las generalidades y características propias de un tipo de maquina y no para cada marca, ya que las variaciones en rendimiento son muy pocas y en la mayoría de los casos son iguales, sin embargo para un análisis más minucioso es posible consultar el manual de rendimiento proporcionada por el fabricante.
- ❖ En el capítulo tres se describe la forma de obtener el costo directo de operación de maquinaria, para dicho análisis se ha considerado que los equipos son nuevos debido a que el análisis para equipo usado se necesita aplicar factores de depreciación severos y considerar la disminución que tendrá en el rendimiento de la maquinaria.
- ❖ Los software utilizados para el análisis de los datos y obtención de los resultados serán de versiones demo.
- ❖ No se describe con detalle la utilización de todos los comandos utilizados en los software's especializados, debido a que el objetivo principal de este trabajo no es crear un manual de referencia.

JUSTIFICACIÓN

En nuestro medio debido a la gran competitividad que existe, es necesario conocer los criterios que ayuden a la selección de la maquinaria para el movimiento de tierra en una urbanización, la cual integre los conocimientos teóricos y prácticos (experiencias adquiridas en campo), con el propósito de alimentar con estos conocimientos programas o software especializados en cálculos de volúmenes de tierra y costos de operación que nos ayuden a elaborar una planificación para la ejecución del proyecto adecuada a través de modelar dos o más alternativas propuestas para el desarrollo de proyectos de tercería en urbanizaciones.

Tomando en cuenta un conjunto de variables involucradas de las cuales podemos mencionar: Tiempo de ejecución del proyecto, tipos de suelos, estación climática predominante, ciclos de producción, rendimientos teóricos y prácticos de equipos de terracería, equipamiento de maquinaria, eficiencia de los operadores, vida útil de los equipos, mantenimiento rutinarios, topografía del área a trabajar, consumo y precio de lubricantes o combustibles, distancias de acarreo, etc.

La creación de estos criterios pretende agilizar de una forma responsable, el obtener un modelo el cual, se ajuste lo más cercanamente posible a la realidad para la ejecución del proyecto de terracería en urbanizaciones y edificaciones, este mismo propondrá una asignación de recursos planificada, en periodos controlados que servirá en un futuro como auditoria en la etapa de ejecución de la obra.

Esta metodología también podrá ser utilizada en proyectos de urbanización y edificación en los cuales exista, los rubros de terracería, pretende servir como una guía en la cual se describa paso a paso el uso de graficas y tablas para el rendimiento de la maquinaria.

CAPITULO I: CLASIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y TIPOS DE MAQUINARIA PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA

1.1 GENERALIDADES

Este capítulo tiene como objeto dar a conocer los distintos tipos y clases de maquinaria que se utilizan para el movimiento de tierra en urbanizaciones. Estas máquinas para movimiento de tierra se caracterizan por ser, robustas y resistentes y son en general equipos autopropulsados utilizados en construcción de: caminos, carreteras, ferrocarriles, túneles, aeropuertos, obras hidráulicas, edificaciones y para nuestro interés que son las obras de terracería en urbanizaciones. Están contruidos para varias funciones como son: soltar y remover la tierra, elevar y cargar la tierra en vehículos de transporte, distribuir la tierra en camas de espesores controlados, y compactar la tierra. Algunas máquinas pueden efectuar más de una de estas operaciones.

Cabe mencionar que dado la evolución a través del tiempo que han tenido estos tipos de maquinaria estas exigen a los operados actualizarse periódicamente, los cuales están en continuo contacto con los equipos; como también al personal que dirige las obras tener una constante auto evaluación acerca de los procesos constructivos, los cuales estamos expuestos como profesionales de la construcción a resolver distintos tipos de situaciones ya sea programadas o no programadas.

En este capítulo se hará una breve descripción de los distintos tipos de maquinaria más utilizados en el nuestro país para el movimiento de tierra en urbanizaciones. Debido a que existen en el mercado muchos tipos de maquinaria daremos una descripción no de las características propias de la maquinaria. Ya que existen variaciones según la marca que distribuyen este tipo de obras.

1.2 ACTIVIDAD Y TIPOS DE MAQUINARIA MÁS UTILIZADA PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA EN URBANIZACIONES.

En las obras de terracería en urbanizaciones se pueden hacer mención de algunas actividades más importantes las cuales son:

- 1. Excavación de materiales que se encuentran dentro del área del proyecto o bancos de préstamo.*
- 2. Traslado o su disposición parcial o definitiva de los materiales excavados.*
- 3. Rellenos con materiales del lugar.*
- 4. Mezclas de materiales o de bancos de préstamo.*
- 5. Refinados de taludes en corte y rellenos.*
- 6. Nivelación de superficies según lo indique la geometría del proyecto.*

A continuación se presenta en la tabla 1.2.1 una descripción breve de una manera más general sobre los distintos tipos de maquinaria para el movimiento de tierra en urbanizaciones. Debe considerarse que esta tabla es creada con el fin de dar una mejor comprensión de las distintas maquinas y el uso más adecuado en los cuales se obtiene un mayor rendimiento para los distintos tipos de trabajo que pueden darse en una obra de urbanización.

LISTA DE EQUIPOS PARA ACTIVIDADES DE TERRACERÍA												
NOMBRE DEL EQUIPO	FIGURA	CHAPEO Y DESTRONCO NADO	DESCAPOTE	CORTE	CARGA	ACARREO			RELLENO	MEZCLAS DE MATERIALES	REFINO DE TALUDES	NIVELACIÓN FINAL
						ENTRE (10- 50)m	ENTRE (50- 100)m	MAS 100m				
Tractor de cadenas		X	X	X		X						
Mototraillas				X	X	X	X		X			
Pala Excavadoras		X	X	X	X						X	
Retroexcavadora		X	X	X	X	X				X	X	
Cargadores Frontales					X	X				X		
Camiones de Volteo						X	X	X				
Rodó compactadores									X			X
Motoniveladoras											X	X

Tabla 1.1 Lista de equipos y actividades más comunes utilizadas para el movimiento de tierra.

Fuente (1)

1.3 DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA Y APLICACIONES

1.3.1 Equipo de excavación y empuje (tractor de oruga)

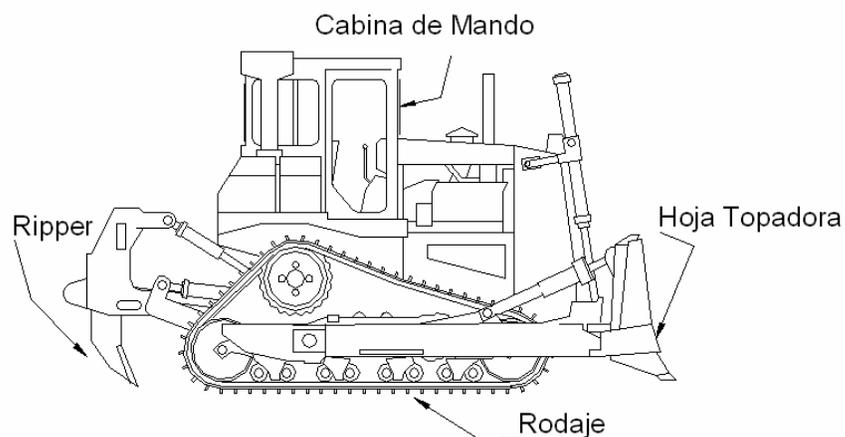


Figura 1.1 Equipo tractor de oruga.

Fuente (1).

Definición

Máquina para movimiento de tierra con una gran potencia que ocupan la fuerza de tracción y robustez en su estructura, diseñado especialmente para el trabajo de corte (excavando) y al mismo tiempo empujando con la hoja (transporte). Son máquinas útiles, eficaces y generalmente indispensables en todos los trabajos de construcción de grandes obras. Se clasifican, tanto por su rodamiento como por su potencia.

Clasificación

Por su rodamiento se pueden clasificar en:

- a) Tractor sobre cadena.
- b) Tractores sobre Neumáticos.

Características de Operación

El tipo de tractor por usar depende de las características del material sobre el cual se desarrollaran las operaciones, la movilidad requerida, naturaleza de las máquinas con que se usará para el volumen de obra y del tiempo para efectuarlo. La capacidad de los tractores es función de su potencia y de su peso. La potencia determina la fuerza de tracción disponible, que se ve afectada por la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie por donde se desplaza y por la pendiente. Estos factores se analizarán al estimar la producción.

Utilización

Son usados cuando se requiere máxima potencia con velocidades de movimiento relativamente bajas. Su sistema de rodamiento le permite operar con eficiencia en terrenos difíciles y con fuertes pendientes. Logra mayor tracción por la adherencia de las bandas a la superficie de apoyo, facilitando el empuje. Puede operar en ciénagas, hasta profundidades tan grandes como la altura de sus bandas. Para transportarlo a grandes distancias debe usarse un remolque, ya que recorrer distancias largas por sí mismo acorta su vida de operación.

Accesorios de los Tractores

Los tractores tienen varias aplicaciones para el desarrollo de las diferentes actividades se auxilian de diversos accesorios que les facilitan su labor.

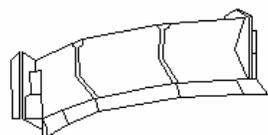
Entre los más importantes tenemos:

- Aditamento frontal llamado Hoja topadoras o Dozer.
- Arado o Desgarrador, adaptado en la parte posterior.

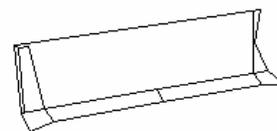
Hojas Topadoras o Dozer

Cuando al tractor se le adapta una hoja frontal es conocido como "BULDÓZER". Algunos de los tipos de hojas más frecuentes son los siguientes:

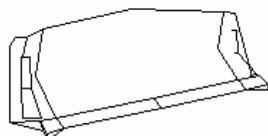
1. *RECTA*: Se utiliza para excavar y acarrear el material hacia adelante.
2. *ANGULAR*: Esta hoja puede emplearse en posición recta o puede girarse hasta un ángulo de 25 grados a la derecha o izquierda con el eje longitudinal del tractor. Se ha diseñado para empujo lateral, corte inicial para caminos, aberturas de zanjas, etc.
3. En "U": Tiene mayor capacidad para mover materiales, Puesto que los lados forman una caja para evitar que el material se escurra.
4. *AMORTIGUADA*: Diseñada para empujar y resistir impactos. Son generalmente usadas para el empuje de Mototraíllas.
5. *DESGARRADORA*: Que permite mayor penetración en el terreno.



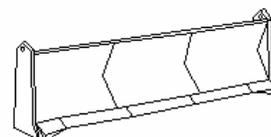
HOJA "U"
(UNIVERSAL)



HOJA "A"
(DE GIRO HORIZONTAL)



HOJA "S"
(RECTAL)



HOJA "C"
(AMORTIGUADA)

Figura 1.2 Muestra los diferentes tipos de hoja que puede adaptarse al tractor.
Fuente (1).

Las hojas vienen equipadas con piezas de desgaste como: La cuchilla en la parte inferior y las puntas en los extremos. La función de estas piezas es proteger la hoja que es un elemento más caro.

La hoja viene montada en un marco que se acopla al tractor y es controlada por un sistema hidráulico. El tamaño de las hojas es recomendado por los fabricantes en función de la potencia del motor del tractor. A mayor potencia mayor capacidad de empuje con la misma hoja.

Los buldózer tienen diversas aplicaciones dentro del movimiento de tierras, pueden cortar, acarrear y uniformizar los materiales de trabajo. Tienen ciertas limitaciones dentro de cada actividad que realizan, especialmente en las distancias de acarreo y en los niveles de excavaciones.

Los acarreos medios de un buldózer son del orden de 30 a 50 metros. La distancia máxima de recorrido en acarreo, debe ser de 70 m. A mayores distancias, incrementa el tiempo de ciclo por la baja velocidad de operación, aumenta el escurrimiento del material hacia los bordes de la hoja, bajando la producción.

El Buldózer tiene muchos usos, algunos de ellos son:

1. Desmonte y desenraíce.
2. Limpia de sitios para construcción.
3. Construcción y mantenimiento de caminos de acceso.
4. Despalle de bancos y arreglo del piso de los mismos.
5. Afloje del material para cargadores frontales.
6. Afine tosco de taludes.
7. Formación de bordas con préstamo lateral.

8. Relleno de zanjas.
9. Empujados de Mototraíllas.
10. Excavación y acarreo de materiales.
11. Extendido de material en terraplenes y remolcando equipo de compactación.

Desgarradores o Escarificadores

Básicamente los desgarradores se fabrican de dos tipos: de Bisagra y Paralelogramo, con uno o tres vástagos.

El de Bisagra puede tener de uno a tres dientes, posee la desventaja que al penetrar en el terreno modifica su ángulo de inclinación. El de paralelogramo penetra conservando siempre el mismo ángulo, ofreciendo mayor efectividad en el rompimiento, opera con un solo vástago. El de Bisagra es más usado puesto que presenta muchas ventajas y mayor versatilidad al poder roturar con uno, dos o tres vástagos.

Los vástagos son recomendados por los fabricantes para cada tipo de tractor, poseen en su parte inferior una punta protectora llamada casquillo. Su longitud depende de la dificultad de ataque, pero debe aprovecharse hasta donde sea posible, vigilando que no se rompan.

Las piezas sometidas a mayor desgaste son los casquillos y se fabrican en tres tamaños: Corto, intermedio y largo.

Los casquillos cortos tienen menos posibilidades de fractura pero cuentan con menos material para desgaste. Los medianos poseen gran resistencia al desgaste y soportan mejor las cargas de choque. Los casquillos largos poseen mayor resistencia al desgaste pero por su longitud son susceptibles de fractura. Su selección es función de la experiencia, de trabajo y de las recomendaciones de los fabricantes.

El desgarramiento o roturación es función del material con que se trabaje y la estrategia de trabajo que se haya seleccionado en cuanto a acarreo se refiere.

En términos generales en cuanto al tipo de material es importante conocer tanto la dureza como las condiciones geológicas. Algunas características del material que facilitan el desgarramiento son: fracturas y planos de debilidad, fragilidad, estratificación, poca dureza, formación de granos grandes, conglomerados empacados en materiales arcillosos, baja resistencia a la compresión.

Es importante conocer la naturaleza de los materiales por trabajar, confirmando sus características a través de exploraciones geológicas, muestras obtenidas mediante sondeos y la observación directa.

Actualmente se aplica el sistema de "Refracción Sismográfica" , que se basa en que la velocidad de una onda sonora a través de un material compacto es mayor que a través de materiales suaves, de modo que las distintas velocidades sísmicas, definen ciertos límites dentro de los cuales los materiales son susceptibles de desgarrarse.

Frecuentemente se complementa con perforaciones y observación directa, Se utiliza un aparato llamado geofono que consiste principalmente en un martilló que golpea una placa a diferentes distancias del receptor, el cual mediante circuitos electrónicos señala el tiempo transcurrido, con que se obtienen las velocidades de las ondas sísmicas y se deduce el grado de consolidación de la roca.

Los fabricantes han desarrollado gráficos del rendimiento de sus diferentes modelos en función de las velocidades de las ondas sísmicas en materiales tipos. Los tractores sometidos a trabajos de desgarramiento sufren deterioro en su sistema de rodaje, por lo que es conveniente vigilar la correcta operación para disminuir los costos por reparación.

La velocidad promedio recomendada por diversos fabricantes usando los escarificadores es de 2 a 3 Kms/hora. Las características del sistema de carga por utilizar influyen en la distancia entre pases del desgarrador. Si se usa Mototrallas es

conveniente obtener tamaños adecuados que faciliten la carga; si se utiliza cargadores frontales o palas mecánicas se permite mayores tamaños; si se efectuara con Buldozer, pueden modificarse aún más las distancias, sin embargo, la separación entre pases del desgarrador y la penetración deben ajustarse mediante tanteos sucesivos en función del material que se trabaje.

Con el auxilio de la información anterior, al mejorar los métodos de operación y con la disponibilidad de mayores potencias en las máquinas ha sido posible el aflojamiento de algunos materiales con desgarrador, que antes sólo, se concebían por el sistema tradicional barrenación y explosivos.

Recomendaciones para la utilización más eficiente

Los tractores con hojas y desgarradores. Los tractores son unidades básicas dentro del movimiento de tierras en la construcción de carreteras y calles. Son eficientes removiendo materiales hasta una distancia de 60 metros horizontales. Para conseguir el máximo rendimiento debe procurarse trasladar el mayor número posible de metros cúbicos en cada viaje. Esto puede lograrse empleando algunos procedimientos constructivos que se describen a continuación, siendo aplicables de acuerdo a las condiciones de cada trabajo.

Trabajo en parejas: Consiste en emplear cuchillas y colocarlas una al lado de la otra, de manera que actúen como si fueran una sola cuchilla evitándose así el desbordamiento por los extremos. Este procedimiento exige operadores hábiles.

Método del canal: Consiste en aprovechar los montones de tierra que se forman en ambos lados de la cuchilla después de la primera pasada, evitando así el desbordamiento lateral del material.

Método del descenso: Cuando se mueve el material en pendientes fuertes puede acumularse al material de varios ciclos en el borde y después dar un empujón final al material para que llegue al fondo; ahorrando tiempo y logrando mayor eficiencia.

Los procedimientos descritos se observan en la Figura 1.3., pudiendo combinarse entre si con el objeto de lograr un mayor rendimiento.

Cuando se utilizan desgarradores, se lograrán mejores rendimientos si se toman en cuenta las siguientes normas de trabajo:

- Controlar la penetración de los escarificadores en el terreno, para evitar que el tractor rompa los dientes si tropieza con un obstáculo importante.
- Utilizar los dientes del desgarrador con la máxima penetración de acuerdo a la dureza del material que se está roturando, en las vueltas deben levantarse los dientes, para evitar que se dañen.
- Para condiciones fáciles de rotura se debe utilizar los tres dientes; si se dificulta, se debe quitar el diente central. Esto con el objeto de reducir la resistencia a la penetración, En el caso de desgarrar para el llenado de las mototraillas, es más efectivo utilizar dientes laterales en la rotura del material.
- Cuando los tractores desgarran y empujen mototraillas que están cargando el material, deben trabajar en el mismo sentido para que puedan ejercer ambas funciones.

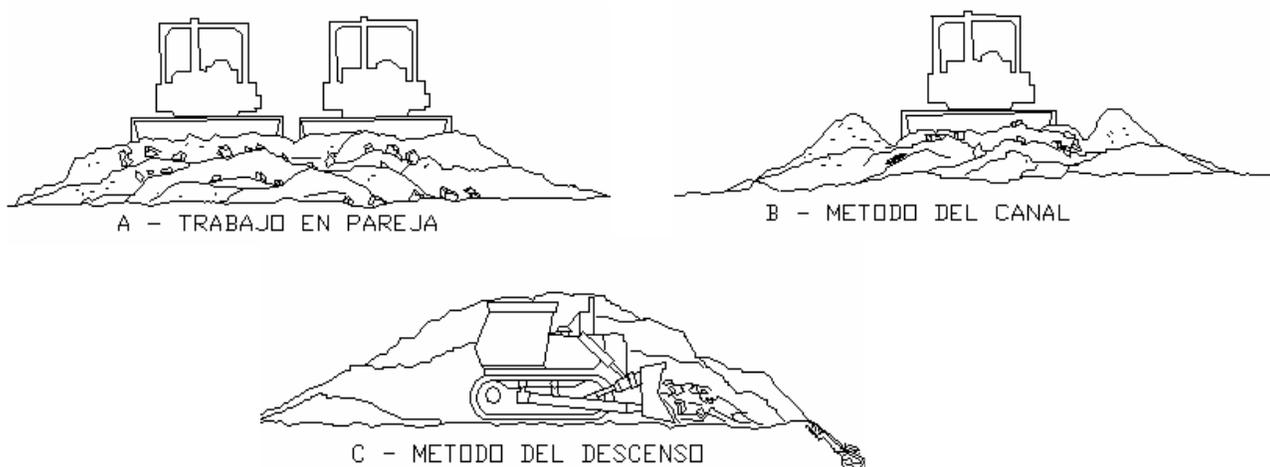


Figura 1.3 Ejemplo de diferentes métodos de operación en un tractor.

Fuente: (1)

1.3.2 Equipo de excavación, carga y acarreo. (Mototraillas)

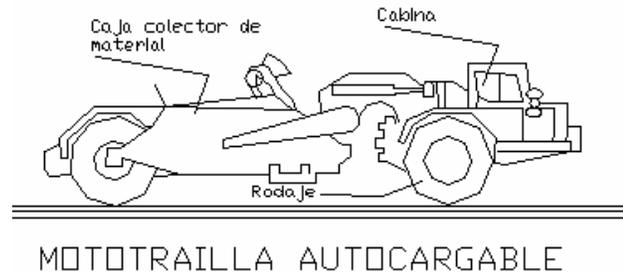


Figura 1.4 Principales partes de una mototrailla autocargable.

Fuente (1).

Definición

Son máquinas para el movimiento de tierras que excavan, cargan, acarrear, descargan y extienden el material en un solo viaje.

Constan fundamentalmente de dos partes: Una caja metálica reforzada, soportada por uno o dos ejes provistos de ruedas neumáticas, una compuerta curva: que puede bajar y subir mediante mecanismos hidráulicos, una cuchilla de material resistente en la parte inferior y una placa móvil en la parte interior que permite desalojar el material contenido en la caja. La segunda parte la forma un tractor de ruedas neumáticas donde se efectúan las operaciones de control.

Clasificación

En función de las características de tiro y empuje, propias de cada modelo, se han clasificado en cuatro tipos:

1. Mototraíllas estándar.
2. Mototraíllas de Potencia en Tanden.
3. Mototraíllas de Tiro y Empuje.

4. Mototraíllas Auto - Cargables (con mecanismo elevador).

Características de operación

La Mototraílla estándar posee un solo motor en el tractor. Para efectuar la carga debe ser auxiliada por un tractor empujador. Son utilizadas generalmente en pendientes bajas y sobre caminos de acarreo en buenas condiciones.

Las mototraíllas de dos motores, o de potencia de Tanden se utilizan igual que las estándar, pero debido a su mayor potencia se adaptan mejor a fuertes pendientes y disminuye el tiempo de carga, siendo siempre recomendable el uso del empujador para facilitarla.

Las mototraíllas de tiro y empuje, han mejorado las condiciones de operación de las dos anteriores, por trabajar en parejas, eliminan el tractor empujador, esto provoca descongestionamiento en los frentes de trabajo, disminución de los costos de inversión, disminución de los costos de operación.

Las mototraíllas autocargables, funcionan mediante un sistema de cangilones o puntas elevadores que van cargando el material en la caja, no requiere de tractor empujador, es usada en condiciones no muy severas de trabajo, su utilización se ve limitada para acarreos cortos y pendientes no muy fuertes.

Utilización

Son empleadas para efectuar movimientos de tierra en obras de terracería donde las distancias promedio de acarreo oscilan entre 200 y 300 metros, posee ventajas de carácter técnico como lo es la colocación del material en capas de espesores controlados, permitiendo mejorar el control de calidad en la construcción de terraplenes y mejor acabado de cortes.

Para efectuar el corte se baja la cuchilla que penetra en el suelo, de acuerdo con la profundidad del corte y el ancho de la cuchilla, se realiza la carga en una distancia. Al llenar la caja se levanta, se cierra la compuerta y se realiza el acarreo. Al llegar al lugar de descarga se levanta la compuerta y se descarga el material colocándolo en el espesor adecuado, por medio del control de la abertura de descarga.

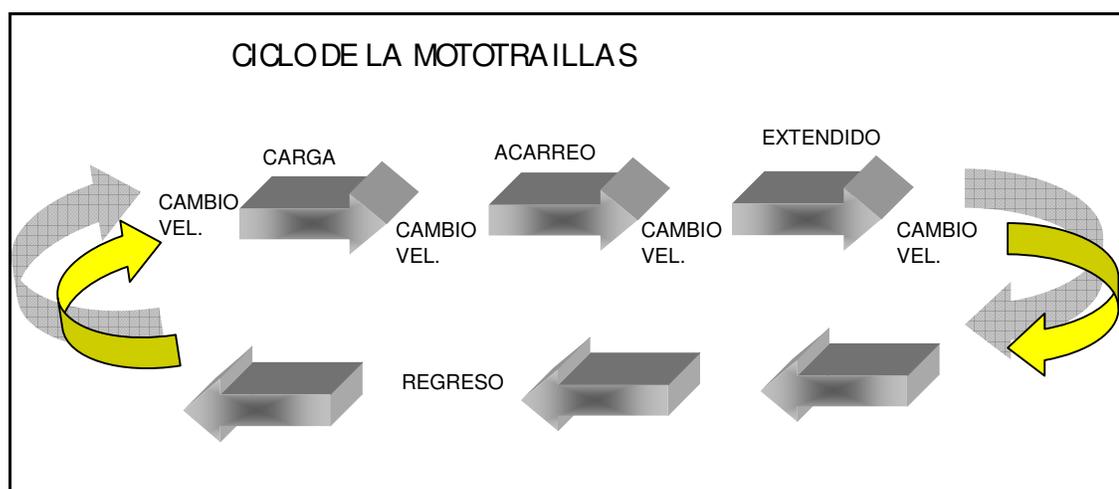


Figura 1.5 Ciclo de carga y descarga de las mototracadoras.

Fuente (1).

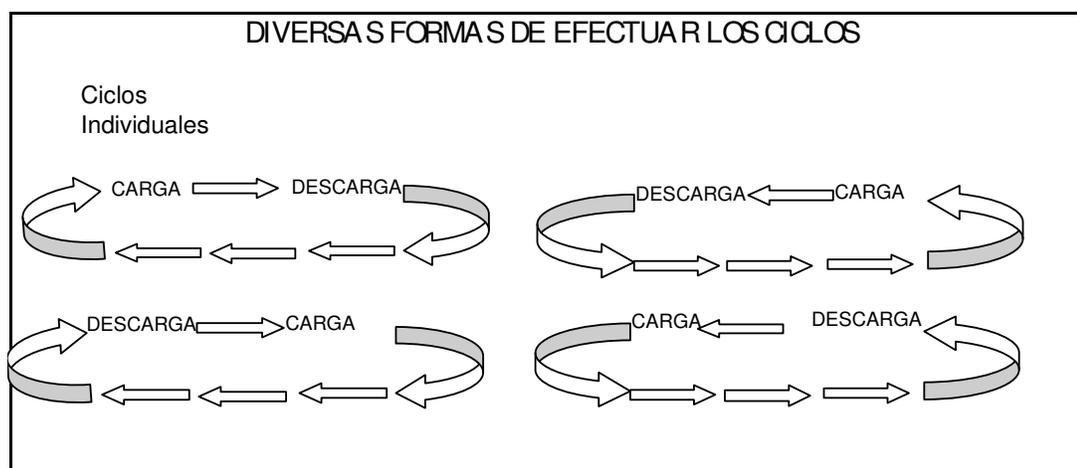


Figura 1.6 Diversas formas de efectuar los ciclos en la mototracadora.

Fuente: (1).

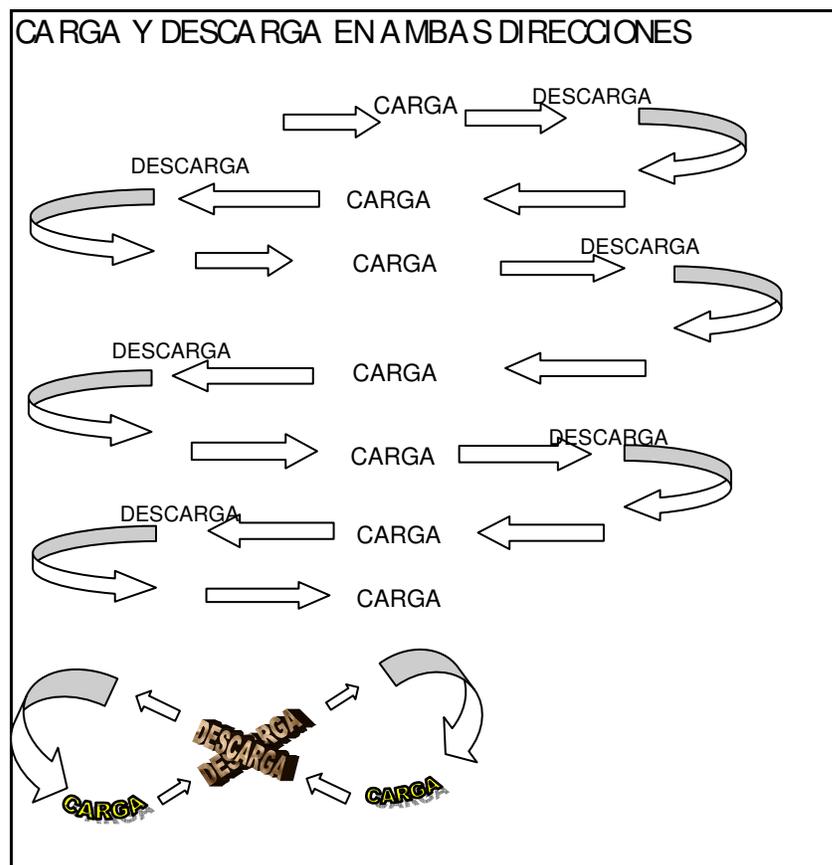


Figura 1.7 Carga y descarga en ambas direcciones de la mototralla.

Fuente (1).

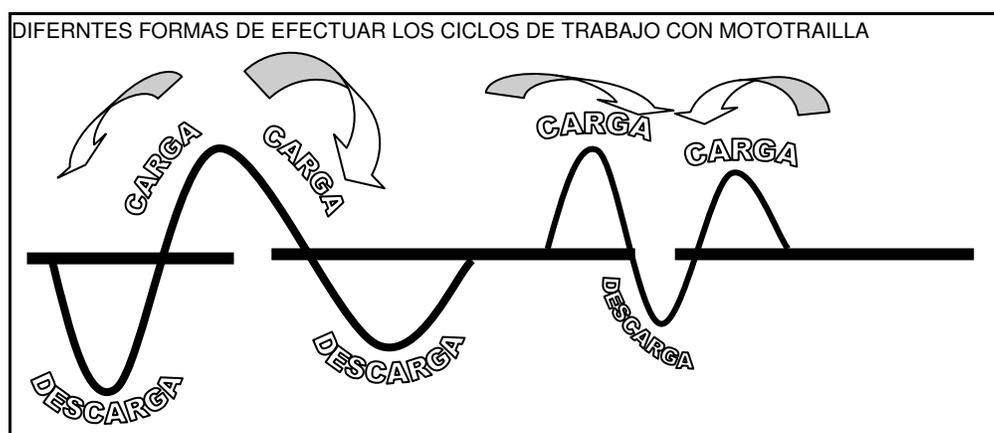


Figura 1.8 Diferentes formas de efectuar los ciclos de trabajo con mototralla.

Fuente (1).

Las figuras anteriores, muestra algunas formas de operación de Mototraíllas con tractor de empujador cada una de las cuales obedece a condiciones específicas que deberán ser analizadas de acuerdo con las situaciones que se presenten en las diversas fuentes de trabajo para lograr una mayor producción.

Recomendaciones para la utilización de las mototraíllas:

1. Es recomendable realizar la carga hacia abajo para favorecerse con la acción de la gravedad.
2. Cuando se cargue en laderas, debe procurarse permitir el escurrimiento de agua, iniciando el corte en la parte superior del talud en forma, escalonada hacia abajo.
3. Cuando se trabajen cortes en balcón, debe procurarse mantener un bombeo adecuado, operando la máquina del centro hacia el talud. Este procedimiento se invierte en los rellenos o terraplenes, donde el centro deberá quedar más bajo que las orillas, operando la máquina de las orillas hacia el centro. La utilización de estos procedimientos facilita la formación de taludes y evita deslizamientos perjudiciales a los equipos.

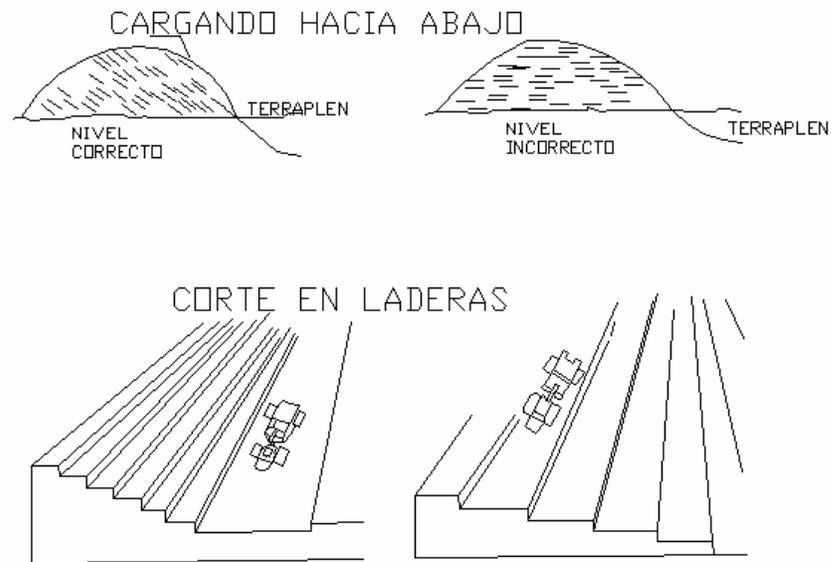


Figura 1.9

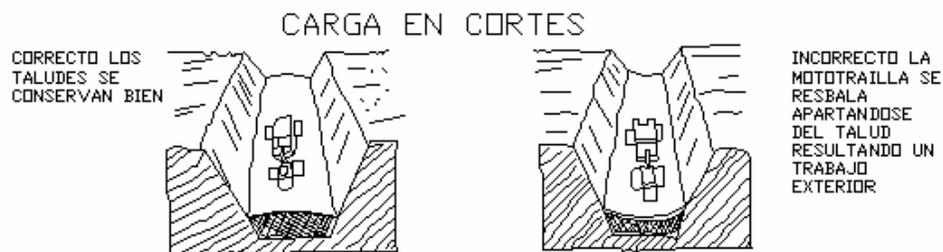


Figura 1.10



Figura 1.11

Figura 1.9 hasta la figura 1.11 se presentan gráficamente los procedimientos correctos e incorrectos de una motoniveladora.

Fuente 2.

Para lograr mayor eficiencia en la utilización de los equipos, deberá realizarse un balance entre el tiempo de ciclo del empujador y el de las Mototraíllas, con el objeto de reducir los tiempos de espera. En algunos materiales duros y compactos es preferible utilizar el tractor para escarificar el material y facilitar así la carga de las Mototraíllas; en vez de dedicarlo a empujar. Cuando se trabaje con equipos auto - cargables el buldozer debe escarificar el material y mantener en buena forma los accesos.

1.3.3 Equipo de carga. (Cargadores)

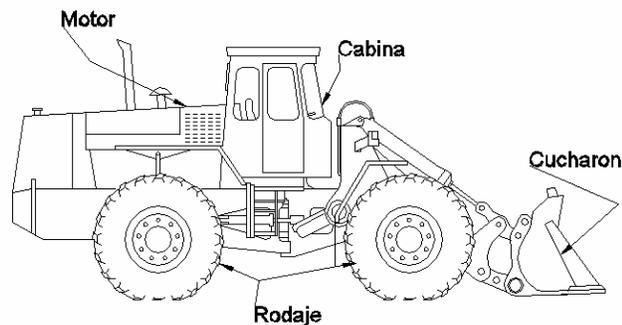


Figura 1.12 Partes principales de un cargador.

Definición

Son equipos de excavación, carga y acarreo. Consistentes de un tractor montado sobre Orugas o neumáticos con un cucharón que permite manejar diversos materiales.

Clasificación

Por la forma de efectuar la descarga se clasifican en:

1. Descarga Frontal.
2. Descarga Lateral.
3. Descarga Trasera.

Los cargadores de descarga frontal son los más usuales de todos. Voltean el cucharón hacia la parte delantera del tractor, accionado por gatos hidráulicos.

Los cargadores de descarga lateral voltean hacia uno de los lados y tienen como ventaja la reducción de movimientos en la carga de las unidades. En los equipos de descarga trasera el cucharón pasa sobre la cabeza del operador y descarga hacia atrás directamente en la unidad de acarreo. Son diseñados con la intención de reducir las maniobras. Puede considerarse que los equipos de descarga lateral y trasera, son de uso especial, para condiciones de trabajo, que requieren espacios reducidos. Los aditamentos mecánicos que poseen, los vuelve más caros que el tradicional cargador frontal.

Por la forma del rodamiento se clasifican

1. Cargadores sobre neumáticos.
2. Cargadores o carriles.

Características

Cargadores sobre neumáticos: Pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices, utilizándose ampliamente los de cuatro ruedas motrices, por las duras condiciones del movimiento de tierra.

La mayoría tiene la dirección en las ruedas traseras. Algunos utilizan mecanismos de dirección que hacen girar la mitad delantera del cargador permitiendo que gire el cucharón antes que el tractor logre virar, (de armazón articulado), esto aumenta la facilidad de colocación y reduce el tiempo de ciclo.

El sistema de neumáticos les permite gran movilidad y facilidad de operación. Puede adaptarse a las condiciones de trabajo, modificando la distribución del peso mediante inflado de neumáticos, con agua o adición de contra peso.

El alto grado de movilidad requerido, ha llevado a los fabricantes a modificar y simplificar la labor del operador, se ha creado el control automático del cucharón y se han simplificado los cambios de engranaje, esto permite que el operador se concentre en las maniobras de su equipo.

Accesorios

Cucharones

Es el elemento básico de carga, que se acopla al tractor cargador para que desarrolle sus funciones.

Pueden considerarse tres tipos:

1. Bote ligero.
2. Bote reforzado.
3. Bote súper reforzado.

El tipo por seleccionar esta en función del trabajo por desarrollar y del material que se van a manipular. Los fabricantes además de estos tipos ofrecen otros en función de las necesidades que demanda el constructor.

Los de bote ligero, se usan para materiales suaves, sueltos y poco abrasivos.

Los de bote reforzado, se utilizan cuando además de cargar, es necesario excavar, para ello viene equipado con una serie de puntas que le facilitan la penetración en el material.

Los de bote súper reforzado se utilizan en las condiciones más duras de trabajo con materiales sumamente abrasivos.

La capacidad de los cucharones oscila entre 0.19 m^3 a 3.80 m^3 aunque los fabricantes han desarrollado equipos de mayor capacidad. Los fabricantes recomiendan las capacidades de cucharón para cada tipo de máquina que producen.

Utilización

Como ya se definió es un equipo para excavación, carga y acarreo. Aunque para desarrollar cada una de estas actividades tiene sus limitaciones en cuanto a las condiciones de trabajo que se pretenda realizar.

La aplicación más común del tractor cargador es la carga de materiales en unidades de acarreo. En esta tarea puede efectuar la función de cortar o aflojar a los materiales para la carga, funciona eficientemente en materiales suaves.

Otro uso es la alimentación de tolvas de trituradoras siempre las distancias de acarreo sean cortas. También es usado para cualquier operación de limpieza de construcciones que comprenda recogimiento de material y su vaciado en algún lugar.

Los tractores cargadores sobre neumáticos pueden utilizarse en las siguientes condiciones:

1. Acarreo de materiales en tramos cortos.
2. Puntos de trabajo dimensionados que exista rápida movilidad.
3. Con materiales sueltos que facilitan la carga.
4. En terrenos duros y secos.
5. Cuando se requieran grandes producciones.

Los tractores cargadores sobre orugas: pueden utilizarse con la ventaja de las siguientes condiciones:

1. Terrenos flojos, en los cuales orugas aseguran la estabilidad y el movimiento.
2. Cuando el terreno y las pendientes exijan buenas tracción.
3. Cuando las condiciones del suelo dañan los neumáticos.
4. Cuando se requiera movilizar volúmenes pequeños.

Recomendaciones para lograr mayor eficiencia.

1. La distancia recorrida del lugar de carga a la descarga, debe de ser la mínima posible.
2. El terreno sobre el que se mueve, debe de ser firme y lo más llano posible, para evitar balanceos fuertes que le resten eficiencia si no lo es debe proceder a nivelar.
3. Las unidades de acarreo deben colocarse en tal forma que el ángulo de giro del cargador sea el mínimo posible. Es recomendable que el frente del banco tenga amplitud suficiente para evitar pérdidas de tiempo por acomodo. Como se ilustra en figura 1.13
4. La descarga del material debe hacerse en forma lenta, de manera que se reduzca el impacto en la transferencia del tractor y en la caja de acarreo.
5. El acomodo del material en el cucharón debe efectuarse con oscilaciones continuas y no mediante arrancones y frenajes bruscos.

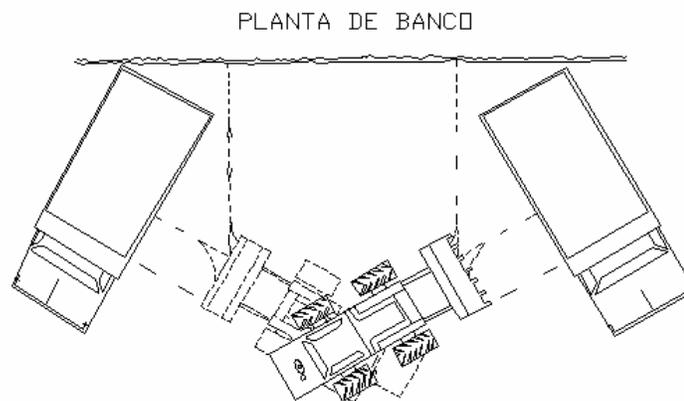


FIG. OPERACION EFICIENTE EN BANCOS

Figura 1.13 Forma de operación de un cargador en bancos.

Fuente (2).

1.3.4 Equipo de nivelación. (Motoniveladora)

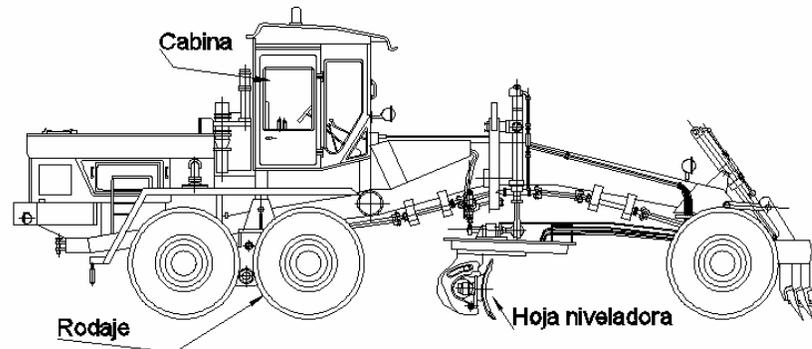


Figura 1.14 Partes principales de una motoniveladora.

Definición

Son Maquinas de múltiples aplicaciones, diseñadas para mover, nivelar y afinar suelos; en la construcción y conservación de caminos. Se caracterizan por su elemento principal, la cuchilla que permite realizar muchas funciones. Puede tener aditamentos auxiliares como son los escarificadores y hoja frontal de empuje.

Características de operación

La cuchilla, elemento principal de la maquinaria, puede moverse por rotación alrededor del eje vertical, por rotación alrededor del eje longitudinal de la cuchilla y por translación siguiendo este eje, permitiéndole desarrollar con efectividad diversas operaciones.

Utilización

Los diversos movimientos que puede efectuar la maquina con una cuchilla, le permiten realizar las operaciones de: Desbroce, remoción de vegetación, limpia de banco, construcción de canales, conformación de

terraplenes, extendido de materiales, mezclados y revoltura de materiales, afinado y terminado de taludes, mantenimiento y conservación de caminos.

Con los escarificadores puede realizar corte pequeños en suelos de fácil penetración.

Pueden mover cantidades considerables de materiales, pero en distancias cortas y sentido lateral. No están diseñadas para acarrear en la dirección de su desplazamiento.

Pueden mover suelos livianos, libres de tronco, raíces y piedras. En suelos extremadamente húmedos o fangosos la operación con Motoniveladoras se vuelve difícil o imposible.

Recomendaciones para lograr mayor eficiencia

Es indispensable ajustar la cuchilla a las condiciones de trabajo para realizar las operaciones en óptimas condiciones. La posición más efectiva para cortar o revolver es cuando las aristas de la cuchilla quedan en un mismo plano vertical con respecto a la posición de la cuchilla en relación al eje longitudinal de la máquina, el ángulo debe limitarse al apropiado para que el material puede correr fácilmente hacia el extremo de la cuchilla, para rastrearlo; el ángulo aconsejable debe estar entre 60° y 70°.

Debe cuidarse la inclinación de las ruedas delanteras; de manera que se inclinen hacia la dirección en que se desliza o corte la tierra sobre la hoja; con el objeto de contrarrestar la fuerza que tiende a desviarlas hacia un lado.

Por sus características es conveniente que cuando trabaje en distancias menos de los 300 metros, utilice la reversa para regresar.

Es importante también contar con operadores calificados para lograr mejores rendimientos en los trabajos.

1.3.5 Equipo de excavación, carga. (Excavadora)

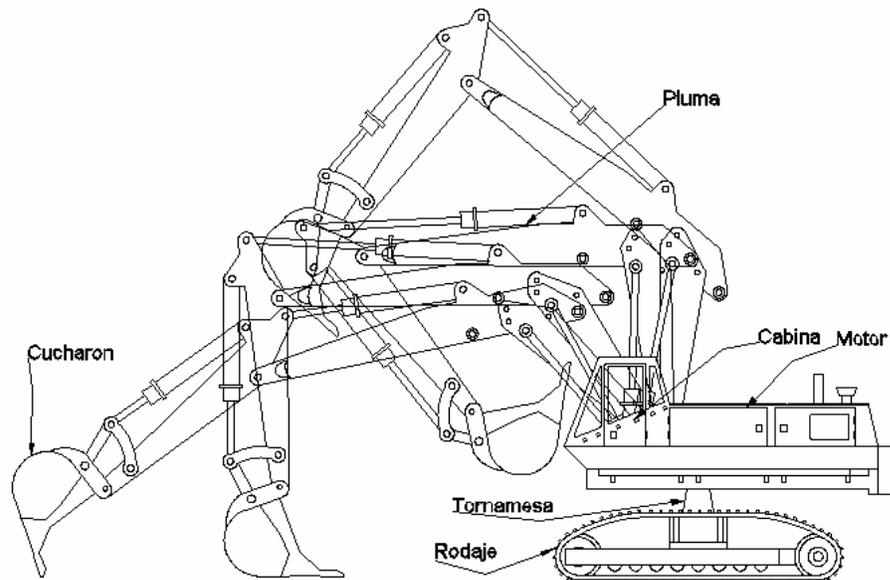


Figura 1.15 Partes principales de una excavadora

Definición

Máquina autopulsada sobre ruedas o cadenas con una superestructura capaz de efectuar una rotación con su tórnamea, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín, sin que el chasis o la estructura portante se desplace.

La definición anterior, precisa que si la máquina descrita no es capaz de girar su superestructura una vuelta completa (360°), no es considerada como excavadora. La precisión de los órganos de trabajo, tales como pluma, balancín, estructura portante, etc. fija y unifica los criterios clasificadores.

Clasificación

Por su accionamiento:

1. Excavadoras de cable o mecánicas.
2. Excavadoras Hidráulicas.

Por su sistema de traslación:

1. Excavadoras montadas sobre cadenas (orugas).
2. Excavadoras montadas sobre ruedas (neumáticos).

Principales componentes

1. Sistema de rodaje (o infraestructura).
2. Superestructura giratoria (cabina, fuerza motriz y contrapeso).
3. Equipo frontal (brazo y cucharón).

Características de operación

Si la aplicación no requiere demasiado movimiento de un sitio a otro en la obra misma una excavadora de cadenas puede ser la mejor opción. Las excavadoras de cadenas ofrecen buena tracción y buena flotación en casi toda clase de terreno. La potencia constante con la barra de tiro proporciona una excelente maniobrabilidad. El tren de rodaje de cadenas proporciona también buena estabilidad.

Utilización

Posee una gran variedad de aplicaciones en el sector construcción.

Operación de una pala excavadora

Esta dependerá de cuatro factores muy importantes que son: Capacidad del equipo, Profundidad de excavación, tamaño del cucharón y Altura de descarga.

Recomendaciones para lograr mayor eficiencia

Altura de banco y distancia al camión ideal: Cuando el material es estable la altura del banco debe ser aproximadamente igual a la del brazo. Si el material es inestable, la altura del banco debe ser menor. La proporción ideal del camión es con la pared cercana de la caja del camión situada debajo del pasador de articulación de la pluma con el brazo.

Zona de trabajo y ángulo de giro óptimos: Para tener la máxima producción, la zona de trabajo debe estar limitada a 15° a cada lado del centro de la maquinaria o aproximadamente al ancho del tren de rodaje. Los camiones deben colocarse tan cerca como sea posible de la línea central de la maquina.

Distancia ideal de borde: La maquina debe colocarse de forma que el brazo este vertical cuando el cucharón alcanza su carga máxima. Si la maquina se encuentra a una distancia mayor, se reduce la fuerza de desprendimiento. Si se encuentre más cerca del borde, se perderá tiempo al sacar el brazo. El operador debe comenzar a levantar la pluma cuando el cucharón haya recorrido el 75% de su arco plegado. En ese momento el brazo estará muy cerca de la vertical.

1.3.6 Equipo de compactación. (Compactadores)

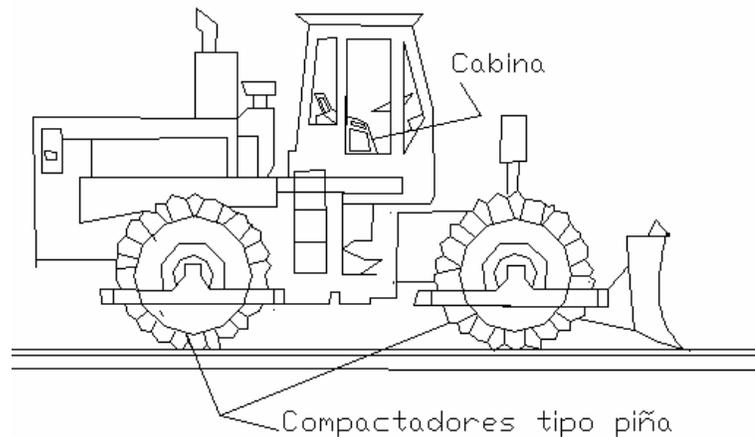


Figura 1.16 Partes principales de un compactador.

Definición

Se puede considerar la compactación como una reducción de vacíos en un suelo (proceso de densificación), a través de la expulsión de aire y agua.

Son máquinas que sirven para consolidar suelos, de acuerdo a un grado de compactación especificado.

Importancia

Con la compactación se busca obtener un mayor valor de soporte, mayor resistencia al corte y mínima variación volumétrica por cambios de humedad en la construcción de terraplenes sub - bases y bases.

Factores que influyen en la compactación:

a) Material

1. Tipo de suelo por compactar.
2. Granulometría del suelo.

3. Contenido de humedad (se busca el grado óptimo).

b) Equipo

1. Peso del compactador.
2. Presión del contacto.
3. Velocidad del equipo.
4. Número de pasadas.
5. La forma de transmitir la energía de compactación al suelo.
6. Peso estático o presión estática.
7. Amasado o manipuleo.
8. Vibración o sacudimiento.

La aplicación de estas formas es en función de la maquinaria con que se cuente, ya que los fabricantes desarrollan equipos para cada uno de estos métodos.

Tipo de compactadores

Los distintos fabricantes producen una serie de equipo de compactación que se pueden ubicar los siguientes: pata de cabra, rejia, vibratorio, tambor de acero liso, neumáticos, pisones remolcados, pisones de alta Velocidad y algunas combinación de los anteriores. Las zonas de eficiente utilización de los métodos de compactación en función del tipo de material.

Rodillo pata de cabra

Consiste en un cilindro vibratorio, provisto en sus superficies periféricas salientes radiales llamados "Pata do Cabra". Se utilizan para compactar, suelos con altos porcentajes de finos.

Para lograr un buen resultado el espesor de la capa no debe de exceder en más del 20%, la longitud de la Pata; siendo recomendable compactar capas de igual longitud que la pata.

Compactador de rodillo o aplanadoras.

Son maquinas de dos, tres cilindros en tándem fabricados en una gran variedad de pesos. Desarrollan esfuerzos de presión estática y son eficientes en cualquier tipo de suelo exceptuando las arenas limpias no plásticas. Por la forma de transmitir el esfuerzo se debe cuidar el espesor de la capa en los diferentes tipos de material, para garantizar la transmisión de los esfuerzos necesarios para lograr el grado de compactación en la parte inferior de la capa por compactar.

Compactadora autopropulsadas.

Son maquinas de diversos tipos que combinan los diferentes métodos de compactación para lograr una mayor eficiencia. Están provistos de accesorios con unidades vibratorias y hojas frontales esparcidoras que puede; utilizarse como empujadores mototraíllas.

Algunas combinaciones son:

El formado de dos ruedas neumáticas propulsoras y un rodó delantero que optativamente puede ser liso o con adición de "patas de cabra", usualmente tiene vibración en el rodó delantero.

Los "moto-pata", que están construidos por cuatro rodillos a los que se les agregan pisotes piramidales. Algunos modelos poseen una hoja frontal como accesorio

auxiliar que les permite extender los materiales y compactar en una sola operación. El ancho de los rodos varía según la diferencias de modelos de cada fabricante.

La compactación se realiza por un impacto, sus altas velocidades de operación los vuelven muy eficientes.

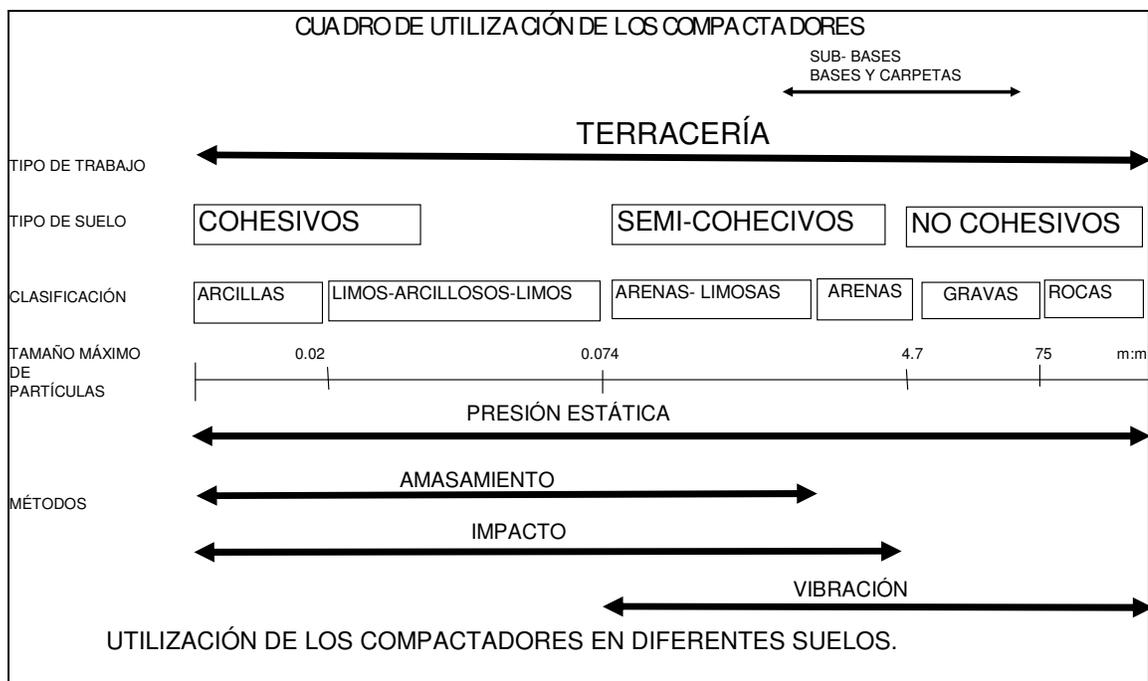


Figura 1.17 Cuadro de utilización de los compactadores en diferentes suelos.
Fuente 2.

Las figuras muestran algunos modelos más eficientes.



Figura 1.18 Diferentes formas de transmisión de esfuerzos al suelo.

Fuente 2.

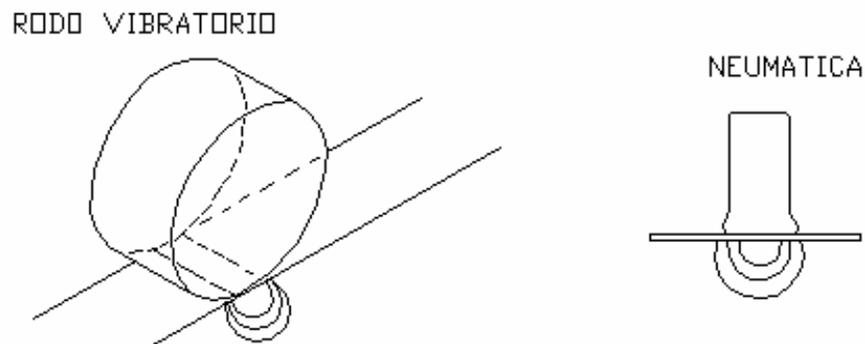


Figura 1.19 Principales métodos de compactación y cargas aplicadas con rodillo liso y neumático.

Fuente 2

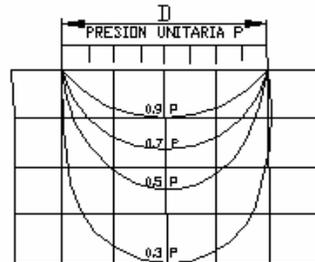
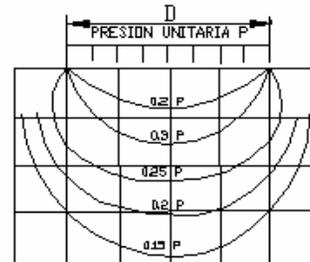
DISTRIBUCION DE
ESFUERZO VERTICALDISTRIBUCION DE
ESFUERZO CORTANTE

Figura 1.20 Distribución de esfuerzos bajo cargas en los suelos según la teoría de Boussinesq

Fuente 2.

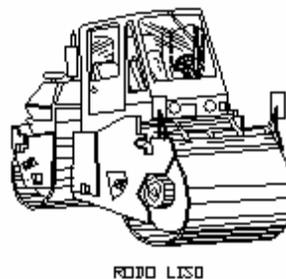
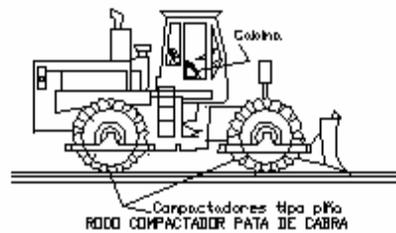


Figura 1.21 Distintos tipos equipos de compactación.

1.3.7 Equipo de excavación y carga. (Retroexcavadora)

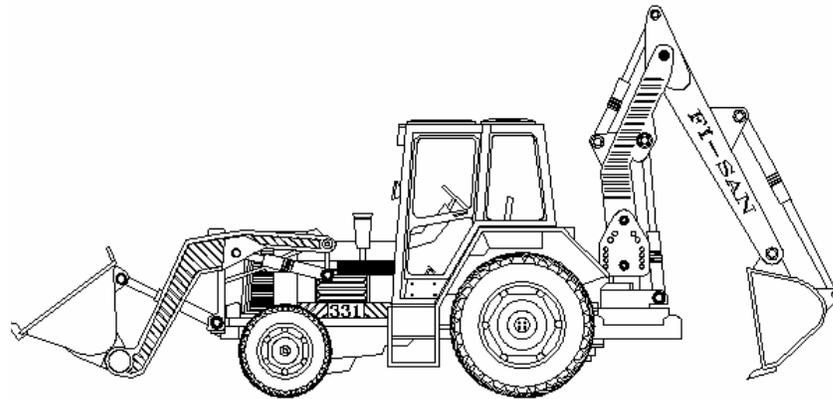


Figura 1.22 Vista lateral de una retroexcavadora.

Definición

Maquina autopropulsada, la que se caracteriza por su versatilidad y la ventaja de trabajar en espacios reducidos. Esta máquina, se encuentra montada sobre ruedas con bastidor especialmente diseñado que porta a la vez, un equipo de carga frontal y otro de retroexcavación trasero, de forma que pueden ser utilizados para trabajos de excavación y carga de material.

Características

Se caracteriza por un robusto diseño de sección de pluma y balancín, que es además estrecho, de forma que la visibilidad es excelente a todo lo largo de la pluma hasta la cuchara sea cual sea la profundidad a la que se excave.

El chasis de la retroexcavadora es fabricado de manera muy resistente, de esta manera se consiguen mejor índice de productividad resistencia y durabilidad gracias a su diseño como cargadora y excavadora versátil. En cuanto a la capacidad de excavación es excepcional gracias a la geometría y al potente sistema hidráulico de flujo compensado y sensible a la carga, que proporcionan además una mayor capacidad de elevación y ciclos de carga más rápidos.

1.3.8 Equipo de acarreo. (Camión de volteo)

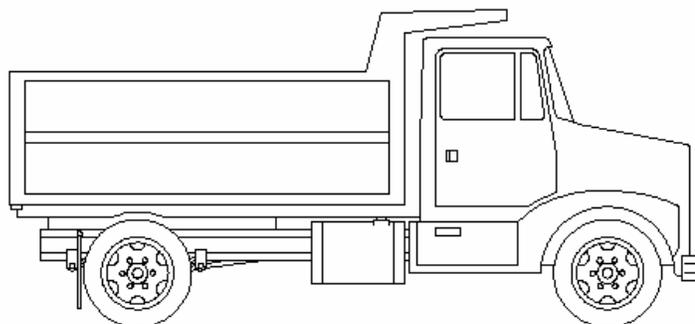


Figura 1.23 Vista lateral de un camión de volteo.

Definición

Las unidades para acarreo de larga distancia, son maquinas o combinaciones de maquinas que poseen compartimientos adecuados para recepción y transporte de material, y un dispositivo que facilita la descarga.

Clasificación

Por su característica de diseño se pueden clasificarse en:

Unidades de transito sobre carreteras, que satisfacen todas las normas exigidas para transito sobre carreteras. (Carga máxima por eje, altura máxima, velocidad, etc.)

Unidades para transito fuera de carretera, cuyas características de diseño les permiten transportar mayores cargas a través de superficies no terminadas. Las unidades más usuales suelen consistir de camiones y la combinación de tractores neumáticos y remolques. Los fabricantes ofrecen unidades con diferentes normas de descarga: trasera y lateral; de manera que pueden acomodarse a las condiciones de obra exigidas.

En cuando a su desplazamiento pueden ser: de autopropulsión y de remolque.

En cuando a su descarga las unidades de acarreo pueden ser:

1. Con descarga trasera.
2. Con descarga lateral.

La selección y uso de cada una de estas unidades será determinada por las necesidades que los constructores estén demandando en cada frente de trabajo.

Características de operación

Las unidades de acarreo tienen como características una gran movilidad, lo que les permite cubrir en tiempos relativamente cortos acarreos de gran distancia. Se adaptan a diversas superficies de rodamiento; pero cuando mejores sean las características de los caminos de acceso, mejor será el rendimiento de las unidades.

Los remolques y las unidades autopropulsadas de acuerdo a su diseño pueden adaptarse a condiciones más o menos severas de trabajo pero para cada obra deben analizarse las condiciones que permitan seleccionar el grupo de unidades adecuadas.

Utilización

Para utilizar en forma adecuada las unidades de acarreo en las operaciones de movimiento de tierra, se deben analizar cada parte del ciclo de trabajo; esto lleva a revisar.

En la etapa de carga: el tamaño y clase de cargador, tipo y estado del material, capacidad de las unidades de acarreo, habilidad de los operadores y facilidad de acomodo para recibir la carga.

En la etapa de acarreo: la distancia para recorrer, el estado de la ruta, las pendientes y su longitud y la habilidad del equipo de acarreo para trabajar en las condiciones de la ruta.

En la etapa de descarga: el tipo y estado del material, la forma de manejar el material en el sitio de descarga y la facilidad del equipo para maniobras en áreas restringidas.

El viaje de retorno debe de analizarse de igual manera que la etapa de acarreo.

De la revisión anterior resulta la elección del equipo más adecuado (de carga y acarreo) para las condiciones de trabajo.

Recomendaciones para lograr mayor eficiencia

Las unidades de acarreo (camiones de volteo, tractores, vagonetas, etc.) suelen ser económicos para distancias mayores de 100 metros.

Debe procurarse que la capacidad de las unidades sea como mínimo cuatro veces la capacidad del cucharón del cargador o un múltiplo mayor. La sincronización de las unidades se facilita cuando tienen mayor capacidad.

La cooperación de los operadores es importante para mantener la sincronización de la flota. Deben trabajar formando un grupo, manteniendo su posición y espaciamiento, procurando así un flujo continuo de vehículos debidamente separados y bien colocados en el cargadero.

Debe procurarse escalonar el comienzo y fin de cada período de trabajo, sin causar demoras por actividades ajenas a la ruta. En los tiempos muertos realizar la revisión de neumáticos, llenado del tanque de combustible y otras ocupaciones en que se logre aprovechar el tiempo improductivo.

1.4 GENERALIDADES DE LOS RENDIMIENTOS DE LOS EQUIPO UTILIZADOS EN MOVIMIENTOS DE TIERRA

Se considera el rendimiento de los equipos como la capacidad productiva por unidad de tiempo; es decir, el volumen de trabajo realizado. En el caso de los movimientos de tierra, se tiene que el rendimiento de un equipo es el volumen movido en la unidad horaria.

Existen un gran número de variables que afectan la producción de una determinada maquinaria, en el movimiento de tierras; la adecuada estimación de estas variables y el conocimiento de las características y capacidades de los equipos permitirá que se pueda planear y realizar con éxito los trabajos.

Se conocen diversas formas para estimar el rendimiento de los equipos, la mayoría de las cuales obedecen a reglas y normas facilitadas por los fabricantes para cada uno de los diversos tipos de máquinas. Las casas productoras facilitan tablas con estimados de producción bajo diversas condiciones. En el caso que nos ocupa al estimar las producciones se proporcionará una guía generalizada que pueda ser aplicada a unidades de diferentes fabricantes.

1.4.1 Factores básicos de la producción

Existen tres factores básicos que influyen en la producción de los equipos de terrecería: Tiempo, Material por mover y eficiencia del trabajo. Su adecuada estimación con lleva hacia un análisis exhaustivo de las condiciones de trabajo; con fines de estimar las producciones en la forma más acertada posible.

El tiempo

Cuando se utiliza maquinaria de terrecería, generalmente se ejecutan cuatro funciones: carga, acarreo, descarga y regreso; variando en longitudes y características de operación entre cada tipo de maquina.

Las condiciones del trabajo de movimiento de tierras permite que las maquinas ejecuten sus operaciones de acuerdo con un determinado ciclo, siendo el tiempo del ciclo el período que invierte una maquina para efectuar sus funciones. En la Figura No. 1.4.1.1 se muestra esquemáticamente los diferentes ciclos de movimiento de tierras.

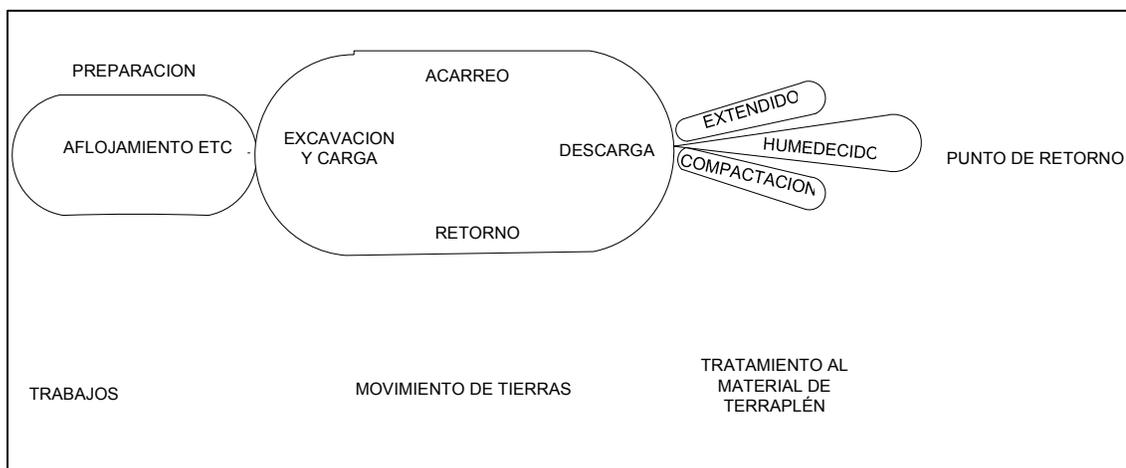


Figura 1.24 Representación esquemática de los ciclos de movimiento de tierra.
Fuente 2.

Estimar los tiempos de ciclo permite calcular la producción, se pueden reducir los tiempos mejorando el plan de operaciones.

El tiempo de ciclo puede clasificarse en dos categorías: tiempo fijo y tiempo variable.

El tiempo fijo es el que utiliza la máquina en la carga, descarga y en algunas maniobras necesarias. Estos tiempos son bastante constantes. *El tiempo variable* es el tiempo de viaje es decir el que invierte en el acarreo y regreso del ciclo. Este tiempo varía según la distancia y las condiciones del camino de acarreo entre la zona de carga y descarga, o relleno, la mayoría de fabricantes proporcionan las constantes de tiempos fijos correspondientes a sus equipos, con el objeto de dar guías para estimar la producción; sin embargo estas constantes deben reajustarse a las condiciones de cada obra y comprobarse en el campo con el tiempo de ciclo, se puede determinar el número de viajes por hora; ya que con esto se esta logrando una mejor utilización de los

equipos. Existen muchas formas de reducir los tiempos de ciclo y lograr una productividad elevada, evitando que baje la producción y suba el costo por unidad de trabajo.

Algunas formas de reducir el tiempo fijo son:

1. Siempre que sea posible los bancos de préstamo deben estar ubicados de manera que sea posible la carga cuesta abajo.
2. Se debe eliminar los tiempos de espera de las unidades de acarreo, efectuando un balance entre la unidad que efectúa la carga o empuja y las unidades de acarreo.
3. Debe procurarse ajustar continuamente el tiempo de carga y las unidades de acarreo al variar las distancias y las condiciones de trabajo.
4. Cuando se carga las Mototraíllas, el tractor puede facilitar la carga desgarrando el material antes de la carga. Esto permite lograr una mayor profundidad en el corte y por función directa la carga del material en una menor distancia y tiempo.

Algunas formas de reducir el tiempo variable son:

1. Deben trazarse adecuadamente los caminos de acarreo para facilitar la movilidad de los equipos.
2. Debe conservarse los caminos de acarreo en condiciones adecuadas, de manera que se mantengan los tiempos de ciclo y de ser posible se mejoren.

Materiales

Las características de los materiales por mover constituyen otro de los factores que inciden en la producción de la maquinaria. Al mover el material, cambian sus características originales. Las propiedades de estas materiales, se determinan con las

pruebas realizadas en muestras obtenidas en los sondeos efectuados a lo largo del proyecto. La densidad, expansión y compresibilidad, constituyen las características de los materiales por mover que básicamente deben conocerse.

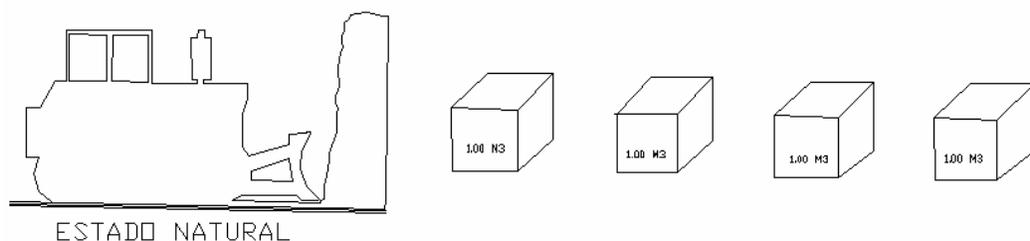
La densidad aproximada del material por mover, es utilizada para determinar el peso por metro cúbico y evaluar el rendimiento de la máquina. Las máquinas destinadas al acarreo tienen limitaciones especificadas en cuanto a peso y volumen por transportar.

También la densidad influye en la forma de carga y esparcido del material y en forma directa a mayor densidad se requerirá mayor fuerza para moverlo.

Se puede definir la expansión como el volumen del material cuando se excava del banco y puede expresarse como un porcentaje del volumen en banco. Este aumento de volumen representa el incremento en el volumen de vacíos del material.

El material extraído del banco natural, que luego se ha tendido y compactado se le llama "Material compactado", término aplicado al material colocado en un terraplén o relleno. Este material en la mayoría de los casos sufre una disminución de su volumen, a causa de la consolidación producida por el equipo de compactación que elimina el volumen de vacíos. La contracción del material de terracería se expresa como un porcentaje de disminución en comparación con el volumen medio en banco.

No todos los suelos se compactan a un volumen menor que su volumen original, la roca triturada, ciertas arenas densas y arcillas duras tiene un volumen mayor al ser compactado que el que tenían en el banco.



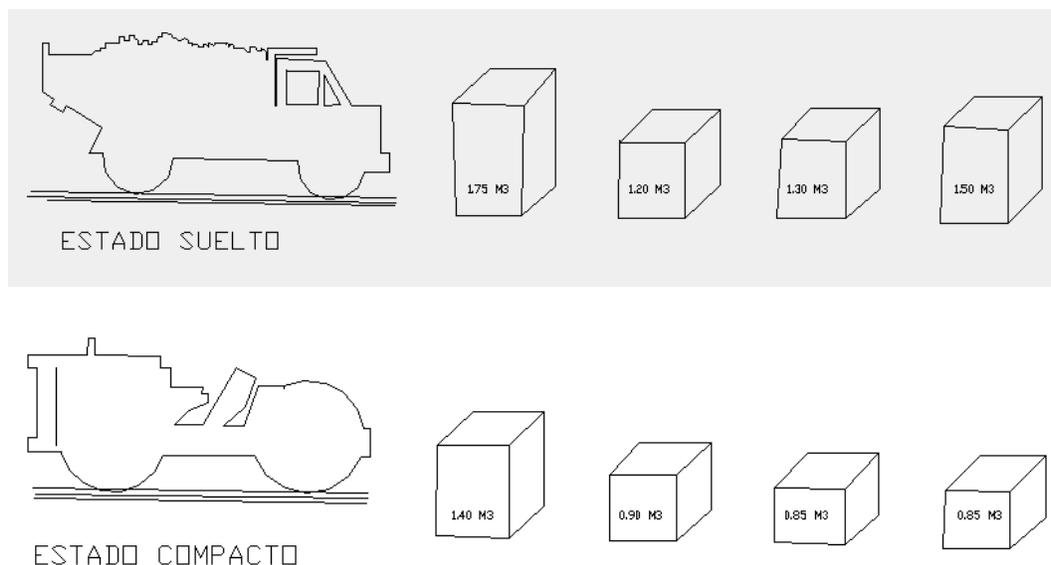


Figura 1.25 Representa volúmenes de diferentes tipos de material en estado natural, suelto y compacto.

Fuente 2.

La Eficiencia

La productividad expresa el rendimiento del equipo en un tiempo determinado. La mejor productividad esperada, está regida por las limitaciones de diseño del equipo y se le puede llamar "Productividad óptima" que podría considerarse como base de un 100% de eficiencia, en condiciones prácticamente ideales.

Al planear y estimar los costos, deben considerarse las condiciones que se tendrán en el desarrollo de la obra buscando un mayor grado de aproximación a la realidad; por lo que deben tenerse en cuenta unos factores eficientes que reducen la productividad optima. Estos factores toma en cuenta el estado general de los equipos, la habilidad del operador para efectuar el trabajo, el grado de eficiencia en la dirección del trabajo, la disponibilidad de repuestos y servicios, etc.

Para obtener los factores de eficiencia, cada empresa debe acumular sus experiencias, tabularlas y calcular sus promedios que le servirán de base al planear.

Algunos fabricantes proporcionan factores que podrían ser utilizados cuando no se cuenta con estadísticas propias.

1.5 FORMAS DE ESTIMAR LA PRODUCCIÓN

El rendimiento aproximado de los equipos puede efectuarse de las siguientes tres formas:

- a) Por observación directa.
- b) Por medio de formulas y reglas.
- c) Por medio de tablas del fabricante.

Observación directa:

Los rendimientos por observación directa consisten básicamente en medir el volumen producidos por los equipos en la unidad horaria de trabajo, cronómetro a mano.

Con este método se obtienen rendimientos reales; sin embargo, este sistema requiere contar con las máquinas en las fuentes de trabajo, por esta razón no es posible usarlo para la estimación y planeación de obras, ni en la toma de decisiones para compra y renta, de equipos. Sin embargo, este método proporciona un medio objetivo de comparación, entre los rendimientos reales que se están logrando al ejecutar los procesos y los rendimientos teóricos planeados.

Por medio de formulas y reglas.

Este método es de los más utilizados y estima a través de una regla o fórmula práctica la capacidad productiva en la unidad de tiempo. Se logra, con los siguientes pasos:

- a) Análisis de condiciones de trabajo.
- b) Características de operaciones y dimensiones de los equipos.
- c) Estimación de los tiempos de ciclo (generalmente por medio de la velocidad de trabajo).
- d) Cálculo de producción.

Por medio de tablas de fabricante

La generalidad de fabricantes ha desarrollado manuales que incluyen la justificación de los rendimientos teóricos de sus equipos, en determinadas condiciones de trabajo. Los resultados tienen sus bases en pruebas de campo, análisis de computadora, investigaciones de laboratorio, experiencias recopiladas, etc.

Para el uso de los rendimientos debe efectuarse un análisis de las condiciones bajo las cuales se obtuvieron, para poder rectificar los resultados de las tablas mediante factores adecuados a fin de compensar las condiciones teóricas con las reales; en lo que a factores básicos que afectan la producción se refiere.

1.6 RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Los análisis de rendimiento, de equipos, para fines de este trabajo utilizaremos los contenidos en las tablas que a continuación se presentan y se hará referencia a tablas y gráficos de los tiempos de los ciclos de producción por hora maquina en determinadas condiciones de trabajo suministradas en los manuales de rendimientos de maquinaria que también se puede consultar en los anexos de este trabajo.

Dichas tablas se crearon en base pruebas de campo, análisis a base de computadoras, investigaciones en el laboratorio y experiencias vividas en campo a través del tiempo. Se han basado en su gran mayoría en recomendaciones de fabricantes y en normas y reglas aceptadas por un gran número de constructores. Estas utilizan la

potencia requerida y las potencias disponibles con las que se puede seleccionar los equipos y sus velocidades aproximadas de operación o determinar si las unidades con que se cuenta pueden trabajar eficientemente en las condiciones bajo las cuales se desarrollar los procesos.

Casi siempre dentro de un movimiento de tierras se presentan distintos tramos de trabajo con pendientes y resistencias a la rodadura, que no son factibles de modificar.

Para cada uno de ellos se debe de estimar la velocidad promedio de operación y con ello los tiempos de ciclo.

El conocimiento de la potencia necesaria y la disponibilidad de la misma, nos permite determinar si los equipos por utilizar pueden realizar el trabajo en las condiciones analizadas.

Cuando la potencia necesaria supera la utilizable, para poder desarrollar el trabajo, es preciso aumentar la potencia de la máquina o reducirla, mejorando las condiciones de la superficie de rodamiento.

RENDIMIENTO DE TRACTOR, SUELO ALTO CONTENIDO DE ARENA						
Equipo	Potencia	Tipo de Trabajo	Producción Teórica (m3/hr)	Factor de Corrección Final	Rendimiento en Banco (m3/hr)	Rendimiento estándar en Banco (m3/día)
Equivalencia en la Caterpillar. Fuente (1)	Hp	(Distancia de Empuje=60mt)				
Tractor s/Orugas CAT-D9L	405	Mat. suelto	640.00	0.459	294.00	2,350.00
		Roca suelta	640.00	0.315	202.00	1,610.00
		Roca fija	640.00	0.253	162.00	1,300.00
Tractor s/Orugas CAT-D8L	285	Mat. suelto	340.00	0.459	156.00	1,250.00
		Roca suelta	340.00	0.315	107.00	860.00
		Roca fija	340.00	0.253	86.00	690.00
Tractor s/Orugas CAT-D8K	285	Mat. suelto	320.00	0.459	147.00	1,180.00
		Roca suelta	320.00	0.315	101.00	810.00
		Roca fija	320.00	0.253	81.00	650.00
Tractor s/Orugas CAT-D7G	200	Mat. suelto	220.00	0.459	101.00	810.00
		Roca suelta	220.00	0.315	69.00	550.00
		Roca fija	220.00	0.253	56.00	450.00
Tractor s/Orugas CAT-D6D	140	Mat. suelto	160.00	0.367	59.00	470.00
		Roca suelta	160.00	0.252	40.00	320.00
		Roca fija	160.00	0.202	32.00	260.00

Tabla 1.2 Rendimiento de un tractor a con suelo que posee alto nivel de arena.

Fuente 23.

Equipo Equivalencia en la Caterpillar. Fuente (1)	Potencia Hp	Tipo de Trabajo (Distancia de Empuje=60mt)	Producción Teórica (m3/hr)	Factor de Corrección Final	Rendimiento en Banco (m3/hr)	Rendimiento estándar en Banco (m3/día)
Tractor s/Orugas CAT- D8L	285	Mat. suelto	340.00	0.393	134.00	1,070.00
		Roca suelta	340.00	0.301	102.00	820.00
		Roca fija	340.00	0.242	82.00	660.00
Tractor s/Orugas CAT- D8K	285	Mat. suelto	320.00	0.393	126.00	1,010.00
		Roca suelta	320.00	0.301	96.00	770.00
		Roca fija	320.00	0.242	77.00	620.00
Tractor s/Orugas CAT- D7G	200	Mat. suelto	220.00	0.393	86.00	690.00
		Roca suelta	220.00	0.301	66.00	530.00
		Roca fija	220.00	0.242	53.00	430.00
Tractor s/Orugas CAT- D6D	140	Mat. suelto	160.00	0.315	50.00	400.00
		Roca suelta	160.00	0.241	39.00	310.00
		Roca fija	160.00	0.194	31.00	250.00

Tabla 1.3 Rendimiento de tractor tierra común (hasta 2300 m.s.n.m).

Fuente 23.

Equipo Equivalencia en la Caterpillar. Fuente (1)	Potencia Hp	Tipo de Trabajo (Distancia de Empuje=60mt)	Producción Teórica (m3/hr)	Factor de Corrección Final	Rendimiento en Banco (m3/hr)	Rendimiento estándar en Banco (m3/día)
Tractor s/Orugas CAT- D8L	285	Mat. suelto	340.00	0.301	102.00	820.00
		Roca suelta	340.00	0.258	88.00	700.00
		Roca fija	340.00	0.207	70.00	560.00
Tractor s/Orugas CAT- D8K	285	Mat. suelto	320.00	0.301	96.00	770.00
		Roca suelta	320.00	0.258	83.00	660.00
		Roca fija	320.00	0.207	66.00	530.00
Tractor s/Orugas CAT- D7G	200	Mat. suelto	220.00	0.301	66.00	530.00
		Roca suelta	220.00	0.258	57.00	450.00
		Roca fija	220.00	0.207	46.00	360.00
Tractor s/Orugas CAT- D6D	140	Mat. suelto	160.00	0.240	38.00	310.00
		Roca suelta	160.00	0.207	33.00	260.00
		Roca fija	160.00	0.166	27.00	220.00

Tabla 1.4 Rendimiento de tractor, suelo con alto contenido de arcilla.

Fuente 23.

RENDIMIENTO ESTÁNDAR DE COMPACTADORES											
Modelo	Potencia (Hp)	Capacidad	Tipo de trabajo	RENDIMIENTO TEÓRICO EN M3/H				RENDIMIENTO REAL EN M3/H			
				Suelo con mucha arena		Suelo tipo tierra común		Suelo con mucha arena		Suelo con mucha arcilla	
Autopropulsado			Toneladas	No. De pasadas		No. De pasadas		No. De pasadas		No. De pasadas	
				Compactación material	7	260	7	280	8	240	8
CA-15 Liso	101	6,58	8		240	8	240	7	280	7	280
Pata Cabra	108	7,40									
CA-25 Liso	127	9,00		6	360	6	360	7	315	7	315
CA-25D Liso	125	9,40		6	360	6	360	7	315	7	315
CA-25 P				7	315	7	315	6	360	6	360
(Pata Cabra)	125	11,10									
Tandem	140	10,10		6	320	6	320	7	280	7	280
Tandem	13	1,90		8	90	8	90	8	90	8	90
CH-44 Liso	60	5,00		8	270	8	270	8	270	8	270
CF-44 Pata Cabra	60	5,60		8	270	8	270	7	315	7	315

Nota: Rendimientos estar por ocho horas de trabajo

Tabla 1.5 Rendimiento estándar de los compactadores

Fuente 23.

RENDIMIENTO ESTANDAR DE EXCAVADORA

Equipo Equivalencia en la Caterpillar. Fuente (1)	Potencia HP	Capacidad del Cucharón (m3)	Tipo de Trabajo	Suelo con	Tierra común	Suelo con
				mucha Arena	Hasta 2300 m.	mucha Arcilla
315	99	0.70 m3	(m3/d) Material suelto Roca suelta Roca fija c/volad.	720.00	600.00	500.00
				420.00	370.00	340.00
				290.00	270.00	240.00
		0.90 m3	Excav. (m3/d) Material suelto Roca suelta Roca fija c/volad.	840.00	700.00	580.00
				490.00	430.00	390.00
				330.00	310.00	270.00
320	138	1.1 m3	(Rendo. Banco) Material suelto Roca suelta Roca fija c/volad.	1,050.00	980.00	740.00
				620.00	590.00	500.00
				430.00	400.00	360.00

Equipo Equivalencia en la Caterpillar. Fuente (1)	Potencia HP	Capacidad del Cucharón (m3)	Tipo de Trabajo	Suelo con	Tierra común	Suelo con
				mucha Arena	Hasta 2300 m.	mucha Arcilla
336	222	1.30 m3	Material suelto Roca suelta Roca fija c/volad.	1,240.00 730.00 500.00	1,150.00 700.00 480.00	870.00 590.00 420.00
		1.50 m3	Material suelto Roca suelta Roca fija c/volad.	1,430.00 840.00 580.00	1,330.00 810.00 550.00	1,000.00 680.00 490.00
		1.70 m3	Material suelto Roca suelta Roca fija c/volad.	1,620.00 950.00 660.00	1,500.00 920.00 620.00	1,140.00 770.00 550.00
		1.90 m3	Material suelto Roca suelta Roca fija c/volad.	1,810.00 1,070.00 740.00	1,680.00 1,030.00 700.00	1,270.00 860.00 610.00

Tabla 1.6 Rendimiento estándar de las retroexcavadoras
Fuente 23.

Equipo Equivalencia en la Caterpillar. Fuente (1)	Potencia HP	Tipo de Trabajo		Suelo con mucha	Tierra común	Suelo con mucha
				Arena	Hasta 2300 m.	Arcilla
Rendimiento para un día de ocho horas de trabajo						
120 H	140	Acabado de Sub-Rasante	m2	3,220.00	3,150.00	2,820.00
		Conformación de Terraplén	e=0.30 m3	1,050.00	1,030.00	920.00
		Sub-Base Seleccionada	e=0.15 m2	2,860.00	2,820.00	2,530.00
			e=0.20 m2	2,600.00	2,530.00	2,270.00
		Base Granular	e=0.15 m2	2,490.00	2,420.00	2,160.00
			e=0.20 m2	2,340.00	2,310.00	2,050.00
		Escarificado de Pavimento	m2	3,480.00	3,410.00	2,040.00
140 H	185	Acabado de Sub-Rasante	m2	3,410.00	3,370.00	3,000.00
		Conformación de Terraplén	e=0.30 m3	1,140.00	1,110.00	1,000.00
		Sub-Base Seleccionada	e=0.15 m2	3,080.00	3,000.00	2,710.00
			e=0.20 m2	2,780.00	2,710.00	2,450.00
		Base Granular	e=0.15 m2	2,640.00	2,600.00	2,340.00
			e=0.20 m2	2,420.00	2,380.00	2,130.00
		Escarificado de Pavimento	m2	3,700.00	3,630.00	3,260.00
14 H	215	Acabado de Sub-Rasante	m2	3,670.00	3,590.00	3,200.00
		Conformación de Terraplén	e=0.30 m3	1,220.00	1,190.00	1,060.00
		Sub-Base Seleccionada	e=0.15 m2	3,250.00	3,200.00	2,860.00
			e=0.20 m2	2,950.00	2,860.00	2,560.00
		Base Granular	e=0.15 m2	2,820.00	2,780.00	2,480.00
			e=0.20 m2	2,560.00	2,520.00	2,260.00
		Escarificado de Pavimento	m2	3,970.00	3,890.00	3,460.00

Tabla 1.7 Rendimiento de las motoniveladora

Fuente 23.

RENDIMIENTO ESTÁNDAR DE CARGADOR DE RUEDAS						
Modelo	Potencia HP	Tipo de Trabajo	Suelo con mucho Arena	Tierra común Hasta 2300 m.	Suelo con mucho Arcilla	
RENDIMIENTO POR DIA (material suelto)						
CAT. 930	105	Transporte de	Material suelto	780.0	730.0	560.0
1.72 M3		Material (m ³ /d)	Roca suelta	660.0	615.0	505.0
		(Camión 7 m ³)	Roca fija	650.0	560.0	505.0
CAT.950	170	Transporte de	Material suelto	780.0	730.0	560.0
3.1 M3		Material (m ³ /d)	Roca suelta	770.0	675.0	560.0
		(Camión 12 m ³)	Roca fija	650.0	560.0	505.0
CAT. 966D	220	Transporte de	Material suelto	1,280.0	1,120.0	960.0
3.8 M3		Material (m ³ /d)	Roca suelta	1,040.0	960.0	800.0
		(Camión 12 m ³)	Roca fija	1,040.0	890.0	800.0

Tabla 1.8 Rendimiento de un cargador de ruedas
Fuente 23.

RENDIMIENTO DE TRACTOR, SUELO CON ALTO CONTENIDO DE ARENA						
Equipo	Potencia	Tipo de Trabajo (Distancia de Empuje=60mt)	Producción Teórica (m3/hr)	Factor de Corrección Final	Rendimiento en Banco (m3/hr)	Rendimiento estándar en Banco (m3/día)
Caterpillar. Fuente (1)	Hp					
Tractor s/Orugas CAT-D9L	405	Mat. suelto	640.00	0.459	294.00	2,350.00
		Roca suelta	640.00	0.315	202.00	1,610.00
		Roca fija	640.00	0.253	162.00	1,300.00
Tractor s/Orugas CAT-D8L	285	Mat. suelto	340.00	0.459	156.00	1,250.00
		Roca suelta	340.00	0.315	107.00	860.00
		Roca fija	340.00	0.253	86.00	690.00
Tractor s/Orugas CAT-D8K	285	Mat. suelto	320.00	0.459	147.00	1,180.00
		Roca suelta	320.00	0.315	101.00	810.00
		Roca fija	320.00	0.253	81.00	650.00
Tractor s/Orugas CAT-D7G	200	Mat. suelto	220.00	0.459	101.00	810.00
		Roca suelta	220.00	0.315	69.00	550.00
		Roca fija	220.00	0.253	56.00	450.00
Tractor s/Orugas CAT-D6D	140	Mat. suelto	160.00	0.367	59.00	470.00
		Roca suelta	160.00	0.252	40.00	320.00
		Roca fija	160.00	0.202	32.00	260.00

Tabla 1.9 Rendimiento de tractor, suelo con alto contenido de arena
Fuente 23.

Equipo Equivalencia en la Caterpillar. Fuente (1)	Potencia Hp	Tipo de Trabajo (Distancia de Empuje=60mt)	Producción Teórica (m3/hr)	Factor de Corrección Final	Rendimiento en Banco (m3/hr)	Rendimiento estándar en Banco (m3/día)
Tractor s/Orugas CAT-D9L	405	Mat. suelto	640.00	0.393	252.00	2,010.00
		Roca suelta	640.00	0.301	193.00	1,540.00
		Roca fija	640.00	0.242	155.00	1,240.00
Tractor s/Orugas CAT-D8L	285	Mat. suelto	340.00	0.393	134.00	1,070.00
		Roca suelta	340.00	0.301	102.00	820.00
		Roca fija	340.00	0.242	0.82	660.00
Tractor s/Orugas CAT-D8K	285	Mat. suelto	320.00	0.393	126.00	1,010.00
		Roca suelta	320.00	0.301	96.00	770.00
		Roca fija	320.00	0.242	77.00	620.00
Tractor s/Orugas CAT-D7G	200	Mat. suelto	220.00	0.393	86.00	690.00
		Roca suelta	220.00	0.301	66.00	530.00
		Roca fija	220.00	0.242	53.00	430.00
Tractor s/Orugas CAT-D6D	140	Mat. suelto	160.00	0.315	50.00	400.00
		Roca suelta	160.00	0.241	39.00	310.00
		Roca fija	160.00	0.194	31.00	250.00

Tabla 1.10 Rendimiento de tractor tierra común (hasta 2300 m.s.n.m)

Fuente 23.

RENDIMIENTO DE TRACTOR SUELO CON ALTO CONTENIDO DE ARCILLA						
Equipo Equivalencia en la Caterpillar. Fuente (1)	Potencia Hp	Tipo de Trabajo (Distancia de Empuje=60mt)	Producción Teórica (m3/hr)	Factor de Corrección Final	Rendimiento en Banco (m3/hr)	Rendimiento estándar en Banco (m3/día)
Tractor s/Orugas CAT-D9L	405	Mat. suelto	640.00	0.301	193.00	1,540.00
		Roca suelta	640.00	0.258	165.00	1,320.00
		Roca fija	640.00	0.207	132.00	1,060.00
Tractor s/Orugas CAT-D8L	285	Mat. suelto	340.00	0.301	102.00	820.00
		Roca suelta	340.00	0.258	88.00	700.00
		Roca fija	340.00	0.207	70.00	560.00
Tractor s/Orugas CAT-D8K	285	Mat. suelto	320.00	0.301	96.00	770.00
		Roca suelta	320.00	0.258	83.00	660.00
		Roca fija	320.00	0.207	66.00	530.00
Tractor s/Orugas CAT-D7G	200	Mat. suelto	220.00	0.301	66.00	530.00
		Roca suelta	220.00	0.258	57.00	450.00
		Roca fija	220.00	0.207	46.00	360.00
Tractor s/Orugas CAT-D6D	140	Mat. suelto	160.00	0.240	38.00	310.00
		Roca suelta	160.00	0.207	33.00	260.00
		Roca fija	160.00	0.166	27.00	220.00

Tabla 1.11 Rendimiento de tractor en suelo con alto contenido de arcilla

Fuente 23.

PRODUCCIÓN POR HORA ESTIMADA DE LAS TRAILLAS REMOLCADAS

CONDICIONES BÁSICAS DE PRODUCCIÓN EN TODAS LAS TABLAS DE LA SECCIÓN DE TRAILLAS

Densidad del material: 1780 kg/m³ (3000 lb/yd³).

Eficiencia: 60 minutos/hora.

Resistencia total: 100 kg/tonelada métrica (200 lb/ton).

La carga de las traíllas por viaje se supone como

Capacidad nominal a ras.

TRÁILLA Y TRACTOR	CAPACIDAD	ACARREO	ACARREO	ACARREO	ACARREO
	A RAS	120m	180m	250m	300m
CARGA CON EMPUJE	PRODUCCIÓN POR HORA ESTIMADA				
R56H	m3	m3	m3	m3	m3
D6M (Servotransmisión)	6.9	107	88	75	66
D6M (Transm. directa)	6.9	101	83	71	61
D5B (Servotransmisión)	6.9	105	86	74	63
D5B (Transm. directa)	6.9	104	87	75	65
D6R (Servotransmisión)	6.9	125	102	86	75
D6R (Transm. directa)	6.9	128	108	93	82
D6D (Servotransmisión)	6.9	123	99	84	73
D6D (Transm. directa)	6.9	125	104	89	78
AUTOCARGADAS					
D6M (Servotransmisión)	6.9	95	80	69	61
D6M (Transm. directa)	6.9	89	75	64	57
D5B (Servotransmisión)	6.9	93	78	67	59
D5B (Transm. directa)	6.9	92	79	68	60
D6R (Servotransmisión)	6.9	112	93	80	70
D6R (Transm. directa)	6.9	114	98	85	76
D6D (Servotransmisión)	6.9	110	91	78	68
D6D (Transm. directa)	6.9	111	94	82	73

Tiempo de carga (promedio):

Carga Con Empuje

D5 1,2 min

D6 1,0 min

Autocargadas

D5 1,0 min

D6 1,5 min

Tiempo en descargar y dar

vuelta:

D5 1.2 min

D6 1.0 min

Tiempo en hacer cambios:

P.S. 0.0 min

D.D. 0.2 min

TRAÍLLA Y TRACTOR CARGA CON EMPUJE	CAPACIDAD A RAS	ACARREO 120m	ACARREO 180m	ACARREO 250m	ACARREO 300m
R67H	m3	m3	m3	m3	m3
D6R (Servotransmisión)	9.2	161	130	109	93
D6R (Transm. directa)	9.2	144	119	102	86
D6D (Servotransmisión)	9.2	152	122	100	85
D6D (Transm. directa)	9.2	140	114	97	82
D7R (Servotransmisión)	9.2	208	169	140	118
D7R (Transm. directa)	9.2	206	172	145	126
D7G (Servotransmisión)	9.2	198	159	131	110
D7G (Servotransmisión)	10.7	222	177	151	126
D7G (Transm. directa)	10.7	215	168	146	123
D8R (Servotransmisión)	10.7	238	191	159	137
D8K (Servotransmisión)	10.7	238	191	159	137
D8K (Transm. directa)	10.7	228	181	152	132

R89H	TRAÍLLA Y TRACTOR CARGA CON EMPUJE	CAPACIDAD	ACARREO	ACARREO	ACARREO	ACARREO
		A RAS	120m	180m	250m	300m
	D7R (Servotransmisión)	13.8	257	206	170	147
	D7R (Transm. directa)	13.8	240	194	160	141
	D7G (Servotransmisión)	13.8	245	193	158	136
	D7G (Transm. directa)	13.8	229	184	150	131
	D8R (Servotransmisión)	13.8	275	213	176	151
	D8K (Servotransmisión)	13.8	275	213	176	151
	D8K (Transm. directa)	13.8	257	203	170	145
	D8L (Servotransmisión)	13.8	325	155	207	179

Tiempo de carga (promedio):

	Carga Con Empuje	Auto-cargadas	R89H	Carga Con Empuje	Auto-cargadas
R67H	0,8 min	1,2 min	D7	0,8 min	1,2 min
D6	0,6 min	1,0 min	D8	0,6 min	1,0 min
D7	0,5 min	0,8 min	D8	0,5 min	0,8 min

Tiempo en descargar y dar vuelta:

D6	— 1,0 min
Todos los otros	— 0,8 min
Tiempo en hacer cambios:	
Servotransmisión	— 0,0 min
Transm. directa	— 0,2 min

TRÁILLA Y TRACTOR AUTOCARGADORES	TRAILLA Y TRACTOR AUTOCARGADAS	CAPACIDAD A RAS	ACARREO 120m	ACARREO 180m	ACARREO 250m	ACARREO 300m
R67H		m3	m3	m3	m3	m3
	D6R (Servotransmisión)	9.2	143	119	101	88
	D6R (Transm. directa)	9.2	134	112	95	82
	D6D (Servotransmisión)	9.2	136	112	94	81
	D6D (Transm. directa)	9.2	129	107	90	77
	D7R (Servotransmisión)	9.2	187	151	128	109
	D7R (Transm. directa)	9.2	174	136	113	97
	D7G (Servotransmisión)	9.2	177	142	120	100
	D7G (Transm. directa)	9.2	174	137	114	99
	D7G (Servotransmisión)	10.7	194	160	137	116
	D7G (Transm. directa)	10.7	189	156	133	113
	D8R (Servotransmisión)	10.7	214	175	147	128
	D8K (Servotransmisión)	10.7	214	175	147	128
	D8K (Transm. directa)	10.7	206	168	143	123
R89H						
	D7R (Servotransmisión)	13.8	229	189	156	129
	D7R (Transm. directa)	13.8	216	179	151	128
	D7G (Servotransmisión)	13.8	218	178	145	129
	D7G (Transm. directa)	13.8	206	169	141	119
	D8R (Servotransmisión)	13.8	238	192	162	141
	D8K (Servotransmisión)	13.8	238	192	162	141
	D8K (Transm. directa)	13.8	229	184	157	136
	D8L (Servotransmisión)	13.8	281	226	191	166

Tiempo de carga (promedio):

	Carga Con		Auto-			Carga Con		Auto-			
R67H	Empuje	cargadas	R89H	Empuje	cargadas	D7	Empuje	cargadas	D8	Empuje	cargadas
D6	0,8 min	1,2 min	D7	0,8 min	1,2 min	D8	0,8 min	1,0 min	D8	0,5 min	0,8 min
D7	0,8 min	1,0 min	D8	0,8 min	1,0 min						
D8	0,5 min	0,8 min									

Tiempo en descargar y dar vuelta:

D6	— 1,0 min
Todos los otros	— 0,8 min
Tiempo en hacer cambios:	
Servotransmisión	— 0,0 min
Transm. directa	— 0,2 min

TRAILLA Y TRACTOR	CAPACIDAD A RAS		ACARREO 100 m 330'		ACARREO 200 m 650'		ACARREO 300 m 1000'		ACARREO 400 m 1300'	
	m ³	yd ³	m ³	yd ³	m ³	yd ³	m ³	yd ³	m ³	yd ³
PRODUCCION POR HORA ESTIMADA										
Agrícola	m ³	yd ³	m ³	yd ³	m ³	yd ³	m ³	yd ³	m ³	yd ³
2 × 6C + D4E DD	4,6	6	160	209	110	144	80	118	80	105
2 × 14C + D8D DD	10,7	14	380	497	270	353	210	275	175	229
Industrial										
1 × R89H + D8L	27,5	36	325	425	251	328	207	271	179	234

Tabla 1.12 Producción por hora estimada de las traillas remolcadas

Fuente 1.

RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE UN CAMIÓN DE VOLTEO

DISTANCIA AL DESTINO DESDE LA BASE (KMS)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (KM/H)	TIEMPO DEL RECORRIDO TOTAL IDA Y REGRESO (HORAS)	TIEMPO CARGA Y DESCARGA (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	CAPACIDAD DEL CONTENEDOR DEL VEHICULO (M3)	RENDIMIENTO HORARIO DE LOS EQUIPOS (M3/HR)	COSTO DE ALQUILER EQUIPOS DE TRANSPORTE (POR HORA)	VALOR DEL TRANSPORTE DEL MATERIAL (POR M3)	VALOR DEL CARGADO AL CONTENEDOR (POR M3)
6.00	40.00	0.30	10.00	0.47	12.00	25.71	\$34.23	\$1.33	\$0.60
12.00	40.00	0.60	10.00	0.77	12.00	15.65	\$34.23	\$2.19	\$0.60
25.00	40.00	1.25	10.00	1.42	12.00	8.47	\$34.23	\$4.04	\$0.60
50.00	40.00	2.50	10.00	2.67	12.00	4.50	\$34.23	\$7.61	\$0.60
100.00	40.00	5.00	10.00	5.17	12.00	2.32	\$34.23	\$14.74	\$0.60

Tabla 1.13 Rendimiento del transporte de material con camión de volteo, combinado carretera y ciudad

DISTANCIA AL DESTINO DESDE LA BASE (KMS)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (KM/H)	TIEMPO DEL RECORRIDO TOTAL IDA Y REGRESO (HORAS)	TIEMPO CARGA Y DESCARGA (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	CAPACIDAD DEL CONTENEDOR DEL VEHICULO (M3)	RENDIMIENTO HORARIO DE LOS EQUIPOS (M3/HR)	COSTO DE ALQUILER EQUIPOS DE TRANSPORTE (POR HORA)	VALOR DEL TRANSPORTE DEL MATERIAL (POR M3)	VALOR DEL CARGADO AL CONTENEDOR (POR M3)
6.00	25.00	0.48	10.00	0.65	12.00	18.56	\$34.23	\$1.84	\$0.60
12.00	25.00	0.96	10.00	1.13	12.00	10.65	\$34.23	\$3.21	\$0.60
25.00	25.00	2.00	10.00	2.17	12.00	5.54	\$34.23	\$6.18	\$0.60

Tabla 1.14 Rendimiento del transporte de material con camión de volteo, en ciudad

DISTANCIA AL DESTINO DESDE LA BASE (KMS)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (KM/H)	TIEMPO DEL RECORRIDO TOTAL IDA Y REGRESO (HORAS)	TIEMPO CARGA Y DESCARGA (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	CAPACIDAD DEL CONTENEDOR DEL VEHICULO (M3)	RENDIMIENTO HORARIO DE LOS EQUIPOS (M3/HR)	COSTO DE ALQUILER EQUIPOS DE TRANSPORTE (POR HORA)	VALOR DEL TRANSPORTE DEL MATERIAL (POR M3)	VALOR DEL CARGADO AL CONTENEDOR (POR M3)
6.00	60.00	0.20	10.00	0.37	12.00	32.73	\$34.23	\$1.05	\$0.60
12.00	60.00	0.40	10.00	0.57	12.00	21.18	\$34.23	\$1.62	\$0.60
25.00	60.00	0.83	10.00	1.00	12.00	12.00	\$34.23	\$2.85	\$0.60
50.00	60.00	1.67	10.00	1.83	12.00	6.55	\$34.23	\$5.23	\$0.60
100.00	60.00	3.33	10.00	3.50	12.00	3.43	\$34.23	\$9.98	\$0.60

Tabla 1.15 Rendimiento del transporte de material con camión de volteo, en carretera con trafico medio

DISTANCIA AL DESTINO DESDE LA BASE (KMS)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (KM/H)	TIEMPO DEL RECORRIDO TOTAL IDA Y REGRESO (HORAS)	TIEMPO CARGA Y DESCARGA (MINUTOS)	TIEMPO TOTAL (HORAS)	CAPACIDAD DEL CONTENEDOR DEL VEHICULO (M3)	RENDIMIENTO HORARIO DE LOS EQUIPOS (M3/HR)	COSTO DE ALQUILER EQUIPOS DE TRANSPORTE (POR HORA)	VALOR DEL TRANSPORTE DEL MATERIAL (POR M3)	VALOR DEL CARGADO AL CONTENEDOR (POR M3)
6.00	15.00	0.80	10.00	0.97	12.00	12.41	\$34.23	\$2.76	\$0.60
12.00	15.00	1.60	10.00	1.77	12.00	6.79	\$34.23	\$5.04	\$0.60
25.00	15.00	3.33	10.00	3.50	12.00	3.43	\$34.23	\$9.98	\$0.60

Tabla 1.16 Rendimiento del transporte de material con camión de volteo, en montaña calle con fuerte pendiente

Clase de material	PRODUCCIÓN APROXIMADA POR HORA DE PALAS MECÁNICAS																	
	Tamaño del cucharón en M ³																	
	0.29	0.38	0.58	0.77	0.96	1.15	1.35	1.5	1.9	2.1	2.3	2.7	3.05	3.45	3.8	4.2	4.6	4.95
Tierra húmeda o arcilla arenosa y liviana	65	88	125	155	190	220	245	270	310	330	350	400	445	485	525	565	610	640
Arena o grava	50	85	120	150	175	205	230	250	300	320	345	385	425	460	495	530	565	600
Tierra común	53	73	105	135	160	185	205	230	270	290	310	345	390	430	460	495	525	555
Arcilla dura	38	57	85	110	140	160	180	200	235	255	275	310	345	375	405	435	470	490
Roca bien fragmentada	30	45	72	95	120	140	155	175	210	230	245	280	315	350	380	410	440	465
Material común con raíces y rocas	23	38	61	80	100	120	140	155	185	205	220	255	290	320	350	380	415	440
Arcilla mojada y pegajosa	19	30	54	73	92	110	125	140	175	190	205	235	265	295	320	350	375	400
Rocas mal fragmentada	12	20	38	57	73	88	110	122	150	165	180	205	235	250	285	315	335	360

Tabla 1.17 Producción aproximada de una pala mecánica

Fuente 23.

OPTIMA PROFUNDIDAD DE CORTE PALAS MECÁNICAS			
Capacidad del cucharón	Materiales suelos, arena, grava, etc.	Materiales medianos tierra común	Materiales difíciles arcilla dura, mojada y pegajosa
m ³	m	m	m
0.29	1.15	1.37	1.83
0.38	1.4	1.43	2.13
0.58	1.62	2.07	2.44
0.77	1.83	2.38	2.74
0.96	1.98	2.6	2.99
1.15	2.13	2.8	3.26
1.35	2.25	2.96	3.51
1.5	2.13	3.11	3.72
1.9	2.56	3.41	4.05

Tabla 1.18 Profundidad optima de corte para las palas mecánicas
Fuente 23.

CAPITULO II: MOVIMIENTO DE TIERRA EN URBANIZACIONES

2.1 GENERALIDADES

Las Obras de terracería, en la construcción de urbanizaciones comprenden tareas de desmonte, destronconado, descapote, conformación de terrazas, taludes y pendiente.

La vegetación y escombros que se ha de desmontar, desbrozar, eliminar y retirar de acuerdo con esta sección, incluyen todos los objetos que se encuentran en la superficie: árboles, troncos, raíces y otros obstáculos que sobresalen de suelo dentro de los límites del terreno señalados.

En las extensiones de excavación deberán eliminarse todos los árboles, raíces hasta una profundidad considerable, para que impida que este material indeseable llegue a entremezclarse con el material que se incorpore al terraplenado. El terreno deberá quedar libre de vegetación, basura y otros materiales.

La elección de la maquinaria para terracería requiere experiencia y buen juicio para la evaluación de una serie de factores que intervienen y modifican su rendimiento.

Los tractores sobre orugas conocidos como bulldozer (usando en sentido general), son máquinas que tienen una gran variedad de usos en la construcción, tales como: caminos, limpieza de terrenos y de terrazas, nivelación, etc., razón por la cual es generalmente el equipo preferido en construcción de urbanizaciones.

También puede usarse traíllas que realizan la nivelación de terrazas y pendientes en forma más precisa.

Para la compactación del suelo se usan equipos como rodillos lisos y pata de cabra, dependiendo del tipo de material sobre el que se está trabajando.



Figura 2.1 Ejemplo de un proyecto de urbanización.

Fuente (12).

2.2 CONSIDERACIONES SOBRE LOS RECURSOS NECESARIOS

Las operaciones de movimiento de tierra son parte fundamental en la mayoría de los proyectos donde se construye una urbanización. Para obtener ganancias cuando se trabaja en estas operaciones, la creación de un plan y la selección del equipo apropiado son aspectos críticos para maximizar la productividad. Obtener la máxima productividad es una tarea que puede ser muy difícil.

Para planificar la obra, también se deben tomar en cuenta algunas causas más comunes de retraso en trabajos de construcción de las cuales se pueden mencionar:

- Estimaciones incorrectas de la duración de las actividades.
- Condiciones meteorológicas imprevistas.
- Retrasos impredecibles en la entrega de materiales.
- Huelgas y otros problemas de mano de obra.
- Condiciones inesperadas en el lugar.

2.2.1 Mano de obra

La utilización de mano de obra debe realizarse en una forma eficiente que garantice la obtención de resultados óptimos, programando adecuadamente la asignación de tareas a realizar por cada operador de maquinaria.

En nuestro país no existe una escuela especializada en la educación y capacitación que certifique a operadores de las distintas maquinarias existentes en el mercado, para la ejecución de obras de terracería.

Esto nos lleva a encontrar operadores de maquina los cuales han aprendido a la utilización de los equipos de una manera empírica.

2.2.2 Manejo y suministro de materiales

Los tres aspectos importantes que deben considerarse para el análisis de este recurso, son:

1. Centro de acopio de materiales provenientes del corte.
2. Suministro de materiales desde banco de préstamo a la obra.
3. Suministro de materiales dentro de la obra.
4. Desalojo de materiales que no se utilizaran en la obra.

En toda obra bien organizada deben existir centros de acopios plenamente establecidos que garanticen funcionalidad en el suministro interno de materiales. Este centro de acopio debe estar establecido de acuerdo a las diferentes necesidades de los materiales en las diversas etapas y áreas de trabajo, de manera que los materiales se encuentren en el lugar adecuado para su uso.

Un suministro de materiales, para la obra debe ser programado de acuerdo a la demanda que vaya surgiendo en la ejecución del proyecto. Para ello deben establecerse las fechas y cantidades del material que corresponderá a la necesidad de los mismos. La

planeación y programación del suministro debe contener fechas y cantidades específicas de materiales, establecidas según los requerimientos de las actividades.

El suministro interno debe ser planeado y programado de acuerdo a las etapas de desarrollo del proyecto y consiste en mantener siempre el material necesario en las diferentes áreas de trabajo.

El desalojo externo de los materiales que no serán necesitados en la obra también tendrá que ser planeado y controlado, estos podrán hacerse al comienzo de la obra o durante la ejecución del proyecto.

2.2.3 Equipo

El equipo que se utiliza para realizar un proyecto de terracería, depende del material y del método constructivo, que se ha previsto. En la construcción de urbanizaciones, es importante tener en cuenta dicha consideración, para establecer el tiempo que se usará el equipo en la obra. Por ejemplo, si la empresa no tiene excavadora ni bulldozers, la renta o compra de este puede tomar demasiado tiempo.

En la programación de actividad que requiere el empleo de equipo deberán tenerse en cuenta varios factores.

Las limitaciones en la cantidades disponible del equipo en cuestión, nos puede obligar a modificar la secuencia planeada para las actividades que necesitan el empleo del equipo, atrasar la duración total del proyecto, en el caso de que estas actividades sean críticas.

La utilización del equipo en la ejecución de otros proyectos ejecutándose simultáneamente a cargo de la misma empresa, plantea la necesidad de considerar la distribución más eficiente de equipo, de lo contrario obligara a posponer algunas actividades hasta que el equipo este disponible.

Reducir al mínimo los tiempos de no utilización del equipo, “tiempos muertos”.

Si estos no se reducen significativamente, se vera un incremento en el costo de las actividades que requieren el uso de los equipos, y por lo tanto es ventajoso reducir al mínimo los *tiempos muertos*, programando convenientemente las actividades afectadas.

El equipo necesario en la construcción de urbanizaciones podría ser: bulldozers, excavadoras, rodos compactadores, etc., este equipo generalmente es arrendado o forman parte de los insumos de las empresas que desarrollan la construcción de la urbanización.

2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Generalmente en todo proyecto se cuentan con especificaciones técnicas, las cuales describirán de un modo objetivo cada una de las actividades que se desean realizar.

Estas especificaciones técnicas marcarán la pauta del proceso constructivo a seguir, con el fin de garantizar los trabajos que se realizarán en el proyecto, como también definirán la forma de pago de dichas partidas. Estas especificaciones varían según el tipo de trabajo, nivel de importancia, exigencia del propietario, etc.

Deberá tomarse en cuenta la buena comprensión de estas para tener una precisa evaluación del proyecto por ejecutar.

2.3.1 Contenido de una especificación técnica

Descripción: Esta incluye la numeración específica de cada una de las actividades a realizar por partida, por ejemplo: la movilización de personal, equipo, materiales y otros elementos al sitio del proyecto, y la ejecución de todas las acciones necesarias antes de comenzar y durante los trabajos en el sitio de la obra.

Clasificación:

- **Especificaciones Generales:** Las especificaciones contenidas en el contrato.

- **Especificaciones Especiales:** Complemento y/o revisión de las Especificaciones Generales, que abarcan las condiciones peculiares de una obra individual.
- **Especificaciones Suplementarias:** Las adiciones y revisiones a las especificaciones normales, que son acogidas como estándares posteriormente a su publicación.

Materiales: Cualquier sustancia especificada o necesaria para completar satisfactoriamente el trabajo objeto del contrato. Todos los materiales para el proyecto serán suministrados por el Contratista, salvo disposición contraria en las Especificaciones Especiales, y deberán provenir de fuentes de suministro aprobadas por el Contratante. La solicitud para la aprobación de la fuente de materiales, deberá indicar claramente la ubicación del sitio, o el nombre y dirección del proveedor según sea el caso, el sistema de despacho, la fecha propuesta del primer envío y el uso que se dará al material. Los materiales podrán ser inspeccionados en el lugar de origen y aprobados antes de su envío.

Equipo: Por cualquier maquinaria o equipo especial (excepto herramientas pequeñas), cuyo uso haya sido autorizado, se pagarán al Contratista las tarifas de alquiler, gastos generales y ganancia que se hubiesen acordado por escrito antes de comenzar tal trabajo, excepto cuando las tarifas de alquiler de equipo estén establecidas en las disposiciones especiales del contrato. Se efectuará el pago por el número real de horas que el equipo esté en operación en la obra, incluyendo costo de combustible y lubricantes.

Los gastos de transporte de equipo, hasta y desde el lugar de la obra, le serán pagados al Contratante sujetos a que, el equipo sea obtenido del lugar más cercano aprobado, los gastos por la devolución no sean mayores que los de recepción, las tarifas de acarreo no excedan las tarifas establecidas por transportadores autorizados, y que tales gastos estén restringidos a las unidades de equipo que no se encuentren ya disponibles o cerca del proyecto.

Cuando el equipo haya sido pedido para que permanezca en la obra en calidad de espera, se pagarán tarifas de medio tiempo por la espera durante las horas normales de trabajo, sin exceder 8 horas, en un período de 24 horas.

Todo el equipo usado deberá encontrarse en buenas condiciones de funcionamiento. No se añadirá ningún porcentaje a las tarifas ni se pagará compensación adicional por reparaciones que el equipo pudiera requerir.

Requerimientos de la construcción: La labor cubierta por estas especificaciones comprende la ejecución y terminación total de la obra objeto del contrato, incluyendo el suministro de todos los materiales, equipo, transporte, mano de obra y todo lo demás que sea necesario e imprevisto, así como la limpieza final del sitio del proyecto, el pago de todas las obligaciones y el reemplazo del trabajo y materiales defectuosos, todo de acuerdo con los planos, especificaciones y demás documentos contractuales.

Medición: El proceso de identificar las dimensiones, cantidades o tonelaje de un renglón de pago.

Pago: Unidad de medida establecida para un renglón determinado del contrato, con base a la cual se hace la medición para proceder al pago del trabajo realizado por el Contratista.

La Ejecución de las obras de terracería a nivel de Especificaciones Técnicas se involucra tres actividades fundamentales, las cuales son:

1. Actividades previas a la ejecución del proyecto.
2. Duración de la Actividad
3. Entrega de la obra a realizar.

En estas tres actividades se definen los grupos de las etapas a seguir en el análisis de una Especificación Técnica (ver figura 2.2), la cual lleva tres etapas relacionadas las cuales son :

1. Análisis de las partidas.
2. Ejecución de las partidas o actividades.
3. Entrega final de la medición y costo de las partidas.

Contenido general de una Especificación Técnica

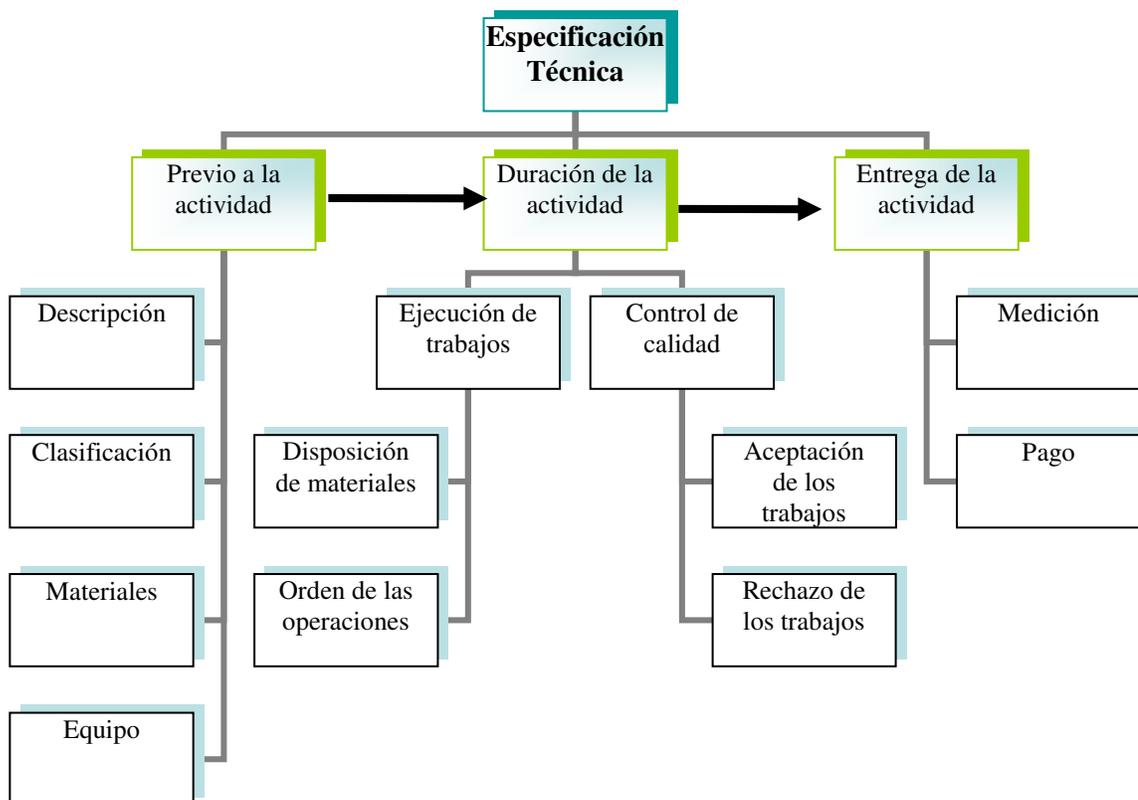


Figura 2.2 Flujo grama del contenido general de la especificación técnica.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS RUBROS MÁS RELEVANTES EN PROYECTOS DE TERRACERÍA EN URBANIZACIONES

Cuando hablamos del movimiento de tierra en urbanizaciones de tipo habitacional, recreativo, comercial, turístico, etc, debemos tomar en cuenta los rubros que estos implican los cuales en su conjunto forman el trabajo de modificar la topografía natural del terreno. Estas actividades mantienen un orden cronológico es decir se suceden una a la otra pero no en todos los casos, el orden de las actividades pueden variar dependiendo de las condiciones propias del proyecto. Estas actividades a las cuales nos referimos las describimos a continuación.

2.4.1 Trabajo de topografía

La metodología del trabajo de topografía partirá del replanteo de la información necesaria para poder realizar el movimiento de tierra del proyecto. Esto conlleva a un previo trabajo de gabinete en la preparación de esta información a replantear con la ayuda de software's adecuados para este tipo de trabajo, que partiendo de información digital del diseño geométrico final se recopilará la información necesaria para este fin.

Para el control de la obra es necesario la recopilación de información de campo es decir levantamientos parciales de los lugares donde se está modificando la topografía del lugar y para esto bastará con prever una logística adecuada y técnicamente auto suficiente para la generación de cálculos de volúmenes o cualquier otra información que necesite ser cuantificada para la preparación de estimaciones periódicas durante la duración de la obra. Como también servirá como herramienta para proyectar la cantidad de trabajo al cual estaremos expuestos en el proyecto.

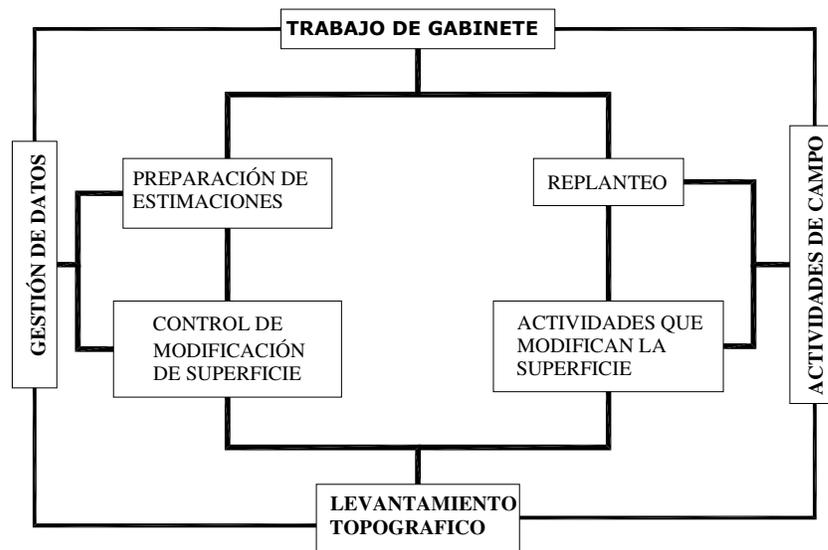


Figura 2.3 Esquema de trabajo global de topografía en un proyecto de terracería.

2.4.2 Operaciones de terracería en urbanizaciones

La terracería es un término general que describe las operaciones de construcción tales como: calles, boulevard y nivelación aproximada de terrazas en urbanizaciones. Todas las actividades de excavación, arrastre, traslado, diseminación, estabilización y compactación están incluidas en el término.

2.4.2.1 Chapeo y limpieza

Consiste en el corte y limpieza de la maleza existente en el terreno y desalojo del material resultante fuera de la obra, hacia un sitio autorizado por la Municipalidad respectiva. Se incluye en este rubro el retiro de todo material extraño que no va a ser utilizado en la construcción (ripios, basura, chatarra, etc.).

Forma de pago: La forma de pago será por suma global, m² ó Ha.

2.4.2.2 Podado y tala de árboles

Todos los árboles y arbustos ubicados en el área de la edificación que serán talados, así como aquellos árboles aledaños que con su follaje afecten la futura construcción, serán podados y protegidos durante toda la etapa de construcción para su conservación.

Condiciones

Para la tala de árboles deberá atenderse las disposiciones que se establecen en la Ley Forestal, y realizar las gestiones ante la Municipalidad respectiva o el Ministerio de Medio Ambiente.

Al efectuar la tala y/o podado deberán tomarse todas las precauciones debidas, a fin de proteger la integridad física de personas, equipo, vehículos y edificaciones, etc.

El material resultante deberá ser desalojado del sitio a un lugar donde no cause daños a terceros, autorizado por la Municipalidad respectiva.

Forma de pago: Suma Global y unidad de árboles en el caso de ser de gran tamaño. El pago incluye el desalojo.

2.4.2.3 Descapote, desraizado y destronconado.

Consiste en cortar toda la capa vegetal superficial en un espesor estimado entre 20 y 200 centímetros (promedio) o según lo determine la supervisión de acuerdo a las condiciones del terreno determinadas por el estudio de suelos presentado. En este rubro se incluye también el desraizado ya sea de árboles talados o árboles en pie cuyas raíces se extiendan hacia los sitios de la construcción. En este último caso deberá tomarse la precaución de no cortar raíces principales que debiliten o desequilibren la posición del árbol, disminuyendo su resistencia a la fuerza de los elementos.

Si las condiciones del terreno lo permite y sí la obra lo requiere, el contratista podrá acopiar debidamente protegida, parte del descapote (suelo con materia orgánica) para su uso posterior en las zonas verdes.

Condiciones

El material resultante deberá ser desalojado fuera de la obra hacia un sitio de disposición final previamente acordado con las autoridades de la comunidad y avalado por la supervisión, autorizado por la Municipalidad respectiva o por el Ministerio de Obras Públicas.

Forma de pago: Se medirá el área a descapotarse y se pagará por metro cuadrado o metro cúbico. El pago incluye el desraizado.

2.4.2.4 Demoliciones

Consiste en el desmantelamiento, demontaje y destrucción de las estructuras existentes vistas o enterradas, en el área de trabajo y que se indican en los planos correspondientes.

Condiciones

En los casos que las edificaciones o instalaciones a demolerse arrojen materiales recuperables, éstos deben entregarse al propietario. Los escombros (ripio) resultantes de la demolición deberán ser desalojados a sitios que cumplan con las condiciones establecidas en el numeral del descapote y desraizado.

Forma de pago: Se pagará por suma global, m³ de acuerdo a los ítems del plan de propuesta.

2.4.2.5 Trazo y nivelación

El contratista trazará las rasantes y dimensiones de la construcción de acuerdo con las medidas y niveles expresados en los planos y establecerá las referencias

planimétricas y altimétricas (bancos de marca), necesarias para plantear ejes y niveles establecidos por los proyectistas, cuantas veces sea necesario. El contratista será el responsable de que el trabajo terminado quede conforme con los alineamientos, niveles, pendientes y referencias indicados en los planos o por el Supervisor.

El contratista podrá efectuar el trazo de la construcción desde el momento en que reciba el sitio donde deberá construir, pero se abstendrá de comenzar las excavaciones hasta que reciba la autorización, previa revisión y aprobación de los trazos y niveles por el Supervisor.

Condiciones

El trazo deberá ejecutarse con teodolito o con el sistema que el supervisor determine según el tipo de trabajo de que se trate.

Forma de pago: Se pagará por sg, m², Ha o mes. El costo incluye los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y todo lo necesario para dejar el trazo y nivelación completamente terminados, según lo establecido en los planos y especificaciones.

2.4.2.6 Corte en terrazas

Este rubro incluye el corte de los volúmenes sobresalientes del terreno o de los sectores donde es necesario alcanzar los niveles de terraza indicados en los planos.

Procedimiento de ejecución

Los trabajos de corte en terraza se iniciarán una vez concluidos los trabajos de chapeo, limpieza, descapote, desraizado, tala y podado de árboles, demolición etc.

Una vez recibidos los trabajos antes mencionados se procederá a realizar una cuadrícula que abarque las áreas del terreno sujetas a modificación. Las distancias entre ejes de cuadrícula serán según lo determine la supervisión de acuerdo a las características del terreno.

Realizada la cuadrícula, ésta será revisada y comprobada por la supervisión.

Es conveniente hacer notar que deben dejarse referencias para replantear la cuadrícula las veces que sea necesario a efectos de cuantificar volúmenes.

Los trabajos de corte se realizarán hasta los niveles de terraza proyectada. Los materiales cortados que a criterio de la supervisión y el laboratorio de suelos puedan utilizarse en relleno y compactación, taludes etc., deberán ser depositados en un lugar adecuado y debidamente acondicionado, que los protejan adecuadamente a fin de que conserve sus propiedades originales y no sean contaminados por material orgánico. Mientras duren los trabajos y en época de lluvia, las zonas de corte deberán proveerse de drenajes superficiales provisionales adecuados para el manejo de la escorrentía; además, el material de corte acopiado deberá protegerse con plástico u otro material que lo proteja de los efectos de la intemperie.

Forma de pago: Se pagará por metro cúbico (m³) cortado en banco y se cuantificará calculando el volumen determinado por la cuadrícula inicial y los niveles de terraza proyectada.

2.4.2.7 Corte bajo niveles de terraza

En los casos en que lo recomienden los estudios de suelos o se determine en campo la baja capacidad de carga, la existencia de suelos orgánicos, ripios, depósitos de basura, u otros materiales inadecuados, bajo los niveles de terraza proyectada; éstos deberán extraerse hasta encontrar material aceptable o hasta el nivel que determine la supervisión.

Condiciones

Los materiales extraídos inaceptables deberán desalojarse fuera del terreno y serán depositados en un sitio que cumplan con las condiciones establecidas en el numeral del descapote y desraizado; cuando la ruta de desalojo pase por áreas sensibles, centros poblados o carreteras con flujo vehicular, cada unidad de transporte vehicular

deberá poseer una cubierta protectora para evitar derrame del material y/o la generación de polvo que cause molestias a pobladores, peatones y conductores. Únicamente se podrán utilizar aquellos materiales aptos para la restitución, y los suelos orgánicos para jardines, áreas verdes, taludes etc. podrán acopiarse debidamente protegidos y usarse posteriormente, con previa autorización del supervisor y laboratorio de suelos.

Forma de pago: Se pagará por metro cúbico (m³) cortado en banco, su cálculo se efectuará tomando como base los niveles de terraza proyectada y los niveles finales de corte.

2.4.2.8 Excavación o corte

Una vez removido todo material de tipo orgánico, se comenzara la tarea de cortar o excavar. En esta actividad pueden involucrarse varios equipos de los cuales podemos mencionar: *tractores de orugas, pala mecánicas o retroexcavadoras*, las cuales favorecen para cortar los distintos tipos de materiales que se encuentren en el proyecto con el fin de llevar los niveles del terreno hasta los niveles definidos por el proyectante.

Es de vital importancia antes de comenzar esta actividad que se estudie en su totalidad el estudio de suelos del proyecto con el fin de prever con anticipación los tipos de materiales a los cuales modificaremos en su estado natural. Por ese motivo es necesario mencionar aspectos generales. Para los efectos de determinar los costo de ejecutar una excavación se establece otra clasificación, basada en la mayor o menor dureza del terreno, y que debe ser usada para la cubicación de los movimientos de tierra, pues de esta clasificación dependerá los medios necesarios para realizar la excavación las que varían con la naturaleza del terreno, que desde este punto de vista se pueden clasificar en:

A.-) *Excavación en terreno blando.* Puede ser de tipo arenoso, arcilloso o limoso, o una mezcla de estos materiales; también puede contener materiales de origen orgánico.

B.-) *Excavación en terreno semi - duro*. Puede ser en tal caso una mezcla de grava, arena y arcilla, moderadamente consolidada, o bien una arcilla fuertemente consolidada.

C.-) *Excavación en terreno duro*. Puede ser una mezcla de grava, arena y arcilla, fuertemente consolidada.

D.-) *Excavación en terreno muy duro*. Puede ser ejecutada valiéndose necesariamente del uso de maquinaria especializada. El tipo de material puede ser una roca semi – descompuesta, por lo que sea necesario dotar a la maquinaria con equipo especializado de corte.

E.-) *Excavación en roca*. La que precisa para su ejecución uso de explosivos. El material puede estar constituido por un manto de roca, o por piedras de gran tamaño, que no pueden ser removidas mediante el uso de maquinaria.

La forma de pago será por m³ medido en banco, esta medición se realizará a través de levantamientos parciales antes y después de finalizados los trabajos de remoción de esta capa.

2.4.2.9 Relleno compactado

Consiste en el relleno de las depresiones u hondonadas naturales del terreno del sobre - corte realizado para restitución.

Procedimiento de ejecución

La compactación se hará depositando y extendiendo los materiales aptos para el relleno en capas no mayores de 25 cm., debiéndose controlar la humedad adecuada del material agregando agua o dejando secar según el caso, a fin de obtener la humedad óptima. El contratista repetirá el procedimiento hasta alcanzar los niveles de terraza proyectada.

La compactación se realizará con medios mecánicos o según lo autorice el Supervisor.

Condiciones

La compactación en lo que se refiere al control de densidad y humedad, se efectuará siguiendo los procedimientos ASHTO Designación T-99 ó equivalente (ASTM D698-00: “Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³(600 kN-m/m³))” métodos A, B, C) ; en cuyo caso el relleno compactado tendrá una densidad mínima del 90% de la máxima densidad obtenida con la humedad óptima en el laboratorio.

El relleno podrá efectuarse utilizando material sobrante removido en los cortes; que cumpla los requisitos de calidad y la aprobación de la supervisión antes de su uso.

Cuando se trate de material acarreado desde un banco de préstamo, éste deberá ser inspeccionado y aprobado por el laboratorio.

Antes de autorizarse el acarreo, al material le será efectuado *el proctor* correspondiente, el proceso de compactación será continuamente controlado por la supervisión; en caso de que parte o en su totalidad el proceso de compactación no alcanzare la especificación mínima; la capa o capas que no cumplan con los requisitos serán removidas y vueltas a compactar hasta alcanzar la densidad requerida.

En el caso de acarreo del material, deberá retomarse las consideraciones que se establecen en el numeral 2.3.1: materiales, sobre las rutas de desalojos de material.

El contratista tomará las precauciones pertinentes para proteger las zonas de compactación de la lluvia o corrientes de agua motivadas por ésta. En el caso de que las zonas de compactación sean afectadas por la lluvia, no se procederá a extender las subsiguientes capas hasta que la última capa no alcance el secado correspondiente; para acelerar el secado el contratista podrá remover la capa superficial. Este proceso no causará costo adicional alguno.

Forma de pago: Se pagará por metro cúbico (m³) compactado y se diferenciará el costo de relleno sin acarreo y con acarreo según los ítems correspondientes del formato de oferta.

El relleno sin acarreo se cuantificará midiendo los volúmenes de material depositado (compactado) efectuado con material resultante del corte y/o sobre-corte.

El relleno con acarreo será el volumen depositado con material traído desde un banco de préstamo. Ambas mediciones deben realizarse mediante nivelaciones iniciales y finales para el ítem de que se trate.

En ningún caso se pagará volumen de material expandido o esponjado.

2.4.2.10 Desalojo de material sobrante

El contratista desalojará por su cuenta el material sobrante de las excavaciones, hacia un lugar fuera de la obra acordado con las autoridades de la comunidad y autorizados por la supervisión o en aquellos autorizados por la Municipalidad respectiva o el Ministerio de Obras Públicas, donde no se ocasione daños a terceros. Con respecto al desalojo de material sobrante se aplicarán los criterios establecidos en los numerales 2.3.1 y 2.4.2.2 de este trabajo.

Forma de pago: Se pagará por metro cúbico (m³). En el costo se considerará la distancia desde la obra a los lugares de desalojo autorizados para cada proyecto. Los volúmenes de desalojo serán deducidos de las diferencias de material cortado menos material utilizado en rellenos de excavaciones como en terracería.

No se considera material esponjado o expandido.

El costo del desalojo del material sobrante por excavación para instalaciones, se incluirá en el precio unitario de la instalación respectiva.

2.4.2.11 Movimiento interno

Esta actividad comprende la movilización del material cortado dentro del área del proyecto, esta se realizará por medio de camiones de volteo, cargadores, retroexcavadoras o mototraíllas, estos equipos tienen la ventaja de poseer más velocidad de avance por lo que pueden mover materiales dentro del proyecto.

Generalmente los materiales movidos pueden acopiarse temporalmente hasta el momento de ser usados en el proyecto o ser cortados y depositados de una vez en donde se le necesite.

La forma de pago será por m³ medido en camión, esta medición se realizará a través de la cubicación de las tolvas de los equipos que transportarán el material. Y deberá realizarse esta cubicación por cada uno de los equipos que intervienen en la ejecución de esta actividad.

2.4.2.12 Mezclas de materiales

Esta actividad comprende la mezcla de materiales que provengan tanto fuera como dentro del proyecto estas revolturas de materiales serán especificadas por el diseñador de la obra. Para realizar estas revolturas podremos utilizar los siguientes equipos que son cargadores: *Retroexcavadoras y motoniveladoras*, que cumplirán la función de revolver los materiales con los que se desea trabajar en el proyecto.

Forma de pago: La forma de pago será por m³ medido en camión, esta medición se realizará a través de la cubicación en las tolva de los equipos que transportarán el material deberá realizarse esta cubicación por cada uno de los equipos que intervienen en la ejecución de esta actividad o también puede sumarse al costo de compactación anteriormente descrito con el cuidado de aplicarle un factor de consolidación.

2.4.2.13 Suministro de materiales desde bancos de préstamo

El suministro de materiales provenientes de banco de préstamo involucra diferentes actividades las cuales se pueden mencionar a continuación: descapote, corte y cargado de materiales. El producto de estos materiales se transportara por medio de camiones de volteo hacia su disposición final dentro del proyecto.

Forma de pago: La forma de pago será por m³ medido en camión.

2.4.2.14 Conformación de taludes

Los taludes de todos los desmontes o cortes son más pronunciados que la superficie natural del terreno. Los taludes para los rellenos elevados frecuentemente se hacen tan pronunciados como lo soporte el material, a fin de reducir la cantidad de material de relleno.

En cualquier caso pueden presentarse deslizamientos durante la construcción o en un momento posterior, algún tiempo después de que las calles, avenidas o terrazas se encuentra en servicio, ordinariamente es mejor practica arriesgar algún deslizamiento o volver a afirmar grandes taludes que hacerlos menos inclinados y así aumentar la cubicación a pagar. Las partes que amenacen con deslizamientos persistentes deben ser evitadas en lo posible con el trazado.

2.4.2.15 Desprendimientos

Los desprendimientos ocurren en las excavaciones en roca cuando el material por fuera de las contra pendientes apiladas se suelta y cae, se aumentan ya porque las superficies de fractura de la roca quedan en ángulos inconvenientes o debido a una detonación excesiva, y son incontrolables en gran parte. El desprendimiento imprevisto hasta un porcentaje predeterminado, se paga generalmente a un precio unitario prefijado

por metro cúbico. Si se provocan desprendimientos por negligencia o error del contratista no se hace ningún pago.

En resumen la conformación de taludes consiste en suavizar y uniformizar la inclinación de los taludes con el fin de estabilizar las paredes de los taludes creados a través de la acción de excavar o rellenar calles o terrazas quitando rocas salientes, vegetación, además de uniformizar la inclinación del talud a fin de estabilizarlo para ello se deberá hacer los cortes necesarios.

Dicha conformación se hará con maquinaria de las cuales podemos mencionar: *La pala mecánica y retrocargadora*, para su afinamiento se puede utilizar la *motoniveladora*. Estos equipos por su versatilidad, se puede llegar a obtener el ángulo requerido por el proyectista de los taludes que formarán parte del entorno de la urbanización.

La forma de pago será por m² medido en superficie, esta medición se realizará a través de un levantamiento topográfico el cual dará el resultado de las áreas que se les ha aplicado este rubro.

2.4.3 Complementación

Todos los trabajos descritos en esta sección incluirán en sus respectivos precios, el precio correspondiente a las obras de ademado, bombeo, obras de protección, etc.

Para estimar los precios adecuados, el contratista deberá indagarse de las características particulares del sitio y las posibles incidencias en los costos.

2.5 MATERIALES

2.5.1 Definición de materiales

La superficie de la tierra esta formada por numerosos elementos, compuestos y mezclas, para efectos de los trabajos de terracería se clasifican los materiales como:

- Rocas.
- Tierras.
- Mezclas de tierra y roca.

Rocas: En esta clasificación incluimos materiales de difícil fragmentación, y materiales similares que pueden requerir el uso de explosivos para ser aflojados.

Tierras: En este material debemos considerar el tamaño de sus partículas y el contenido de humedad. Estos dos factores influyen directamente en el rendimiento de las operaciones de excavación y carga.

Mezclas de rocas tierra: Las mezclas de roca y tierra constituyen el material con que trabajamos comúnmente. Este tipo de material se encuentra en la mayor parte del mundo y es una combinación de varios tipos de roca y tierras. El nombre que se ha estas mezclas identifica su composición aproximada. Podemos nombrar por ejemplo arenas, tierras arenosas, gravillas, arcillas arenosas, etc.

Todos los materiales en sus estados naturales contienen un ciertos porcentajes de humedad dependiendo del tiempo, condiciones de drenajes y características de absorción del material mismo. Estos factores pueden ser controlados y modificados por el contratista hasta cierto punto. El contratista no puede hacer llover, pero es posible humedecer el material a mover con camiones de riego. Si las condiciones de drenaje natural no son satisfactorias, puede excavar zanjas con este propósito. La absorción del material puede cambiarse algunas veces, pero este procedimiento es normalmente impracticable desde el punto de vista del contratista.

Para considerar el material que va a ser movido el contratista debe conocer las siguientes características:

1. Peso.
2. Expansión volumétrica.
3. Comprensibilidad.

Peso: Del material a mover es un factor que interesa al contratista. El no puede estimar lo adecuado de su equipo sin saber el peso de cada metro cúbico de material que va transportar.

Por ejemplo sabemos que la capacidad volumétrica de una traílla es entre 6.7 m^3 hasta 19.10 m^3 . También sabemos que el peso máximo recomendado por el fabricante es de 15,000 a 25,000 Kg. de carga. Si esta carga la compone escoria, un material relativamente liviano, la capacidad volumétrica de la traílla será colmada sin exceder el peso. Sin embargo, si el material es muy pesado, la capacidad en peso que puede llevar la traílla será excedida mucho antes de llegar a la capacidad volumétrica que posee de llevar metros cúbicos.

La habilidad de un equipo para mover tierra, maniobrar y acarrear material a altas velocidades depende directamente del peso.

En general, mientras mayor sea el peso, mayor será la potencia requerida para acarrearlo, sin embargo, mientras no se exceda la capacidad en peso y volumen el equipo trabajará satisfactoriamente.

Expansión Volumétrica: La excavación, como quiera que se clasifique, se mide comúnmente, pero no siempre en la posición original no alterada. El lugar y el método de medida deben ser cuidadosamente establecidos en las especificaciones debido a que casi todos los materiales cambian de volumen al moverse del corte de relleno.

La roca sólida excavada se expandirá de modo que 1 m^3 de roca en el corte ocupara de 1.15 a 1.50 m^3 en el relleno, sin embargo, si los huecos en el terraplenado

de roca se llenan con tierra u otro material fino, el volumen del relleno será aproximadamente igual a los volúmenes combinados de las dos fuentes, en sus lugares.

La tierra excavada se expandirá mas allá de su volumen original de el vehiculo transportador, pero se encogerá por debajo del volumen excavado cuando se coloque en el relleno.

Cuando se mueve la tierra de su sitio natural su volumen aumenta, la proporción de aumento de cada tipo de material puede ser establecido con bastante exactitud consultando una tabla de propiedades de materiales.

El aumento de materiales se expresa generalmente como un porcentaje del volumen original.

Por ejemplo, el aumento volumétrico de arcilla seca es el 40% así un metro cúbico de arcilla en estado natural llenará un espacio de 1.40 m³ después de ser excavado.

En la mayoría de los casos, los contratos de movimiento de tierra especifican el número de metros cúbicos de material **en banco** que el contratista se obliga a desplazar.

Como todos los materiales son aflojados para hacer posible su carga y transporte es evidente que serán más los metros cúbicos de material suelto que los metros cúbicos de material en estado natural.

El contratista puede determinar el número de metros cúbicos en banco si conoce el número de metros cúbicos sueltos, simplemente multiplicando el número de metros cúbicos suelto por el factor de conversión volumétrica del material en cuestión.

El factor de conversión se deriva de la siguiente formula:

$$\frac{\text{si } 1 \text{ m}^3 \text{ de arcilla}}{\text{(En estado natural)}} = \frac{1.40 \text{ m}^3 \text{ de arcilla}}{\text{(En estado suelto)}}$$

$$\text{Entonces } 1 \text{ m}^3 \text{ de arcilla} = \left(\frac{1.00}{1.40} \right) \text{ ó } 0.72 \text{ m}^3 \text{ de arcilla en banco.}$$

Comprensibilidad: la tierra de relleno se hundirá con el tiempo si no se comprime debidamente, en los trabajos de terracería, la operación de compresión es necesaria por la misma razón. La tierra suelta puede comprimirse valiéndose de varios medios mecánicos.

Es común el uso de rodillos, pizones, pulverizadores, y la adición de agua. Comúnmente encontraremos que en este tipo de trabajo la tierra se comprime en mayor grado al que normalmente encontramos en su estado natural.

2.5.2 Cambios de volumen.

Los terrenos, ya sean suelos o rocas más o menos fragmentadas, están constituidos por la agregación de partículas de tamaños muy variados. Entre estas partículas quedan huecos, ocupados por aire y agua.

Si mediante una acción mecánica variamos la ordenación de esas partículas, modificaremos así mismo el volumen de huecos.

Es decir, el volumen de una porción de material no es fijo, sino que depende de las acciones mecánicas a que lo sometamos. El volumen que ocupa en una situación dada se llama volumen aparente.

Por esta razón, se habla también de densidad aparente, como cociente entre la masa de una porción de terreno, y su volumen aparente:

$$d_a = \frac{M}{V_a}$$

d_a : Densidad aparente.

Va: Volumen aparente.

M: Masa de las partículas más masa de agua.

El movimiento de tierras se lleva a cabo fundamentalmente mediante acciones mecánicas sobre los terrenos. Se causa así un cambio de volumen aparente, unas veces como efecto secundario (aumento del volumen aparente mediante la excavación) y otras como objetivo intermedio para conseguir la mejora del comportamiento mecánico (disminución mediante apisonado).

En la práctica se toma como referencia 1 m^3 de material en banco y los volúmenes aparentes en las diferentes fases se expresan con referencia a ese m^3 inicial de terreno en banco. Ver figuras 2.4, 2.5 y 2.6.

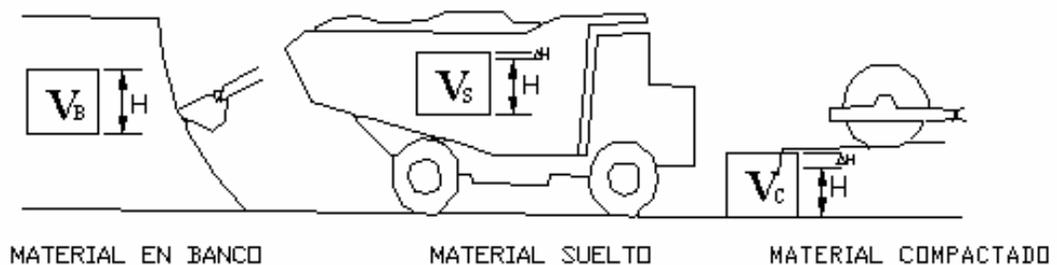
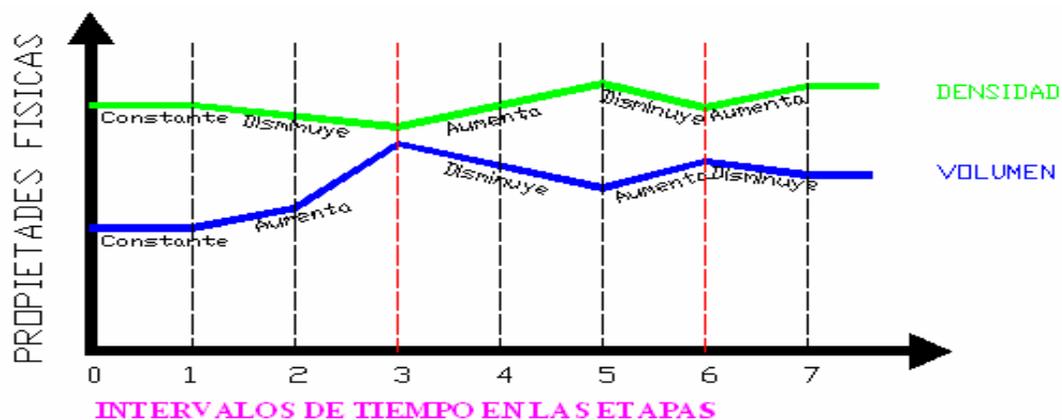


Figura 2.4 Presenta esquemáticamente la operación de cambio de volumen.
Fuente (2).



ETAPAS

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 0 - 1 VOLUMEN EN BANCO | 3 - 4 ACARREO |
| 1 - 2 EXCAVACIÓN O VOLADURA | 4 - 5 DESCARGA Y EXTENDIDO |
| 2 - 3 CARGA | 5 - 6 COMPACTACIÓN |

Figura 2.5 Indica la variación de los volúmenes contra densidades en las operaciones del movimiento de tierras.

Fuente (2).

VOLUMENES APARENTES				
	EXCAVACION	CARGA	TRANSPORTE	COMPACTACION
EXCAVACION EN TIERRAS	<p>1,0</p> <p>VOLUMEN APARENTE</p>	<p>CARGADA</p>	<p>1,20 a 1,30</p>	<p>VERTIDA PISADA</p> <p>1,10 1,0 0,95</p> <p>1,20 1,10</p> <p>RELLENOS</p> <p>COMPACTADA</p>
EXCAVACION ROCA EN CANTERAS	<p>EN BANCO</p> <p>1,0</p> <p>VOLADA</p> <p>2,0</p>		<p>1,25 a 1,50</p>	<p>MACHAQUEO PRIMARIO</p> <p>TRITURACION</p> <p>1,30 a 1,40</p> <p>1,20 a 1,30</p>

Figura 2.6 Representa la evolución del volumen aparente (tomando como referencia 1 m^3 de material en banco), durante las diferentes fases del movimiento de tierras.

Fuente (2).

Mientras no se produzcan pérdidas o adición de agua, una porción de suelo o rocas mantendrá constante el producto de su densidad aparente por su volumen aparente, siendo esta constante la masa de la porción de terreno que se manipula.

$$V_a \times d_a = M$$

En el movimiento de tierras esta limitación se satisface muy pocas veces (evaporación, expulsión de agua durante el apisonado, adición de agua para facilitar el apisonado, etc.), por lo que la ecuación anterior no es de aplicación general.

En adelante se entenderá que los conceptos de volumen y densidad se refieren a volumen aparente y densidad aparente, aunque se omita el adjetivo aparente.

2.6 VALORES DEL ESPONJAMIENTO Y SU FACTOR.

En cada caso concreto conviene estudiar los valores de F_w , S_w , para poder calcular con exactitud los cambios de volumen que va a experimentar el material en las distintas operaciones. A falta de un estudio particular, pueden adoptarse los valores que aparecen en la tabla 2.1

MATERIAL		d_L (t/m ³)	d_B (t/m ³)	S_w (%)	F_w
Caliza		1.54	2.61	70	0.59
Arcilla	Estado natural	1.66	2.02	22	0.83
	Seca	1.48	1.84	25	0.81
	Húmeda	1.66	2.08	25	0.80
Arcilla y Grava	Seca	1.42	1.66	17	0.86
	Húmeda	1.54	1.84	20	0.84
Roca alterada	75% Roca - 25% Tierra	1.96	2.79	43	0.70
	50% Roca - 50% Tierra	1.72	2.28	33	0.75
	25% Roca - 75% Tierra	1.57	1.06	25	0.80
Tierra	Estado natural	1.51	1.90	25	0.80
	Seca	1.60	2.02	26	0.79
	Húmeda	1.25	1.54	23	0.81
Granito fragmentado		1.66	2.73	64	0.61
Grava	Húmeda	1.93	2.17	13	0.89
	Seca	1.51	1.69	13	0.89
	Húmeda	2.02	2.26	13	0.89
Arena y Arcilla		1.60	2.02	26	0.79
Yeso Fragmentado		1.81	3.17	75	0.57
Arenisca		1.51	2.52	67	0.60

Tabla 2.1 Densidades del material en banco y suelto, para los casos más frecuentes del movimiento de tierras.

Fuente (15).

MATERIAL		d_L (t/m ³)	d_B (t/m ³)	Sw (%)	Fw
Arena	Estado natural	1.42	1.6	13	0.89
	Seca	1.69	1.9	13	0.89
	Húmeda	1.84	2.08	13	0.89
Tierra y Grava	Seca	1.72	1.93	13	0.89
	Húmeda	2.02	2.23	10	0.91
Tierra Vegetal		0.95	1.37	44	0.69
Basaltos		1.75	2.61	49	0.67

Tabla 2.1 Densidades del material en banco y suelto, para los casos más frecuentes del movimiento de tierras. Fuente (15).

d_L : Densidad de material suelto.

d_B : Densidad de material en banco.

Sw: Porcentaje de esponjamiento.

Fw: Factor de esponjamiento (swell).

CAPITULO III: COSTOS DE OPERACIÓN DE MAQUINARIA

3.1 GENERALIDADES SOBRE COSTOS

Las características del sistema económico, sociedad de consumo, donde la oferta y la demanda son factores que afectan el precio de un artículo; ocasiona que dentro de la industria de la construcción los costos sean dinámicos, tendiendo a cambiar continuamente.

Uno de los problemas para el constructor es determinar en forma acertada los costos de un proceso determinado. Una forma de realizar la constitución del costo se basa en los costos unitarios. El costo unitario está formado por la suma de costos directos más los costos indirectos.

Para determinar el costo directo, debe haberse definido el procedimiento constructivo más adecuado, de acuerdo a las especificaciones del proyecto. Con ello deben estimarse las cantidades y volúmenes de recursos necesarios (equipo, mano de obra y materiales) para efectuar el trabajo. La suma de estos gastos forma el costo directo.

Los costos indirectos encierran la serie de gastos administrativos y financieros que permiten la existencia de la empresa. Generalmente encierran los gastos de administración en obra, gastos de administración central, gastos de financiamiento, impuestos, fianzas, seguros, imprevistos, etc.

Aunque existen muchos criterios para integrar los costos directos e indirectos; lo importante es que el costo unitario encierre todos los gastos en que se pueda incurrir para realizar los trabajos. Esta previsión asegura el éxito de cualquier empresa.

La finalidad de establecer el costo unitario (costo directo + costo indirecto) es poder determinar un costo unitario. La determinación del precio es afectado por el costo unitario y la utilidad de la empresa.

La determinación de la utilidad es cuestión que cada empresa resuelve libremente, sin más limitación que las obligaciones que tiene consigo misma y con la sociedad.

Las utilidades tienen un fin, que determinan un mínimo obligado para cumplir las finalidades de la empresa; en lo referente a la supervivencia y mejoramiento, que le aseguren su continuidad y desarrollo. La utilidad se expresa generalmente como un porcentaje del costo unitario.

$$\text{Costo Unitario} = \text{costo directo} + \text{costo indirecto.}$$

$$\text{Precio Unitario} = \text{costo unitario} + \text{utilidad.}$$

Algunos de los factores que permiten determinar el porcentaje de utilidad son: el riesgo a que se someterá el contratista, el grado de dificultad técnica de la obra, localización, plazo de ejecución, magnitud, etc.

Dentro de este apartado, solo se considerarán los costos directos, presentados en el análisis de costos horarios de la maquinaria que se involucrará en el desarrollo de los procesos del movimiento de tierras.

3.2 COSTOS HORARIOS

Los objetivos de la ingeniería moderna exigen lograr productos satisfactorios de acuerdo a planes y especificaciones; así como también, el desarrollo de las obras al más bajo costo factible.

Los costos de maquinaria dentro del movimiento de tierras siempre serán un tema de actualidad, ya que el recurso maquinaria interviene en obras públicas y privadas, especialmente en aquellas relativas de construcción pesada, influye grandemente en el costo total de las obras.

Para la determinación de los costos horarios se han dado muchos métodos; pero hasta ahora, ningún método conocido proporciona costos exactos para todas las

condiciones de operación; cuando mucho, la estimación es una buena aproximación. En determinación de los costos reales se requiere la experiencia obtenida en campo, para la correcta utilización de los criterios introducidos en las formulas; ya sea que se trate de equipos nuevos o usados.

En este trabajo solo se considerarán los costos horarios para equipos nuevos.

Cuando se utiliza equipo usado, deben interpretar correctamente las diferencias entre los costos horarios y eficiencias correspondientes; destacando el efecto de “Obsolescencia” que pueda tener el equipo en el tiempo, que varía con el avance tecnológico.

Los factores que tradicionalmente se utilizan para integrar el costo horario de maquinaria son: cargos fijos, cargos por consumo y cargos de operación.

Al analizar los costos, se debe tener en cuenta la influencia tecnológica y financiera; ya que son factores que están en continuo cambio, aumentando el rendimiento y abatiendo o incrementando los costos de producción. Los cargos por consumo y operación, están sujetos a variaciones en los precios de lubricantes, combustibles y el alza de la mano de obra.

Para la determinación del costo horario de cualquier maquinaria o equipo se consideran tres cargos básicos (ver figura 3.1):

1. Cargos fijos.
2. Cargos por consumo.
3. Cargos por operación.

Donde los cargos fijos como los cargos por consumo, son influenciados por las fluctuaciones del Mercado Internacional.

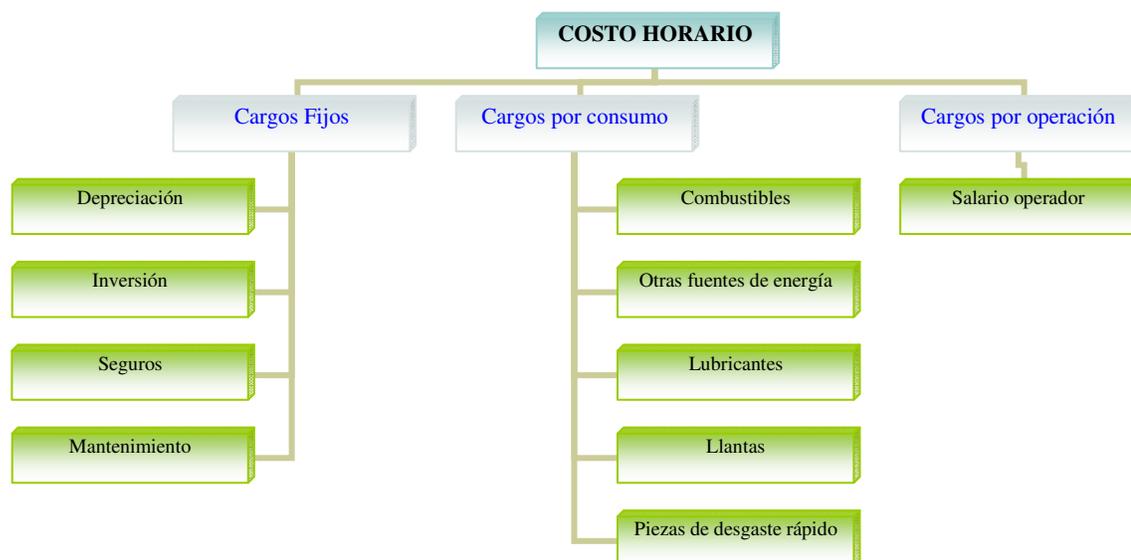


Figura 3.1 Flujograma de la determinación de un costo horario.
Fuente (12)

3.2.1 Costos Fijos

Son llamados también costos de posesión o propiedad. Son gastos que se cargan ya sea que el equipo esté activo o inactivo, deben ser considerados por los propietarios para proteger y evaluar la inversión realizada al adquirir una máquina.

Es importante tener en cuenta que en los costos de maquinaria, que depende en principio de los precios de adquisición, son determinantes; aquellos factores que afectan las condiciones del mercado dentro de las cuales se pueden mencionar:

- ⇒ El avance tecnológico.
- ⇒ El tipo de financiamiento.
- ⇒ La devaluación.
- ⇒ Depreciación de la moneda.
- ⇒ Facilidades de pago.
- ⇒ Incremento del costo de materia prima.
- ⇒ Situación económica de los países productores.

El control de las condiciones de mercado de maquinaria, queda fuera del alcance de los propietarios de equipos en el país, absorbiendo en forma directa todas las fluctuaciones financieras y tecnológicas que se den en los países productores.

Es pertinente estar continuamente informado sobre las variaciones en el mercado de maquinaria para determinar los costos que siempre serán cambiantes.

Los cargos a costo fijo incluyen: Depreciación, intereses de de la inversión, seguro, almacenaje y mantenimiento. De estos costos los que influyen con mayor intensidad son la depreciación y el mantenimiento; siendo los criterios para su determinación conceptos muy discutibles, especialmente la depreciación.

3.2.1.1 Depreciación

El cargo por depreciación consiste en establecer una reserva con el objeto de comprar una nueva unidad al final de la vida de la maquina. Por ello este cargo se suele definir como el que resulta de la disminución del valor original de la maquina, como consecuencia de su uso y desgaste. Este cargo esta en función de las horas que se tomen como vida económica. Existen varios métodos para calcular la depreciación y estos varía por la forma más o menos rápida de recuperar el valor del maquina; entre los más conocidos están: *el de la línea recta, el porcentaje constantes, suma de dígitos y el de la suma de dígitos cuadrados.*

La depreciación de línea recta por año "D", puede determinarse así:

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

Donde:

D = Depreciación.

Va = Valor inicial de la maquina.

V_r = Valor de rescate (establecido por el propietario).

V_e = Vida económica de la maquina en horas de trabajo.

El método de los porcentajes constantes, llamado también de balance descendente, requiere que se establezca un porcentaje como factor constante por aplicar; el cual no puede ser mayor que el doble del régimen de línea recta.

$$D = K(V_i - V_r)(1 - K)^{n-1}$$

Donde:

D = Depreciación.

K = Factor constante por aplicar 50%

N = Año de cálculo.

V_i = Valor inicial de la maquina.

V_r = Valor de rescate = 0

El método de la suma de los dígitos, requiere la determinación de “Los Dígitos” después de estimar la vida económica. Si la vida económica es de 5 años, la suma de dígitos es $5+4+3+2+1 = 15$.

Entonces la cantidad del valor origina que se tomará como depreciación cada año serán: $5/15, 4/15, 3/15, 2/15, 1/15$.

TIPO DE DEPRECIACIÓN AÑO	AÑO				
	1°	2°	3°	4°	5°
Lineal	20%	20%	20%	20%	20%
Decreciente K = 40%	40%	24%	14%	9%	5%
Suma de dígitos	33%	27%	20%	13%	7%

Tabla 3.1 Porcentaje de depreciación anual para diferentes métodos.
Fuente (6)

El método de *depreciación lineal*, tiene la ventaja de ser de fácil aplicación ya que el cargo por depreciación es constante durante la vida de la máquina; sin embargo no facilita valores tan apegados a la realidad durante los primeros cinco años de su vida útil.

El método de los *porcentajes constantes*, conduce a un valor de depreciación más realista y tiene la ventaja de prever reventa prematura del equipo, por su alta depreciación inicial; sin embargo, este método no llega a un valor cero de depreciación al término de la vida útil estimada.

La selección de cada una de los métodos es criterio de cada empresa buscando seguir las políticas económicas que se hallan trazado al planificar la ejecución de sus proyectos. El Gobierno de la Republica a través de la “Ley de Impuesto Sobre la Renta” y su reglamento en el artículo N° 30: Depreciación, numeral No. 2 y No. 3; nombra los procedimientos que debe desarrollar cada empresa para calcular las respectivas depreciaciones de sus bienes.

Estableciendo para los equipos de construcción pesada (tractores, motoniveladoras, palas mecánicas y los demás equipos usados en terracería), una depreciación máxima del 20%. Admite solamente dos métodos de depreciación anual: **el de línea recta y el de porcentajes constantes.**

En general, la depreciación depende de las condiciones de trabajo a que se somete la maquinaria; es saludable que cada empresa lleve sus estadísticas para definir en forma más aproximada la vida económica y útil de sus unidades.

3.2.1.2 Cargos por inversión

Es el cargo que resulta por los intereses del capital invertido en la maquinaria, sea el costo del empleo del capital. Debe considerarse de igual forma si la maquinaria se compra al crédito o al contado. La determinación de la tasa por utilizar varia con la negociación del crédito y generalmente se aplica al capital medio invertido durante la vida económica de la maquina. El capital medio invertido se puede calcular con la siguiente expresión:

$$S_m = \frac{N + 1}{2N} \times V_a$$

Donde:

S_m = capital medio invertido

V_a = costo inicial

N = vida económica (en años)

Para estimar el cargo por inversión en los costos horarios, el capital medio invertido “ S_m ” se le debe aplicar la tasa seleccionada y se debe dividir entre el número de horas de trabajo por años.

$$I = S_m \times i / \text{Numero de horas por año (ha)}$$

3.2.1.3 Cargos por seguros

Este es el cargo que cubren los riesgos a que pueden estar sometidas las maquinas; para ello pueden recurrirse a empresas dedicadas a este propósito o considerar el auto-aseguramiento donde es el propietario del equipo quien asume todos los riesgos por el transporte y uso de la maquinas.

Los tipos de seguro que deben de tomarse en cuenta son los siguientes:

- a) Transporte de maniobra de carga y descarga.
- b) Uso del equipo en la construcción.
- c) Responsabilidad civil por daños a terceros.

Este cargo puede definirse en función de capital medio invertido “Sm” (calculado en el apartado No. 3.1.1.2 cargos por inversión) aplicando a este valor la tasa o prima anual de las compañías aseguradoras y dividiéndolos entre el numero de horas que la maquinaria trabaja en el año.

Este valor generalmente varía de 1% a 3% del capital medio invertido.

En El Salvador el panorama de aseguramiento de las maquinarias se puede considerar que ha evolucionado en forma paralela a los países industrializados. De acuerdo con la investigación realizada las compañías aseguradoras ahora poseen pólizas que cubren maquinarias de construcción y equipos de construcción pesada.

Puede estimarse el cargo por seguro con la siguiente expresión:

$$S = \frac{Sm \times S}{Ha}$$

Donde:

S = cargo por seguro.

Sm = capital medio invertido.

S = tasa anual aplicada por concepto de seguro.

Ha = número de horas laborales por año.

3.2.1.4 Cargo por almacenaje

El que resulta por cuidado y vigilancia de la maquinaria durante el tiempo que permanece en ocio, por falta de contratación o por condiciones climatológicas desfavorables que le puedan causar deterioro. Este cargo resulta de los gastos en que se incurre por: almacenamiento, personal de vigilancia y mantenimiento de las instalaciones, transporte de ida y vuelta a estos sitios, medios para las operaciones de carga y descarga, materiales necesarios para mantenimiento, lubricación y pintura. Que al final forman un porcentaje que se aplica al capital medio invertido “Sm” generalmente es de 1% o menos.

$$S = \frac{Sm \times S}{Ha}$$

Donde:

K = coeficiente que multiplica la depreciación por hora.

Sm = capital medio invertido.

A = cargo por almacenaje.

Ha = numero de horas laborales por año.

3.2.1.5 Cargo por mantenimiento

Es el cargo que resulta por los gastos ocasionados en reparaciones efectuadas a las maquinas. Estas reparaciones se pueden dividir en menores y mayores.

Las menores se llevan a cabo en el lugar de trabajo, comprenden ajustes menores, pequeños cambios de piezas, cambios de aceite, etc.

Las reparaciones mayores se efectúan en talleres especializados y requieren la suspensión del trabajo. Ambos casos incluyen el costo de los repuestos y la mano de obra.

Para estimar un valor bastante aproximado del costo de las reparaciones, cada empresa debe llevar una recopilación estadística de los gastos incluidos en cada una de sus máquinas y en base a estos datos estimar sus propios factores. (Ver tablas 3.5 y 3.6).

Generalmente el costo horario por mantenimiento se determina en función de la depreciación del equipo así:

$$M = Q \times D$$

Donde:

Q = factor por mantenimiento y reparaciones

D = Depreciación

Para estimar el factor “Q” debe contarse con datos de experiencia propias y ajenas que faciliten valores aproximados. (Ver tablas 3.5 y 3.6).

La experiencia de algunos casos reales comprobado que asumiendo el 90% del costo de depreciación por hora para mantenimiento de los equipos pesados, se tiene gran margen aun en las condiciones más severas de trabajo, sin embargo no debe olvidarse recopilar la experiencia propia para efectuar progresivamente las correcciones a los costos.

3.2.1.6 Método alternativo para el cálculo del factor de reparación o mantenimiento

En las siguientes tablas se presentan los factores que se utilizan para determinar el costo probable de reparación en la vida útil del equipo.

En la utilización de estas tablas, el estimador seleccionara la descripción que más cerca este de representar las condiciones de operación de la maquinaria.

El valor de los factores presentados en cada una de las condiciones expuestas se multiplican entre si para producir en combinación el factor de reparación.

Se multiplica el precio de compra del equipo por 1/cantidad de horas de la vida útil del equipo estimadas (Ej. 1/10,000 hrs.). En base a las condiciones de trabajo a la que será expuesta. Luego el valor obtenido se multiplicara por el factor de de reparación.

Nota: Este factor debe ser usado solo por personas que posean la experiencia de trabajar con equipo, debido a que se necesita seleccionarlos según el juicio del estimador. Y decidir si el costo obtenido se encuentra en un intervalo razonable.

Las condiciones especiales como el efecto de la vida útil de las llantas no son consideradas en este análisis. Su influencia y el cálculo del factor se realizan en el apartado 3.1.3.3.

1. TIPOS DE EQUIPOS	FACTOR
Cabezal (lowboy)	0.80
Camión de volteo	1.00
Cargadores frontales	1.00
Mototraillas	1.10
Tractor de orugas	1.20
Pala mecánicas	1.00
Rodo compactadores	1.00
Motoniveladora	1.10
Retrocargadora	1.60

2. TOTAL HORAS DE USO	FACTOR
1,000.00	0.50
2,000.00	0.50
3,000.00	0.60
4,000.00	0.70
5,000.00	0.90
6,000.00	1.00
8,000.00	1.30
10,000.00	1.60
12,000.00	1.90
15,000.00	2.30
20,000.00	3.00

3. AÑOS DE USO DE MAQUINARIA	FACTOR
1	0.60
2	0.70
3	0.80
4	0.90
5	1.00
6	1.00
7	1.10
8	1.20
9	1.30
10	1.40
15	2.00

4. TEMPERATURA, (FARENHEIT)	FACTOR	5. CONDICIONES DE TRABAJO	FACTOR	6. MANTENIMIENTO	FACTOR
Muy caliente arriba de 100°	1.30	En espera	0.80	Excelente	0.60
Caliente 85° a 90°	1.10	Tranquilas	0.90	Buena	0.80
Normal 32° a 84°	1.00	Intermedias	1.00	Intermedia	1.00
Frío 0° a 31°	1.20	Pesadas	1.20	Mala	1.50
Muy frío Debajo de 0°	2.00	Difíciles	2.00	Casi nunca	3.00

10. CONDICIONES DEL EQUIPO	FACTOR
Excelentes	0.80
Intermedias	1.00
Malas	1.50

11. PRESIÓN DE TRABAJO	FACTOR
Sin prisa	0.90
Normales	1.00
Desesperada	1.50

Tabla 3.2 Factores para el cálculo del costo de reparación de diferentes maquinarias.

Fuente (2).

3.2.2 Cargos variables

Se puede considerar por convención que los cargos variables están formados por consumo y operación. Caracterizándose por ser efectivos cuando la maquinaria esta activa.

3.2.3 Cargos por consumo

Son los gastos que provienen por el uso de fuentes de energía motriz (gasolina, diesel, electricidad, etc.); aceites lubricante para el carter, transmisión de mandos finales, sistemas hidráulicos y grasos; llantas y piezas de desgaste rápido, que no se incluyen en el mantenimiento.

3.2.3.1 Cargo por combustible

Es el gasto derivado del consumo de una fuente de energía motriz (gasolina, diesel, electricidad, etc.) para que las maquinas puedan desarrollar sus trabajos.

Se representa por:

$$E = C P_1$$

Donde:

E = cargo por combustible.

C = cantidad de combustible consumida por hora.

P₁ = precio del combustible.

El régimen del consumo de combustible puede basarse en las siguientes expresiones, que facilitan valores aproximados para los consumos:

$$\frac{(\text{Lts./h.}) \text{ Gasolina : } (0.7) (\text{potencia operación}) (\text{HP}) (\text{Factor de carga})}{1.64}$$

$$\frac{(\text{Lts./h.}) \text{ Diesel : } (0.5) (\text{potencia operación}) (\text{HP}) (\text{Factor de carga})}{1.90}$$

La potencia de operación debe expresarse en caballos de fuerza (HP). Los valores de los factores de carga pueden obtenerse de la tabla No.3.3.

Tipo y uso del Equipo	Condiciones de Operación		
	<i>Excelente</i>	<i>Ordinarias</i>	<i>Severas</i>
De ruedas sobre pavimento	0.25	0.3	0.4
De ruedas fuera de carreteras	0.5	0.55	0.6
De oruga	0.5	0.63	0.75
Excavadoras motorizadas	0.5	0.55	0.6

Tabla 3.3 Factores de carga para estimar consumo de combustible en diferentes equipos.

Fuente (6).

3.2.3.2 Cargo por lubricantes

Es el que se deriva de los gastos por consumo diario o regular, o cambios periódicos de aceites realizados a las maquinas. Puede ocuparse la siguiente formula:

$$L = A \times P_2$$

Donde:

P_2 = precio de lubricantes puestos en la máquina.

A = cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo de acuerdo con las condiciones medias de operación; deben incluir los cambios periódicos.

El consumo de lubricantes puede estimarse usando la siguiente expresión:

$$\text{Aceites, lubricantes} \left(\frac{\text{Its}}{\text{h}} \right) = \frac{0.60 (\text{potencia de operacion(HP)}) \times (0.007)}{1.95} + \frac{\overline{\text{Capacidad}}}{\text{caja del cigueñal}} \left(\frac{\text{litros}}{\text{Hpc}} \right)$$

Donde:

⇒ La potencia de operación debe expresarse en (HP).

⇒ La capacidad de la caja del cigüeñal debe expresarse en litros.

⇒ Hpc. = Numero de horas de trabajo para cada cambio de lubricantes.

Los datos de potencia y capacidad, son proporcionados por los diferentes fabricantes para cada uno de sus modelos, así como los intervalos de tiempo para los cambios de lubricante en la caja del cigüeñal.

3.2.3.3 Cargo por llantas

Para tomar en cuenta el desgaste de llantas, su valor como variable debe disminuirse del valor de adquisición de la maquina con que calcula la depreciación; este cargo puede estimarse así:

$$L1 = \frac{P11}{Ve11}$$

Donde:

P11 = precio de adquisición de las llantas.

Ve11 = vida económica de las llantas en horas efectivas.

Para el cálculo de “Ve11”, se debe analizar la tabla No 3.3 que incluyen algunos factores determinantes en la vida de los neumáticos.

3.2.3.4 Cargo por elementos de desgaste rápido

Para tomarlo en cuenta como gasto variable no se debe haber incluido en los cargos fijos y además estos elementos especiales debe estar sujeto a condiciones

severas de trabajo que producen un deterioro superior al normal. Se puede estimar a través de la expresión:

$$P = \frac{Vp}{Hr}$$

Donde:

Pe = cargo por elemento de rápido desgaste.

Vp = valor de adquisición de la pieza.

Hr = horas de vida económica de las piezas de rápido desgaste.

Este cargo debe también estimarse de acuerdo a las estadísticas de cada empresa, o con el auxilio de experiencias ajenas. En el análisis de los costos horarios de equipo no se tomara este rubro.

Estos costos varían mucho dependiendo de las aplicaciones, los materiales y las técnicas de operación. Algunos elementos que podrían considerarse como de desgaste rápido son: cuchillas, puntas de desgarrador, dientes de cucharón, forros de caja, puntas guía, etc.

3.2.3.5 Factores básicos para estimar la vida económica de las llantas

La vida básica de los neumáticos de acuerdo con los resultados estadísticos obtenidos por varios fabricantes de neumáticos y de maquina es de 6,000 horas, considerando una correcta operación de la maquina, en lo que a los neumáticos se refiere, así como también un buen mantenimiento de estos, y este número de horas es afectado para obtener la vida económica para siguientes condiciones principales:

FACTORES BÁSICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VIDA ECONÓMICA DE LAS LLANTAS

CONDICIONES	FAC.	CONDICIONES	FAC
1.- VELOCIDADES			
0 A 16 km/hora	1.2	Unidad de descarga	
		Trasera con doble eje	0.7
17 a 32 Km/hora	1.0	Motoniveladora	0.6
33 a 48 km/hora	0.8	4. CARGA (En función de la capacidad	
49 a 64 km/hor	0.5	del fabricante de la maquina)	0.4
2. SUPERFICIE DE RODAMIENTO			
Tierra apisonada dura	1.0	0 a 50% de la carga	1.2
Tierra suave o arena		51 a 80% de la carga	1.1
Buen mantenimiento	1.0	81 a 110% de la carga	0.8
Camino de grava con		11 a 120% de la carga	0.8
Buen mantenimiento	0.9	12 a 140% de la carga	0.5
Tierra suave con algo de			
Roca	0.8		
Lodo	0.8	5.-CURVAS	
Camino de grava con			
Mantenimiento pobre	0.7	Ninguna	1.1

CONDICIONES	FAC.	CONDICIONES	FAC
Lodo, abrasivo o con Roca	0.5	Moderadas	1.0
		Severas, rueda sencilla	0.8
		Severas, rueda doble	0.7
ROCA VOLADA:		Severa, rueda doble eje	0.6
Carbón suave	0.9	6.PENDIENTES (solo Para ruedas motrices).	
Pizarra suave o caliza	0.7		
Granito, génesis, basalto			
Pizarra gruesa o caliza	0.6	A nivel	
1.0			
Pizarra o esquito	0.4	En superficie firme:	
Lava, superficie dura	0.3	Desde 6%	0.9
Obsidiana, vidrio vol		Desde 7% hasta 10%	0.8
Canico mineral	0.1	Desde 11% hasta 15%	0.7
Carpeta asfáltica	1.2	Desde 16% hasta 25%	0.4
3.-POSICIÓN DE LAS RUEDAS		<i>En superficie suelta o resbalosa.</i>	
<i>En los ejes no motrices:</i>		Hasta 6%	0.6
		Desde 7% hasta 10%	0.5
En remolques	1.0	Desde 11% hasta 15%	0.4

CONDICIONES	FAC.	CONDICIONES	FAC
En tractores	0.9		
		7.-COMBINACIONES VARIAS	
<i>En los ejes motrices:</i>		Ninguna	1.0
Unidad de descarga	0.8	Desfavorables	0.8
Trasera		Muy desfavorables	0.6
Unidad de descarga de fondo	0.7		

Tabla 3.4 Factores básicos para la estimación de la vida económica de las llantas.
Fuente (11)

3.2.4 Costos de operación

Agrupar el gasto de jornadas del operador del equipo y su ayudante respectivo si fuese necesario. Este cargo varía para todas las empresas, debido a que los factores con mayor influencia son: Las condiciones de trabajo y el tiempo de operación de la maquinaria.

En términos generales mientras mayor pericia requiera el trabajo o mientras más se fatigue el operador, mayor el pago al operador. El cargo está constituido por un salario base por hora efectiva trabajada más un factor de incremento que incluye el factor de salario real y las prestaciones de la ley respectivas.

El factor de salario real lo forman los días no trabajado y remunerado por ley, además de los días considerados como imprevistos por mal tiempo y a causa del operador. Las prestaciones de la ley incluyen; todas las que para la industria de la construcción ampara el código de trabajo y los contratos colectivos celebrados entre las diferentes instituciones sindicales y las empresas constructoras. Además cabe mencionar que los lineamientos económicos de la empresa respecto a factores de bonificación y premios dependen si son incluidos dentro de este rubro.

3.2.5 El costo horario del equipo

Está formado por la suma de los costos fijos, los costos por consumo y los costos de operación. Representa el costo de trabajo de un equipo en una hora laborada. Su importancia es determinante para obtener el costo global de las obras o el costo por unidad de trabajo producida.

En la siguiente hoja ejemplo, puede ser utilizada por cualquier empresa para estimar estos costos. Con base en el formulario, en los conceptos vertidos en este capítulo y a las especificaciones de los fabricantes se estiman los costos horarios de algunos equipos que posiblemente sean utilizados en el desarrollo del ejemplo modelo.

HOJA EJEMPLO DE COSTO HORARIO DE MAQUINARIA

I - DATOS GENERALES PROPIETARIO.

CONSTRUCTORA:	MAQUINA:	HOJA No.
_____	_____	_____
OBRA:	MODELO:	CALCULO:
_____	_____	_____
DATOS ADICIONALES	REVISO	FECHA:
_____	_____	_____

II - DATOS GENERALES DEL EQUIPO.

Precio de adquisición: _____ Fecha de cotización: _____
 Equipo adicional: _____ Vida económica (N): _____
 _____ Horas de trabajo por año: _____
 Valor inicial (Va): _____ Motor de: _____ (HP)
 Valor de rescate: _____ Potencia de operación (OP) : _____ (HP)
 Tasa de interés (i): _____ Factor de carga combustible (FC): _____
 Prima de seguro (S): _____ Cap. Caja cigüeñal (Its): _____
 Coeficiente de almacenaje (K): _____ Número de horas cambio lubricantes (Hcp): _____
 Factor de mantenimiento (Q): _____
 Precio de combustible (P₁): _____ Precio lubricante (P₂): _____

III – CARGOS FIJOS.

- a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{N \times Ha} =$ _____
- b) Capital medio invertido: $Sm = \frac{(N + 1)}{2N} \times Va =$ _____
- c) Inversión: $I = \frac{Sm \times i}{Ha} =$ _____
- d) Seguro: $S = \frac{SM \times S}{Ha} =$ _____
- e) Almacenaje: $A = \frac{SM \times K}{Ha} =$ _____
- f) Mantenimiento: $M = D \times Q =$ _____

Suma de cargos fijos: _____

IV – CARGOS POR CONSUMO.

- a) Factor de consumo diesel: $C = 0.07 \times (OP)(FC) =$ _____
- b) Combustible: $E_1 = C \times P =$ _____

c) Factor de consumo lubricantes: $B = \frac{0.0042 \times (OP)}{1.95} + \frac{Cap.Caja_cigüeñal}{Hpc}$: _____

d) Lubricantes: $E_2 = B \times P_2$ _____

e) Llantas: $L1 = \frac{V11(Valor_de_llantas)}{Hv(Vida_económica)}$ _____

Suma de cargos por consumo: _____

V – OPERACIÓN:

Salario operador (base) \$ _____ hora.

Salario ayudante (base) \$ _____ hora.

Suma: _____

Factor de salario real y prestaciones: _____

Salario por hora: \$ _____ hora.

VI – SUMA COSTO HORA MAQUINA:

Suma de cargos fijos + Suma de cargos por consumo + Salario por hora de operación: \$ _____ hora.

Fuentes: (1, 3, 6, 8, 12)

3.3 COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS

El tiempo de utilización del equipo en relación con factores de tipo económico, han generado los conceptos de vida útil y vida económica.

3.3.1 Vida útil

En toda máquina, tanto durante los tiempos de utilización, como durante los períodos en que se encuentra ociosa, sus diversas partes y mecanismos van sufriendo desgastes y deméritos, por lo que con cierta frecuencia más o menos determinada y predecible, dichas partes deben ser reparadas o sustituidas para que la máquina esté constantemente habilitada para trabajar y producir con eficiencia y economía. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, irremediamente toda máquina llega a encontrarse en un estado tal de desgaste y deterioro, que su posesión y trabajo en vez de constituir un bien de producción, significan un gravamen para su propietario, lo cual ocurre cuando los gastos que se requieren para que la máquina produzca, exceden a los rendimientos económicos obtenidos con la misma; en otras palabras, la posesión y operación de tal máquina reportan pérdidas económicas y/o riesgos irracionales.

Vida útil de una máquina es el lapso durante el cual el equipo está en condiciones de realizar trabajo, sin que los gastos de su posesión excedan los rendimientos económicos obtenidos por el mismo, por mínimos que éstos sean (ver Figura 3.2 y 3.3).

La vida útil de una máquina depende de múltiples y complejos factores, que pueden ser: fallas de fabricación, falta de protección contra los agentes atmosféricos, desgastes excesivos debido a uso anormal, vibraciones y fricción de sus partes móviles, manejo de diferentes operadores e irresponsabilidad de los mismos, descuidos técnicos, etc.

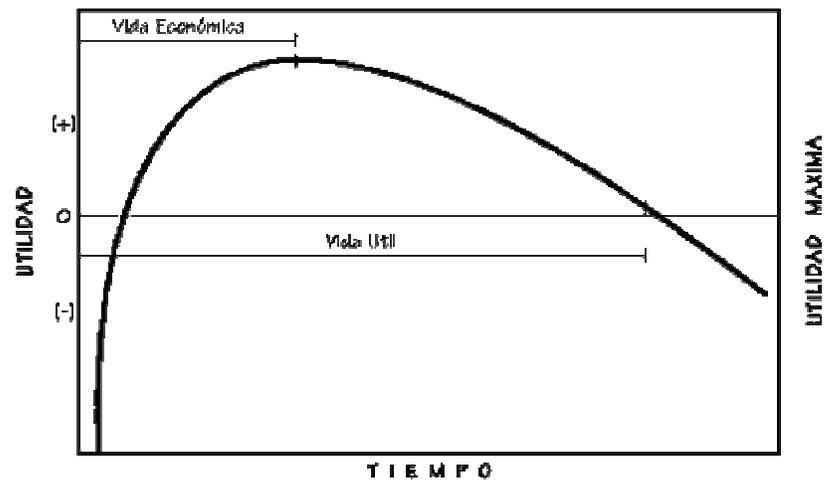


Figura 3.2 Gráfico de la vida económica.
Fuente (2).

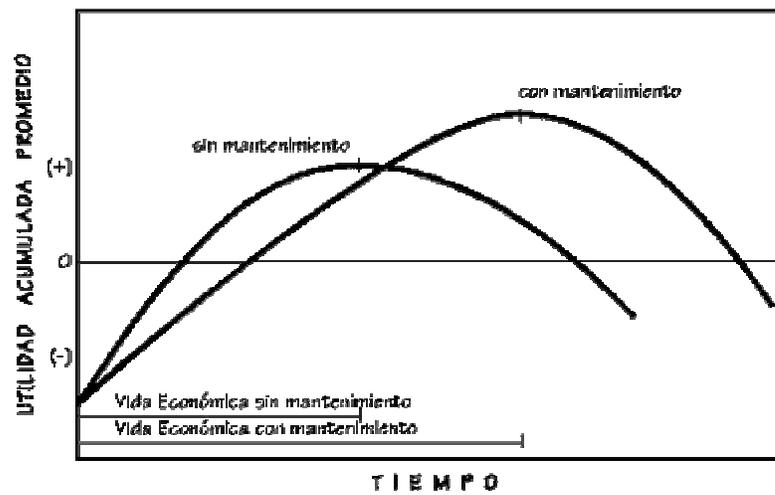


Figura 3.3 Gráfica de la vida útil del equipo.
Fuente (2).

3.3.2 Vida económica

Se entiende por vida económica de una máquina, el período durante el cual puede ésta operar en forma eficiente, realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando la máquina sea correctamente conservada y mantenida.

Se consignaron en los párrafos anteriores las causas principales por las que toda máquina, a partir del momento en que empieza a ser utilizada en las labores de construcción que le corresponden, va sufriendo un constante demérito, por lo que, para conservarla en condiciones de funcionamiento satisfactorio, requiere de constantes erogaciones y gastos derivados de la operación y mantenimiento. A medida que aumenta la vida y el uso de la máquina, la productividad de la misma tiende a disminuir y sus costos de operación van en constante aumento como consecuencia de los gastos cada vez mayores de conservación y mantenimiento, así como por las averías cada vez más frecuentes que sufre, mismas que van aumentando sus tiempos muertos o improductivos, reduciendo por tanto su disponibilidad, llegando incluso a afectar la productividad de otras máquinas que se encuentran abasteciendo a la primera o trabajando conjuntamente con ella en la ejecución de cierto trabajo.

De la observación de registros cuidadosos y detallados de los costos de operación y mantenimiento de una máquina, fácilmente se determina que, después de cierto período cuando los costos por hora de operación de la misma son cada vez mayores que el promedio de costos obtenidos durante sus operaciones anteriores, la máquina habrá llegado al fin de su vida económica, a partir del cual su operación resultará antieconómica.

Al finalizar el período de vida económica de una máquina solamente podrían presentarse cualquiera de los tres casos alternos siguientes:

- a) Que por su constante estado de deterioro, la máquina indudablemente deba ser definitivamente desechada, debiéndose vender para obtener algún

rescate por la misma, ya que sea cual fuere su estado de deterioro, siempre tendrá un valor de rescate, por mínimo que este pueda ser.

- b) Que por el esmero puesto en su cuidado y operación, la máquina se encuentre en condiciones aceptables y capaz de continuar trabajando, aunque sujeta a ciertas limitaciones, especialmente en lo que respecta a su eficiencia, potencia y por ende, productividad y operación económica por lo que, indudablemente, se encontrará en condiciones desventajosas con respecto al equipo de los competidores, además de que, con su empleo, se correrán riesgos derivados e imprevisibles y súbitas averías que eventualmente podrán ocurrir, con lo que la máquina en cuestión tendrá que parar, y aún podría darse el caso de que la forzada inactividad de ésta, afectase la productividad de todo el conjunto de maquinaria que se encontrara trabajando conjugada y armónicamente con la misma, en la ejecución de un trabajo.
- c) Que por razones de orden presupuestal o financiero, el poseedor de la máquina, independientemente del estado de la misma, se encuentre en imposibilidad de sustituirla, por lo que aún a costa de utilidades, se ve en la necesidad de continuar empleando la máquina obsoleta en las operaciones de construcción. De proceder así, se estará “alargando” la vida útil de la máquina más allá del término de su vida económica.

En síntesis, las definiciones que giran en torno a la llamada vida económica de las máquinas, señalan que es un período durante el cual se deben obtener los máximos beneficios en su operación, pues el equipo puede continuar trabajando por más tiempo aunque las utilidades tiendan a disminuir, siguiendo sin embargo, dentro de su vida útil, de modo que la fecha de terminación de la vida económica puede ser elástica en función de la política de ganancia que se fije el dueño (*Ver figura 3.2 y 3.3*).

Se entiende que una máquina ya es económicamente obsoleta cuando ha alcanzado el término de su vida económica, quedando además totalmente amortizada la inversión del capital empleado en su adquisición. Sin embargo, el concepto de obsolescencia es relativo, ya que puede suceder que mientras para un constructor cierto equipo resulta obsoleto, para otro, en distintas condiciones financieras y de trabajo, no lo es.

3.4 CRITERIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VIDA ECONÓMICA

Sobra mencionar que existen numerosos criterios fundados en especulaciones más o menos sólidas, destinados a la determinación de la vida económica (también llamada vida efectiva) de una máquina. El criterio de determinación más empleado es el estadístico, siendo en nuestro medio las estadísticas norteamericanas las más comúnmente aceptadas, debido fundamentalmente a que la mayoría de la maquinaria disponible en nuestro mercado es obtenida en Los Estados Unidos de Norteamérica. Sin embargo, no debemos olvidar que en toda la América Latina, se presentan factores de orden económico, social y cultural, que influyen profundamente en la eficiencia, y que difieren en mucho a los factores determinantes de las vidas económicas de los equipos en el medio norteamericano; tales factores harán que nuestros constructores tengan que seguir prácticas tendientes a crear estadísticas más fieles de nuestra realidad, y a unificar la diversidad de criterios de vidas económicas existentes en nuestro país.

La *Tabla 3.5* muestra la vida económica en años y horas de algunos de los equipos más usuales de la industria de la construcción. De acuerdo a los valores que proporciona nos da idea de la necesidad de crear una estadística más apegada a nuestra realidad.

Los estudios sobre la determinación de la vida económica, señalan que, en épocas inflacionarias, la vida económica de las máquinas debe alargarse, a través, desde

luego, de un mantenimiento adecuado y un control riguroso de su operación.

MÁQUINA	LEY DE IMPUESTO SOBRE LA RENTA REPUBLICA DE EL SALVADOR. Fuente (16)	MANUAL DE RENDIMIENTO CATERPILLAR. Fuente (1)	PEURIFOY Fuente (3)	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS DE MEXICO Fuente (2)
<i>Camiones de 5 toneladas Motor Diesel</i>	4 años	5 años 7,040 hrs.	5 años 10,000 hrs.	8,000 hrs.
<i>Cargador frontal sobre orugas, de mas de 83 HP.</i>	4 años	5 años 5,632 hrs.	5 años 7,000 hrs.	10,000 hrs.
<i>Compactadores vibratorios autopropulsados</i>	4 años	4 años 5,632 hrs.		10,000 hrs.
<i>Retroexcavadora 2-3 yd³</i>	4 años	6.25 años 7,700 hrs.	5.88 años 9,408 hrs.	13,400 hrs.
<i>Motoniveladora</i>	4 años	5 años 7,400 hrs.	5 años 10,000 hrs.	10,000 hrs.
<i>Mototrailla</i>	4 años	5 años 7,400 hrs.	5 años 10,000 hrs.	12,000 hrs.
<i>Tractor sobre orugas</i>	4 años	5 años 6,160 hrs.	5 años 10,000 hrs.	12,000 hrs.

Tabla 3.5 Diferentes periodos de vida económica.

Fuentes: (1, 2,3 y 16).

3.4.1 Valor de rescate

Se entiende por valor de rescate de una máquina, el valor comercial que tiene la misma al final de su vida económica. Toda máquina usada, aún en el caso de que sólo amerite considerársele como chatarra, tiene siempre un cierto valor de rescate. Se acostumbra considerar el valor de rescate, como un porcentaje del valor de adquisición de la máquina, que puede variar entre 5% y 20%. El valor de adquisición, por otra parte, se considera como el precio promedio actual de la máquina en el mercado, pagado de contado.

Para efectos de obtención del costo-horario de operación de una máquina, existe también el criterio de considerar que, al finalizar el período de su vida económica, el equipo está totalmente depreciado, considerándose entonces nulo su valor de rescate.

Es importante que los propietarios de maquinaria planifiquen el reemplazo de sus unidades y para orientar las decisiones a este, se debe considerar:

1. Fijar la vida económica de los equipos según el uso.
2. Dentro del análisis de costos se debe tomar en cuenta la inflación y la obsolescencia.
3. Realizar un estricto control durante el uso de la maquina en lo que respecta a la horas de trabajos, ocio y los costos correspondientes.
4. El sistema de depreciación debe fijarse de acuerdo al tipo y política de la empresa.
5. Se debe estar pendiente de todos los adelantos tecnológicos y se deben vigilar las variaciones del mercado de maquinaria.
6. Se debe apoyar la decisión sobre reemplazo y vida económica en un análisis de alternativas sobre reemplazo, retiro, renta y reconstrucción de los equipos.
7. La vida económica de las maquinas es un concepto variable y la investigación sobre el tema se puede aprovechar como una orientación; puesto que, las decisiones para determinar este periodo estarán derivadas de la experiencia, que varía con las condiciones de obra y con cada empresa.

3.5 LA INFLACIÓN Y LA MAQUINARIA

Un factor económico de mucha incidencia en el costo general de la obra es la inflación. El constructor debe hacer un análisis de los precios hacia el futuro de acuerdo con las tendencias que ha seguido la economía en los últimos

años; con el objeto de prever una posible descatalización de la empresa. Por otra parte el contratista debe exigir la construcción de la obra en el menor tiempo posible, para evitar que se eleve su costo.

A la disminución del poder adquisitivo de la moneda a través del tiempo se le ha llamado “inflación”. Este fenómeno no se puede predecir; sin embargo, si se observa el comportamiento histórico de los precios del equipo, tendremos una idea de su comportamiento. De ello puede resultar el criterio con que cada constructor puede efectuar un cargo por escalación al costo horario de los equipos, siendo la escalación la diferencia que existe entre los precios actuales de los equipos y los futuros. “la asociación general de contratistas de los Estados Unidos” recomienda incorporar en el costo horario de los equipos un 7% anual del costo de adquisición.

Pero en la realidad cada empresa debe analizar su porcentaje en base a su experiencia. Las diferentes formas de analizar las variaciones económicas del país y las empresas quedan fuera de este trabajo; pero si se hace constancia de la importancia que esta política tiene en la solidez financiera de cualquier empresa.

Siempre debe considerarse un factor que pondere la inflación, esto conducirá a la organización, hacia costos más apegados a la realidad.

3.6 EJEMPLO PRÁCTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN PARA EXCAVADORA MARCA VOLVO MODELO EC290BLC

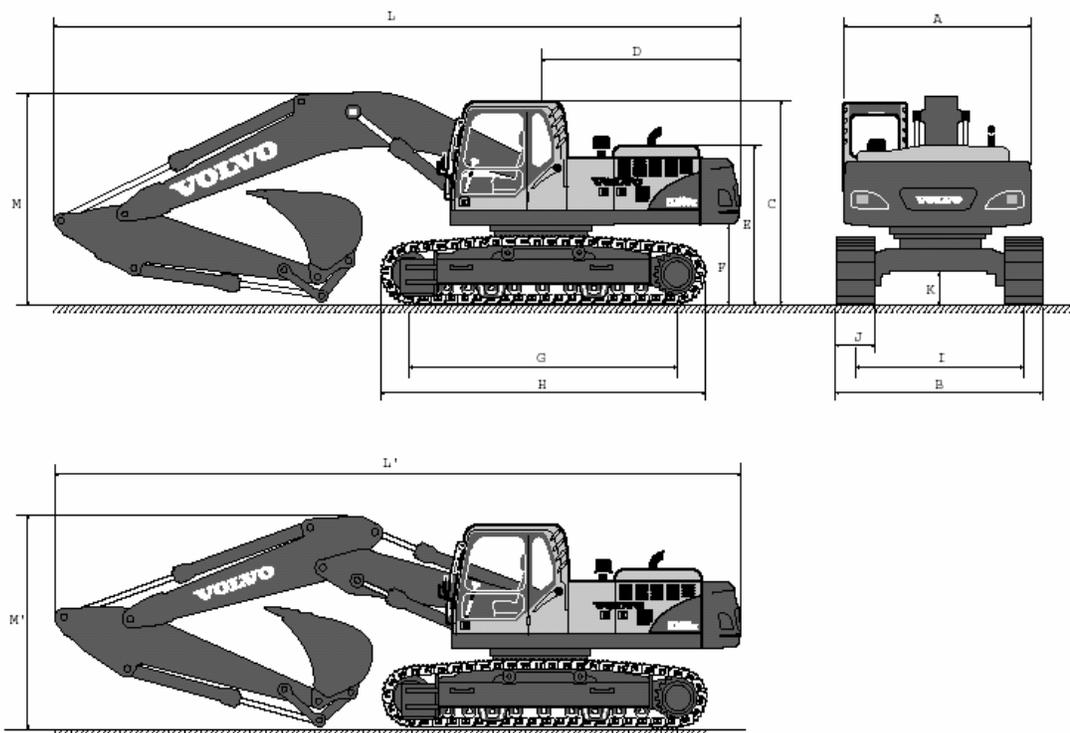


Figura 3.4 Vistas lateral izquierda, lateral derecha y posterior de una pala excavadora, marca Volvo.

Fuente (17).

3.6.1 Datos generales de la maquina.

Valor de compra = US \$ 190,250.00, IVA incluido.

Vad = Valor de adquisición = US \$168,362.83, sin IVA

Pn = Valor de llantas = no aplica

Pa = Valor de piezas especiales = no se considera

Factor de rescate = 20%

Vr = Valor de rescate = $V_m * r$ = US \$33,672.57

i = Tasa de interés = 12%

s = Prima de seguros = 1.5%

3.6.2 Tablas y gráficos de los costos de mantenimiento mensual para un grupo de excavadoras.

	Costos de Mantenimiento Mensual												Total	Promedio Mensual x Equipo
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
PC200-6	\$ 2,192.26	\$ 1,040.13	\$ 289.50	\$ 1,783.02	\$ 1,528.31	\$ 824.59	\$ 3,182.85	\$ 8.98	\$ 893.00	\$ 190.04	\$ 356.70	\$ 132.75	\$ 12,422.13	\$ 1,035.18
PC300-6	\$ 1,137.98	\$ 204.46	\$ 421.02	\$ 1,022.47	\$ 66.76	\$ 1,952.96	\$ 1,212.16	\$ 624.32	\$ 532.47	\$ 1,179.71	\$ 843.97	\$ 927.86	\$ 10,126.14	\$ 843.85
PC220-7	\$ 226.67	\$ 275.79	\$ 572.62	\$ 696.81	\$ 443.63	\$ 584.08	\$ 1,060.34	\$ 947.96	\$ 214.40	\$ 873.60	\$ 339.27	\$ 486.59	\$ 6,721.76	\$ 560.15
PC220-7	\$ 509.90	\$ 101.74	\$ 7.84	\$ 793.99	\$ 934.58	\$ 601.34	\$ 675.51	\$ 625.87	\$ 506.13	\$ 641.63	\$ 1,827.92	\$ 576.20	\$ 7,802.65	\$ 650.22
Totales	\$ 4,066.81	\$ 1,622.12	\$ 1,290.98	\$ 4,296.29	\$ 2,973.28	\$ 3,962.97	\$ 6,130.86	\$ 2,207.13	\$ 2,146.00	\$ 2,884.98	\$ 3,367.86	\$ 2,123.40	\$ 37,072.68	\$ 3,089.39
Promedio Mensual	\$ 1,016.70	\$ 405.53	\$ 322.75	\$ 1,074.07	\$ 743.32	\$ 990.74	\$ 1,532.72	\$ 551.78	\$ 536.50	\$ 721.25	\$ 841.97	\$ 530.85		

Tabla 3.6 Costos de mantenimiento de las excavadoras por mes en el año 2005.

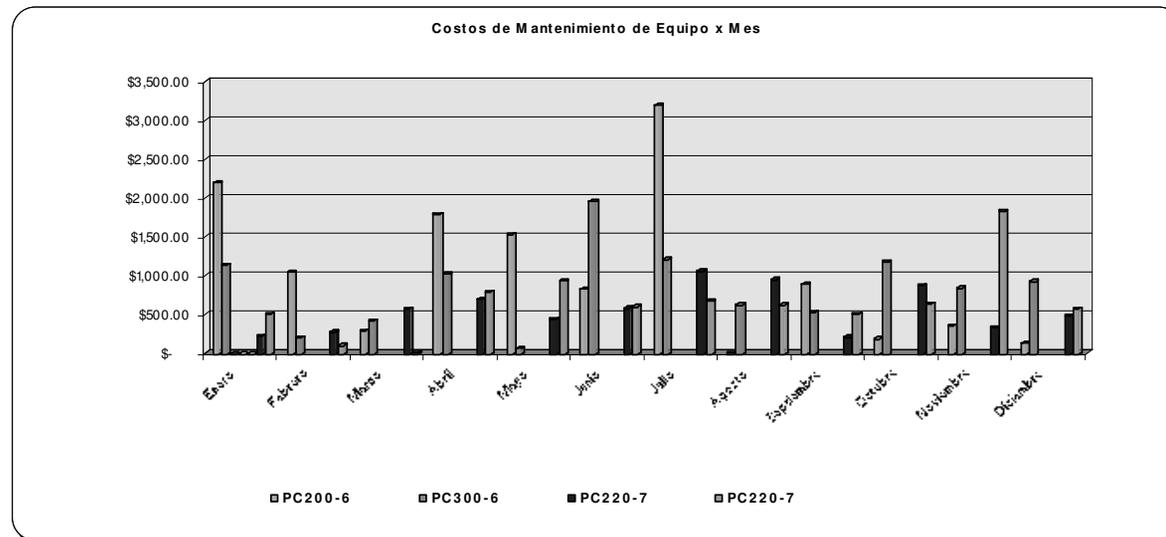


Figura 3.5 Grafica del costo por mantenimiento por mes de un grupo de excavadoras en el año 2005.

Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

Costos de Mantenimiento Mensual														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio Mensual x Equipo
PC200-6	\$ 558.28	\$ 569.58	\$ 637.96	\$ 151.49	\$ 38.15	\$ 47.22	\$ 16,364.93	\$ 2,738.49	\$ 1,636.08	\$ 4,271.69	\$ 1,709.39	\$ 2,092.28	\$ 30,815.54	\$ 2,567.96
PC300-6	\$ 3,361.85	\$ 422.24	\$ 1,302.36	\$ 975.62	\$ 1,074.35	\$ 697.07	\$ 25,282.87	\$ 1,153.92	\$ 217.26	\$ 840.20	\$ 1,592.61	\$ 621.22	\$ 37,541.57	\$ 3,128.46
PC220-7	\$ -	\$ -	\$ 11.06	\$ 268.07	\$ 184.32	\$ 105.26	\$ 15.34	\$ 675.20	\$ 337.61	\$ 278.14	\$ 459.77	\$ 11.46	\$ 2,346.23	\$ 195.52
PC220-7	\$ -	\$ -	\$ 18.72	\$ 262.82	\$ 54.00	\$ 543.10	\$ 70.31	\$ 869.79	\$ 446.86	\$ 1,218.98	\$ 1,038.34	\$ 3,171.50	\$ 7,694.42	\$ 641.20
Totales	\$ 3,920.13	\$ 991.82	\$ 1,970.10	\$ 1,658.00	\$ 1,350.82	\$ 1,392.65	\$ 41,733.45	\$ 5,437.40	\$ 2,637.81	\$ 6,609.01	\$ 4,800.11	\$ 5,896.46	\$ 78,397.76	\$ 6,533.15
Promedio Mensual	\$ 980.03	\$ 247.96	\$ 492.53	\$ 414.50	\$ 337.71	\$ 348.16	\$ 10,433.36	\$ 1,359.35	\$ 659.45	\$ 1,652.25	\$ 1,200.03	\$ 1,474.12		

Tabla 3.7 Costos de mantenimiento de un grupo de excavadoras por mes año 2006

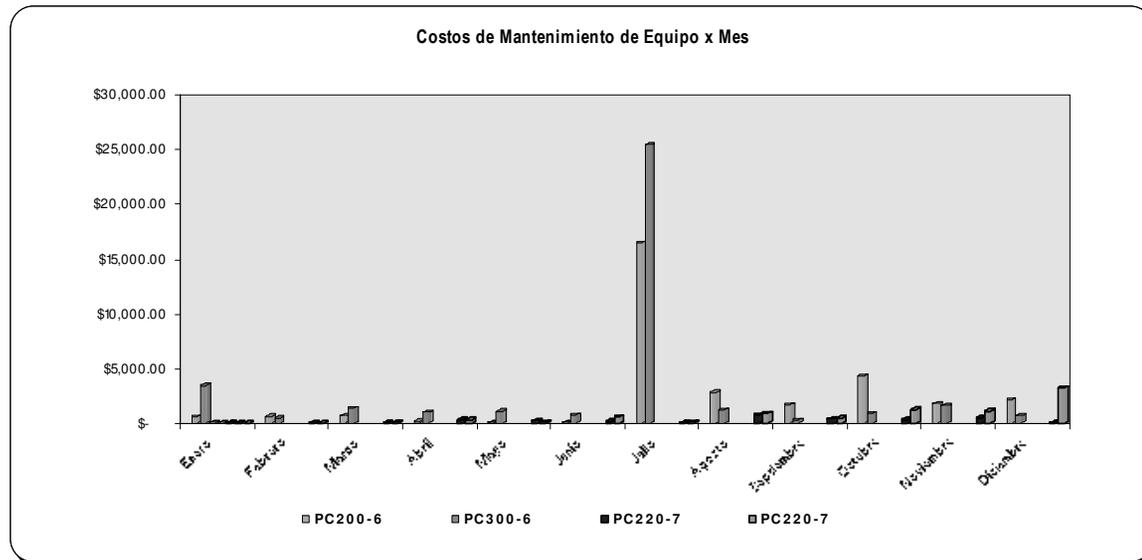


Figura 3.6 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de excavadora en el año 2006.

Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

En las tablas 3.6 y 3.7 se observa los promedios por año de mantenimiento: *preventivo* (revisión diaria antes de comenzar la jornada por el operador del equipo), *rutinario* (mantenimiento a las 250, 500 y 1000 horas de uso del equipo) y *correctivo* (reparaciones de piezas por desgaste y mala operación del equipo), los cuales varían mes a mes en cada uno de los equipos. Esta variación refleja un comportamiento irregular.

Esto se debe a que cada una de las maquina se desconoce las condiciones de trabajo, la calidad del operador, los tipos de reparaciones que realizo y las condiciones del equipo.

Las tablas nos presentan un costo por mes el cual no es igual ni similar en ningún otro mes, ni periodo de análisis. Por lo que se concluye: Los costos presentados es útil para llevar un control de los gastos por equipo y no para obtener un comportamiento regular donde se pueda estima el costo directo de mantenimiento de otro equipo similar.

3.6.3 Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.

EQUIPO ANALISADO	FACTOR	CONDICION	
CRITERIOS			
1. TIPOS DE EQUIPOS	1.00	Pala mecánicas	▼
2. TOTAL HORAS DE USO	1.90	12,000.00	▼
3. AÑOS DE USO DE MAQUINARIA	1.00	5	▼
4. TEMPERATURA, (FARENHEIT)	1.00	Normal 32° a 84°	▼
5. CONDICIONES DE TRABAJO	1.00	Intermedias	▼
6. MANTENIMIENTO	0.80	Buena	▼
7. TIPO DE SERVICIO	1.00	Contratista	▼
8. OPERACIÓN	1.00	Intermedio	▼
9. EXPERIENCIA	0.80	Bueno	▼
10. CONDICIONES DEL EQUIPO	1.00	Intermedias	▼
11. PRESIÓN DE TRABAJO	1.00	Normales	▼
FACTOR DE MANTENIMIENTO CALCULADO		1.22	

Tabla 3.8 Calculo del factor de mantenimiento para una excavadora.

Fuente (2).

3.6.4 Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.

En el análisis de la obtención de la vida económica del ejemplo presentado se utiliza la siguiente tabla:

	Zona dificultad baja	Zona dificultad intermedia	Zona dificultad alta
Excavadora	Zanjas de poca profundidad para servicio general. La excavadora tiene la tubería y excava solo tres o cuatro horas por turno. Material poco denso, de flujo libre y sin cargas de choque o muy pocas. La mayoría de las aplicaciones de manejo de chatarra. 15,000 Horas 20,000 Horas	Excavación de gran volumen o zanjas donde la maquina excava todo el tiempo en lecho arcilloso natural. Algún desplazamiento y operación a plena aceleración. La mayoría de las aplicaciones incluye la carga de troncos. 12,000 Horas 18,000 Horas	Excavación continúa de zanjas o cargas de camiones en suelos de roca o roca de voladura. Recorridos frecuentes en suelos escabrosos. La maquina trabaja continuamente en suelos rocosos con factor constante de carga alta y grandes impactos. 12,000 Horas 18,000 Horas

Tabla 3.9 Diferentes valores de la vida económica de una excavadora.

Fuente (1).

$V_e = \text{Vida económica} = 12,000 \text{ hrs (zona intermedia)}$

$V_a = \text{Vida económica de piezas especiales} = \text{no se considera}$

$H_{ea} = \text{Tiempo trabajado por año} = \frac{12,000hr}{5años} = 2,400hrs / año$

Determinación de consumo de combustible y lubricantes.

Potencia del equipo (Hp). Fuente (17)	Equivalente en modelo Caterpillar. Fuente (10).	Consumo de lubricantes: Carter, mandos finales y control hidráulico (litros). Fuente (1).	Consumo de combustible (litros). Fuente (1).
205	330	0.4175	22 – 28

3.6.5 Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria

Descripción: Pala Excavadora Hidraulica VOLVO EC290BL				
Clave: Equipo tesis 01		UNIDAD:	HORA	
Datos generales				
Vad = Valor de adquisición =	\$168,362.83	Pnom = Potencia nominal =	hp	205.00
Pn = Valor de llantas =	\$0.00	Tipo de combustible	diesel	
Pa = Valor de piezas especiales =	\$0.00	Pc = Precio del combustible =	\$ litro	\$0.70
Vm = Valor neto = Vad-Pn-Pa =	\$168,362.83			
r = Factor de rescate =	20.00%			
Vr = Valor de rescate = Vm*r =	\$33,672.57			
i = Tasa de interes =	12.00%			
s = Prima de seguros =	1.50%	Pac = Precio del aceite =	\$ litro	\$5.29
K _o = Factor de mantenimiento =	1.22000	Vn = Vida económica de llantas =	hrs	1.00
Ve = Vida económica =	12,000.00			
Va = Vida económica de piezas especial	0.00	Gh = Cantidad de combustible =	lts/hr	25.0000
Hea = Tiempo trabajado por año =	2,400.00	Ah = Cantidad de aceite	lts/hr	0.41750
Clave	Fórmula		Total	
Cargos Fijos				
Depreciación:	$D = (Vm - Vr) / Ve$		\$11.22	
inversión:	$Im = ((Vm + Vr) / 2Hea) i =$		\$5.05	
Seguros:	$Sm = ((Vm + Vr) / 2Hea) s =$		\$0.63	
Mantenimiento:	$Mn = (Vad / Ve) * Ko =$		\$17.12	
Otros:				
Total de Cargos Fijos			\$34.02	
Consumos				
Combustibles:	$Co = Gh * Pc =$		\$17.43	
Lubricantes:	$Lb = Ah * Pac =$		\$2.21	
Llantas:	$N = Pn / Vn =$		\$0.00	
Total de Consumos			\$19.63	
Operación				
Salario tabulado por día	Sn =		\$20.00	
Factor de salario real:	Fsr =		\$1.40	
Salario real de operación:	Sr = Sn * Fsr =		\$28.00	
Horas efectivas por turno de trabajo:	Ht =		\$8.00	
M. de Obra	Po = Sr / Ht		<u>\$3.50</u>	
Total de Operación			\$3.50	
Costo Horario			\$57.16	

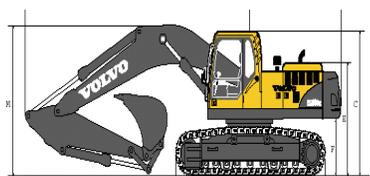


Tabla 3.10 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de una excavadora.

3.7 EJEMPLO PRÁCTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN CARGADOR FRONTAL DE RUEDAS MARCA KOMATSU MODELO WA380-3



Figura 3.7 Vistas lateral izquierda de un cargador frontal de ruedas, marca Komatsu modelo WA380-3.

Fuente (9).

3.7.1 Datos generales de la maquina.

Valor de compra = US \$ 153,073.03 IVA incluido.

Vad = Valor de adquisición = US \$135,462.86, sin IVA

Pn = Valor de llantas = US \$1,614.00 x 4 ruedas = US \$6,456.00 sin IVA (Rin 23.5")

Pa = Valor de piezas especiales = no se considera.

Factor de rescate = 20%

Vr = Valor de rescate = $V_m * r$ = US \$27,092.60 mas IVA

i = Tasa de interés = 12%

s = Prima de seguros = 1.5%

3.7.2 Tablas y graficas de los costos de mantenimiento mensual de un grupo de cargadores con rueda

	Costos de Mantenimiento Mensual												Total	Promedio Mensual x Equipo
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
JCB 435	\$ 63.29	\$ 286.00	\$ 29.38	\$ 167.84	\$ -	\$ 51.65	\$ 110.82	\$ 78.87	\$ 32.81	\$ 684.99	\$ 268.17	\$ 143.85	\$ 1,917.67	\$ 159.81
JCB 435	\$ -	\$ -	\$ 9.42	\$ -	\$ -	\$ 2.71	\$ 94.98	\$ 205.76	\$ 299.06	\$ 186.19	\$ 285.64	\$ 65.42	\$ 1,149.18	\$ 95.77
WA380-1	\$ 1,449.97	\$ 122.84	\$ 14.95	\$ 100.87	\$ 743.99	\$ 497.68	\$ 2,426.96	\$ 1,049.09	\$ 10.51	\$ 126.11	\$ 777.14	\$ 245.35	\$ 7,565.46	\$ 630.46
WA 380-1	\$ 533.72	\$ 17.19	\$ 0.91	\$ 173.35	\$ 2,109.45	\$ 344.34	\$ 163.66	\$ 450.41	\$ 21.12	\$ 351.08	\$ 893.06	\$ 158.61	\$ 5,216.90	\$ 434.74
WA 380-5	\$ 22.53	\$ 256.97	\$ -	\$ 18.74	\$ 547.25	\$ 601.05	\$ 973.20	\$ 738.26	\$ 1,105.72	\$ 984.52	\$ 171.03	\$ 121.45	\$ 5,540.72	\$ 461.73
Totales	\$ 2,069.51	\$ 683.00	\$ 54.66	\$ 460.80	\$ 3,400.69	\$ 1,497.43	\$ 3,769.62	\$ 2,522.39	\$ 1,469.22	\$ 2,332.89	\$ 2,395.04	\$ 734.68	\$ 21,389.93	\$ 1,782.49
Promedio Mensual	\$ 413.90	\$ 136.60	\$ 10.93	\$ 92.16	\$ 680.14	\$ 299.49	\$ 753.92	\$ 504.48	\$ 293.84	\$ 466.58	\$ 479.01	\$ 146.94		

Tabla 3.11 Costos de mantenimiento de cargadores por mes en el año 2005

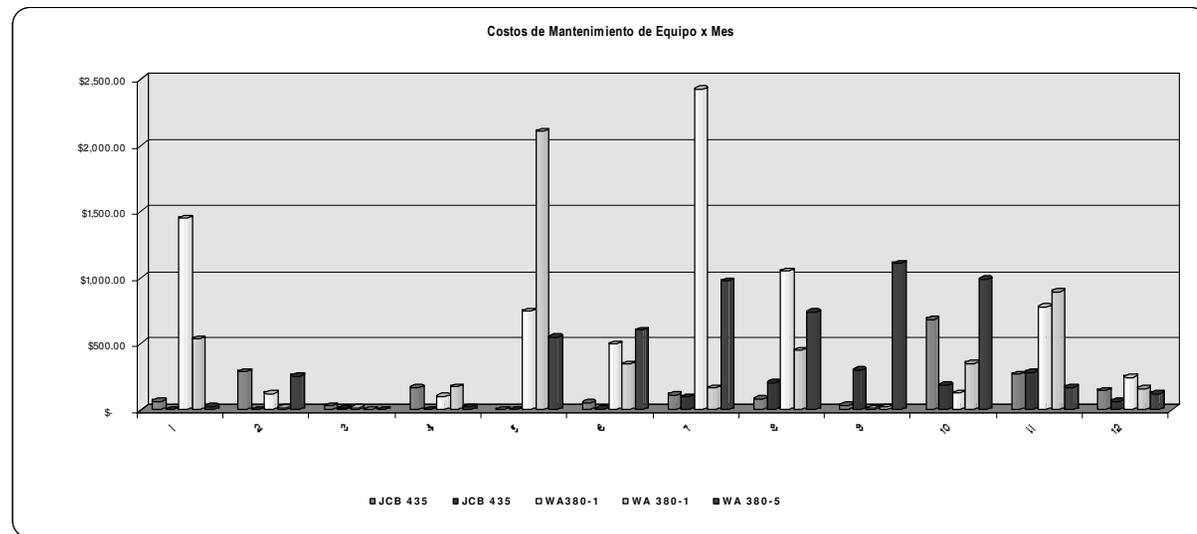


Figura 3.8 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de cargadores en el año 2005.

Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

Costos de Mantenimiento Mensual														Promedio Mensual x Equipo
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
JCB 435	\$ 170.36	\$ 463.44	\$ 389.68	\$ 496.86	\$ 248.75	\$ 592.11	\$ 479.84	\$ 15.83	\$ 38.26	\$ 71.57	\$ 454.37	\$ 515.02	\$ 3,936.09	\$ 328.01
JCB 435	\$ 5.86	\$ 1,574.45	\$ 295.73	\$ -	\$ 667.98	\$ 1,836.60	\$ 96.92	\$ 17.27	\$ 164.68	\$ 109.19	\$ 171.88	\$ 14.25	\$ 4,954.81	\$ 412.90
WA380-1	\$ 799.34	\$ 309.63	\$ 846.50	\$ 475.03	\$ 154.15	\$ 24.42	\$ 90.32	\$ 16.40	\$ 110.32	\$ 2,715.40	\$ 541.40	\$ 335.19	\$ 6,418.10	\$ 534.84
WA 380-1	\$ 568.76	\$ 190.37	\$ 2,865.39	\$ 252.05	\$ 1,299.19	\$ 458.04	\$ 110.97	\$ 838.01	\$ 158.75	\$ 642.54	\$ 4,573.95	\$ 4,563.06	\$ 16,521.08	\$ 1,376.76
WA 380-5	\$ 484.27	\$ 479.60	\$ -	\$ 401.62	\$ 58.19	\$ 417.16	\$ 367.04	\$ 698.45	\$ 215.60	\$ 989.59	\$ 932.76	\$ 4,898.87	\$ 9,943.15	\$ 828.60
Totales	\$ 2,028.59	\$ 3,017.49	\$ 4,397.30	\$ 1,625.56	\$ 2,428.26	\$ 3,328.33	\$ 1,145.09	\$ 1,585.96	\$ 687.61	\$ 4,528.29	\$ 6,674.36	\$ 10,326.39	\$ 41,773.23	\$ 3,481.10
Promedio Mensual	\$ 405.72	\$ 603.50	\$ 879.46	\$ 325.11	\$ 485.65	\$ 665.67	\$ 229.02	\$ 317.19	\$ 137.52	\$ 905.66	\$ 1,334.87	\$ 2,065.28		

Tabla 3.12 Costos de mantenimiento de cargadores por mes en el año 2006

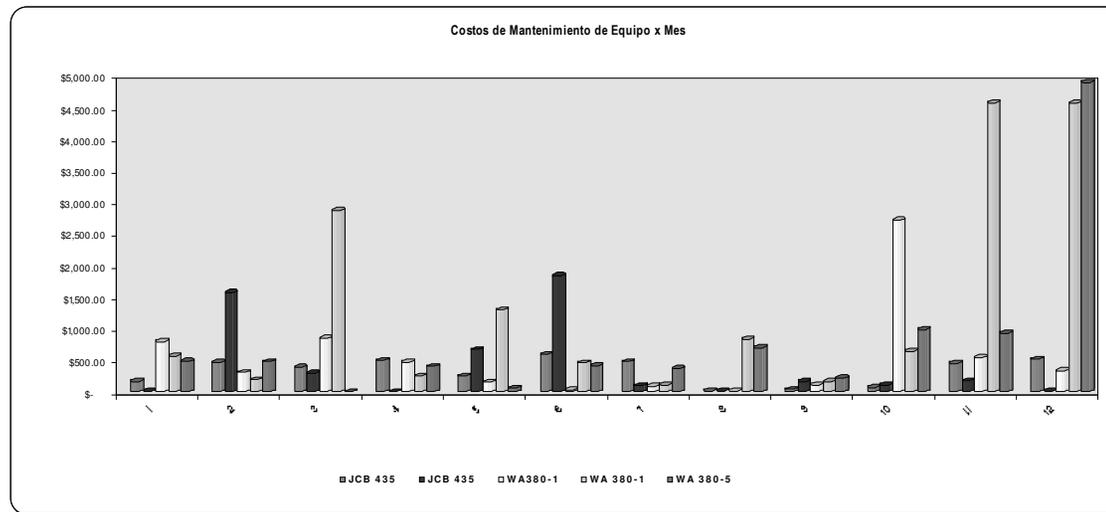


Figura 3.9 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de cargadores en el año 2006.

Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

En las tablas 3.11 y 3.12 se observa los promedios por año de mantenimiento: *preventivo* (revisión diaria antes de comenzar la jornada por el operador del equipo), *rutinario* (mantenimiento a las 250, 500 y 1000 horas de uso del equipo) y *correctivo* (reparaciones de piezas por desgaste y mala operación del equipo), los cuales varían mes a mes en cada uno de los equipos. Esta variación refleja un comportamiento irregular.

Esto se debe a que cada una de las maquina se desconoce las condiciones de trabajo, la calidad del operador, los tipos de reparaciones que realizo y las condiciones del equipo.

Las tablas nos presentan un costo por mes el cual no es igual ni similar en ningún otro mes, ni periodo de análisis. Por lo que se concluye: Los costos presentados es útil para llevar un control de los gastos por equipo y no para obtener un comportamiento regular donde se pueda estima el costo directo de mantenimiento de otro equipo similar.

3.7.3 Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.

EQUIPO ANALISADO	FACTOR	CONDICION	
CRITERIOS			
1. TIPOS DE EQUIPOS	1.00	Cargadores frontales	▼
2. TOTAL HORAS DE USO	1.60	10,000.00	▼
3. AÑOS DE USO DE MAQUINARIA	1.00	5	▼
4. TEMPERATURA, (FARENHEIT)	1.00	Normal 32° a 84°	▼
5. CONDICIONES DE TRABAJO	1.00	Intermedias	▼
6. MANTENIMIENTO	0.80	Buena	▼
7. TIPO DE SERVICIO	1.00	Contratista	▼
8. OPERACIÓN	1.00	Intermedio	▼
9. EXPERIENCIA	0.80	Bueno	▼
10. CONDICIONES DEL EQUIPO	1.00	Intermedias	▼
11. PRESIÓN DE TRABAJO	1.00	Normales	▼

FACTOR DE MANTENIMIENTO CALCULADO	1.02
--	-------------

Tabla 3.13 Calculo del factor de mantenimiento para un cargador.

Fuente (2).

3.7.4 Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.

En el análisis de la obtención de la vida económica del ejemplo presentado se utiliza la siguiente tabla:

	Zona dificultad baja	Zona dificultad intermedia	Zona dificultad alta
Cargadores de Ruedas	Carga intermitente de camiones con material apilado, alimentación de tolvas en suelos firmes y parejos. Material de gran flujo y poca densidad. Trabajos generales en aplicaciones oficiales e industriales. Despejo ligero de nieve. Carga y acarreo a distancias cortas en terreno favorable y sin pendientes. 12.000 Horas 15.000 Horas 60.000 Horas	Carga continua de camiones con material apilado. Materiales con densidad baja y media, con cucharón de tamaño adecuado. Alimentación de tolvas en suelos con resistencia a la rodadura de baja a media. Carga en bancos de fácil excavación. Carga y acarreo en suelos desfavorables y pendientes suaves. 10.000 Horas 12.000 Horas	Carga de rocas de voladura (cargadores grandes). Movimiento de material muy denso con máquinas con contrapeso. Carga continua de bancos compactos. Trabajo continuo en suelos desiguales o muy blandos. Carga y acarreo en bancos de excavación difícil. Distancias largas de acarreo en suelos malos y con pendientes desfavorables. 8.000 Horas 10.000 Horas

Tabla 3.14 Diferentes valores de la vida económica para un cargador de ruedas.
Fuente (1).

$V_e = \text{Vida económica} = 10,000 \text{ hrs (zona intermedia)}$

$V_a = \text{Vida económica de piezas especiales} = \text{no se considera}$

$$H_{ea} = \text{Tiempo trabajado por año} = \frac{10,000hr}{5años} = 2,000hrs / año$$

Determinación de consumo de combustible y lubricantes.

Potencia del equipo (Hp). Fuente (17)	Equivalente en modelo Caterpillar. Fuente (10).	Consumo de lubricantes: Carter, transmisión, mandos finales y control hidráulico (litros). Fuente (1).	Consumo de combustible (litros). Fuente (1).
187	960F	0.2374	18 – 22

V_n = Vida económica de llantas = 2000 hr (zona intermedia grafico).

TRACTORES DE RUEDAS CARGADORES DE RUEDAS

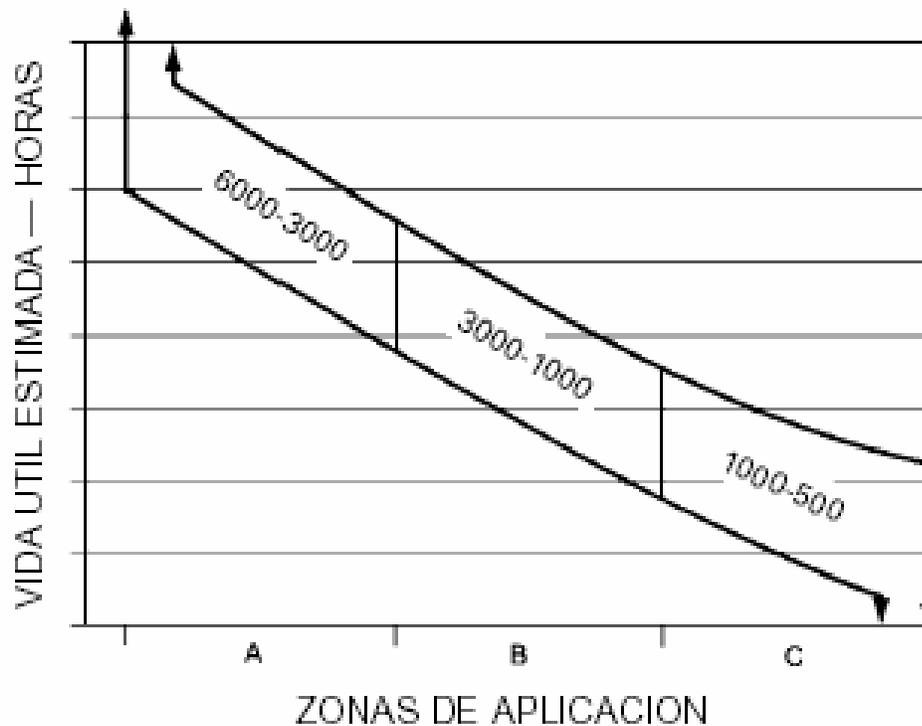


Figura 3.10 Grafico para determinar la vida económica de las llantas en un cargador de ruedas.

Fuente (1).

3.7.5 Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria

Descripción: Cargador Komatsu WA 380 - 3				
Clave: Equipo tesis 02		UNIDAD:	HORA	
Datos generales				
Vad = Valor de adquisición =	\$135,462.86	Pnom = Potencia nominal =	hp	187.00
Pn = Valor de llantas =	\$6,456.00	Tipo de combustible		diesel
Pa = Valor de piezas especiales =	\$0.00	Pc = Precio del combustible =	\$ litro	\$0.70
Vm = Valor neto = Vad-Pn-Pa =	\$129,006.86			
r = Factor de rescate =	20.00%			
Vr = Valor de rescate = Vm*r =	\$25,801.37			
i = Tasa de interes =	12.00%			
s = Prima de seguros =	1.50%	Pac = Precio del aceite =	\$ litro	\$5.29
Ko = Factor de mantenimiento =	1.02000	Vn = Vida económica de llantas =	hrs	2000.00
Ve = Vida económica =	10,000.00			
Va = Vida económica de piezas especial	0.00	Gh = Cantidad de combustible =	lts/hr	20.0000
Hea = Tiempo trabajado por año =	2,000.00	Ah = Cantidad de aceite	lts/hr	0.23740
Clave	Fórmula			Total
Cargos Fijos				
Depreciación:	$D = (Vm - Vr) / Ve$			\$10.32
inversión:	$Im = ((Vm + Vr) / 2Hea) i$			\$4.64
Seguros:	$Sm = ((Vm + Vr) / 2Hea) s$			\$0.58
Mantenimiento:	$Mn = (Vad / Ve) * Ko$			\$13.82
Otros:				
Total de Cargos Fijos				\$29.36
Consumos				
Combustibles:	$Co = Gh * Pc$			\$13.94
Lubricantes:	$Lb = Ah * Pac$			\$1.26
Llantas:	$N = Pn / Vn$			\$3.23
Total de Consumos				\$18.42
Operación				
Salario tabulado por día:	$Sn =$			\$20.00
Factor de salario real:	$Fsr =$			\$1.40
Salario real de operación:	$Sr = Sn * Fsr$			\$28.00
Horas efectivas por turno de trabajo:	$Ht =$			\$8.00
M. de Obra	$Po = Sr / Ht$			\$3.50
Total de Operación				\$3.50
Costo Horario				\$51.29



Tabla 3.15 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de un cargador con ruedas.

3.8 EJEMPLO PRÁCTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN MOTONIVELADORA MARCA CATERPILLAR MODELO 140M

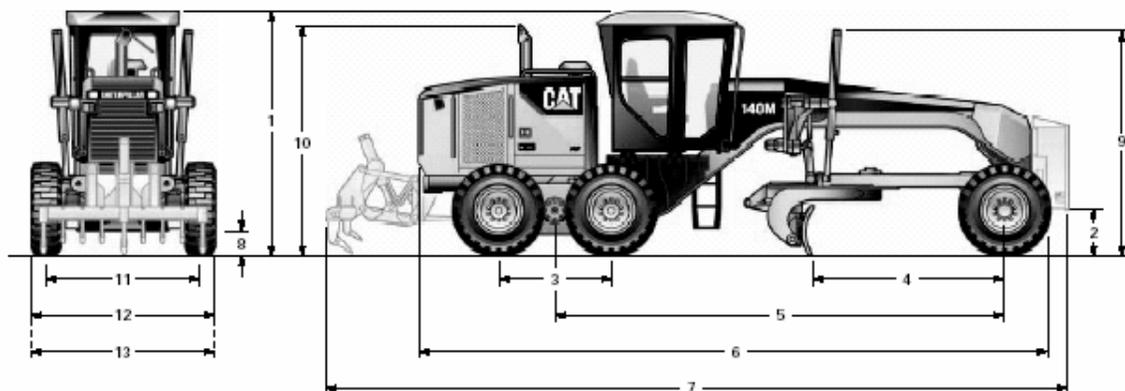


Figura 3.11 Vistas lateral izquierda y trasera de una motoniveladora, marca Caterpillar modelo 140 M.

Fuente (10).

3.8.1 Datos generales de la maquina.

Valor de compra = US \$ 155,375.00 IVA incluido.

Vad = Valor de adquisición = US \$137,500.00 sin IVA

Pn = Valor de llantas = US \$500.00x6 ruedas = US \$3,000.00 sin IVA (Rin 24")

Pa = Valor de piezas especiales = US \$1,300.00 sin IVA (riper y cuchilla)

Factor de rescate = 20%

Vr = Valor de rescate = $V_m * r$ = US \$ 27,500.00 sin IVA

i = Tasa de interés = 12%

s = Prima de seguros = 1.5%

3.8.2 Costos de mantenimiento mensual de un grupo de motoniveladoras.

Costos de Mantenimiento Mensual														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio Mensual x Equipo
CAT 120G	\$ 1,182.03	\$ 525.30	\$ 239.09	\$ 1,000.36	\$ 31.24	\$ 1,039.74	\$ 417.27	\$ 677.36	\$ 463.97	\$ 64.86	\$ 551.61	\$ 3,213.20	\$ 9,406.03	\$ 328.01
CAT 120G	\$ 16.44	\$ 7.57	\$ -	\$ 230.34	\$ 310.00	\$ 6.81	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 571.16	\$ 412.90
CAT 120G	\$ 1,383.83	\$ 37.96	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,541.25	\$ 654.50	\$ 522.86	\$ 1,052.76	\$ 563.35	\$ 481.01	\$ 501.10	\$ 7,738.62	\$ 534.84
Totales	\$ 2,582.30	\$ 570.83	\$ 239.09	\$ 1,230.70	\$ 341.24	\$ 3,587.80	\$ 1,071.77	\$ 1,200.22	\$ 1,516.73	\$ 628.21	\$ 1,032.62	\$ 3,714.30	\$ 17,715.81	\$ 3,481.10
Promedio Mensual	\$ 860.77	\$ 190.28	\$ 79.70	\$ 410.23	\$ 113.75	\$ 1,195.93	\$ 357.26	\$ 400.07	\$ 505.58	\$ 209.40	\$ 344.21	\$ 1,238.10		

Tabla 3.16 Costos de mantenimiento de motoniveladora por mes en el año 2005

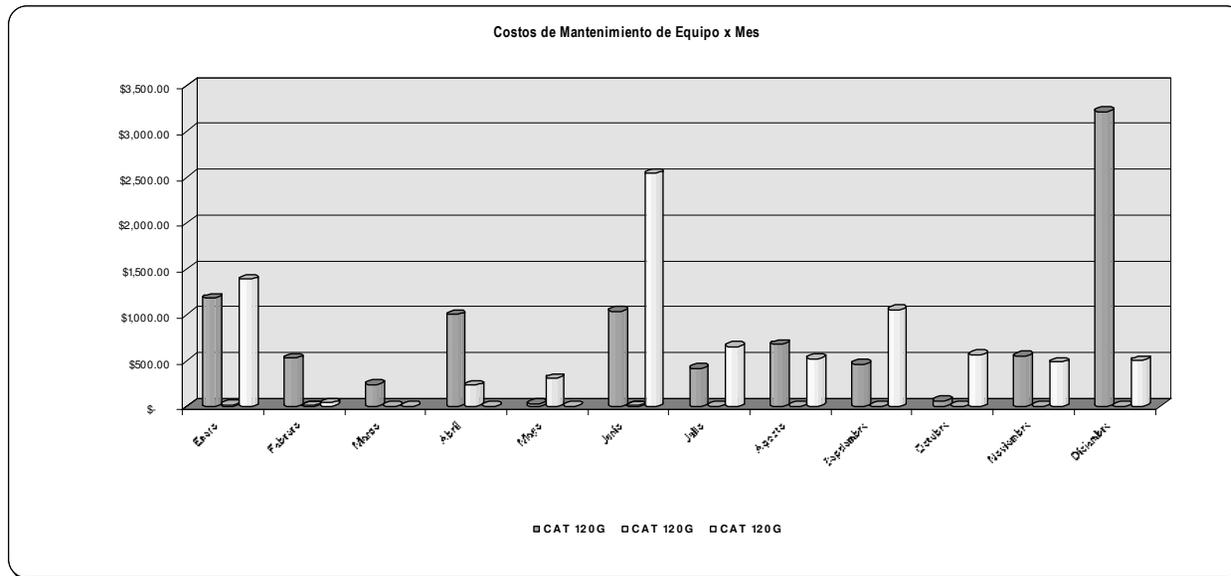


Figura 3.12 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de motoniveladoras en el año 2005.

Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

Costos de Mantenimiento Mensual														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio Mensual x Equipo
CAT 120G	\$ 290.97	\$ 1,248.47	\$ 406.50	\$ 696.59	\$ 3,191.76	\$ 127.56	\$ 100.25	\$ 209.98	\$ 580.00	\$ 300.69	\$ 361.09	\$ 571.63	\$ 8,085.49	\$ 673.79
CAT 120G	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CAT 120G	\$ 594.53	\$ 502.49	\$ 2,083.56	\$ 187.11	\$ 556.63	\$ 1,284.98	\$ 63.37	\$ 913.56	\$ 120.11	\$ 203.26	\$ 3,363.23	\$ 1,562.57	\$ 11,435.40	\$ 952.95
Totales	\$ 885.50	\$ 1,750.96	\$ 2,490.06	\$ 883.70	\$ 3,748.39	\$ 1,412.54	\$ 163.62	\$ 1,123.54	\$ 700.11	\$ 503.95	\$ 3,724.32	\$ 2,134.20	\$ 19,520.89	\$ 1,626.74
Promedio Mensual	\$ 295.17	\$ 583.65	\$ 830.02	\$ 294.57	\$ 1,249.46	\$ 470.85	\$ 54.54	\$ 374.51	\$ 233.37	\$ 167.98	\$ 1,241.44	\$ 711.40		

Tabla 3.17 Costos de mantenimiento de motoniveladora por mes en el año 2006

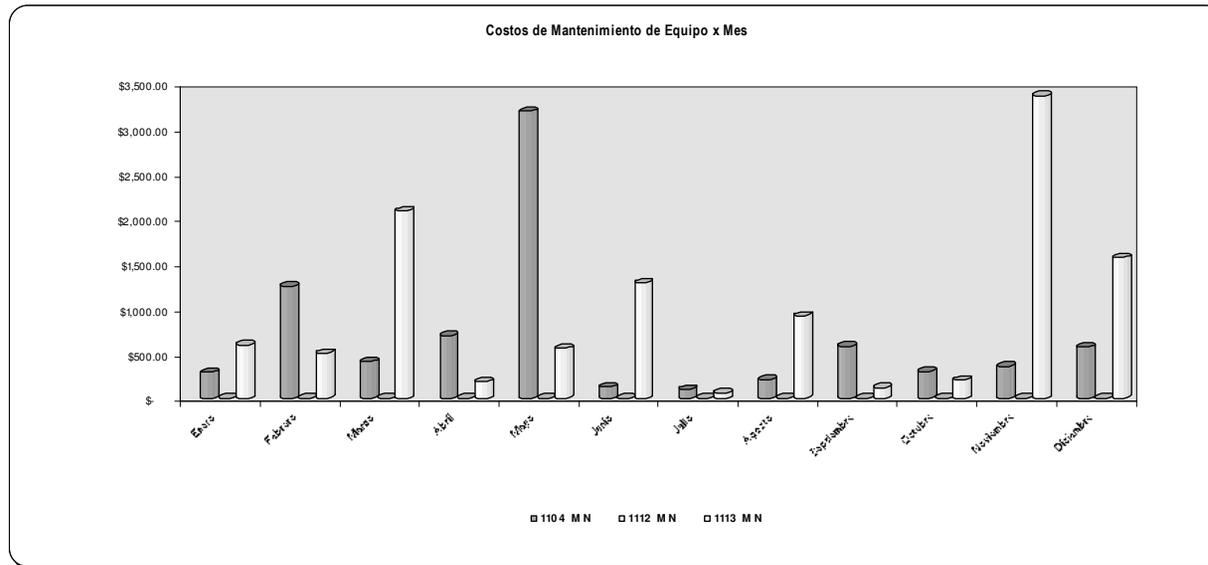


Figura 3.13 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de motoniveladoras en el año 2006.
Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

En las tablas 3.16 y 3.17 se observa los promedios por año de mantenimiento: *preventivo* (revisión diaria antes de comenzar la jornada por el operador del equipo), *rutinario* (mantenimiento a las 250, 500 y 1000 horas de uso del equipo) y *correctivo* (reparaciones de piezas por desgaste y mala operación del equipo), los cuales varían mes a mes en cada uno de los equipos. Esta variación refleja un comportamiento irregular.

Esto se debe a que cada una de las maquina se desconoce las condiciones de trabajo, la calidad del operador, los tipos de reparaciones que realizo y las condiciones del equipo.

Las tablas nos presentan un costo por mes el cual no es igual ni similar en ningún otro mes, ni periodo de análisis. Por lo que se concluye: Los costos presentados es útil para llevar un control de los gastos por equipo y no para obtener un comportamiento regular donde se pueda estima el costo directo de mantenimiento de otro equipo similar.

3.8.3 Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.

EQUIPO ANALISADO	FACTOR	CONDICION	
CRITERIOS			
1. TIPOS DE EQUIPOS	1.10	Motoniveladora	▼
2. TOTAL HORAS DE USO	3.00	20,000.00	▼
3. AÑOS DE USO DE MAQUINARIA	1.00	5	▼
4. TEMPERATURA, (FARENHEIT)	1.00	Normal 32° a 84°	▼
5. CONDICIONES DE TRABAJO	1.20	Pesadas	▼
6. MANTENIMIENTO	0.80	Buena	▼
7. TIPO DE SERVICIO	1.00	Contratista	▼
8. OPERACIÓN	1.00	Intermedio	▼
9. EXPERIENCIA	0.80	Bueno	▼
10. CONDICIONES DEL EQUIPO	1.00	Intermedias	▼
11. PRESIÓN DE TRABAJO	1.50	Desesperada	▼
FACTOR DE MANTENIMIENTO CALCULADO		3.80	

Tabla 3.18 Calculo del factor de mantenimiento para una motoniveladora.
Fuente (2).

3.8.4 Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.

En el análisis de la obtención de la vida económica del ejemplo presentado se utiliza la siguiente tabla:

	Zona dificultad baja	Zona dificultad intermedia	Zona dificultad alta
MOTONIVELADORAS	Trabajos ligeros de conservación de caminos y de acabado. Trabajos de mezcla en la planta y en la carretera. Limpieza ligera de nieve. Gran cantidad de viajes. 20.000 Horas 40.000 Horas	Conservación de caminos de acarreo. Zanjas y construcción de carreteras, esparcimiento de relleno suelto. Conformación y nivelación. Conservación de caminos en el verano y despejo pesado y mediano de nieve en el invierno. Uso de niveladoras autoelevadoras. 15.000 Horas 35.000 Horas	Conservación de caminos apisonados y con piedras incrustadas. Esparcimiento de relleno pesado. Uso de desgarrador-escarificador en asfalto u hormigón. Factor alto de carga continúa. Cargas de alto impacto. 12.000 Horas 30.000 Horas

Tabla 3.19 Diferentes valores de la vida económica de las motoniveladoras.

Fuente (1).

$V_e = \text{Vida económica} = 20,000 \text{ hrs (zona intermedia)}$

$V_a = \text{Vida económica de piezas especiales} = 1,200 \text{ hr}$

$He_a = \text{Tiempo trabajado por año} = \frac{20,000hr}{5años} = 4,000hrs / año$

Determinación de consumo de combustible y lubricantes.

Potencia del equipo (Hp). Fuente (10)	Equivalente en modelo Caterpillar. Fuente (10).	Consumo de lubricantes: Carter, transmisión, mandos finales y control hidráulico (litros). Fuente (1).	Consumo de combustible (litros). Fuente (1).
165	140H	0.2390	17 – 22

V_n = Vida económica de llantas = 2,500 hr (zona intermedia grafico)

MOTONIVELADORAS

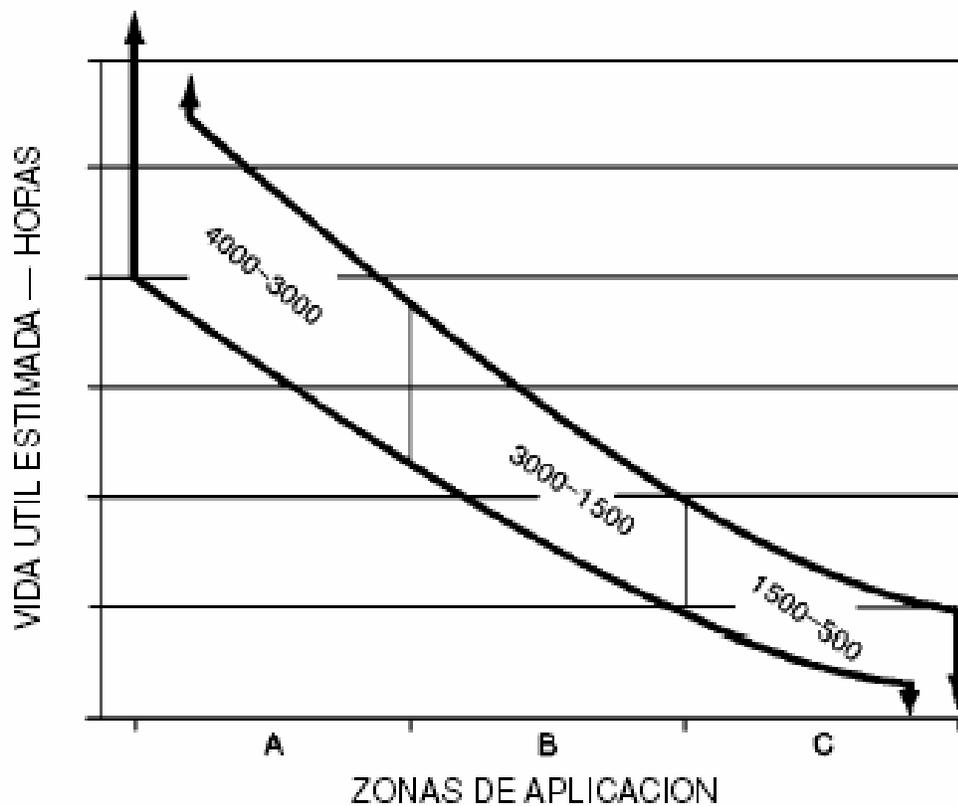


Figura 3.14 Gráfico para determinar la vida económica de las llantas para una motoniveladora.

Fuente (1).

3.8.5 Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria

Descripción: Motoniveladora marca Caterpillar modelo 140G				
Clave: Equipo tesis 03		UNIDAD:	HORA	
Datos generales				
Vad = Valor de adquisición =	\$137,500.00	Pnom = Potencia nominal =	hp	165.00
Pn = Valor de llantas =	\$3,000.00	Tipo de combustible	diesel	
Pa = Valor de piezas especiales =	\$1,300.00	Pc = Precio del combustible =	\$ litro	\$0.70
Vm = Valor neto = Vad-Pn-Pa =	\$133,200.00			
r = Factor de rescate =	20.00%			
Vr = Valor de rescate = Vm*r =	\$26,640.00			
i = Tasa de interes =	12.00%			
s = Prima de seguros =	1.50%	Pac = Precio del aceite =	\$ litro	\$5.29
K _o = Factor de mantenimiento =	3.80000	Vn = Vida económica de llantas =	hrs	2500.00
Ve = Vida económica =	20,000.00			
Va = Vida económica de piezas especial	1200.00	Gh = Cantidad de combustible =	lts/hr	19.0000
Hea = Tiempo trabajado por año =	4,000.00	Ah = Cantidad de aceite	lts/hr	0.23900
Clave	Fórmula			Total
Cargos Fijos				
Depreciación:	$D = (Vm - Vr) / Ve$			\$5.33
inversión:	$Im = ((Vm + Vr) / 2Hea) i =$			\$2.40
Seguros:	$Sm = ((Vm + Vr) / 2Hea) s =$			\$0.30
Mantenimiento:	$Mn = (Vad / Ve) * Ko =$			\$26.13
Otros:	$Pe = Pa / Va =$			\$1.08
Total de Cargos Fijos				\$35.23
Consumos				
Combustibles:	$Co = Gh * Pc =$			\$13.24
Lubricantes:	$Lb = Ah * Pac =$			\$1.26
Llantas:	$N = Pn / Vn =$			\$1.20
Total de Consumos				\$15.71
Operación				
Salario tabulado por día	$Sn =$			\$30.00
Factor de salario real:	$Fsr =$			\$1.40
Salario real de operación:	$Sr = Sn * Fsr =$			\$42.00
Horas efectivas por turno de trabajo:	$Ht =$			\$8.00
M. de Obra	$Po = Sr / Ht$			\$5.25
Total de Operación				\$5.25
Costo Horario				\$56.19

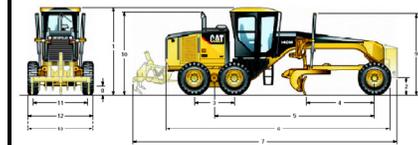


Tabla 3.20 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de una motoniveladora.

3.9 EJEMPLO PRÁCTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN PARA UN CAMION DE VOLTEO MARCA FREIGHTLINER MODELO FL106



Figura 3.15 Vistas lateral izquierda de un camión de volteo marca Freightliner modelo FL106.

Fuente (20).

3.9.1 Datos generales de la maquina.

Valor de compra = US \$ 190,250.00, IVA incluido.

Vad = Valor de adquisición = US \$168,362.83, sin IVA

Pn = Valor de llantas = US \$580.00x12 ruedas = US \$6,960.00 sin IVA (Rin 24")

Pa = Valor de piezas especiales = no se considera

Factor de rescate = 20%

Vr = Valor de rescate = $V_m * r$ = US \$33,672.57

i = Tasa de interés = 12%

s = Prima de seguros = 1.5%

3.9.2 Tablas y graficas de los costos de mantenimiento mensual para un grupo de camiones de volteo

	Costos de Mantenimiento Mensual													Promedio Mensual x Equipo
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
3204 CV	\$ 1,390.91	\$ 404.35	\$ 145.08	\$ 395.41	\$ 614.80	\$ 889.52	\$ 532.18	\$ 1,547.18	\$ 1,420.91	\$ 1,452.62	\$ 2,010.48	\$ 205.66	\$ 11,009.10	\$ 917.43
3206 CV	\$ 365.59	\$ 1,180.51	\$ 586.71	\$ 492.75	\$ 1,559.35	\$ 863.89	\$ 543.16	\$ 801.32	\$ 1,913.71	\$ 512.24	\$ 1,280.42	\$ 46.83	\$ 10,146.48	\$ 845.54
3207 CV	\$ 116.11	\$ 130.07	\$ 1.81	\$ 9.46	\$ 32.20	\$ 1,965.20	\$ 1,916.57	\$ 4,750.76	\$ 1,505.90	\$ 2,163.05	\$ 967.99	\$ 206.04	\$ 13,765.16	\$ 1,147.10
3208 CV	\$ 837.81	\$ 245.55	\$ 598.85	\$ 444.82	\$ 927.78	\$ 1,083.16	\$ 374.91	\$ 1,823.98	\$ 850.42	\$ 708.63	\$ 2,945.65	\$ 1,267.77	\$ 12,109.33	\$ 1,009.11
3223 CV	\$ 2,293.00	\$ 440.97	\$ 131.90	\$ 96.58	\$ -	\$ 261.82	\$ 379.41	\$ 443.37	\$ 3,033.72	\$ 776.95	\$ 206.32	\$ 300.85	\$ 8,364.89	\$ 697.07
3224 CV	\$ 2,566.61	\$ 199.78	\$ 509.00	\$ 56.26	\$ 299.12	\$ 469.95	\$ 717.65	\$ 1,177.94	\$ 495.32	\$ 610.81	\$ 565.06	\$ 25.57	\$ 7,693.07	\$ 641.09
3225 CV	\$ 75.08	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,168.14	\$ 237.17	\$ 262.13	\$ 1,742.52	\$ 145.21
3226 CV	\$ 1,331.32	\$ 711.06	\$ 371.03	\$ 56.26	\$ -	\$ 497.17	\$ 1,485.44	\$ 1,633.34	\$ 934.87	\$ 363.14	\$ 396.39	\$ 647.84	\$ 8,427.86	\$ 702.32
3235 CV	\$ -	\$ 7.53	\$ -	\$ 64.33	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5.56	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 24.02	\$ 101.44	\$ 8.45
3237 CV	\$ -	\$ 52.76	\$ 26.88	\$ 180.23	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.81	\$ 4.06	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 265.74	\$ 22.15
3242 CV	\$ -	\$ 14.75	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.32	\$ 11.75	\$ -	\$ 32.82	\$ 2.74
3262 CV	\$ 969.76	\$ 505.14	\$ 194.98	\$ 317.86	\$ 132.53	\$ 1,390.15	\$ 1,799.19	\$ 2,728.37	\$ 2,713.48	\$ 381.58	\$ 259.81	\$ 161.90	\$ 11,554.75	\$ 962.90
3263 CV	\$ 375.02	\$ 415.49	\$ 626.36	\$ 1,276.77	\$ 1,228.18	\$ 757.93	\$ 320.21	\$ 1,274.51	\$ 1,679.21	\$ 563.11	\$ 396.74	\$ 67.73	\$ 8,981.26	\$ 748.44
3264 CV	\$ 776.65	\$ 1,070.61	\$ 2,060.71	\$ 300.98	\$ 156.16	\$ 1,357.95	\$ 1,081.98	\$ 1,045.36	\$ 124.11	\$ 740.86	\$ 184.46	\$ 634.58	\$ 9,534.41	\$ 794.53
3265 CV	\$ 1,090.05	\$ 1,139.74	\$ 1,587.97	\$ 967.62	\$ 1,369.26	\$ 29.53	\$ 141.94	\$ 2,512.32	\$ 2,013.61	\$ 894.70	\$ 1,421.65	\$ 276.17	\$ 13,444.56	\$ 1,120.38
3266 CV	\$ 1,305.23	\$ 2,023.72	\$ 41.25	\$ 67.80	\$ 149.56	\$ 507.41	\$ 715.83	\$ 338.11	\$ 418.08	\$ 1,517.16	\$ 105.09	\$ 463.54	\$ 7,652.78	\$ 637.73
3267 CV	\$ 1,299.88	\$ 985.77	\$ 117.74	\$ 67.80	\$ 149.56	\$ 470.40	\$ 1,076.27	\$ 337.84	\$ 4,766.97	\$ 2,938.29	\$ 6,192.64	\$ 342.71	\$ 18,745.87	\$ 1,562.16
3268 CV	\$ 1,148.10	\$ 1,325.36	\$ -	\$ 67.80	\$ 149.56	\$ 178.80	\$ 1,456.32	\$ 1,707.28	\$ 495.31	\$ 219.15	\$ 1,421.18	\$ 386.60	\$ 8,555.46	\$ 712.96
3269 CV	\$ 2,614.42	\$ 534.22	\$ -	\$ 67.80	\$ -	\$ 24.16	\$ 451.33	\$ 70.32	\$ 53.40	\$ -	\$ -	\$ 2.55	\$ 3,818.20	\$ 318.18
3270 CV	\$ 1,526.02	\$ 945.59	\$ 129.01	\$ 67.80	\$ 468.14	\$ 713.45	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,850.01	\$ 320.83
3271 CV	\$ 1,377.33	\$ 1,700.82	\$ -	\$ 218.10	\$ -	\$ 58.19	\$ 28.18	\$ -	\$ -	\$ 5.64	\$ -	\$ -	\$ 3,388.26	\$ 282.36
3282 CV	\$ 1,251.19	\$ 1,318.69	\$ 1,222.55	\$ -	\$ 118.22	\$ 399.72	\$ 5,896.05	\$ 317.33	\$ 433.45	\$ 1,630.57	\$ 925.04	\$ 88.30	\$ 13,601.11	\$ 1,133.43
3283 CV	\$ 1,275.69	\$ 1,921.76	\$ 554.27	\$ 379.08	\$ 701.15	\$ 404.69	\$ 319.21	\$ 484.04	\$ 110.10	\$ 1,054.99	\$ 631.83	\$ 372.84	\$ 8,209.65	\$ 684.14
3284 CV	\$ 2,164.64	\$ 235.86	\$ 1,962.07	\$ 1,955.43	\$ 755.54	\$ 371.20	\$ 420.22	\$ 406.90	\$ 798.40	\$ 855.49	\$ 73.94	\$ 760.83	\$ 10,760.52	\$ 896.71
Totales	\$ 28,668.17	\$ 20,147.34	\$ 12,366.01	\$ 9,725.32	\$ 10,894.74	\$ 15,005.62	\$ 21,009.01	\$ 26,787.73	\$ 25,651.45	\$ 22,339.65	\$ 21,276.60	\$ 7,474.04	\$ 221,345.68	\$ 18,445.47
Promedio Mensual	\$ 1,061.78	\$ 746.20	\$ 458.00	\$ 360.20	\$ 403.51	\$ 555.76	\$ 778.11	\$ 992.14	\$ 950.05	\$ 827.39	\$ 788.02	\$ 276.82		

Tabla 3.21 Costos de mantenimiento de varios camiones por mes en el año 2005.

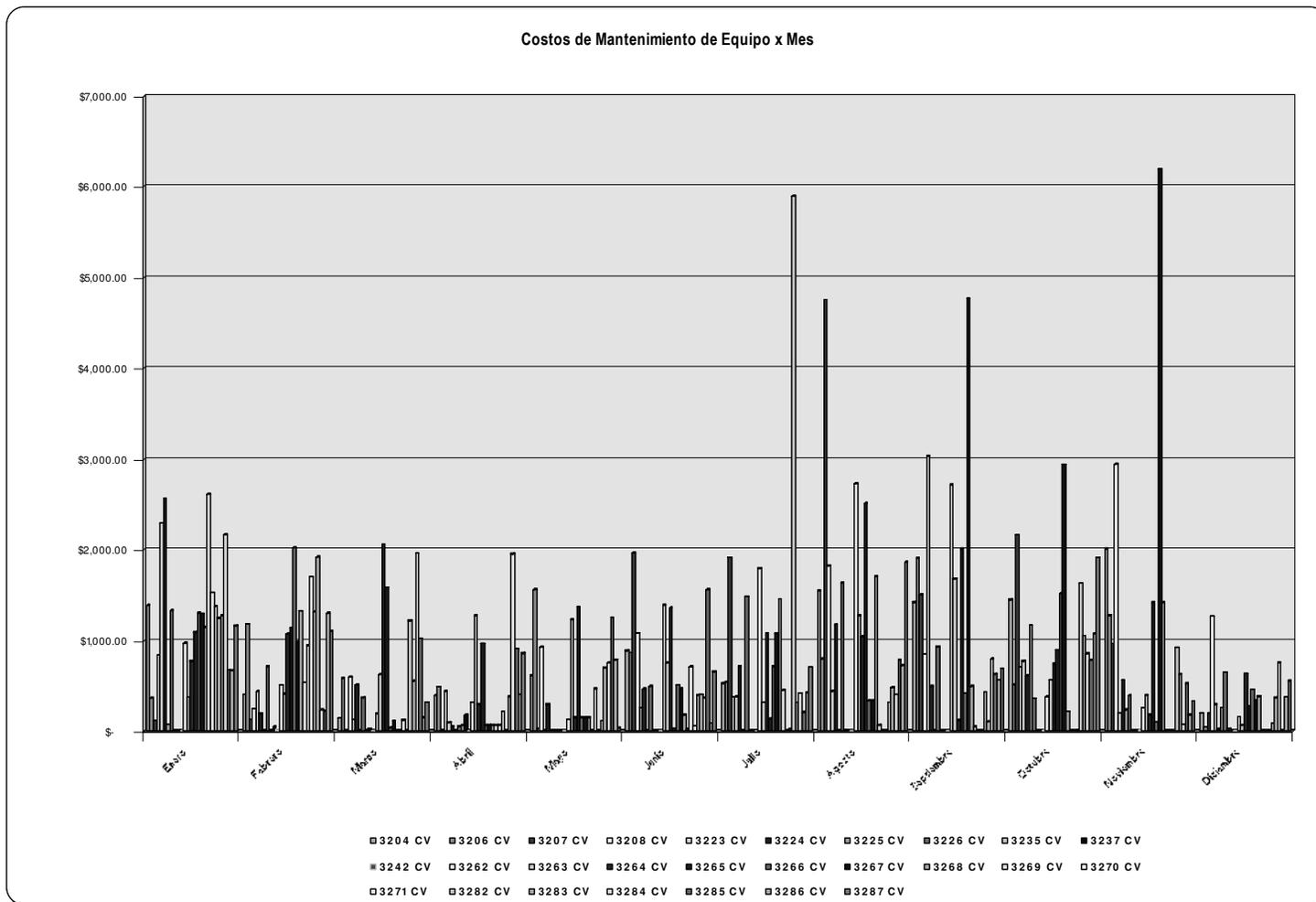


Figura 3.16 Grafica del costo por mantenimiento de equipo para un grupo de camiones en el año 2005.

Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

Costos de Mantenimiento Mensual														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio Mensual x Equipo
3204 CV	\$ 181.07	\$ 5.64	\$ 883.35	\$ 402.09	\$ 714.32	\$ 273.56	\$ 485.19	\$ 556.44	\$ 196.32	\$ 192.96	\$ 772.85	\$ 360.31	\$ 5,024.10	\$ 418.68
3206 CV	\$ 886.28	\$ 144.29	\$ 894.17	\$ 854.78	\$ 749.69	\$ 188.63	\$ 1,192.75	\$ 548.57	\$ 1,115.58	\$ 1,466.75	\$ 1,474.90	\$ 1,188.86	\$ 10,705.25	\$ 892.10
3207 CV	\$ 253.69	\$ 784.05	\$ 1,187.40	\$ 864.72	\$ 366.16	\$ 121.92	\$ 319.46	\$ 1,352.69	\$ 193.66	\$ 432.59	\$ 1,734.74	\$ 1,380.12	\$ 8,991.20	\$ 749.27
3208 CV	\$ 902.56	\$ 269.18	\$ 1,016.47	\$ 68.42	\$ 713.10	\$ 725.46	\$ 126.06	\$ 608.66	\$ 187.25	\$ 1,349.88	\$ 536.48	\$ 1,802.68	\$ 8,306.20	\$ 692.18
3223 CV	\$ 86.39	\$ 1,414.62	\$ 533.22	\$ 911.75	\$ 1,199.35	\$ 194.77	\$ 670.60	\$ 571.14	\$ 1,814.60	\$ 587.44	\$ 671.04	\$ 1,381.30	\$ 10,036.22	\$ 836.35
3224 CV	\$ 128.88	\$ 1,015.90	\$ 1,716.46	\$ 481.53	\$ 1,731.61	\$ 1,531.04	\$ 1,209.64	\$ 650.83	\$ 555.18	\$ 1,149.31	\$ 1,382.89	\$ 1,773.61	\$ 13,326.88	\$ 1,110.57
3225 CV	\$ 428.76	\$ 423.02	\$ 864.65	\$ 669.17	\$ 177.30	\$ 709.71	\$ 684.37	\$ 544.43	\$ 727.93	\$ 1,521.67	\$ 2,305.89	\$ 1,775.09	\$ 10,831.99	\$ 902.67
3226 CV	\$ 177.68	\$ 484.79	\$ 1,027.33	\$ 303.39	\$ 959.78	\$ 876.36	\$ 681.00	\$ 360.33	\$ 1,920.87	\$ 525.83	\$ 1,913.40	\$ 499.21	\$ 9,729.97	\$ 810.83
3262 CV	\$ 850.04	\$ 1,185.95	\$ 951.49	\$ 766.56	\$ 411.05	\$ 273.37	\$ 1,506.40	\$ 130.91	\$ 915.68	\$ 1,702.39	\$ 859.49	\$ 748.54	\$ 10,301.87	\$ 858.49
3263 CV	\$ 558.29	\$ 1,209.92	\$ 1,271.31	\$ 1,028.83	\$ 47.74	\$ 1,920.05	\$ 1,320.24	\$ 328.70	\$ 633.07	\$ 1,022.68	\$ 2,772.52	\$ 880.83	\$ 12,994.18	\$ 1,082.85
3264 CV	\$ 282.47	\$ 459.72	\$ 1,341.39	\$ 276.05	\$ 2,439.08	\$ 632.45	\$ 1,726.59	\$ 33.80	\$ 1,667.99	\$ 1,211.41	\$ 915.52	\$ 307.23	\$ 11,293.70	\$ 941.14
3265 CV	\$ 329.16	\$ 858.93	\$ 1,669.02	\$ 902.57	\$ 1,006.55	\$ 922.06	\$ 530.44	\$ 191.06	\$ 955.76	\$ 551.77	\$ 1,627.03	\$ 515.95	\$ 10,060.30	\$ 838.36
3266 CV	\$ 351.44	\$ 288.21	\$ 1,175.80	\$ 984.22	\$ 275.47	\$ 410.13	\$ 212.65	\$ 1,268.23	\$ 247.25	\$ 828.58	\$ 1,826.95	\$ 580.01	\$ 8,448.94	\$ 704.08
3267 CV	\$ 429.10	\$ 806.56	\$ 508.42	\$ 910.00	\$ 1,345.02	\$ 366.56	\$ 754.97	\$ 2,411.88	\$ 1,296.89	\$ 901.86	\$ 3,452.56	\$ 473.63	\$ 13,657.45	\$ 1,138.12
3268 CV	\$ 690.94	\$ 425.82	\$ 1,099.94	\$ 355.90	\$ 211.13	\$ 17.74	\$ 3,490.00	\$ 1,781.05	\$ 398.49	\$ 634.40	\$ 887.58	\$ 1,060.51	\$ 11,053.50	\$ 921.13
3269 CV	\$ -	\$ -	\$ 1,015.54	\$ 827.32	\$ 506.95	\$ 548.51	\$ 1,479.04	\$ 838.25	\$ 1,131.97	\$ 1,395.41	\$ 694.08	\$ 310.71	\$ 8,747.78	\$ 728.98
3270 CV	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 835.82	\$ 665.10	\$ 549.78	\$ 1,051.12	\$ 194.67	\$ 318.56	\$ 1,163.66	\$ 234.99	\$ 5,013.70	\$ 417.81
3271 CV	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 64.12	\$ 1,504.86	\$ 24.34	\$ 386.19	\$ 1,090.93	\$ 315.83	\$ 3,386.27	\$ 282.19
3282 CV	\$ 191.13	\$ 712.70	\$ 341.63	\$ 6,593.13	\$ 764.38	\$ 148.73	\$ 181.53	\$ 118.04	\$ 313.13	\$ 1,317.14	\$ 1,067.29	\$ 236.52	\$ 11,985.35	\$ 998.78
3283 CV	\$ 715.68	\$ 1,639.96	\$ 508.78	\$ 272.66	\$ 460.33	\$ 466.65	\$ 714.02	\$ 354.66	\$ 2,262.36	\$ 1,315.33	\$ 718.88	\$ 418.98	\$ 9,848.29	\$ 820.69
3284 CV	\$ 297.98	\$ 399.88	\$ 2,747.11	\$ 484.75	\$ 598.02	\$ 392.50	\$ 633.55	\$ 1,140.84	\$ 655.66	\$ 1,525.60	\$ 2,456.24	\$ 1,039.56	\$ 12,371.69	\$ 1,030.97
3285 CV	\$ 421.15	\$ 986.26	\$ 1,290.81	\$ 537.21	\$ 239.38	\$ 1,380.68	\$ 389.23	\$ 454.86	\$ 680.01	\$ 98.66	\$ 1,459.39	\$ 812.92	\$ 8,750.56	\$ 729.21
3286 CV	\$ 808.13	\$ 1,430.06	\$ 486.71	\$ 400.93	\$ 68.70	\$ 984.07	\$ 408.25	\$ 1,326.19	\$ 1,102.01	\$ 764.44	\$ 1,064.45	\$ 1,053.33	\$ 9,897.27	\$ 824.77
Totales	\$ 9,470.82	\$ 16,143.59	\$ 22,951.01	\$ 20,177.63	\$ 16,151.19	\$ 14,830.48	\$ 20,713.56	\$ 18,334.10	\$ 20,374.16	\$ 21,932.34	\$ 34,546.17	\$ 19,557.05	\$ 235,182.10	\$ 19,598.51
Promedio Mensual	\$ 394.62	\$ 672.65	\$ 956.29	\$ 840.73	\$ 672.97	\$ 617.94	\$ 863.07	\$ 763.92	\$ 848.92	\$ 913.85	\$ 1,439.42	\$ 814.88		

Tabla 3.22 Costos de mantenimiento de varios camiones por mes en el año 2006.

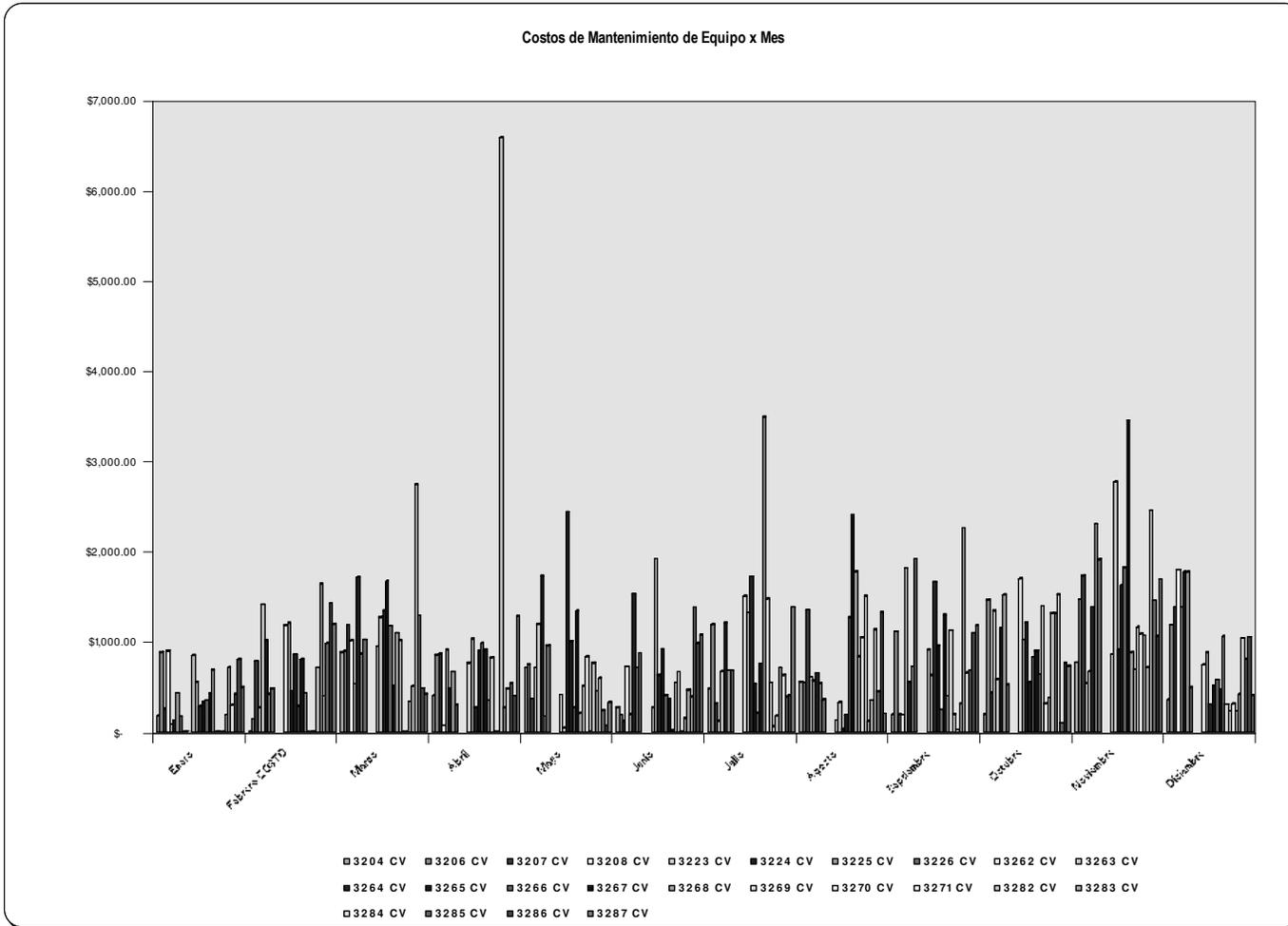


Figura 3.17 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de camiones en el año 2006.
 Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

En las tablas 3.21 y 3.22 se observa los promedios por año de mantenimiento: *preventivo* (revisión diaria antes de comenzar la jornada por el operador del equipo), *rutinario* (mantenimiento a las 250, 500 y 1000 horas de uso del equipo) y *correctivo* (reparaciones de piezas por desgaste y mala operación del equipo), los cuales varían mes a mes en cada uno de los equipos. Esta variación refleja un comportamiento irregular.

Esto se debe a que cada una de las maquina se desconoce las condiciones de trabajo, la calidad del operador, los tipos de reparaciones que realizo y las condiciones del equipo.

Las tablas nos presentan un costo por mes el cual no es igual ni similar en ningún otro mes, ni periodo de análisis. Por lo que se concluye: Los costos presentados es útil para llevar un control de los gastos por equipo y no para obtener un comportamiento regular donde se pueda estima el costo directo de mantenimiento de otro equipo similar.

3.9.3 Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.

EQUIPO ANALISADO	FACTOR	CONDICION	
CRITERIOS			
1. TIPOS DE EQUIPOS	1.00	Camión de volteo	▼
2. TOTAL HORAS DE USO	3.00	20,000.00	▼
3. AÑOS DE USO DE MAQUINARIA	1.00	5	▼
4. TEMPERATURA, (FARENHEIT)	1.00	Normal 32° a 84°	▼
5. CONDICIONES DE TRABAJO	1.20	Pesadas	▼
6. MANTENIMIENTO	0.80	Buena	▼
7. TIPO DE SERVICIO	1.00	Contratista	▼
8. OPERACIÓN	1.00	Intermedio	▼
9. EXPERIENCIA	0.60	Excepcional	▼
10. CONDICIONES DEL EQUIPO	1.00	Intermedias	▼
11. PRESIÓN DE TRABAJO	1.00	Normales	▼

FACTOR DE MANTENIMIENTO CALCULADO	1.73
--	-------------

Tabla 3.23 Calculo del factor de mantenimiento para un camión.

Fuente (2).

3.9.4 Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.

En el análisis de la obtención de la vida económica del ejemplo presentado se utiliza la siguiente tabla:

	Zona dificultad baja	Zona dificultad intermedia	Zona dificultad alta
Camiones	Operación continúa con promedio de peso bruto por debajo del máximo recomendado. Excelentes caminos de acarreo. No se sobrecarga, bajo factor de carga. (Para saber la definición, vea la sección "Consumo horario de combustible.") 40.000 Horas 60.000 Horas	Operación continúa con promedio de peso bruto cerca del máximo recomendado. Sobrecarga mínima, buenos caminos de acarreo, factor de carga moderado. (Para saber la definición, vea la sección "Consumo horario de combustible.") 20.000 Horas 40.000 Horas	Operación continua con promedio de peso bruto igual o mayor que el máximo recomendado. Sobrecarga, caminos de acarreo difíciles, alto factor de carga. (Para saber la definición, vea la sección "Consumo horario de combustible.") Nota— Si se sigue cargando por encima del peso bruto máximo recomendado para esta máquina se reducirá aún más el número de horas de la Zona C. 10.000 Horas 20.000 Horas

Tabla 3.24 Diferentes valores de la vida económica para un camión.

Fuente (1).

$V_e = \text{Vida económica} = 20,000 \text{ hrs (zona intermedia)}$

$V_a = \text{Vida económica de piezas especiales} = \text{no se considera}$

$He_a = \text{Tiempo trabajado por año} = \frac{20,000hr}{5años} = 4,000hrs / año$

Determinación de consumo de combustible y lubricantes.

Potencia del equipo (Hp). Fuente (20)	Equivalente en modelo Caterpillar. Fuente (10).	Consumo de lubricantes: Carter, transmisión, mandos finales y control hidráulico (litros). Fuente (1).	Consumo de combustible (litros). Fuente (1).
270	D300E	0.3750	17

V_n = Vida económica de llantas = 3,000.00 hr (zona intermedia grafico)

CAMIONES DE OBRA Y MINERIA

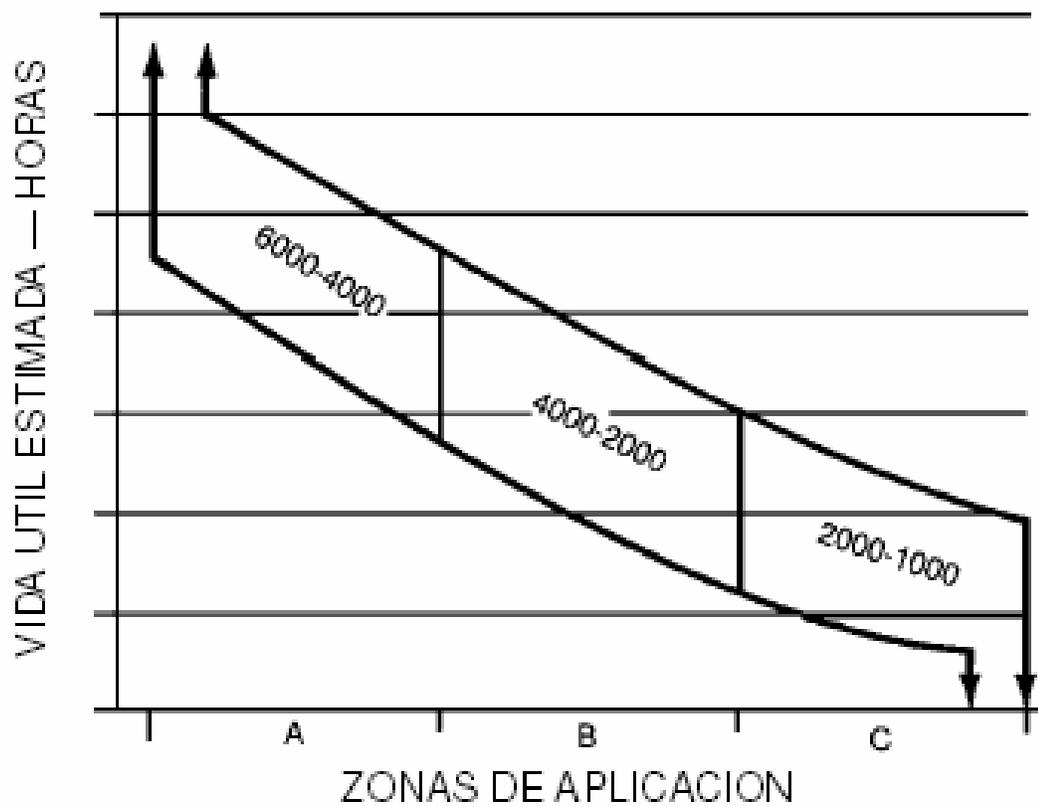


Figura 3.18 Grafico para determinar la vida económica de las llantas para un camión de volteo.

Fuente (1).

3.9.5 Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria

Descripción: Camion de Volteo 12m3				
Clave: Equipo tesis 04		UNIDAD:	HORA	
Datos generales				
Vad = Valor de adquisición =	\$168,362.83	Pnom = Potencia nominal =	hp	270.00
Pn = Valor de llantas =	\$6,960.00	Tipo de combustible		diesel
Pa = Valor de piezas especiales =	\$0.00	Pc = Precio del combustible =	\$ litro	\$0.70
Vm = Valor neto = Vad-Pn-Pa =	\$161,402.83			
r = Factor de rescate =	20.00%			
Vr = Valor de rescate = Vm*r =	\$32,280.57			
i = Tasa de interes =	12.00%			
s = Prima de seguros =	1.50%	Pac = Precio del aceite =	\$ litro	\$5.29
Ko = Factor de mantenimiento =	1.73000	Vn = Vida económica de llantas =	hrs	3000.00
Ve = Vida económica =	20,000.00			
Va = Vida económica de piezas especial	0.00	Gh = Cantidad de combustible =	lts/hr	17.0000
Hea = Tiempo trabajado por año =	4,000.00	Ah = Cantidad de aceite	lts/hr	0.37500
Clave	Fórmula			Total
Cargos Fijos				
Depreciación:	$D = (Vm - Vr) / Ve$			\$6.46
inversión:	$Im = ((Vm + Vr) / 2Hea) i$			\$2.91
Seguros:	$Sm = ((Vm + Vr) / 2Hea) s$			\$0.36
Mantenimiento:	$Mn = (Vad / Ve) * Ko$			\$11.17
Otros:				
Total de Cargos Fijos				\$20.89
Consumos				
Combustibles:	$Co = Gh * Pc$			\$11.85
Lubricantes:	$Lb = Ah * Pac$			\$1.98
Llantas:	$N = Pn / Vn$			\$2.32
Total de Consumos				\$16.15
Operación				
Salario tabulado por día:	$Sn =$			\$15.00
Factor de salario real:	$Fsr =$			\$1.40
Salario real de operación:	$Sr = Sn * Fsr =$			\$21.00
Horas efectivas por turno de trabajo:	$Ht =$			\$8.00
M. de Obra	$Po = Sr / Ht$			\$2.63
Total de Operación				\$2.63
Costo Horario				\$39.67



Tabla 3.25 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de un camión de volteo.

EJEMPLO PRACTICO PARA OBTENER EL COSTOS DE OPERACIÓN Y POSESIÓN RODO COMPACTADOR PATA DE CABRA MARCA VOLVO MODELO 815B

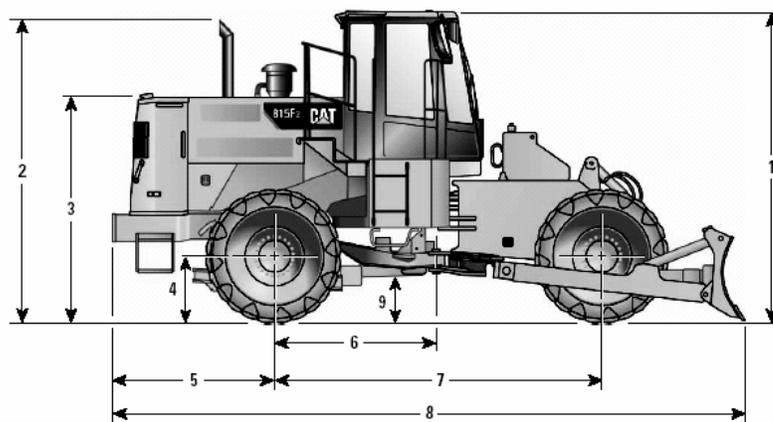


Figura 3.19 Vistas lateral izquierda, lateral derecha y trasera de rodo compactador, marca Volvo modelo 815 B.
Fuente (17).

3.10.1 Datos generales de la maquina.

Valor de compra = US \$ 142,380.00 IVA incluido.

Vad = Valor de adquisición = US \$126,000.00, sin IVA

Pn = Valor de llantas = no aplica

Pa = Valor de piezas especiales = no se considera

Factor de rescate = 20%

Vr = Valor de rescate = $V_m * r$ = US \$25,200.00

i = Tasa de interés = 12%

s = Prima de seguros = 1.5%

3.10.2 Tablas y graficas de los costos de mantenimiento por mes de un grupo de rodos compactadores pata de cabra.

Costos de Mantenimiento Mensual														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio Mensual x Equipo
1415 CRV	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1416 CRV	\$ 21.65	\$ 364.61	\$ 671.45	\$ 679.85	\$ 174.34	\$ -	\$ -	\$ 70.84	\$ 67.77	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,050.51	\$ 170.88
1417 CRV	\$ 1,043.44	\$ 194.77	\$ 987.16	\$ 615.68	\$ -	\$ 166.66	\$ 112.29	\$ 247.99	\$ 368.26	\$ 26.33	\$ 300.14	\$ 30.22	\$ 4,092.94	\$ 341.08
1418 CRV	\$ 477.52	\$ 58.40	\$ -	\$ -	\$ 24.50	\$ -	\$ 2.75	\$ 490.71	\$ 45.39	\$ 7.42	\$ 1.27	\$ -	\$ 1,107.96	\$ 92.33
1419 CRV	\$ 687.12	\$ 10.30	\$ 309.88	\$ 30.22	\$ 29.95	\$ -	\$ 63.14	\$ 163.45	\$ 161.39	\$ 102.89	\$ 22.09	\$ -	\$ 1,580.43	\$ 131.70
1441 CRV	\$ 306.96	\$ 49.63	\$ 159.99	\$ -	\$ 3.80	\$ -	\$ 1.27	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 420.50	\$ 942.15	\$ 78.51
1442 CRV	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5.19	\$ -	\$ -	\$ 5.19	\$ 0.43
1443 CRV	\$ 158.70	\$ 629.94	\$ 69.30	\$ 106.26	\$ 34.29	\$ 42.46	\$ 1.27	\$ -	\$ 56.02	\$ 217.29	\$ 347.69	\$ 449.37	\$ 2,112.59	\$ 176.05
1453 CRV	\$ 150.34	\$ 32.64	\$ -	\$ 101.49	\$ 15.65	\$ 19.26	\$ 33.22	\$ -	\$ 26.66	\$ -	\$ 40.86	\$ 46.92	\$ 467.04	\$ 38.92
1454 CRV	\$ 16.48	\$ 58.75	\$ 66.78	\$ 7.83	\$ 38.81	\$ 27.03	\$ 155.26	\$ 43.00	\$ 9.00	\$ -	\$ 77.72	\$ 99.93	\$ 600.59	\$ 50.05
1455 CRV	\$ 14.89	\$ 45.89	\$ 390.36	\$ 189.91	\$ 14.83	\$ -	\$ 108.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.06	\$ 768.44	\$ 64.04
1457 CRV	\$ 82.15	\$ -	\$ -	\$ 5.48	\$ 11.37	\$ 61.60	\$ 293.06	\$ 102.82	\$ 96.57	\$ 26.22	\$ 23.56	\$ 15.22	\$ 718.05	\$ 59.84
1458 CRV	\$ 31.94	\$ 5.04	\$ 82.76	\$ 42.07	\$ 60.96	\$ 37.09	\$ 647.18	\$ 53.91	\$ 53.94	\$ 8.11	\$ 45.17	\$ 90.03	\$ 1,158.20	\$ 96.52
1459 CRV	\$ 472.61	\$ 159.28	\$ 140.62	\$ 337.45	\$ 74.75	\$ 3.19	\$ 181.05	\$ 112.57	\$ -	\$ 251.10	\$ 108.65	\$ 17.05	\$ 1,858.32	\$ 154.86
Totales	\$ 3,463.80	\$ 1,609.25	\$ 2,878.30	\$ 2,116.24	\$ 483.25	\$ 357.29	\$ 1,598.99	\$ 1,285.29	\$ 885.00	\$ 644.55	\$ 967.15	\$ 1,173.30	\$ 17,462.41	\$ 1,455.20
Promedio Mensual	\$ 247.41	\$ 114.95	\$ 205.59	\$ 151.16	\$ 34.52	\$ 25.52	\$ 114.21	\$ 91.81	\$ 63.21	\$ 46.04	\$ 69.08	\$ 83.81		

Tabla 3.26 Costos de mantenimiento de un grupo de rodos compactadores por mes en el año 2005.

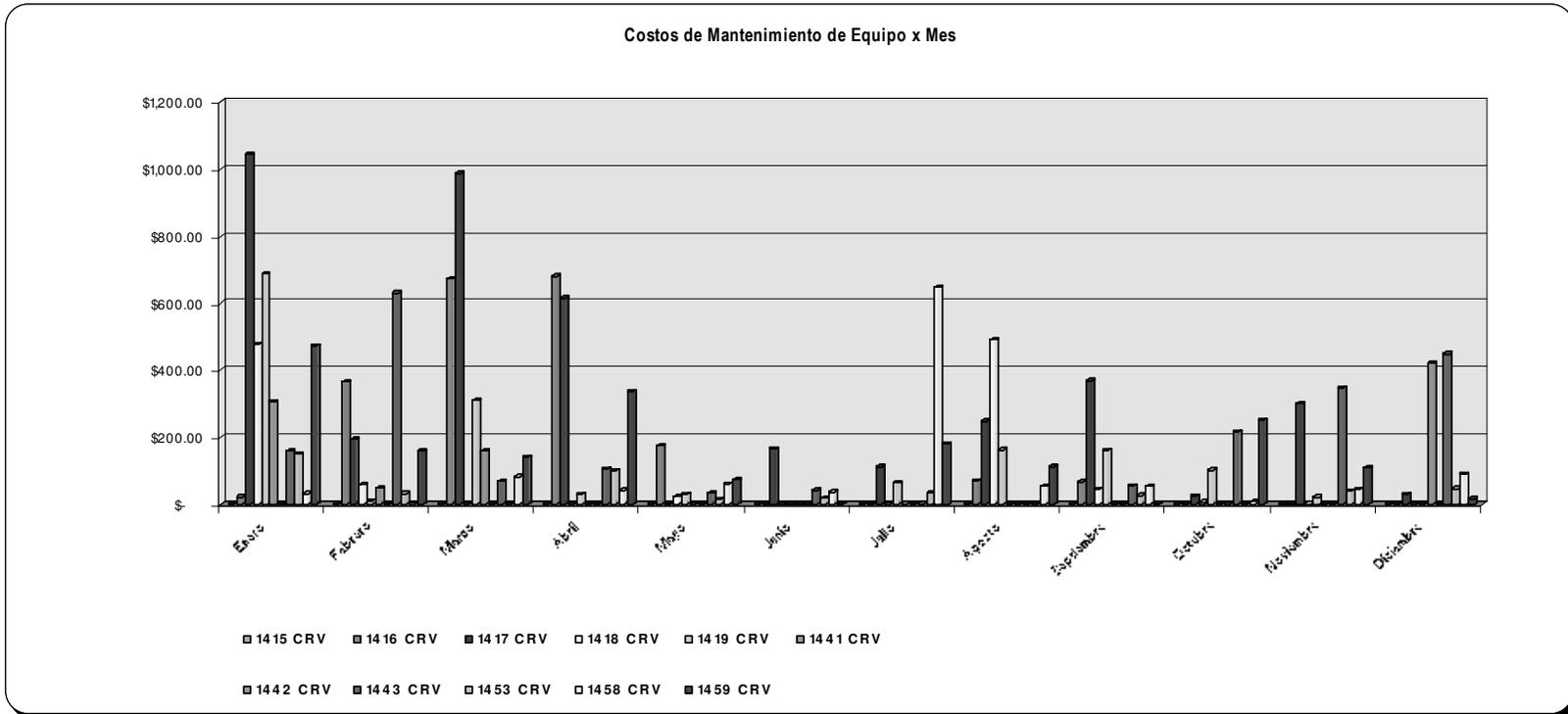


Figura 3.20 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de rodos compactadores en el año 2005.

Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

Costos de Mantenimiento Mensual														
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio Mensual x Equipo
1415 CRV	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 53.75	\$ 12.19	\$ 21.93	\$ 255.51	\$ 790.44	\$ 201.19	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,335.01	\$ 111.25
1416 CRV	\$ 20.35	\$ 2.55	\$ 24.39	\$ 281.99	\$ 301.58	\$ 61.00	\$ 542.07	\$ 75.57	\$ 36.77	\$ 112.31	\$ 592.18	\$ 23.90	\$ 2,074.66	\$ 172.89
1417 CRV	\$ 31.49	\$ -	\$ 22.65	\$ 85.50	\$ 214.20	\$ 486.60	\$ 516.11	\$ 58.38	\$ 14.88	\$ 13.22	\$ 451.69	\$ 555.26	\$ 2,449.98	\$ 204.17
1418 CRV	\$ 3.93	\$ -	\$ 26.18	\$ 662.46	\$ 44.54	\$ 94.39	\$ 45.41	\$ 157.45	\$ 16.97	\$ 74.10	\$ 502.21	\$ 88.15	\$ 1,715.79	\$ 142.98
1419 CRV	\$ 3.93	\$ -	\$ 10.48	\$ 122.90	\$ 114.40	\$ 4,343.85	\$ 3.30	\$ 729.97	\$ 66.80	\$ 45.00	\$ 57.50	\$ 422.33	\$ 5,920.46	\$ 493.37
1441 CRV	\$ 67.36	\$ 92.54	\$ 11.35	\$ -	\$ 1,719.33	\$ 172.84	\$ 546.79	\$ 221.57	\$ 42.03	\$ 942.50	\$ 607.12	\$ 155.35	\$ 4,578.78	\$ 381.57
1443 CRV	\$ 563.59	\$ 43.59	\$ 804.03	\$ 8.12	\$ 800.14	\$ 33.05	\$ 119.08	\$ -	\$ 66.23	\$ 307.98	\$ 2,551.15	\$ 151.02	\$ 5,447.98	\$ 454.00
1453 CRV	\$ 166.92	\$ 24.73	\$ -	\$ 2.69	\$ 55.71	\$ 444.88	\$ -	\$ 363.57	\$ 10.78	\$ 66.73	\$ 149.20	\$ 260.37	\$ 1,545.58	\$ 128.80
1454 CRV	\$ 810.87	\$ 68.97	\$ 95.73	\$ 48.08	\$ 79.16	\$ 102.17	\$ 36.13	\$ 21.06	\$ -	\$ 42.06	\$ 155.37	\$ 33.43	\$ 1,493.03	\$ 124.42
1455 CRV	\$ 329.95	\$ -	\$ 29.99	\$ 60.50	\$ 47.68	\$ -	\$ -	\$ 26.29	\$ 13.14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 507.55	\$ 42.30
1457 CRV	\$ 104.31	\$ 54.34	\$ 71.64	\$ 54.44	\$ 119.60	\$ -	\$ 66.27	\$ 64.66	\$ 5.05	\$ 23.66	\$ 231.15	\$ 47.66	\$ 842.78	\$ 70.23
1458 CRV	\$ 47.43	\$ 112.61	\$ 84.53	\$ 50.31	\$ 35.94	\$ 32.95	\$ 99.12	\$ 171.24	\$ -	\$ 31.53	\$ 113.92	\$ 151.39	\$ 930.97	\$ 77.58
1459 CRV	\$ 8.22	\$ 337.21	\$ 872.71	\$ 123.02	\$ 55.77	\$ 342.21	\$ 115.82	\$ -	\$ 253.27	\$ 106.41	\$ 66.91	\$ 150.42	\$ 2,431.97	\$ 202.66
Totales	\$ 2,158.35	\$ 736.54	\$ 2,053.68	\$ 1,553.76	\$ 3,600.24	\$ 6,135.87	\$ 2,345.61	\$ 2,680.20	\$ 727.11	\$ 1,765.50	\$ 5,478.40	\$ 2,039.28	\$ 31,274.54	\$ 2,606.21
Promedio Mensual	\$ 166.03	\$ 56.66	\$ 157.98	\$ 119.52	\$ 276.94	\$ 471.99	\$ 180.43	\$ 206.17	\$ 55.93	\$ 135.81	\$ 421.42	\$ 156.87		

Tabla 3.27 Costos de mantenimiento de un grupo de rodos compactadores por mes en el año 2006.

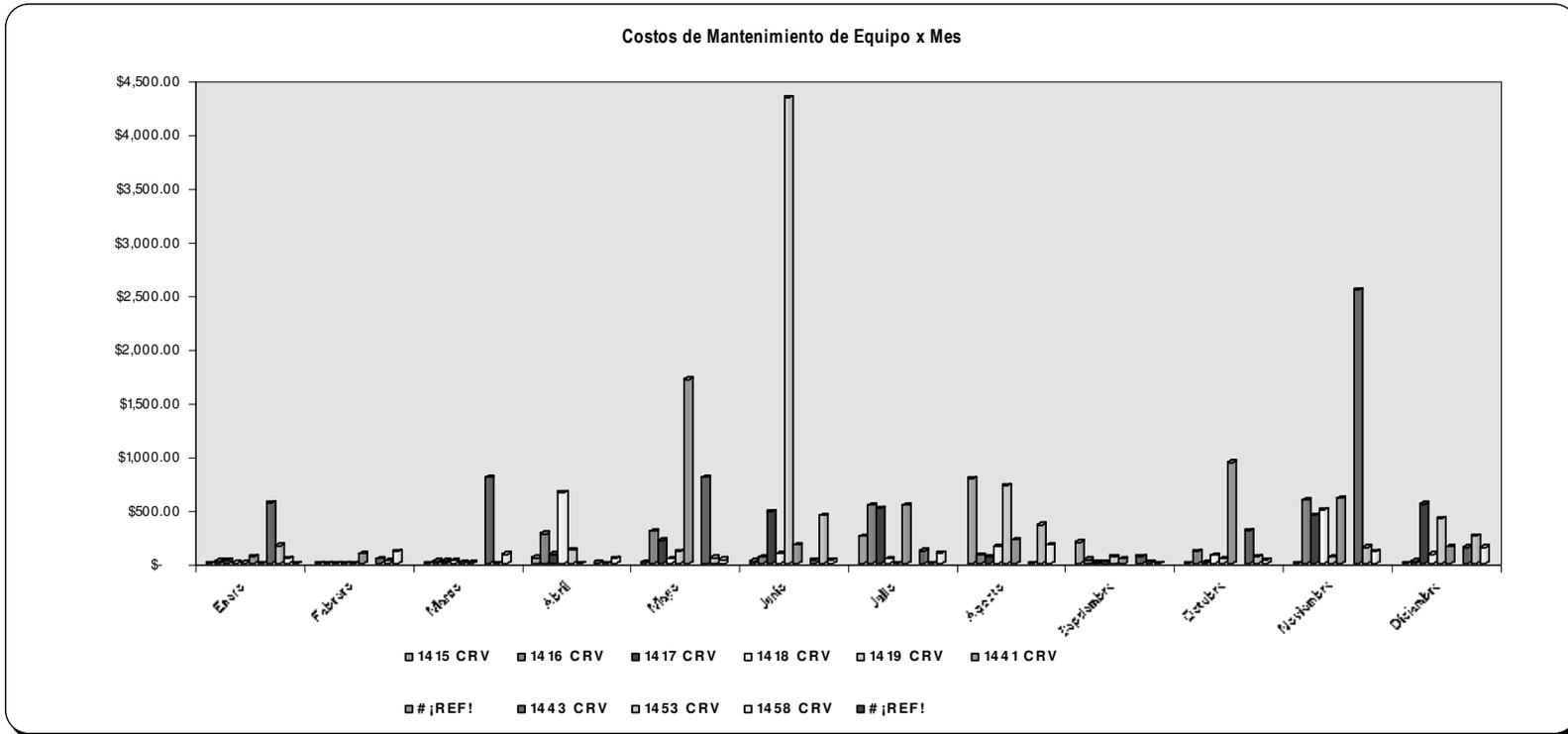


Figura 3.21 Grafica del costo por mantenimiento de equipo por mes de un grupo de rodos compactadores en el año 2006.

Fuente: Cortesía de SIMAN CONSTRUCTORA S.A. de C.V.

En las tablas 3.26 y 3.27 se observa los promedios por año de mantenimiento: *preventivo* (revisión diaria antes de comenzar la jornada por el operador del equipo), *rutinario* (mantenimiento a las 250, 500 y 1000 horas de uso del equipo) y *correctivo* (reparaciones de piezas por desgaste y mala operación del equipo), los cuales varían mes a mes en cada uno de los equipos. Esta variación refleja un comportamiento irregular.

Esto se debe a que cada una de las maquina se desconoce las condiciones de trabajo, la calidad del operador, los tipos de reparaciones que realizo y las condiciones del equipo.

Las tablas nos presentan un costo por mes el cual no es igual ni similar en ningún otro mes, ni periodo de análisis. Por lo que se concluye: Los costos presentados es útil para llevar un control de los gastos por equipo y no para obtener un comportamiento regular donde se pueda estima el costo directo de mantenimiento de otro equipo similar.

3.10.3 Calculo matemático para obtener el factor de mantenimiento.

EQUIPO ANALISADO	FACTOR	CONDICION
CRITERIOS		
1. TIPOS DE EQUIPOS	1.00	Rodo compactadores ▼
2. TOTAL HORAS DE USO	1.90	12,000.00 ▼
3. AÑOS DE USO DE MAQUINARIA	1.00	5 ▼
4. TEMPERATURA, (FARENHEIT)	1.00	Normal 32° a 84° ▼
5. CONDICIONES DE TRABAJO	1.00	Intermedias ▼
6. MANTENIMIENTO	0.80	Buena ▼
7. TIPO DE SERVICIO	1.00	Contratista ▼
8. OPERACIÓN	1.00	Intermedio ▼
9. EXPERIENCIA	0.80	Bueno ▼
10. CONDICIONES DEL EQUIPO	1.00	Intermedias ▼
11. PRESIÓN DE TRABAJO	1.00	Normales ▼

FACTOR DE MANTENIMIENTO CALCULADO	1.22
--	-------------

Tabla 3.28 Calculo del factor de mantenimiento para un rodo compactador.
Fuente (2).

3.10.4 Calculo matemático para obtener el factor de vida económica.

En el análisis de la obtención de la vida económica del ejemplo presentado se utiliza la siguiente tabla:

	Zona dificultad baja	Zona dificultad intermedia	Zona dificultad alta
Compactadores	Trabajos ligeros diversos. Apilamiento. Remolque de compactadores. Empuje de relleno suelto con la hoja. Sin cargas de choque. 15.000 Horas	Trabajo con la hoja y empuje de traíllas en la carga de arcilla, arena, limo, grava suelta. Despejado en torno de la pala mecánica. 12.000 Horas	Trabajo continuo en el empuje de rocas con la hoja. Empuje de traíllas en zonas pedregosas y rocosas. Fuertes cargas de choque. Trabajo de compactación en rellenos sanitarios. 8.000 Horas

Tabla 3.29 Diferentes valores de la vida económica de un rodo compactador.

Fuente (1).

$V_e = \text{Vida económica} = 12,000 \text{ hrs (zona intermedia)}$

$V_a = \text{Vida económica de piezas especiales} = \text{no se considera}$

$$H_{ea} = \text{Tiempo trabajado por año} = \frac{12,000HR}{5años} = 2400hrs / año$$

Determinación de consumo de combustible y lubricantes.

Potencia del equipo (Hp). Fuente (17)	Equivalente en modelo Caterpillar. Fuente (10).	Consumo de lubricantes: Carter, transmisión, mandos finales y control hidráulico (litros). Fuente (1).	Consumo de combustible (litros). Fuente (1).
216	815B	0.2670	36 - 42

3.10.5 Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria

Descripción: Rodo compactador pata de cabra modelo 815B			
Clave: Equipo tesis 05		UNIDAD:	HORA
Datos generales			
Vad = Valor de adquisición =	\$126,000.00	Pnom = Potencia nominal =	hp 216.00
Pn = Valor de llantas =	\$0.00	Tipo de combustible	diesel
Pa = Valor de piezas especiales =	\$0.00	Pc = Precio del combustible =	\$ litro \$0.70
Vm = Valor neto = Vad-Pn-Pa =	\$126,000.00		
r = Factor de rescate =	20.00%		
Vr = Valor de rescate = Vm*r =	\$25,200.00		
i = Tasa de interes =	12.00%		
s = Prima de seguros =	1.50%	Pac = Precio del aceite =	\$ litro \$5.29
Ko = Factor de mantenimiento =	1.22000	Vn = Vida económica de llantas =	hrs 1.00
Ve = Vida económica =	12,000.00		
Va = Vida económica de piezas especial	0.00	Gh = Cantidad de combustible =	lts/hr 40.0000
Hea = Tiempo trabajado por año =	2,400.00	Ah = Cantidad de aceite	lts/hr 0.26700
Clave	Fórmula	Total	
Cargos Fijos			
Depreciación:	$D = (Vm - Vr) / Ve$		\$8.40
inversión:	$Im = ((Vm + Vr) / 2Hea) i$		\$3.78
Seguros:	$Sm = ((Vm + Vr) / 2Hea) s$		\$0.47
Mantenimiento:	$Mn = (Vad / Ve) * Ko$		\$10.25
Otros:			
Total de Cargos Fijos			\$22.90
Consumos			
Combustibles:	$Co = Gh * Pc$		\$27.88
Lubricantes:	$Lb = Ah * Pac$		\$1.41
Llantas:	$N = Pn / Vn$		\$0.00
Total de Consumos			\$29.29
Operación			
Salario tabulado por día	$Sn =$		\$20.00
Factor de salario real:	$Fsr =$		\$1.40
Salario real de operación:	$Sr = Sn * Fsr =$		\$28.00
Horas efectivas por turno de trabajo:	$Ht =$		\$8.00
M. de Obra	$Po = Sr / Ht$		\$3.50
Total de Operación			\$3.50
Costo Horario			\$55.69

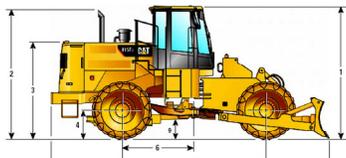


Tabla 3.30 Ejemplo de aplicación de la obtención del costo horario de un rodo compactador.

CAPITULO IV: CALCULO DE VOLÚMENES DE TIERRA UTILIZANDO LAND DESKTOP 2004

4.1 GENERALIDADES DEL CAPITULO

El presente capitulo tiene como finalidad dar a conocer la metodología para la creación de una superficie del terreno natural donde se proyecta realizar o desarrollar la urbanización, esto se lograra mediante la utilización de software's especiales con aplicación al movimientos de tierra.

Los software's más utilizados y existentes en el mercado en nuestro país, de los cuales podemos mencionar los siguientes:

Nombre del Software	Nombre de la empresa distribuidora	País de origen
Protopo	ApliCAD	España
TopoCal	Distribución libre	México
Strato	Carazzai	Italia
CivilCAD	ArqCOM	México

Tabla 4.1 Nombre de los softwares existentes en el mercado salvadoreño especializados en el cálculo de volúmenes de tierra.

Estos programas antes mencionados simplifican el calculo matemático y de dibujo de la superficies del terreno natural, en el cual se ejecutaran las obras de movimiento de tierras, esto lleva ha reducir el tiempo en la ejecución de los trabajos.

Otra ventaja es detectar y minimizar los posibles inconvenientes en la ejecución de los trabajos de terracería en urbanizaciones. En nuestro país uno de los programas más utilizados por la mayor parte de los Ingenieros y Empresas Constructoras es **Land Desktop**.

Para el desarrollo de este trabajo se ocupara el software **Land Desktop 2004**, módulos "*AutoCAD Land Development Desktop*" y "*Autodesk Civil Design*".

Nota: “No se describe con detalle la utilización de todos los comandos, debido a que el objetivo principal de este trabajo no es crear un manual de referencia”.

Durante el desarrollo de este trabajo, no se hará distinción entre los módulos de Land Desktop. Se nombrará como el mismo nombre, aplicándose las rutinas de uno o de otro, según se requiera.

4.1.1 Generalidades de módulo Land Desktop

AutoCAD Land Development Desktop, es una aplicación de Autodesk, desarrollada para los profesionales del área de la Ingeniería Civil, Geomensura y Cartografía. Sus rutinas tienen como fuente de origen el programa *Civil/Survey S8 de Autodesk*. Su plataforma de trabajo es el AutoCAD Map R5, sobre AutoCAD 2002.

Las aplicaciones en las cuales este programa hace más eficiente su desarrollo, son las siguientes:

1. Planimetría (producción de planos topográficos en planta).
2. Lotificaciones y parcelaciones.
3. Modelos tridimensionales de terreno.
4. Curvas de nivel.
5. Obtención de cortes del terreno.
6. Cálculo de volúmenes producidos por proyectos, tales como excavaciones, plataformas, terrazas, pilas, botaderos, etc.
7. Informes de cubicación de los proyectos antes expuestos.
8. Diseño en planta de caminos, canales, presas o de cualquier otro proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje (este módulo no permite el diseño en alzada y su posterior cubicación).

Los archivos digitales que se obtienen como resultado son de extensión **"*.dwg"**.

Estos pueden ser recuperados por el AutoCAD 2000 (o versión 14, si es que los archivos son previamente guardados con este formato), sin necesidad de que se incluya el Land Desktop.

4.1.2 Generalidades de modulo Autodesk Civil Design

Autodesk Civil Design, es una aplicación la cual complementa al utilizar como plataforma de trabajo AutoCAD Land Development Desktop; es decir, no funciona sin la previa instalación de este programa. Por lo tanto, está dirigida al mismo grupo de profesionales mencionados en el literal 4.0.1.

Las aplicaciones que se pueden realizar con este programa son los siguientes:

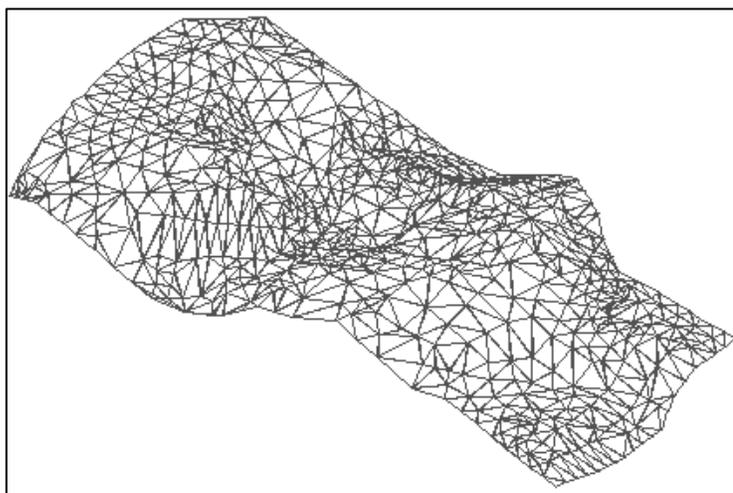
1. Diseño de proyectos tales como excavaciones, plataformas, terrazas, pilas, botaderos, etc.
2. Diseño de caminos, canales, presas o de cualquier otro proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje (incluye diseño en planta, alzada y perfiles tipos o de proyecto).
3. Diseño avanzado de caminos (peraltes, ensanches, taludes en terraza, etc.).
4. Cubicación de estos proyectos.
5. Diseño en planta de todo tipo de canchas (fútbol, tenis, basketball, baseball, hockey, etc.)
6. Otras aplicaciones...

4.2 MODELACIÓN DIGITAL DE TERRENOS.

En la mayor parte de los trabajos que se desean ejecutar en obras de terracería por lo general se le presenta al calculista planos digitales que no poseen ninguna propiedad vectorial de Land Desktop, simplemente son representaciones en planta de accidentes

naturales del terreno, como también la proyección en planta y perfil de las vías de circulación y disposición de las parcelas dentro de una urbanización.

Por lo que es necesario generar las propiedades vectoriales necesarias para que el dibujo proporcionado posea las características de Land Desktop. A continuación se describe la teoría fundamental en la cual se basa este software.



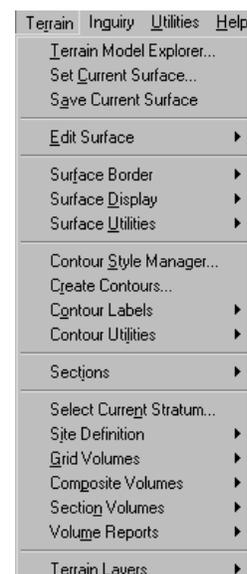
Se basa en un modelo digital de terreno que es creado con AutoCAD Land Development Desktop, es una malla de triángulos irregulares en tercera dimensión (3D), cuyos vértices representan los puntos topográficos o los vértices de las curvas de nivel digitalizadas.

Figura 4.1 Ejemplo de modelo digital de un terreno.
Fuente (19)

Para la creación de una superficie básicamente se tienen que seguir tres pasos fundamentales los cuales son:

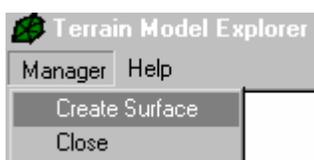
1. Creación de una nueva superficie.
2. Selección de los datos o información topográfica con la cual se calculará la superficie.
3. Cálculo de la malla o superficie con la información seleccionada en el paso anterior.

Nota: En este capítulo no se llevara el orden de los comandos, tal como vienen en los menús, es decir se hará la descripción de los comandos según el orden lógico de la creación de una superficie.



Primero se calculará la malla, luego se usarán los comandos que permiten visualizar la superficie en tercera dimensión, se calcularán las curvas de nivel del terreno y finalmente se generarán los cortes en la malla.

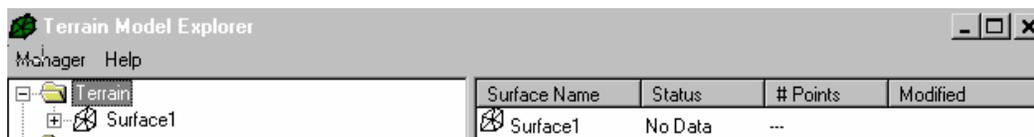
4.2.1 Creación de una nueva superficie



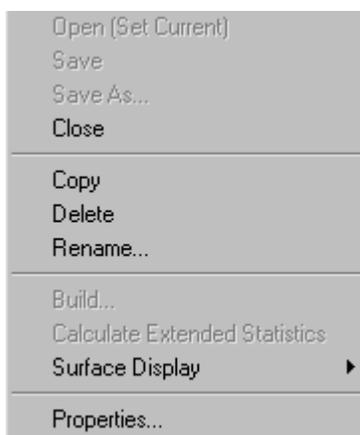
En el menú "Manager" se encuentra el comando "Create Surface", el cual permite crear superficies.

Al seleccionarlo, se crea de inmediato una superficie de nombre "Surface1". Como aún no se ha seleccionado ninguna información topográfica para esta superficie, aparece en la ventana a la derecha, debajo del título "Status", la expresión "No Data".

Esto significa que no ha sido seleccionado ningún dato para construir la malla.

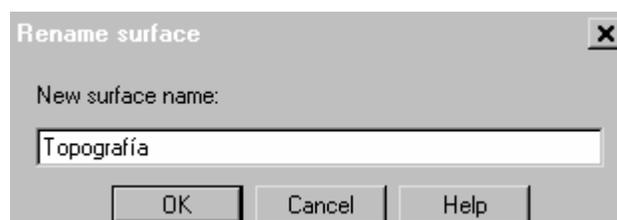


El nombre "Surface1" es asignado por el programa. Generalmente, no es un nombre conveniente de usar, porque no describe a la superficie que se modelará. Por lo tanto, lo común es cambiarle de nombre. Para ello, se debe seleccionar con el mouse la superficie y luego presionar el botón derecho del mismo. Al hacerlo, se despliega el siguiente menú.



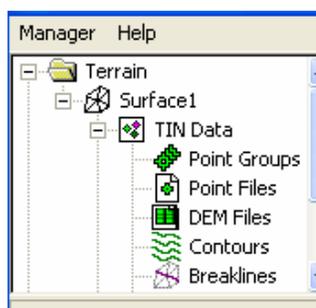
El comando que se utiliza para renombrar la superficie es "Rename".

Usándolo se selecciona esta instrucción, aparece la siguiente caja de dialogo:



En esta caja de dialogo se debe ingresar el nombre que se le desea asignar a la superficie. En esta ocasión se escribió "Topografía". Esto significa, que el programa va a crear un subdirectorio, con ese nombre, en el directorio *Land Projects*, con el objeto de guardar ahí toda la información relativa con la superficie. Solamente se usó como ejemplo ese nombre, pensando en que sería conveniente, ya que la información que se va a procesar será de un levantamiento topográfico.

4.2.2 Selección de los datos o información topográfica



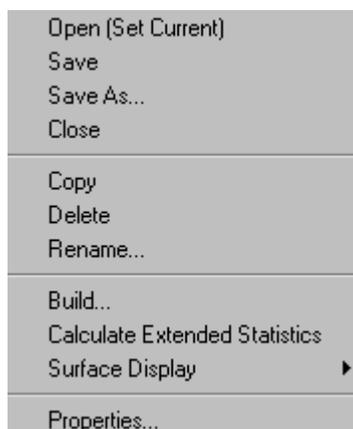
En esta imagen se muestra las opciones con la cual se calculará la superficie, los comandos para seleccionar la información topográfica, se encuentran al presionar dos veces en el mouse (doble "click"), sobre la superficie en la cual se desea trabajar.

Al realizar esta operación, se despliega una lista de distintas instrucciones, tal como lo muestra la imagen.

Sin embargo, en este punto se concentrará la atención hacia los comandos de selección de información topográfica. Estos se encuentran, específicamente, bajo el título de "TIN Data" (Triangulated Irregular Network). Existen tres posibles fuentes de información topográfica:

1. **Puntos topográficos:** provenientes de un levantamiento topográfico: "Point Groups" y "Point Files".
2. **Curvas de nivel:** provenientes de un levantamiento aerofotogramétrico o de una digitalización de algún plano existente: "Contours".
3. **Accidentes o quiebres:** tales como, quebradas, cumbres, ríos, caminos, canales, etc.: "Breaklines".

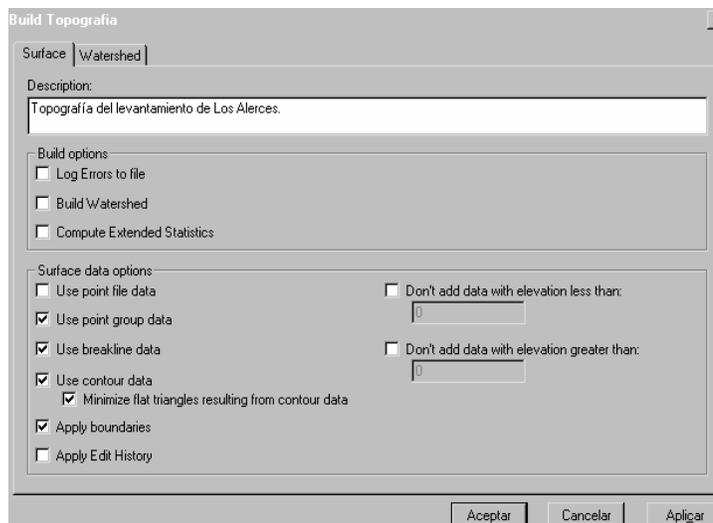
4.2.3 Cálculo de la malla o superficie



Con la información seleccionada en el paso anterior, se utiliza el comando "Build" se hace el cálculo de la superficie o malla triangular en tercera dimensión. Al seleccionarlo, se despliega un cuadro de diálogo, que contiene dos carpetas, "Surface" y "Watershed". La primera, incluye todas las herramientas relativas a la construcción de la malla, la segunda, se refiere al cálculo de posibles cuencas sobre la superficie recién calculada.

Carpeta "Surface"

⇒ “Description” Este espacio está destinado para ingresar una descripción de la superficie que se calculará, con un largo máximo de hasta 255 caracteres.



Es conveniente hacerlo, ya que permite agregar mayor información sobre el modelo de terreno que se construirá. Cuando se está trabajando con varias superficies a la vez o se requiere utilizar alguna que no se ha ocupado, servirá como recordatorio, para decidir si la superficie seleccionada es la que se desea usar.

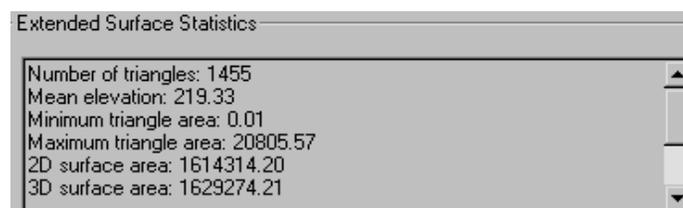
- ⇒ “Build Options” Es importante mencionar, que las opciones que se encuentran bajo este título, no son imprescindibles para el cálculo de la superficie.
- ⇒ “Log Errors to file” Si se enciende esta opción, cualquier error que ocurra durante el cálculo del modelo de terreno, se guardará en un archivo de nombre "*.err", ubicado en un subdirectorio de *Land Projects*. Esto se hace con el objeto de revisar posteriormente, cualquier inconveniente, que pueda haber sucedido.
- ⇒ “Build Watershed” Si se enciende esta opción, se calcularán las posibles cuencas existentes en el modelo de terreno recién construido y se indicarán gráficamente en el dibujo. Las variables que definen las cuencas, deberán estar ingresadas, previamente, en la carpeta "Watershed".

⇒ “Compute Extended Statistics” Si se enciende esta opción, el programa entrega mayor información sobre la superficie recién calculada. Los datos que expone son:

- Number of triangles: Número de triángulos resultantes del cálculo de la superficie.
- Mean elevation: Cota promedio de la superficie.
- Minimum triangle area: Área del menor triángulo.
- Maximum triangle area: Área del mayor triángulo.
- 2D surface area: Área horizontal de toda la superficie.
- 3D surface area: Área en pendiente de toda la superficie.
- Minimum grade: Pendiente mínima de la superficie.
- Maximum grade: Pendiente máxima de la superficie.

⇒ Average grade: Pendiente promedio de la superficie. Estos datos los entrega en una ventana, que tiene como título "Extended Surface Statistics". Esta se encuentra en el cuadro principal del "Terrain Model Explorer".

La siguiente imagen muestra un ejemplo:



⇒ “Surface Data Options” Los comandos que se encuentran bajo este título permiten seleccionar cualquiera de los datos creados en el numeral 4.1.2. Selección de los datos o información topográfica con la cual se calculará la superficie, participarán en la construcción del modelo de terreno. Se deben

encender todas las alternativas de datos, que hayan sido definidas y que ahora realmente se quieran usar.

Surface	Watershed
Minimum Depression Depth:	0
Minimum Depression Area:	0
<input checked="" type="checkbox"/> Must exceed both minimum area and minimum depth	

Carpeta "Watershed":

En esta carpeta se definen las condiciones de las cuencas que se desean encontrar en la superficie que se

construirá.

Las variables que se deben definir son:

1. Minimum Depression Depth: En este espacio se ingresa la mínima profundidad de depresión que debe tener la cuenca.
2. Minimum Depression Area: En este espacio se ingresa la mínima área de depresión que debe tener la cuenca.
3. Must exceed both minimum area and minimum depth: Esta opción indica que ambas condiciones se deben cumplir.

Si estas condiciones se cumplen en algún lugar de la superficie calculada, se dibujarán estas áreas, de tal manera, que se pueda conocer su dimensión y forma.

4.2.3.1 Corrección de la malla

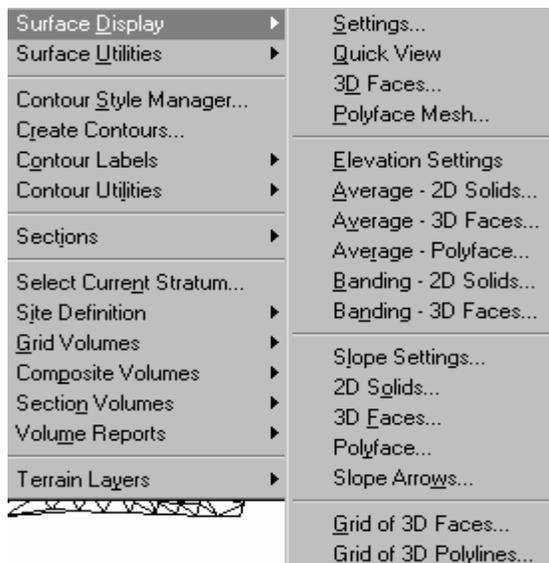
Se arreglan los errores cometidos durante el cálculo, todos los comandos relacionados con la corrección de la malla se encuentran en el menú "Edit Surface". Éste no está presente en la ventana "Terrain Model Explorer", si no directamente en el menú "Terrain".

Edit Surface	▶	Import 3D Lines
Surface Border	▶	Add Line
Surface Display	▶	Delete Line
Surface Utilities	▶	Flip Face
Contour Style Manager...		Add Point
Create Contours...		Delete Point
Contour Labels	▶	Edit Point

Cuanto mejor hayan sido seleccionados los datos para calcular la malla, menos habrá que corregir después de su generación. A pesar de ello, siempre existen algunos

lugares en los cuales el programa no realiza los cálculos correctamente. Para prevenir estos casos, existen los comandos de “Edit Surface”.

4.3 COMANDO PARA ESTUDIAR Y VISUALIZAR EL TERRENO MODELADO.

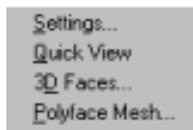


Existen varios comandos que permiten visualizar de una manera más conveniente la superficie modelada. Otros facilitan el estudio de pendientes y elevaciones del terreno. Estas herramientas se encuentran en el menú “Surface Display”.

4.3.1 Comandos para visualizar el terreno en 3D

Existen dos maneras de mostrar el terreno: La primera es *con una malla triangular*, la segunda es con *una malla rectangular*.

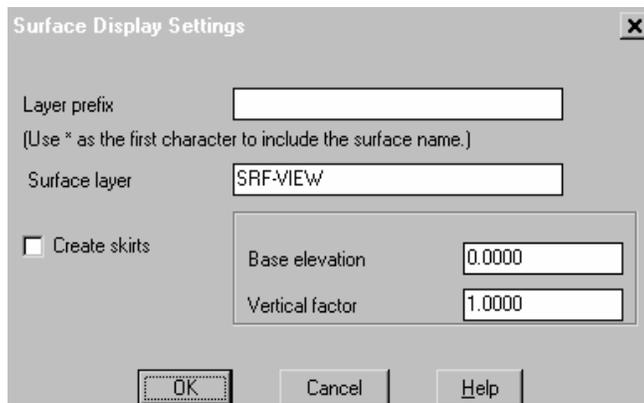
4.3.1.1 Malla triangular



Los comandos que permiten visualizar la superficie con una malla triangular son: “Quick View, 3D Faces y Polyface Mesh”. Éstos serán descritos más adelante.

Antes que todo, se deben establecer los parámetros, con los cuales se desea crear cualquiera de estas mallas. Para ello se debe ingresar a la opción "Settings".

Al seleccionar "Settings", se despliega el siguiente cuadro de diálogo:



1. Layer prefix: Es posible ingresar una expresión que será usada como prefijo en todos los layers que se creen de aquí en adelante.
2. Surface layer: Indica el layer donde se va a guardar la malla.
3. Create skirts: Crea una malla vertical entre el terreno y la cota base.
4. Base elevation: Cota base de referencia para la malla.
5. Vertical factor: Factor vertical, indica cual va a ser la relación entre la escala vertical y la horizontal.

Las tres alternativas posibles de mallas triangulares son, ver figura 4.2:

- a) **Quick View**: Este comando crea una malla triangular en tercera dimensión, compuesta por vectores temporales. Es decir, ésta desaparece por completo en cuanto se utiliza otro comando, ya que no está conformada por entidades de dibujo.
- b) **3D Faces**: Este comando crea una malla triangular en tercera dimensión, compuesta por caras independientes entre sí. La entidad de dibujo que utiliza el programa para ello se llama "3D Faces".
- c) **Polyface Mesh**: Este comando crea una malla triangular en tercera dimensión, compuesta por caras en 3D, que se comportan como una sola

unidad. La entidad de dibujo que utiliza el programa para ello se llama "Polyface".

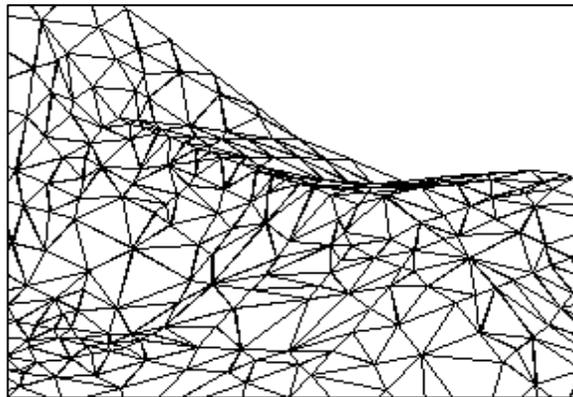


Figura 4.2 Ejemplo para una malla triangular.

Fuente (19)

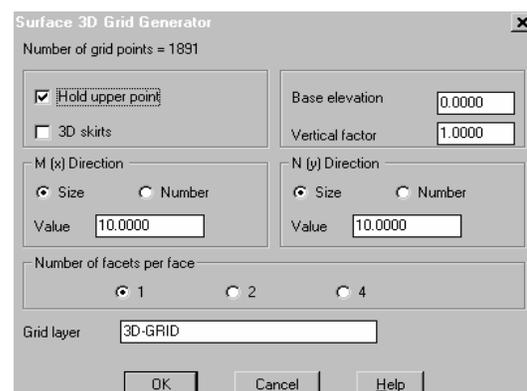
4.3.1.2 Malla rectangular

Grid of 3D Faces...
Grid of 3D Polylines...

Los comandos que permiten visualizar la superficie con una malla rectangular son: "Grid of 3D Faces" y "Grid of 3D Polylines". Ver figura 4.3.

Grid of 3D Faces: Este comando crea una malla rectangular en tercera dimensión, compuesta por caras independientes entre sí. La entidad de dibujo que utiliza el programa para ello, se llama "3D Faces".

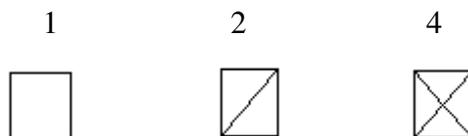
Al seleccionar el comando, lo primero que se tiene que indicar es el sitio dónde se calculará y qué ángulo de rotación tendrá. Una vez definido esto, se despliega el siguiente cuadro de diálogo:



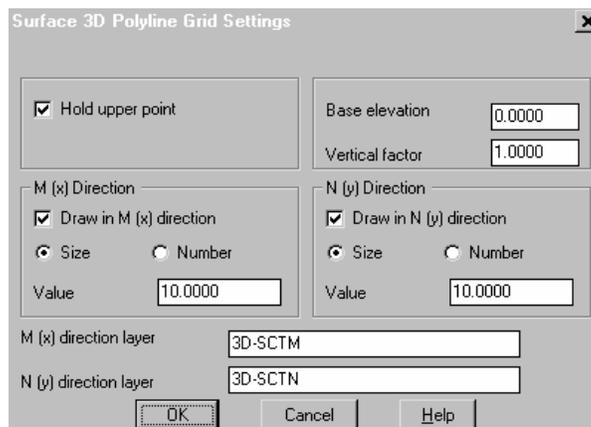
1. Hold upper point: Si esta opción está encendida, el programa ajusta el número o cortes de las caras (3D faces) al tamaño del sitio donde se generará la malla.
2. Create skirts: Crea una malla vertical entre el terreno y la cota base.
3. Base elevation: Cota base de referencia para la malla.
4. Vertical factor: Factor vertical, indica cual va a ser la relación entre la escala vertical y la horizontal.
5. M (x) Direction: Se refiere al tamaño de la malla en la dirección de las X.
6. N (y) Direction: Se refiere al tamaño de la malla en la dirección de las Y.

En ambos casos es posible definir un tamaño de la malla con el comando “Size” o un número determinado de celdas con el comando “Number”. En el comando “Value” se ingresa el valor de una de las dos alternativas.

Number of facets per face: Se refiere a la cantidad de divisiones que tendrá cada malla. Se puede seleccionar entre 1, 2 y 4 divisiones. Dependiendo de la elección, las mallas se verán según muestran las imágenes a continuación:



Grid layer: Es el nombre del layer donde se guardará la malla.



Grid of 3D Polylines: Este comando crea una malla rectangular en tercera dimensión, compuesta por polilíneas en 3D. La entidad de dibujo que utiliza el

programa para ello, se llama "3D Polyline".

Al seleccionar el comando, lo primero que se debe indicar es el sitio dónde se calculará y qué ángulo de rotación tendrá. Una vez definido esto, se despliega el siguiente cuadro de diálogo.

Todos los parámetros que aparecen en este cuadro, ya fueron descritos anteriormente para la opción "Grid of 3D Faces".

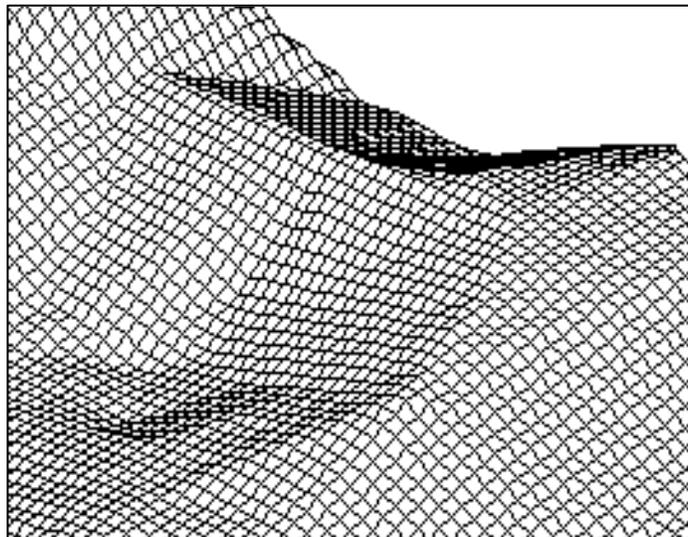
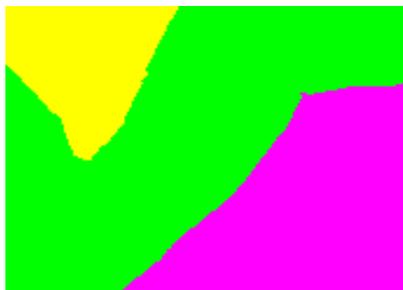


Figura 4.3 Ejemplo de una malla rectangular.

Fuente (19).

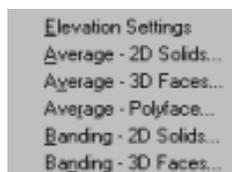
4.3.2 Comandos para estudiar el terreno



El programa permite estudiar y conocer mejor el terreno modelado, analizando sus elevaciones o sus pendientes creando rangos a los cuales se les puede asignar un color determinado. De esa forma se pueden distinguir más fácilmente los rangos de cotas o de pendientes.

Figura 4.4 Ejemplo una imagen con tres rangos de colores para la modelación de terrenos.

4.3.2.1 Estudio de elevaciones



Las opciones para crear mapas de colores referentes a las cotas del terreno son las siguientes: “Average-2D Solids”, “Average-3D Faces”, “Average-Polyface”, “Banding-2D Solids” y “Banding-3D Faces”. Éstas serán descritas más adelante.

Antes que todo, se deben establecer los parámetros, con los cuales se desea crear cualquiera de estos mapas. Para ello se debe ingresar a la opción "Elevation Settings".

Al seleccionar "Elevation Settings", se despliega el siguiente cuadro de diálogo:

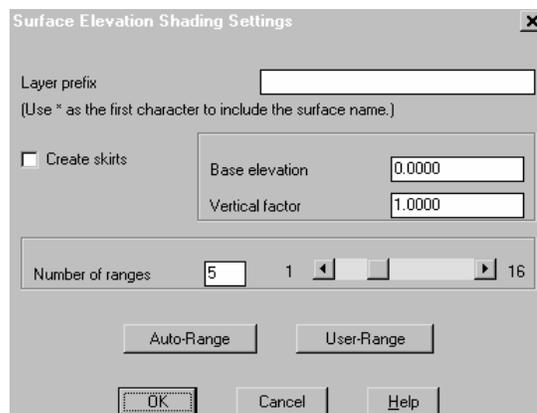
a) Layer prefix: Es posible ingresar una expresión que será usada como prefijo en todos los layers que se creen de aquí en adelante.

b) Create skirts: Crea una malla vertical entre el terreno y la cota base.

c) Base elevation: Cota base de referencia para la malla.

d) Vertical factor: Factor vertical, indica cual va a ser la relación entre la escala vertical y la horizontal.

e) Number of ranges: Es el número de rangos de colores que se desea crear. Para este ejemplo se usó 5 rangos. Sin embargo, existe la posibilidad de crear hasta 16 rangos distintos.



- f) Auto-Range: Esta opción permite crear los rangos de cotas de manera automática. Solamente se debe indicar la cota mínima y máxima del terreno, entre las cuales se desea generar los rangos de colores. El programa divide en forma equitativa este intervalo de cota entre el número de rangos que se definió en "Number of ranges". De esa forma, quedan todos los rangos del mismo tamaño.

Al seleccionar esta alternativa, se despliega el siguiente cuadro, en el cual se debe ingresar la cota mínima y máxima del terreno, entre las cuales se desea crear los rangos de colores. El programa da en un principio las cotas límites de toda la superficie. Sin embargo, es posible ingresar un intervalo menor. La imagen al costado muestra este cuadro:

Luego de aceptar este cuadro, se despliega otro, en cual se deben definir las características de los rangos:

Range	Begin	End	Layer	Color
1-	207.00	218.00	SRF-RNG1	1
2-	218.00	230.00	SRF-RNG2	2
3-	230.00	241.00	SRF-RNG3	3
4-	241.00	253.00	SRF-RNG4	4
5-	253.00	265.00	SRF-RNG5	5
6-				

En este cuadro se observa que solamente existe la posibilidad de crear 5 rangos distintos. Esto se debe al número que se definió en el parámetro "Number of ranges". Además, los rangos

ya están calculados, de tal forma que todos tienen aproximadamente el mismo tamaño.

Los parámetros que se deben definir son:

- ✓ Begin: Cota de inicio del rango.
- ✓ End: Cota final del rango.
- ✓ Layer: Nombre del layer, dónde se desea guardar los elementos del rango.
- ✓ Color: Color que representará al rango.

“User-Range”: Esta opción permite crear los rangos de cotas de manera manual.

Al seleccionarla, se ingresa directamente al cuadro de definición de rangos. En este caso, las cotas mínimas y máximas de los intervalos, no han sido calculadas. Se deberán ingresar en este momento.

Range	Begin	End	Layer	Color
1 -	0.00	5.00	SRF-RNG1	1
2 -	5.00	10.00	SRF-RNG2	2
3 -	10.00	15.00	SRF-RNG3	3
4 -	15.00	35.00	SRF-RNG4	4
5 -	35.00	100.00	SRF-RNG5	5
6 -				

Los parámetros de este cuadro, ya fueron explicados en la opción "Auto-Range". No se considera necesario repetirlos en esta oportunidad.

Existen 5 alternativas posibles para crear mapas de colores, referentes a las cotas del terreno. Éstas se diferencian entre sí, solamente por los elementos de dibujo que se utilizan para generarlos.

“Average”: Los tres comandos que empiezan con la palabra "Average", crean mapas en los cuales los rangos de colores se limitan por los triángulos de la malla. Como los triángulos generalmente no son planos se utilizan las cotas promedio que hay entre sus tres vértices para calcular a cuál de los rangos pertenece cada uno.

“2D Solids”: Crea un mapa compuesto por elementos sólidos. Los triángulos de la malla no se ven, están completamente coloreados.

“3D Faces”: Crea un mapa compuesto por caras en tercera dimensión, todas independientes entre sí.

“Polyface”: Crea un mapa compuesto por caras en tercera dimensión, que se comportan como una sola unidad.

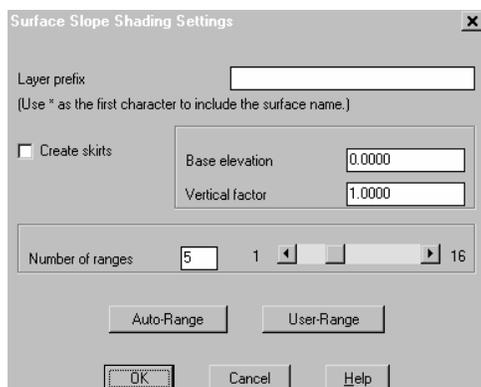
“Banding”: Los dos comandos que empiezan con la palabra "Banding", crean mapas en los cuales los rangos de colores se limitan por las curvas de nivel, generando bandas de colores.

4.3.2.2 Estudio de pendientes



Las opciones para crear mapas de colores referentes a las pendientes del terreno son las siguientes: “2D Solids”, “3D Faces”, “Polyface” y “Slope Arrows”. Éstas serán descritas más adelante. Antes que todo,

se deben establecer los parámetros, con los cuales se desea crear cualquiera de estos mapas. Para ello se debe ingresar a la opción "Slope Settings". Al seleccionarla, se despliega el siguiente cuadro de diálogo:



Este cuadro es idéntico al utilizado para crear rangos de cotas, que ya fue explicado en su oportunidad. No se considera necesario repetir los detalles nuevamente.

Existen 4 alternativas posibles para crear mapas de colores referentes a las cotas del terreno, las tres primeras fueron explicadas en la sección 4.2.2.1. Éstas se diferencian entre sí, solamente por los elementos de dibujo que se utilizan para generarlos.

“Slope Arrows”: Crea un mapa compuesto por flechas, que indican la dirección de la pendiente.

4.4 CURVAS DE NIVEL



En el menú “Terrain” se encuentran todos los comandos relacionados con curvas de nivel.

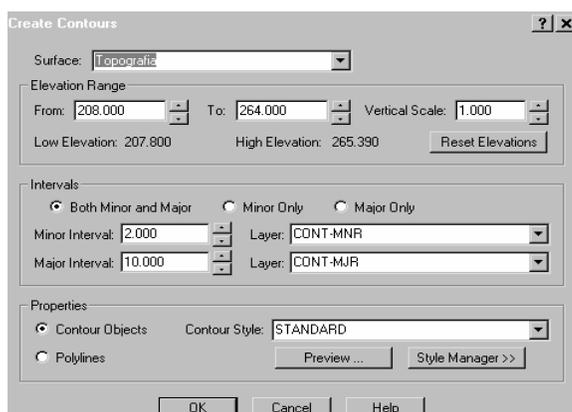
4.4.1 Definición de estilos de curvas de nivel

Antes de crear las curvas de nivel, se debe seleccionar un estilo de curva existente o crear uno que cumpla los requerimientos para la ocasión. Para ello existe un “Administrador de Estilos de Curvas de Nivel”. Se ingresa a él con el comando "Contour Style Manager". Al seleccionarlo, se despliega un cuadro de diálogo que contiene cuatro carpetas. En ellas se pueden definir diversas características para las curvas de nivel.

Cada vez que se defina algún parámetro distinto, se podrá visualizar el efecto de aquella definición sobre las curvas en un cuadro, que se encuentra al costado izquierdo, de título "Preview". De esa manera, es posible decidir con mayor certeza, si se desea definir tal o cual característica.

4.4.2 Generación de curvas de nivel

El cálculo de las curvas de nivel se realiza con el comando “Create Contours”.



Al seleccionarlo, se despliega el siguiente cuadro de diálogo:

Los parámetros que se deben definir son los siguientes:

⇒ Surface: En esta opción se debe seleccionar el modelo del terreno

la cual se desea crear las curvas de nivel.

- ⇒ Elevation Range: En esta ventana se define el rango de cotas, entre las cuales se desea crear las curvas de nivel.
- ⇒ From: Es la cota en la cual se iniciará el cálculo de las curvas de nivel. Generalmente coincide con la cota más baja del modelo de terreno.
- ⇒ To: Es la cota en la cual se terminará el cálculo de las curvas de nivel. Generalmente coincide con la cota más alta del modelo de terreno.
- ⇒ Vertical Scale: En esta opción se puede seleccionar un factor, de tal forma que las curvas sean creadas con una exageración vertical.
- ⇒ Reset Elevations: Este botón permite regresar las cotas de inicio y fin, ingresadas en "From" y "To", a la mínima y máxima cota del modelo de terreno, respectivamente.
- ⇒ Intervals: En esta ventana se define la equidistancia entre curvas de nivel.
- ⇒ Both Minor and Major: Si se selecciona esta opción, las curvas de nivel índice y subíndice serán dibujadas.
- ⇒ Minor Only: Si se enciende esta opción, solamente serán dibujadas las curvas de nivel subíndice.
- ⇒ Major Only: Si se enciende esta opción, solamente serán dibujadas las curvas de nivel índice.
- ⇒ Minor Interval: En este espacio se debe ingresar la equidistancia entre las curvas subíndice.
- ⇒ Layer: En este espacio se debe ingresar el nombre del layer dónde se desea guardar las curvas subíndice.

- ⇒ Major Interval: En este espacio se debe ingresar la equidistancia entre las curvas índice.
- ⇒ Layer: En este espacio se debe ingresar el nombre del layer dónde se desea guardar las curvas índices.
- ⇒ Properties: En esta ventana se selecciona el estilo para las curvas de nivel que se van a generar.
- ⇒ Contour Objects: Si se selecciona esta opción, las curvas de nivel serán creadas como una entidad propia del programa Land Desktop, de nombre "AECC-COUNTOUR". Estas entidades tienen la ventaja de poder hacer uso de los estilos de curvas de nivel.
- ⇒ Contour Style: En esta opción se selecciona el estilo de curvas de nivel que se desea usar.
- ⇒ Preview: Este botón permite ver una pantalla con un ejemplo de curvas de nivel creadas con el estilo seleccionado en "Contour Style". De esa forma, es más fácil decidir si el estilo elegido es el que realmente se desea usar.
- ⇒ Style Manager: Este botón permite ingresar al administrador de estilos de curvas de nivel, explicado en la sección 4.3.1. Definición de estilos de curvas de nivel.
- ⇒ Polylines: Si se selecciona esta opción, las curvas de nivel serán creadas como polilíneas de AutoCAD. Esta alternativa no permite hacer uso de los estilos de curvas de nivel.

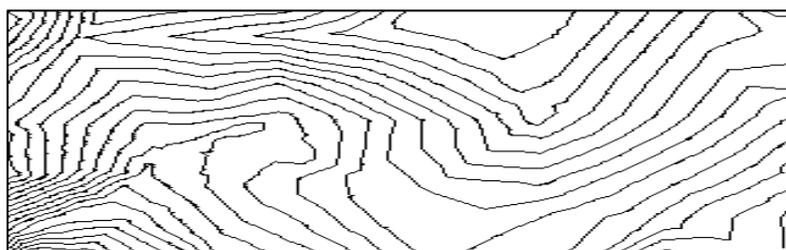
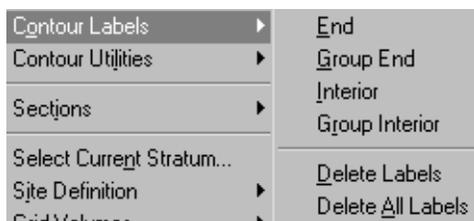


Figura 4.5 Ejemplo de curvas de nivel.

Fuente (19).

4.4.3 Etiquetado de curvas de nivel

Todos los comandos relativos al etiquetado de curvas de nivel, se pueden

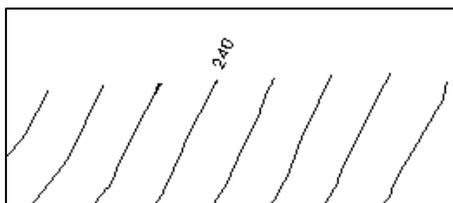


encontrar en el menú "Contour Labels".

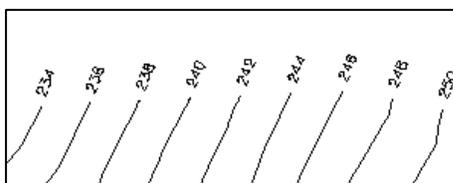
Existen cuatro alternativas para etiquetar curvas de nivel: "End", "Group End", "Interior" y "Group Interior". (Para mayor información puede consultarse el manual de usuario). En las

siguientes figuras se muestran ejemplos de los diferentes etiquetados que el programa permite realizar a las curvas de nivel.

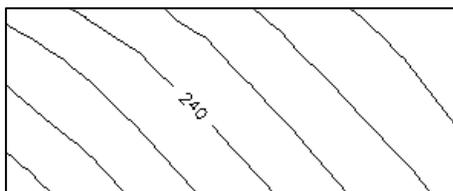
⇒ End:



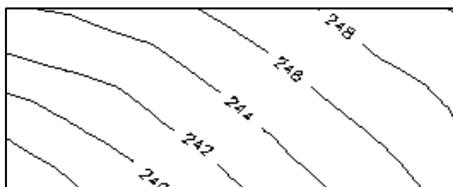
⇒ Group End :



⇒ Interior :



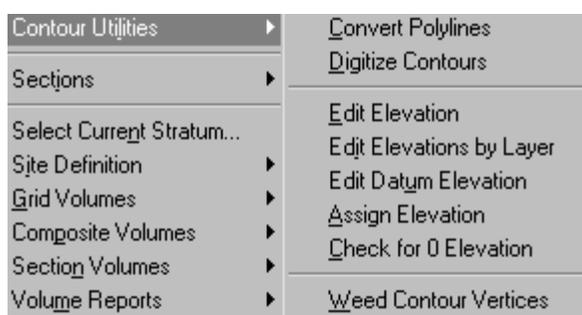
⇒ Group Interior :



También existen otros dos comandos, que permiten borrar las etiquetas creadas:

1. Delete Labels: Este comando permite borrar una por una, las etiquetas de una curva de nivel seleccionada.
2. Delete All Labels: Este comando permite borrar todas las etiquetas de una curva de nivel seleccionada.

4.4.4 Otros comandos sobre curvas de nivel

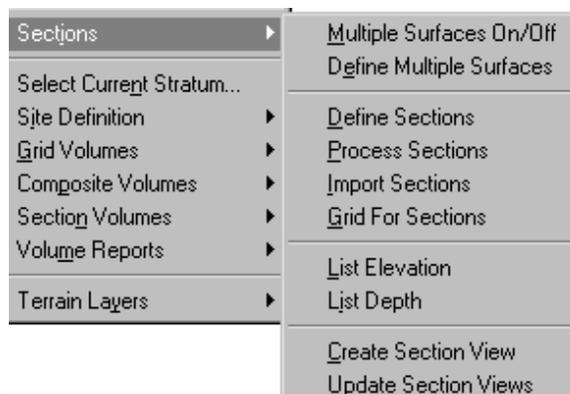


“Contours Utilities” se encuentran varios comandos que son de mucha utilidad cuando se trabaja con curvas de nivel.

4.5 CORTES EN EL TERRENO

En el menú "Sections" se encuentran todas las herramientas que permiten realizar cortes al terreno.

Existen dos posibilidades de crear cortes del terreno. Se pueden generar vistas rápidas de cortes del terreno y también otros cortes que una vez procesado se pueden insertar gráficamente al dibujo.



4.5.1 Vistas rápidas de cortes del terreno

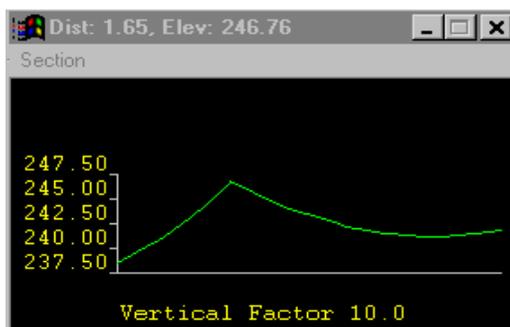
Create Section View El objetivo de estas vistas, es poder identificar mejor el terreno y descubrir si existen algunos problemas en la superficie modelada. También se utiliza para ver con mayor detalle ciertos lugares.

“Create Section View” Con este comando se pueden generar las vistas de cortes del terreno. Al seleccionarlo, aparecen en la línea de comando las siguientes instrucciones:

```
Command:           ⇒ First Point: El programa pide indicar con el cursor, sobre la
First point:       topografía, el primer punto del corte.
Next point:
Next point:
Next point:       ⇒ Next Point: El programa pide indicar con el cursor, sobre la
Next point:       topografía, el siguiente punto del corte. Así, sucesivamente,
```

⇒ se pueden ingresar tantos quiebres en el corte, como se deseen.

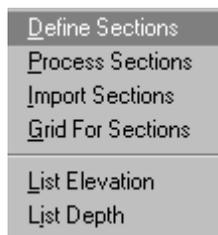
Cuando se da por terminado el ingreso de puntos, se crea una ventana con una vista del corte. La siguiente imagen muestra un ejemplo para ello:



Esta ventana quedará abierta durante todo el tiempo que se desee. Para cerrarla se deberá elegir el botón "x".

⇒ Update Section Views: Este comando se utiliza para actualizar las vistas, si la superficie modelada ha sido modificada.

4.5.2 Cortes del terreno, que se pueden ingresar gráficamente al dibujo



El objetivo de crear estos cortes es insertarlos posteriormente al dibujo. Para lograr esto, es necesario seguir cuatro pasos, que serán descritos a continuación.

1° Paso: Definir los cortes ("Define Sections").

2° Paso: Procesar los cortes definidos ("Process Sections").

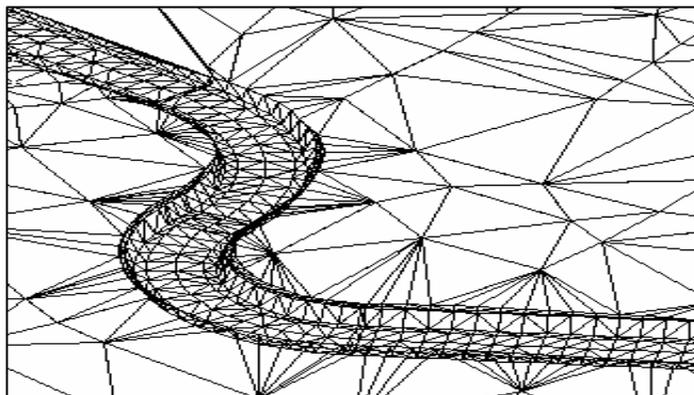
3° Paso: Insertar los cortes al dibujo ("Import Sections").

4° Paso: Insertar mallas a los cortes ("Grid For Sections").

Para consultar la cota específica de algún punto o la diferencia de altura entre dos puntos del corte, existen dos comandos:

1. List Elevation: Este comando permite consultar la cota de puntos específicos del corte. Primero, el programa pide seleccionar el bloque de referencia del corte con el cual se quiere trabajar. Luego pide indicar con el cursor el punto del cual se desea conocer su cota.
2. List Depth: Este comando permite conocer la diferencia de cota entre dos puntos del corte. Primero, el programa pide seleccionar el bloque de referencia del corte, con el cual se quiere trabajar. Luego, pide indicar con el cursor, los puntos, entre los cuales se desea conocer la diferencia de cota.

4.6 REALIMENTACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO



En esta sección se menciona las etapas en las cuales se deberá de alimentar el proyecto, esta información será de acuerdo a los planos con los cuales se proyectara construir la Urbanización. Es decir se deberá de reconstruir los

alineamientos horizontales, verticales y secciones transversales del proyecto en análisis, como también cualquier característica de elementos a lo largo de un eje, por ejemplo: canales, túneles, defensas fluviales o cualquier elemento importante que necesite rasante y perfiles transversales.

4.6.1 Alineamiento horizontal del eje



Una vez dibujado el eje, se debe definir como alineamiento horizontal. De esa forma queda guardado en una base de datos de llamada “alineamientos”, dentro del directorio del proyecto.

Existen dos alternativas para definir un eje como alineamiento horizontal:

1. Define from Objects: Esta opción se debe usar, si las entidades que componen el eje son líneas, arcos y espirales.
2. Define from Polyline: Esta opción se debe usar, si la entidad que compone al eje es una polilínea.

Pueden existir cambios en el diseño geométrico del proyecto por lo que también existen herramientas que facilitan la actualización de información plasmada en planos.

4.6.2 Definición de la rasante como alineamiento vertical



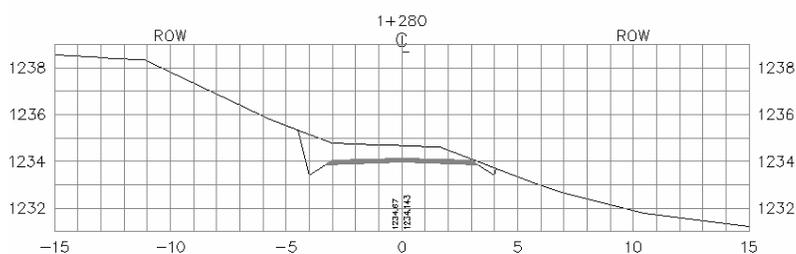
Para definir la rasante como alineamiento vertical, hay que usar el comando "Define

FG Centerline". La información vertical del camino es asociada al alineamiento horizontal. Por lo tanto, no se crea una segunda base de datos. Sólo existe una, en la cual los alineamientos tienen información horizontal y vertical.

Dentro del menú "FG Vertical Alignments", existen otras dos instrucciones:

1. Edit: Este comando despliega un cuadro de diálogo, en el cual se puede modificar la rasante y generar informes acerca de ella. Es muy similar al cuadro, que se utiliza para modificar alineamientos horizontales.
2. Import: Este comando permite recuperar la rasante al dibujo, si es que hubiera sido borrada.

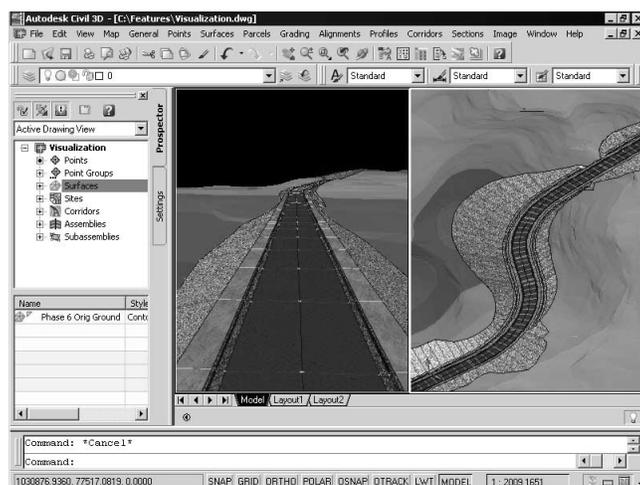
4.6.3 Definición de los perfiles transversales



En esta etapa, se tendrá que desarrollar en cuatro pasos para la definición de las secciones

transversales las cuales se encuentran ya diseñados en los planos de la urbanización que se desea construir:

1. Obtención de los perfiles transversales de terreno.

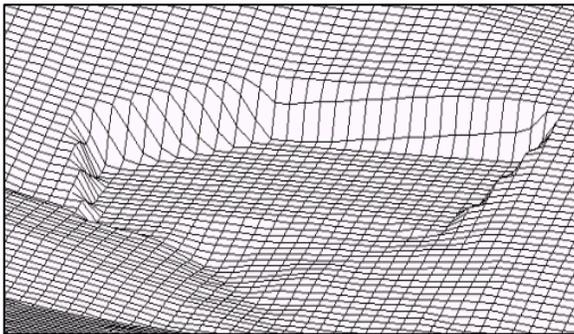


2. Definición de la plantilla tipo del camino.
3. Configuración de parámetros para el control del diseño.
4. Dibujo de los perfiles transversales.

Para realizar estos pasos se tendrá que hacer uso de varios comandos los cuales se puede ver para mayor explicación en el manual de usuario **Land Desktop**.

Una vez que ya sean realizado los pasos que se describen en las secciones 4.6.1, 4.6.2. y 4.6.3 se tendrá que generar la superficie del modelo terminado.

4.7 CÁLCULOS DE LOS MOVIMIENTOS DE TIERRA



El programa AutoCAD Land Desktop contiene comandos que permiten hacer un cálculo de volumen rápido y automático de la superficie de proyecto.

Con ellos es posible observar, en forma automática, el volumen de tierra que

produciría al construir la obra proyectada. Todas estas ventajas resultan especialmente importantes, para decidir con mayor certeza en que lugares se encuentran los volúmenes más importantes de tierra a mover, también se utiliza en llevar controles de estimaciones según el avance de la obra.

Esto se puede lograr creando superficies a la fecha que se realice una estimación. Además no se puede dejar de mencionar que este software tiene como fuente fundamental la base matemática de ecuaciones de Bezout y Simpson, Método de la cuadrícula y planimetrías.

4.7.1 Cálculo del movimiento de tierra

Cuando la superficie de proyecto está finalmente modelada se realiza la cubicación entre ésta y la topografía del terreno natural. La etapa del cálculo de movimiento de tierra consta de tres pasos:

1. Definición del sitio de cubicación.
2. Selección de las superficies que serán cubicadas.
3. Cálculo del volumen.

En el caso específico, que no exista una superficie de proyecto para cubicar, sino dos levantamientos topográficos, se realiza el cálculo del movimiento de tierra directamente. Se deben modelar las dos superficies topográficas previamente y luego continuar con esta etapa (caso particular de una estimación).

4.7.1.1 Definición del sitio de cubicación



Antes de realizar el cálculo del volumen es necesario indicar el lugar dónde el software realizará la cubicación. Esto se hace con el objeto de optimizar la búsqueda que efectuará el programa para encontrar los objetos del cálculo.

El comando “Define Site” realiza esta tarea. Pide indicar dos puntos: uno que representa las coordenadas más abajo y a la izquierda, el otro las coordenadas más arriba y a la derecha del lugar de cubicación. De esa forma se define un rectángulo que contiene el sitio de cubicación. El programa solamente calculará dentro de ese rectángulo todo lo demás no lo tomará en cuenta.

Además al definir el sitio, pide establecer una división en el sentido de las “n” (horizontal) y de las “m” (vertical). Estas divisiones se usarán para establecer el tamaño de la grilla, que corresponde a unos de los métodos de cubicación que incluye el programa. Éstos se estudiarán más adelante.

4.7.1.2 Selección de las superficies que serán cubicadas



Como AutoCAD Land Development Desktop permite trabajar con muchos modelos de terreno, es necesario seleccionar las superficies que serán cubicadas. De esa forma el programa sabrá con cuales mallas realizar el cálculo. A este par de superficies el software le llama “Stratum”. Es posible definir varios “Stratums” para un mismo proyecto. Cada uno será una combinación distinta de superficies modeladas.

Al seleccionar el comando “Select Current Stratum” se despliega un cuadro de diálogo que permite definir este par de modelos de terreno. La imagen a continuación muestra un ejemplo:



⇒ Name: Nombre del “stratum”. Cada combinación de superficies debe tener su propio nombre.

⇒ Description: Descripción para el “stratum”.

⇒ Surface 1: El nombre de la superficie que será modificada (generalmente es la topografía natural del terreno).

⇒ Surface 2: El nombre de la superficie de proyecto.



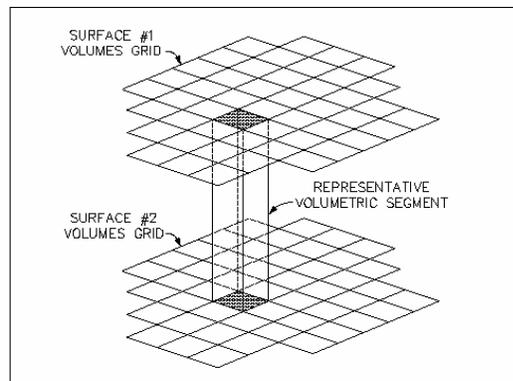
4.7.1.3 Cálculo del volumen

El programa ofrece tres métodos de cubicación: “Grid Volumes”, “Composite Volumes” y “Section Volumes”.

4.7.1.3.1 Grid Volumes



La ilustración siguiente muestra este proceso:



Grid method

$$Volumen = L2 \times Hm$$

$$\text{Donde } Hm = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$

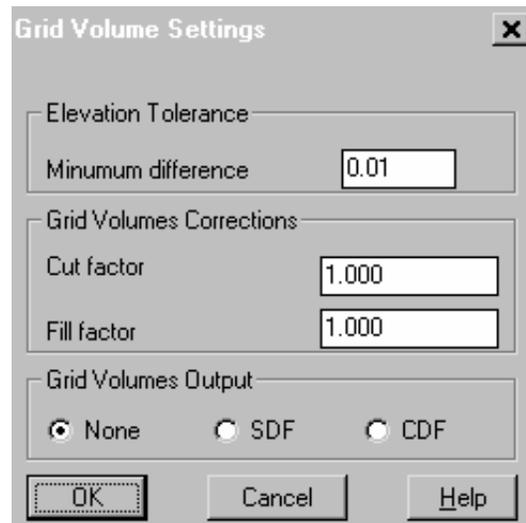
Al seleccionar el comando "Calculate Total Site Volume", se desplegarán una serie de cuadros de diálogos, que se explicarán a continuación.



El primer cuadro que aparece, pide que se seleccione el sitio que se usará, de una lista disponible para ello.

En el segundo se deben definir algunos parámetros:

⇒ Elevation Tolerance: En esta ventana se ingresa la tolerancia que se le desea asignar a la grilla en el sentido vertical. Esto significa que, cuando la diferencia entre ambas superficies de cubicación sea menor que el valor ingresado aquí, el programa no creará mall en esos lugares.



⇒ Minimum difference: En este espacio se ingresa el valor de la tolerancia.

⇒ Grid Volumes Corrections: En esta ventana se definen los factores de esponjamiento del material. Si no se desean usar, se deberá dejar el valor en "1".

⇒ Cut factor: En este espacio se debe ingresar el factor para el corte.

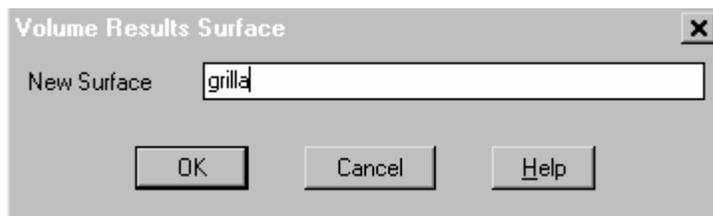
⇒ Fill factor: En este espacio se debe ingresar el factor para el relleno.

⇒ Grid Volumes Output: En esta ventana se define, si se desea que las coordenadas de los vértices de la grilla sean escritos en un archivo ASCII.

⇒ None: Si se selecciona esta opción no será creado ningún archivo con la información de las coordenadas de los vértices de la malla.

⇒ SDF: Si se selecciona esta opción, las coordenadas de los vértices de la malla serán escritos en un archivo ASCII, en el cual las columnas estarán limitadas por espacios.

⇒ CDF: Si se selecciona esta opción, las coordenadas de los vértices de la malla serán escritos en un archivo ASCII, en el cual las columnas estarán limitadas por comas.



El tercer y último cuadro, pide ingresar un nombre para la superficie de cubicación que se creará.

```
Current stratum: s1
Site name = sitio-10
Cut = 0 cu.m.   Fill = 140580 cu.m.
Net = 140580 cu.m. FILL
```

Después de realizar todos estos pasos, el programa despliega en la línea de comando el resultado del volumen

calculado:

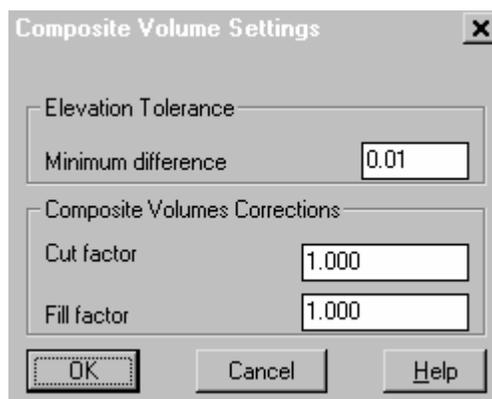
4.7.1.3.2 Composite Volumen

Este método de cálculo crea una superficie nueva de cubicación, compuesta por una malla triangular, que se genera de la intersección entre ambas superficies de cubicación.



Al seleccionar el comando "Calculate Total Site Volume", se desplegarán una serie de cuadros de diálogos, que se explicarán a continuación.

El primer cuadro que aparece, pide que se seleccione el sitio que se usará, de una lista disponible para ello.



En el segundo se deben definir algunos parámetros:

Elevation Tolerance: En esta ventana se ingresa la tolerancia que se le desea asignar a la malla en el sentido vertical. Ésto significa que, cuando la diferencia entre ambas superficies de cubicación sea menor que el

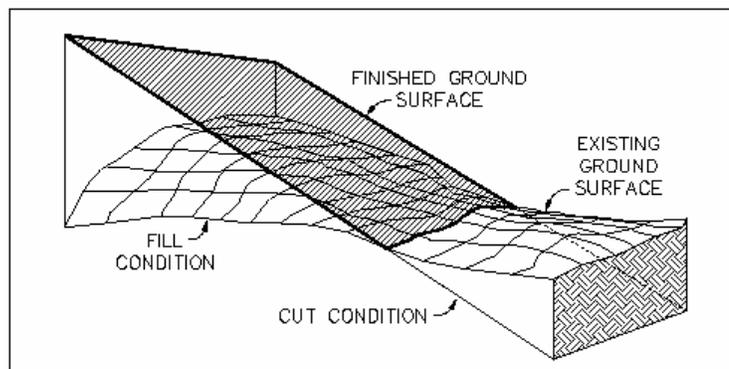
valor ingresado aquí, el programa no creará malla en esos lugares.

Minimum difference: En este espacio se ingresa el valor de la tolerancia.

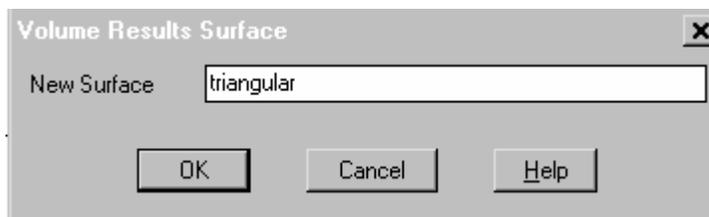
Composite Volumes Corrections: En esta ventana se definen los factores de esponjamiento del material. Si no se desean usar, se deberá dejar el valor en "1".

Cut factor: En este espacio se debe ingresar el factor para el corte.

Fill factor: En este espacio se debe ingresar el factor para el relleno.



El estrato definió de dos superficies. (Volumen = calculo por medio de elementos finitos)



El tercer y último cuadro, pide ingresar un nombre para la superficie de cubicación que se creará.

```
Current stratum: s1
Site name = sitio-10
Cut = 0 cu.m.   Fill = 166996 cu.m.
Net = 166996 cu.m. FILL
```

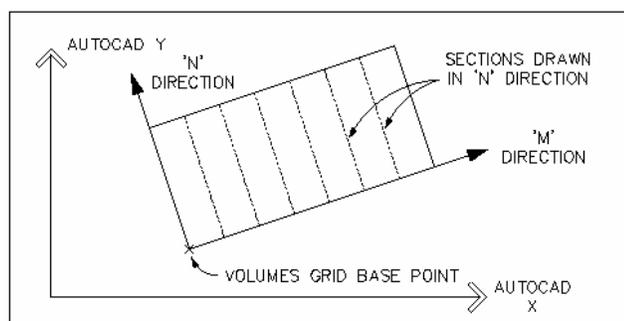
Después de realizar todos estos pasos, el programa despliega en la línea de comando el resultado del volumen calculado:

4.7.1.3.3 Section Volumen

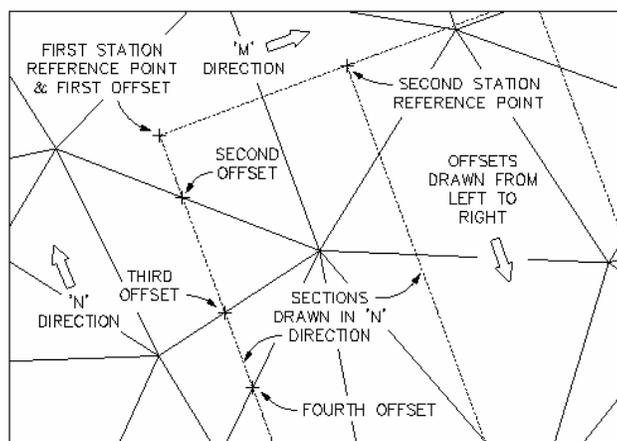
Este método de cálculo utiliza perfiles de terreno, de ambas superficies de cubicación, entre los cuales obtiene el volumen de tierra que se cortará o rellenará.

Section Volumes ▶ **Sample Sections** El primer paso, es obtener de los modelos de terreno los perfiles. Para ello se utiliza el comando "Sample Sections".

La ilustración siguiente muestra la relación de M y N, al AutoCAD X y Y hecha en las Medio Extremo Área reja líneas:



La ilustración siguiente muestra esta relación:

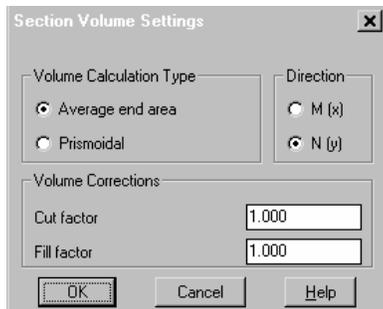


La relación entre las estaciones, desplazamientos, y elevaciones

Al seleccionar este comando, se desplegarán una serie de cuadros de diálogos.

El primer cuadro que aparece, pide que se seleccione el sitio que se usará, de una lista disponible para ello.





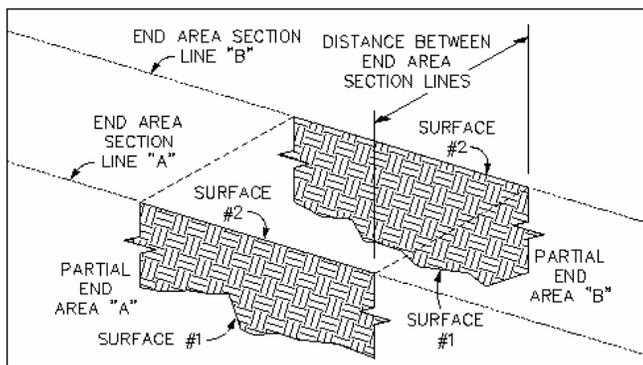
En el segundo cuadro, aparecen varios parámetros para definir. Sin embargo, en este paso solamente se deberá elegir la dirección, en la cual serán calculados los perfiles de terreno.

Por lo tanto, en este cuadro, solamente se deberá seleccionar entre "M (x)"

(dirección en el sentido del eje X) y "N (y)" (dirección en el sentido del eje Y).



El método de área de extremo:



$$V = \frac{L}{2}(A1 + A2)$$

V: Volume

L: Length (Distance between sections)

A1: Area of section 1

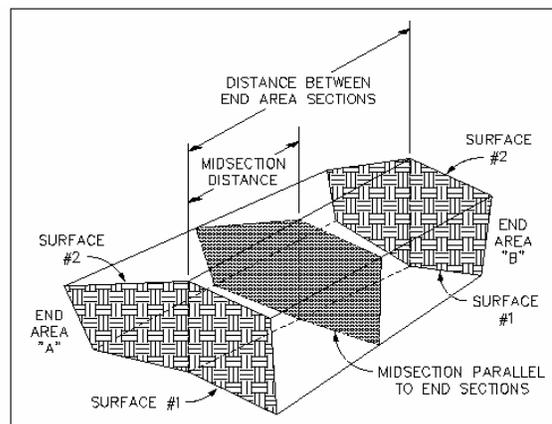
A2: Area of section 2

La ilustración siguiente muestra el método de Prismoidal a la Sección:

El método de prismoidal de sección:

$$V = \frac{L}{3}(A1 + \sqrt{A1 \times A2} + A2)$$

V: Volume



L: Length (Distance between sections)

A1: First end area

A2: Second end area



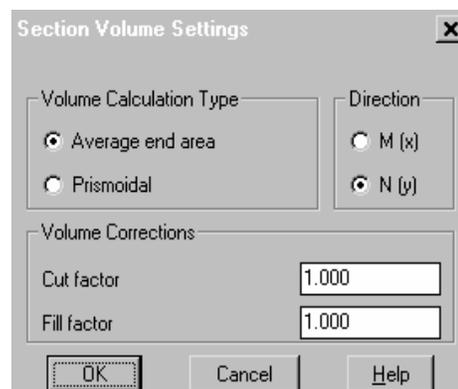
Después de la obtención de los perfiles de terreno, es posible hacer el cálculo de volumen.

Ésto se realiza con el comando "Calculate Volume Total".

Al seleccionar este comando, vuelven a aparecer los mismos cuadros de diálogo, que lo hicieron con la instrucción "Sample Sections".



El programa vuelve a pedir con este cuadro, que se seleccione el sitio que se usará en el cálculo de volumen.



Este cuadro ya apareció al seleccionar el comando "Sample Sections". En esa oportunidad, solamente se debió definir la ventana "Direction". En esta ocasión, se deberán definir las otras dos:

- ⇒ Volume Calculation Type: En esta ventana se debe seleccionar el método para cubicar entre perfiles de terreno.
- ⇒ Average end area: Si se selecciona esta opción, el programa utilizará el método de la semisuma para calcular el volumen entre los perfiles.
- ⇒ Prismoidal: Si se selecciona esta opción, el programa utilizará el método de la pirámide truncada para calcular el volumen entre los perfiles.

- ⇒ Volumes Corrections: En esta ventana se definen los factores de esponjamiento del material. Si no se desean usar, se deberá dejar el valor en "1".

Después de realizar todos estos pasos, el programa despliega en la línea de comando el resultado del volumen calculado.

```
Current stratum: s1
Site name = sitio-10
Passing through sections determining the strata conditions.
Station: 0+390
Displaying strata report for stratum: s1
Cut: 0 cu.m.   Fill: 167026 cu.m.
Net: 167026 cu.m. (FILL)
Volume calculations done. Press any key to continue...
```

4.7.1.3.4 Cálculo de volumen para vías de circulación



Es posible obtener el informe de cubicación de tres distintas formas.

- ⇒ Volume Table: Si se elige esta opción, el programa creará una tabla de cubicación, que se debe insertar al dibujo.
- ⇒ To Screen: Si se elige esta opción, el programa desplegará el informe de cubicación en la pantalla de texto de AutoCAD.
- ⇒ To File: Si se elige esta opción, el programa creará un archivo ASCII externo, el cuál tendrá como contenido el informe de cubicación.

4.7.2 Informe del cálculo de volumen

El informe de cubicación se puede obtener de tres distintas formas:



1. Pantalla de texto: Se elige la opción "Site Report" para generar el informe de cubicación en la pantalla de texto de AutoCAD.
2. Tabla en el dibujo: Se utiliza el comando "Site Table" para insertar una tabla de cubicación al dibujo.
3. Archivo ASCII: Se elige la opción "Site ASCII File" para generar un archivo ASCII conteniendo el informe de cubicación.

A continuación, se da un ejemplo del informe de cubicación obtenido, al utilizar el comando "Site Report", que se refiere a una pantalla de texto.

Site Volume Table: Unadjusted				
Cut	Fill	Net	Method	
cu.m.	cu.m.	cu.m.		

Site: sitio-10				
Stratum: s1 topografía proyecto				
0	140580	140580 (F)	Grid	
0	166996	166996 (F)	Composite	
0	167026	167026 (F)	End area	

4.7.3 Actualización de la topografía original

Edit Surface	Import 3D Lines
Surface Border	Add Line
Surface Display	Delete Line
Surface Utilities	Flip Face
Contour Style Manager...	Add Point
Create Contours...	Delete Point
Contour Labels	Edit Point
Contour Utilities	Nondestructive Breaklines
Sections	Minimize Flat Faces
Select Current Stratum...	Raise/Lower Surface
Site Definition	Paste Surface...
Grid Volume	Surface Boundaries

Si se desea conocer cómo será el terreno una vez realizado el movimiento de tierra, se puede utilizar la herramienta "Paste", que permite pegar superficies. Al utilizar este comando, el programa calcula una nueva malla que incluye ambos modelos de terreno: topografía y proyecto.

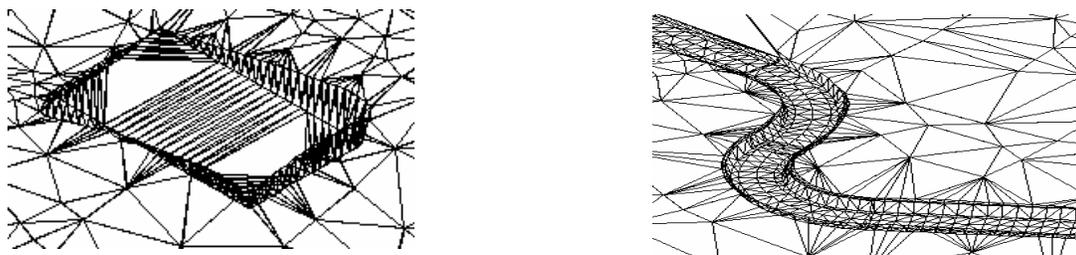


Figura 4.6 Ejemplos de de la visualización de las mallas en los modelos del terreno.
Fuente (19).

CAPITULO V: ASIGNACIÓN DE MAQUINARÍA EN OBRAS DE TERRACERÍA EN URBANIZACIONES

5.0 GENERALIDADES DEL CAPITULO

Cada proyecto de movimiento de tierra en urbanizaciones es una ejecución única, aunque se haya realizado un trabajo similar previamente no será igual en la planificación, ejecución, costo y dificultades a superar. Dos proyectos no tendrán idénticas condiciones de trabajo debido a que la rapidez, complejidad y costo de la construcción moderna no son compatibles con correcciones frecuentes durante la ejecución del trabajo. El fin de buscar la mejor alternativa en la asignación de equipos es minimizar el uso de recursos de alto costo para completar exitosamente el proyecto de terracería, y esto sólo puede conseguirse entendiendo que la asignación es congruente con el planeamiento y la ejecución, que a su vez es una actividad continua, inicia con la preparación del presupuesto finalizando hasta la aceptación del proyecto por el Propietario. El planeamiento involucra entonces cuatro etapas bien definidas las cuales son:

1. *Plan de trabajo*, ¿qué se va hacer? y ¿en que secuencia?
2. *Cronograma*, ¿cuándo se realizará cada una de las operaciones?
3. *Estimación de costos*, ¿cuánto se espera que sea el valor en dinero para cada una de las partidas?
4. *Planificación de recursos*, ¿qué recursos (mano de obra, equipo y materiales) se necesitarán en cada operación?



Figura 5.1 Principales actividades del movimiento de tierra, se muestra diferentes equipos trabajando en obras de terracería.

5.1 PLANTEAMIENTO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

Cuando el ingeniero prepara un plan de ataque y el presupuesto para el movimiento de tierras, los criterios principales a considerar son:

1. Las cantidades involucradas de tierra, básicamente clase de suelo, volumen y peso.
2. Las distancias de acarreo.
3. Las pendientes de acarreo de cada tramo.

La información relevante para el planeamiento deberá incluir cinco aspectos, que se explican a continuación.

Lo primero es conocer las características de los equipos destinados a utilizar en el proyecto como se describió en el Capítulo I y III, Segundo identificar las actividades

que se desea desarrollar en el proyecto como se menciona en el Capítulo II, Tercero calcular los volúmenes de obra a realizar como se vio en el Capítulo IV, Cuarto asignación de maquinaria a utilizar en el proyecto como se vera en el presente capítulo, y quinto el control del proyecto como se vera más adelante en el capítulo VII.

5.1.1 Análisis de los requerimientos del proyecto

Este análisis se basa en el estudio de los planos y especificaciones, con el fin de identificar los riesgos asociados con las condiciones superficiales, específicamente aquellas inherentes a los tipos de material, a lo largo del trazo y su comportamiento durante los procesos constructivos. Para los constructores la única fuente de información es la proporcionada por el propietario. Sin embargo, esto no significa que no deben de realizar las verificaciones necesarias de los datos iniciales, en muchos casos es imposible realizarlas por que la empresa tendría que hacer fuertes gastos sin tener la seguridad que ganara el concurso.

Lo que se suele hacer en algunos contratos públicos es incluir una cláusula que compromete al contratista asegurando que ejecutará la obra sin ningún contratiempo y en caso de haberlos, serán de total responsabilidad del constructor. Esta situación se compensa con la decisión de contratar estos proyectos a precios unitarios, de modo que será poco probable un perjuicio severo para el contratista.

5.1.2 División del proyecto en unidades de trabajo

Los elementos del proyecto se dividen en unidades de trabajo más pequeñas, tales como: Excavación de suelo, excavación en roca, relleno con material de préstamo, relleno con material de el lugar, descapote, etc. Se debe calcular no sólo la cantidad total de material a ser manipulado sino que debe considerarse los factores que afectan la

productividad. Las diferentes porciones de una excavación con frecuencia deberán acarrear a diferentes ubicaciones de relleno o el proyecto deberá ejecutarse en fases.

Es usual que la precisión en el cálculo del volumen de relleno es inversamente proporcional al volumen estimado.

5.1.3 Estudio detallado del trabajo a realizar

Debe profundizar en los detalles del trabajo, llevando a cabo el análisis, evaluaciones y comparaciones de diversas soluciones antes de estructurar el plan de trabajo. En algunos casos puede ser necesario analizar la producción de diferentes tipos de equipo antes de hacer una selección final.

5.1.4 Requerimientos del proyecto planos y especificaciones

Los planos forman parte de los documentos contractuales de una obra. En ellos se usan tres formas diferentes para mostrar el trabajo de movimiento de tierras, estos son:

1. Planimetría del proyecto, ubicando esquemáticamente de los accesos, rodajes de las calles de acceso, zonas verdes, ubicación de las parcelas o lotes, etc.
2. Perfiles longitudinales y transversales.
3. Secciones típicas en corte y relleno.

5.2 SISTEMATIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN, ATAQUE Y CONTROL DE LA MAQUINARÍA.

Esta etapa fue diseñada para la asignación de maquinaria en la ejecución de proyectos de movimientos de tierra. Este sistema se subdivide en cuatro subsistemas los cuales son: *Base de Datos*, *Optimización de Equipo*, *Cálculo de Producción*, *Creación de Reportes*. Cada uno de estos subsistemas esta compuesto de información que variara según los criterios o alcances con que se cuente; es decir que este sistema no se limita a un determinado número de equipos, clases de suelos, periodos de ejecución, etc. Al contrario este sistema brinda una flexibilidad y adaptabilidad a las exigencias del usuario.

Para los subsistemas de *optimización de equipos y calculo de producción*, es necesario que se desarrollen simultáneamente, debido a que la decisión final de la mejor elección de equipo también depende de las decisiones y criterios tomados en cálculo de la producción.

Para el subsistema de *Creación de reportes*, esta compuesto por dos partes principales las cuales son: *Fase de planificación y fase de construcción*. Para llevar el control de obra se toma como base los tiempos y costos presupuestados, realizando una comparación entre los costos presupuestados y los costos determinados en la fase de construcción, en periodos de tiempo definidos a conveniencia del usuario. Los que son obtenidos con estimaciones realizadas de levantamientos topográficos, producciones obtenidas y control de gastos diarios.

En la figura 5.2 se muestra en forma de algoritmo del procedimiento que tendrá que seguirse para realizar una evaluación dinámica de todas la variables involucradas es decir dependiendo de la cantidad de información con que se alimente la base de datos, así también será la calidad de los resultados que obtengamos.

Una de las ventajas de este sistema es la compatibilidad al uso de programas informáticos ya que esto reducirá de manera significativa el tiempo de análisis del proyecto. El uso de estas herramientas informáticas básicamente se puede clasificar en tres grupos principales: *El primero para el cálculo de volúmenes, el segundo para cálculo de costos unitarios, tercero para la programación de obra y herramientas.* Se tendrá presente que el uso de programas computacionales estará a criterio del usuario, es decir esta esquematización puede adaptarse según las necesidades requeridas no restringiéndolo a utilizar los programas sugeridos en este seminario de los cuales se hace referencia en lo expuesto en los alcances presentados en este trabajo. Ya que este esquema lo que pretende es ordenar las variables involucradas para la asignación de maquinaria en obras de terracería. A continuación se describirán cada uno de estos subsistemas.

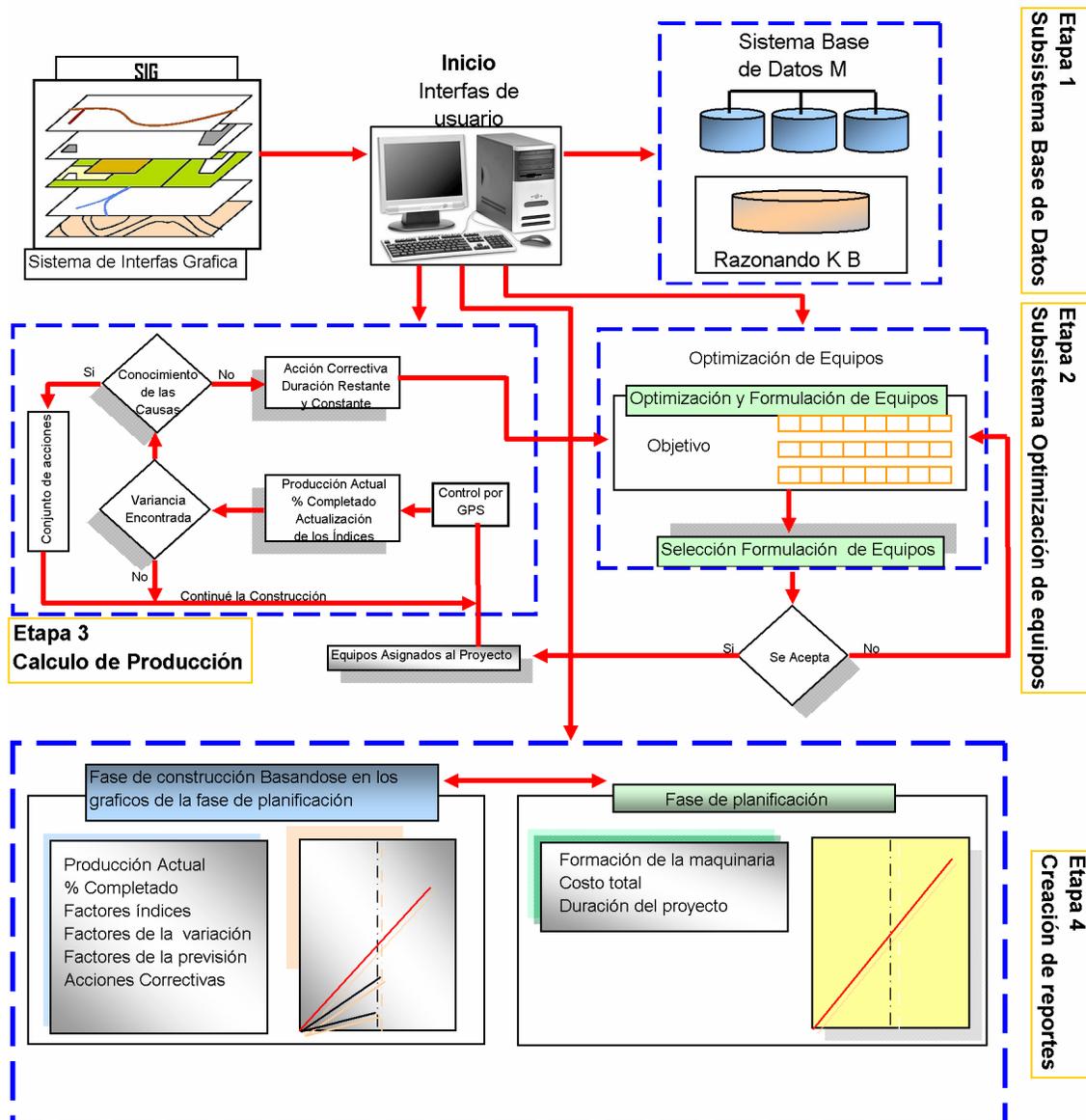


Figura 5.2 Algoritmo principal para la asignación de recursos de maquinaria en obras de terracería.

5.2.1 Subsistema de base de datos

El subsistema de base de datos, es la etapa de recolección de datos del proyecto, en la figura 5.3 se muestra el algoritmo del subsistema y de cómo se forma la base de datos. En esta etapa se deberá reunir toda la información necesaria para la ejecución del proyecto, por ejemplo los tipos de equipos con los que se cuenta o si se tiene acceso a financiamiento para la compra, tipos de suelos involucrados, volúmenes de obra a realizar, periodo de ejecución, especificaciones técnicas, plan de oferta, etc.

El ingreso de estos datos deberá ser canalizado a otros subsistemas que son: *el de optimización de equipos, cálculo de producción y reportes*. A continuación se muestra el algoritmo de la base de datos para un proyecto.

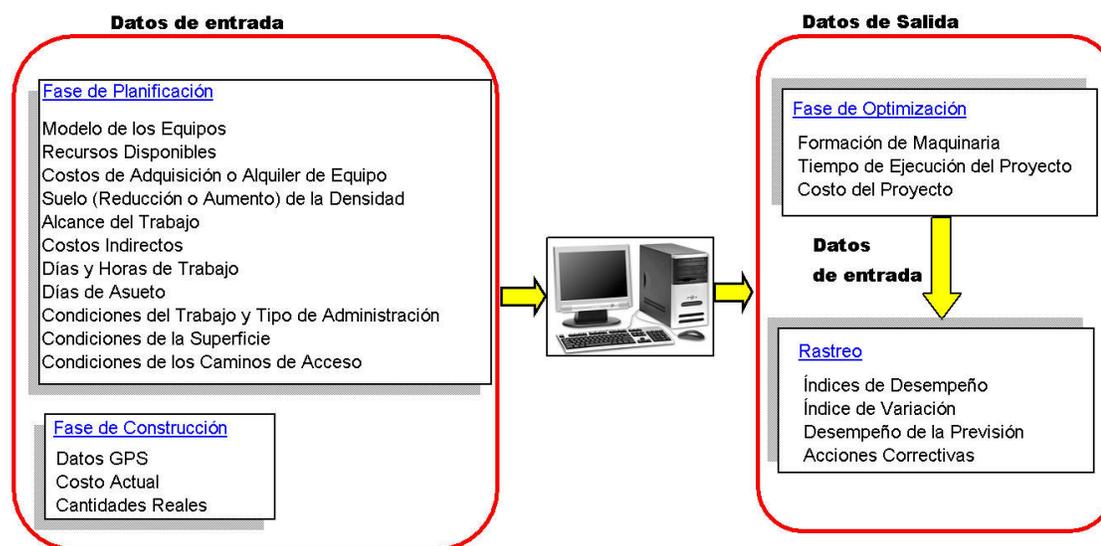


Figura 5.3 Algoritmo del subsistema de la recolección de datos principales del proyecto.

La recolección de estos datos antes mencionados pueden ser resumidos en una base de datos u hoja de calculo como lo es Excel, o cualquier otro tipo de almacenaje es decir digital o impreso, ya que es necesario tener fácil acceso a la información para realizar consultas rápidas según el proceso que se este realizando en los subsistemas.

A continuación describiremos parte de la información requerida para la alimentación de la base de datos.

5.2.1.1 Recopilación de base datos

La recopilación de datos del proyecto esta basada en la información que podemos obtener del proyecto en estudio antes de comenzar la obra, es decir información contenida en las bases de licitación más documentos contenidos en la oferta técnica y económica presentada al propietario, la información que puede ser obtenida como mínimo se presenta a continuación:

1. Tiempo de ejecución.
2. Clasificación de suelos.
3. Especificaciones técnicas.
4. Plan de oferta.
5. Equipos disponibles para el proyecto.
6. Planos del proyecto.

Tiempo de ejecución: Este puede subdividirse en tres posibles alternativas que pueden estar contenidas en la oferta técnica hecha por el propietario o por parte del constructor en la etapa de oferta de la obra. Estas son:

Tiempo de ejecución y consolidado del proyecto, para la partida de obra de terracería no se presentara un desglose de las actividades involucradas. Ver figura 5.4.

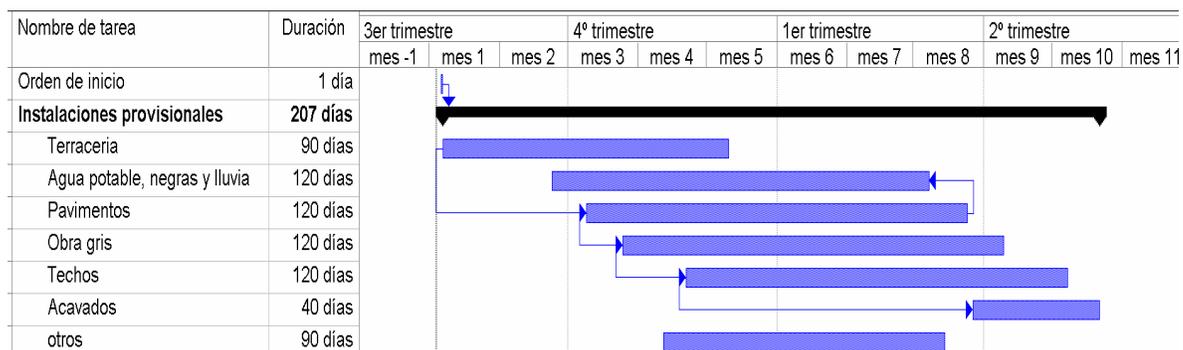


Figura 5.4 Ejemplo de la programación de los tiempos de ejecución consolidados de un proyecto, realizado con el software Microsoft Project 2003.

Para este caso se deberá tomar la duración de la partida gruesa de terracería en el periodo establecido en el programa de trabajo y planificación de toda la obra, luego se recomienda identificar las diferentes actividades que involucra la partida de terracería, como las que se describieron en capítulo II sección 2.4 para crear un nuevo programa de actividades como se muestra en la figura 5.4 y 5.5.

Tiempo de ejecución detallado, este presenta un programa de trabajo para cada actividad involucrada en el movimiento de tierras del proyecto como se muestra en la figura 5.5.

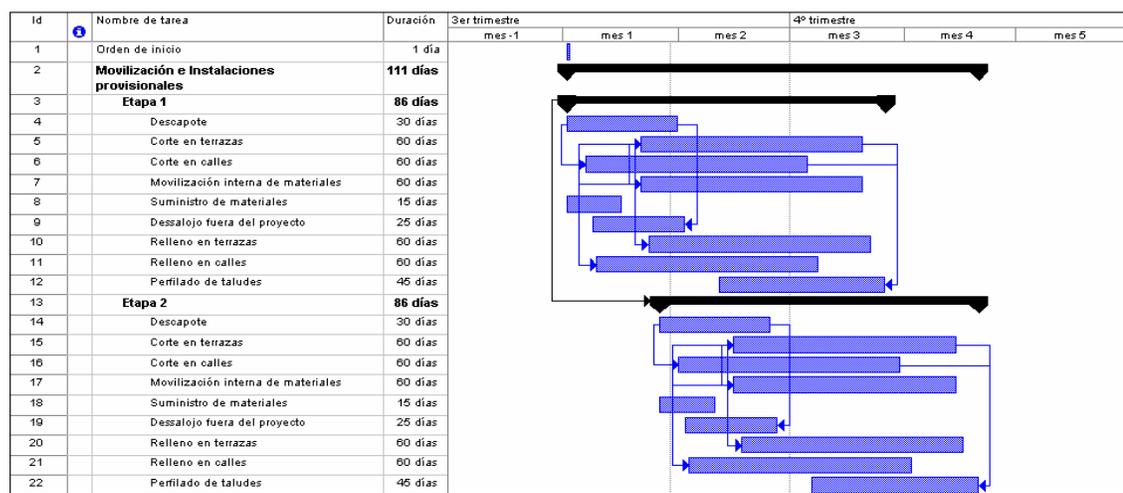


Figura 5.5 Ejemplo de programación con los tiempos de ejecución del proyecto por etapas y desglosado, realizado con el software Microsoft Project 2003.

Tiempo de ejecución establecidos por el constructor, en este caso se deberá realizar una inspección del terreno, a forma de calcular y verificar si la duración ofrecida por el propietario es la suficiente para cumplir el tiempo de trabajo. Identificar y revisar la duración de las partidas involucradas para el proyecto de terracería.

Se hace notar que la programación y control de las actividades puede realizarse tanto para la etapa de preparación de ofertas como para la etapa de ejecución. La duración de estas partidas ayudara más adelante para establecer la producción por hora requerida para el proyecto.

Clasificación de suelos. Es de suma importancia identificar los tipos de materiales que se encuentran en la obra, debido a la incidencia que tiene en los rendimientos de equipos, ver capítulo II sección 2.5 y 2.6. Se deberá consultar el estudio de suelos del proyecto (estratigrafía del suelo), se recomienda utilizar Land Desktop u otro software similar para ubicar los sondeos realizados para la creación de superficies con las distintas clases de materiales que se encuentran en el proyecto con el fin de obtener un perfil estratigráfico que muestre el comportamiento de los diferentes estratos de materiales como se muestra en la figura 5.6. Luego se podrá realizar una superposición del diseño conceptual para evaluar posibles dificultades en la ejecución del proyecto y proveer de manera anticipada consideraciones que se tendrán que tomar en cuenta al momento de ejecución de la obra.

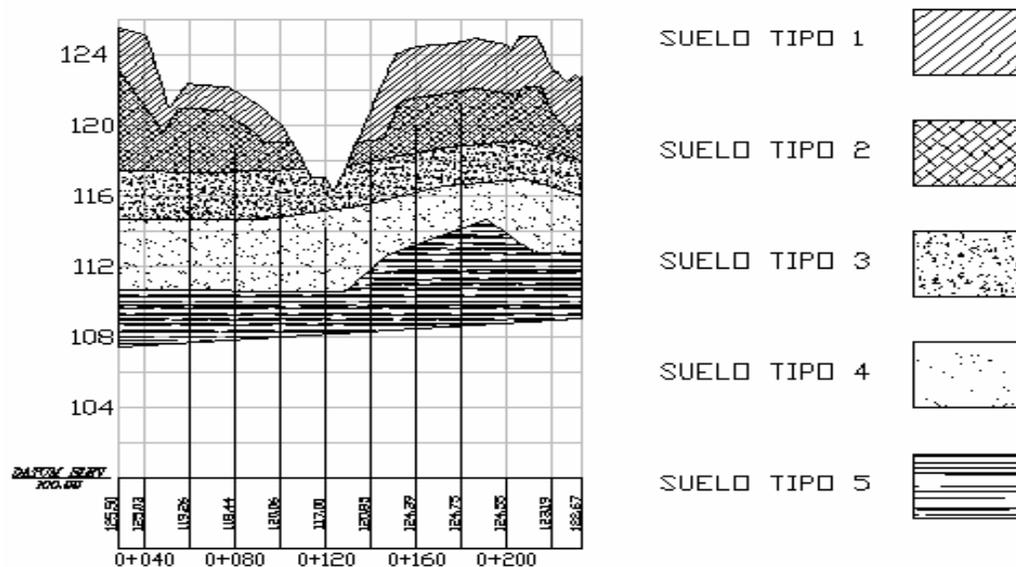


Figura 5.6 Representación de un perfil estratigráfico formado en base al estudio de suelos presentado por el propietario, dibujo realizado con el software Autocad Land Desktop.

Especificaciones técnicas. Estas deberán estar acorde a las partidas de pago resumidas en el plan de oferta, se tendrá que verificar si existen limitaciones con respecto al incremento o decremento de las cantidades de obra expuestas y la forma de pago, ver capítulo II sección 2.3.

Aplicación de las Especificaciones Técnicas en un Cronograma de Actividades



Figura 5.7 Diagrama conceptual del orden de las actividades.

Plan de oferta. Estos pueden variar según el propietario del proyecto, pero ayudaran para la definición de grupos de trabajo los que a su vez se dividirán en frentes de trabajo. El ingeniero encargado de la obra deberá realizar un estudio de la asignación de la maquinaria antes de comenzar las obras de terracería con el fin de reevaluar los costos ofertados en el plan de oferta y realizar ajustes necesarios para la ejecución exitosa del proyecto. Las partidas más comúnmente usadas en la elaboración de los planes de oferta son las que se presentaron en el capítulo II sección 2.4. En el cual se describen las diferentes formas de llevar el control de la forma de pago.

Presupuesto de obra

Descripcion	Cantidad	Unidad	P. U	T. Rubro
Movilización e Instalaciones provisionales				
Etapa 1				
Descapote	15,000.00	m3	\$ 0.65	\$ 9,750.00
Corte en terrazas	55,000.00	m3	\$ 2.55	\$ 140,250.00
Corte en calles	80,000.00	m3	\$ 1.50	\$ 120,000.00
Movilización interna de materiales	135,000.00	m3	\$ 1.20	\$ 162,000.00
Suministro de materiales	40,000.00	m3	\$ 4.50	\$ 180,000.00
Desalojo fuera del proyecto	19,500.00	m3	\$ 3.60	\$ 70,200.00
Relleno en terrazas	130,000.00	m3	\$ 2.15	\$ 279,500.00
Relleno en calles	45,000.00	m3	\$ 1.80	\$ 81,000.00
Perfilado de taludes	20,000.00	m2	\$ 2.15	\$ 43,000.00
Etapa 2				
Descapote	15,000.00	m3	\$ 0.65	\$ 9,750.00
Corte en terrazas	55,000.00	m3	\$ 2.55	\$ 140,250.00
Corte en calles	80,000.00	m3	\$ 1.50	\$ 120,000.00
Movilización interna de materiales	135,000.00	m3	\$ 1.20	\$ 162,000.00
Suministro de materiales	40,000.00	m3	\$ 4.50	\$ 180,000.00
Desalojo fuera del proyecto	19,500.00	m3	\$ 3.60	\$ 70,200.00
Relleno en terrazas	130,000.00	m3	\$ 2.15	\$ 279,500.00
Relleno en calles	45,000.00	m3	\$ 1.80	\$ 81,000.00
Perfilado de taludes	20,000.00	m2	\$ 2.15	\$ 43,000.00
			Total	\$ 2,171,400.00
			Indirecto 30%	\$ 651,420.00
			Iva	\$ 366,966.60
			Total	\$ 3,189,786.60

Figura 5.8 Ejemplo plan de oferta o presupuesto de obra

Equipos disponibles para el proyecto. Dependiendo del caso particular de cada constructor se podrá contar con equipos propios, dependiendo de la capacidad financiera podrá adquirir equipos nuevos o realizar alquileres de equipos. Antes de realizar una

asignación de equipos es de suma importancia hacer una inspección de la maquinaria con la que se cuenta, y cuales se requieren para la ejecución del proyecto. Ver figura 5.9.

Equipos para movimiento de tierras			Equipos de transporte		
Descripción	Potencia HP	Capacidad m3	Descripción	Potencia HP	Capacidad
Cargador frontal	50-79	0.53-0.99	Camión cisterna 4x2 (agua)	122	1,500 gln
Cargador sobre orugas	80-105	1.15-1.38	Camión cisterna 4x2 (agua)	145-165	2,000 gln
Cargador sobre orugas	110-135	1.53-1.72	Camión cisterna 4x2 (combustible)	122	2,000 gln
Cargador sobre orugas	150-180	1.72-2.10	Camión cisterna 4x2 (asfalto)	178-210	2,000 gln
Cargador retroexcavador	62	0.76	Camión concreto 4x2	178-210	4 m3
Cargador sobre llantas	80-95	1.15-1.38	Camión concreto 6x4	300	6 m3
Cargador sobre llantas	100-115	1.53-1.80	Camión plataforma 4x2	122	8 Tn
Cargador sobre llantas	100-125	1.91	Camión plataforma 4x2	178-210	12 Tn
Cargador sobre llantas	125-155	2.29	Camión plataforma 6x4	300	19 Tn
Cargador sobre llantas	160-195	2.29	Camión volteo 4x2	120-140	4 m3
Mototraillas autocargables	140-200	8.41	Camión volteo 4x3	140-210	6 m3
Mototraillas autocargables	210-300	12.23	Camión volteo 4x4	210-280	8 m3
Mototraillas cargables	310-400	10.70-15.29	Camión volteo 6x4	330	10 m3
Retroexcavadora sobre llantas	58	0.76			
Retroexcavadora sobre orugas	80-100	0.38-0.99			
Retroexcavadora sobre orugas	115-165	0.57-1.22			
Retroexcavadora sobre orugas	170-250	0.84-2.10			
Retroexcavadora sobre orugas	325	1.52-2.91			
Tractor de orugas	60-70				
Tractor de orugas	75-100				
Tractor de orugas	105-135				
Tractor de orugas	140-160				
Tractor de orugas	190-240				
Pala sobre orugas	128	1.2			

Equipos de compactacion		
Descripción	Potencia H.P.	Capacidad Tn
Autopropulsado		
Rodo liso	101	6.58
Rodo pata de cabra	108	7.40
Rodo liso	127	9.00
Rodo liso	125	9.40
Pata Cabra	125	11.10
Tipo		
Liso	60	5.00
Pata Cabra	60	5.60

Equipos de nivelacion y mezclado		
Descripción	Potencia HP	
Motoniveladora	125	
Motoniveladora	140	
Motoniveladora	180	

Figura 5.9 Ejemplo de un listado disponible de equipos.

Para mayor descripción véase en capítulo I apartado 1.3.

Independientemente de la marca del equipo a utilizar, lo más importante para tomar la decisión correcta, asignación de la maquinaria será encontrar la potencia requerida para suplir la demanda del proyecto que dependerá básicamente del volumen de tierra a mover y el tipo de trabajo que se necesite realizar del cual se puede mencionar: Cortes, rellenos, suministro, etc.

Planos del proyecto. En la mayoría de los casos generalmente el propietario suministra los planos digitalizados del proyecto, pero con propiedades vectoriales en 2d.

Por lo que se necesita realizar una operación para crear los planos con propiedades vectoriales en 3d véase capítulo IV. Una vez cargado el proyecto con estas propiedades vectoriales en 3d se puede realizar distintas operaciones que van desde el cálculo parcial hasta el cálculo total de los movimientos de tierra a realizar, modelación de estudio de suelos, ubicación de cortes y rellenos, controles periódicos de avance, etc.

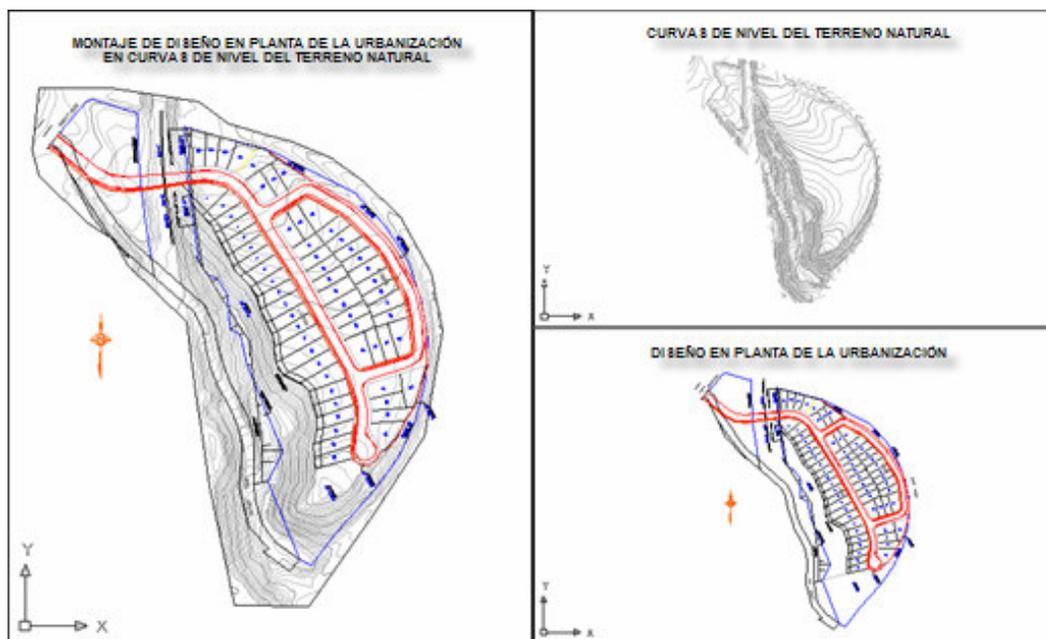


Figura 5.10 Vista de montaje de diseño en planta de urbanización a realizar sobre el terreno natural, marcando los linderos de la propiedad.

Una vez creado la superficie de cálculo se deberán crear planos de taller donde se ubiquen áreas destinadas según los requerimientos del proyecto con el fin identificar los grupos de trabajo que se tendrán.

5.2.1.2 Interacción base de datos

Debido a la gran cantidad de variables que se pueden encontrar para la alimentación de la base de datos a si también existe una complejidad para la aplicación de estos datos. Por lo que se muestra en la figura 5.11 el algoritmo que representa el subsistema a seguir para el cálculo de la asignación de maquinaria en obras de terracería.

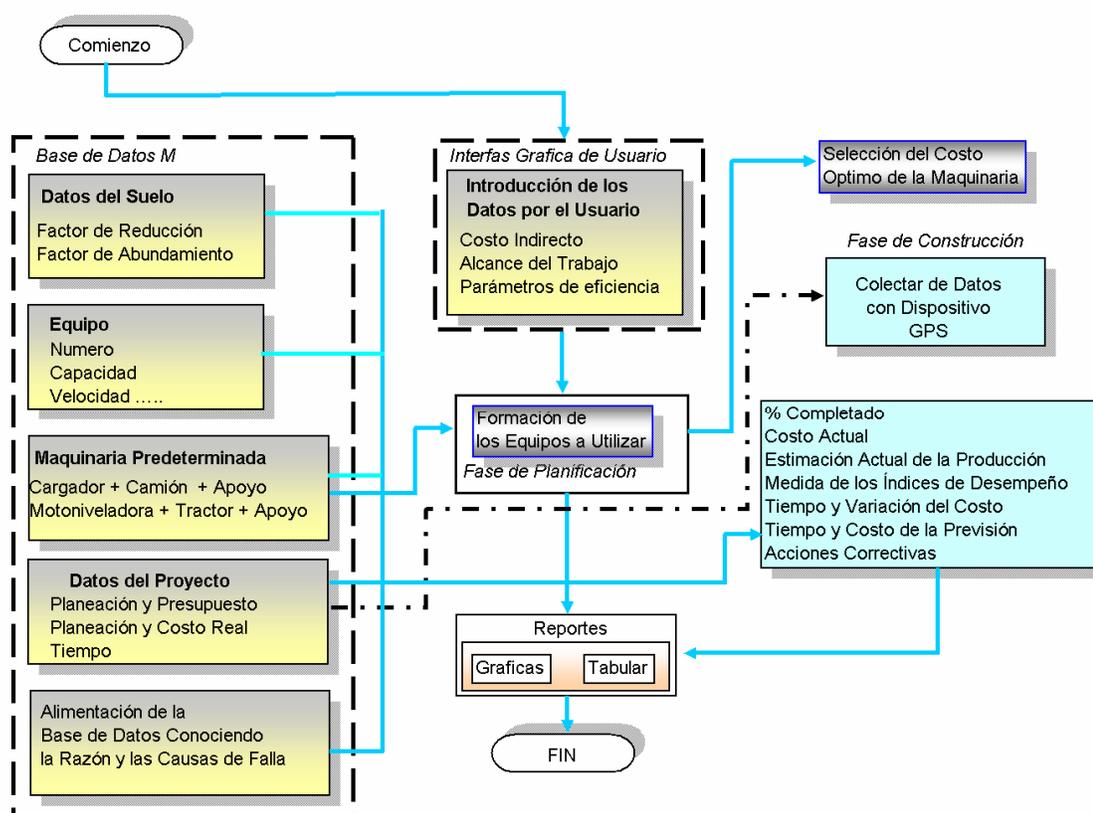


Figura 5.11 Algoritmo del sistema a seguir para el cálculo, asignación de maquinaria en obras de terracería.

5.2.2 Subsistema de optimizaciones de los equipos y cálculo de la producción

Es posible encontrar distintas maneras de optimizar la selección de equipos para el movimiento de tierras debido a que dependerá del autor que lo exponga a si que siguiendo con el subsistema presentada anteriormente se proponen diez pasos a seguir para la asignación de equipo. Varían ya que pueden ser cualitativos y cuantitativos, para la programación durante el desarrollo de la obra.

1. Evaluación de las partidas de pago.
2. Selección de equipos según actividades expuestas en plan de oferta.

3. Análisis topográfico del área donde se desarrollara la urbanización.
4. Recalculo de volumen de obra por partida en plan de oferta.
5. Calculo de equipos por frente de trabajo.
6. Creación de planos de frentes de trabajo según los requerimientos del trabajo.
7. Generación de alternativas y evaluación económicas por frente de trabajo.
8. Justificación de compra de equipos.
9. Listado de equipos a disponer en el proyecto.

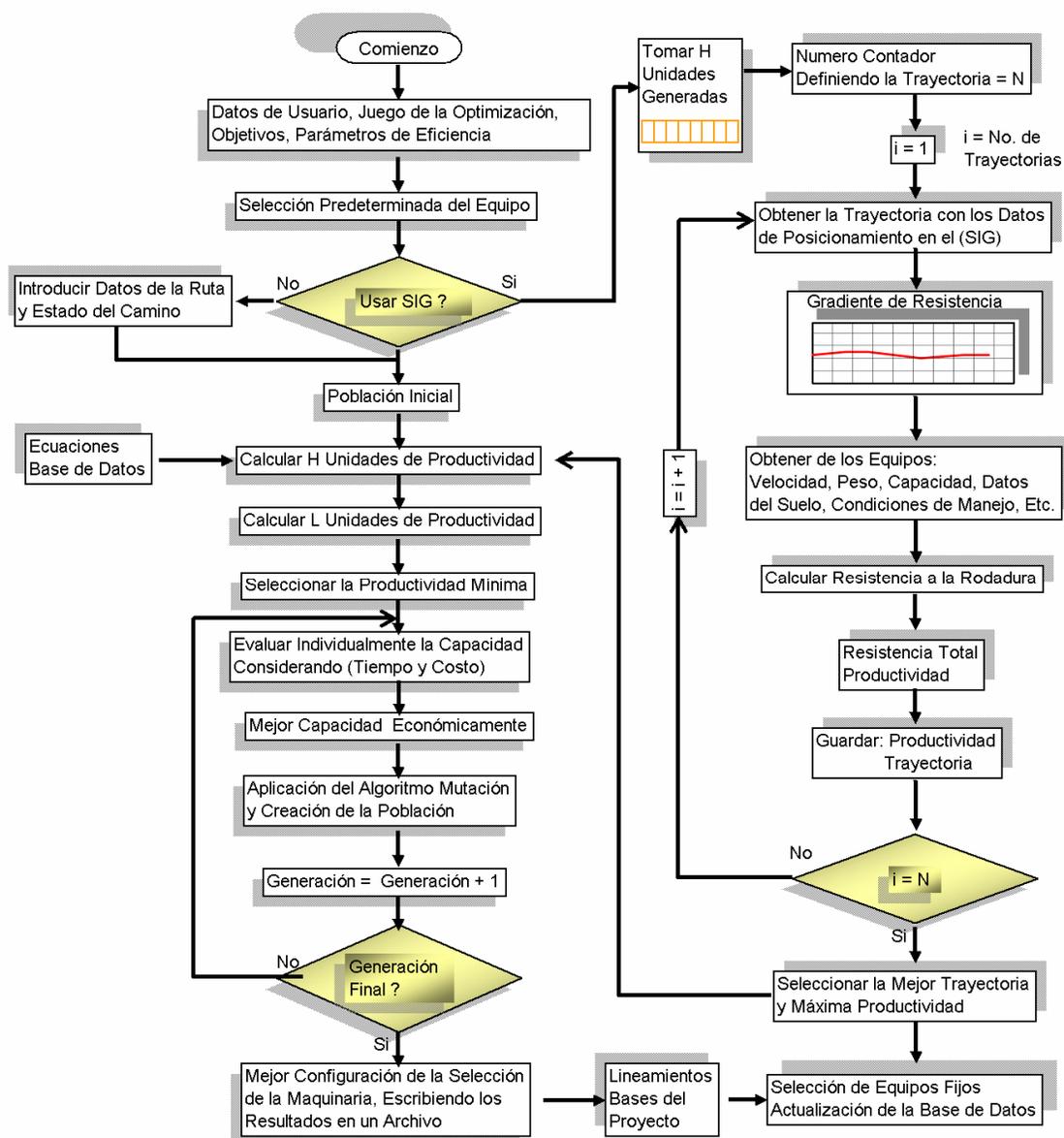


Figura 5.12 Algoritmo del subsistema y selección del equipo a utilizar.

5.2.2.1 Evaluación de partidas de pago.

En esta etapa se tendrá que definir la producción requerida por el proyecto en términos de las partidas de pago, es decir el valor resultante de esta operación definirá la velocidad con la cual se necesita realizar el movimiento de tierra, lo que llamaremos *Rendimiento requerido*, este rendimiento se convertirá en nuestro parámetro para la

asignación de maquinaria, todo aquel rendimiento que este por debajo de este rendimiento requerido será entendido como retraso.

Las unidades del rendimiento óptimo serán m^3/hr y se calcula de la siguiente manera para cada partida de pago.

$$R_{req} = \frac{Vol(partida)}{(D) \times 7} = (resultado) m^3 / hr$$

R_{req} = Rendimiento requerido es decir el volumen de material a mover por hora de trabajo.

Vol = Cantidad volumétrica de la partida de pago en banco o suelta.

D = Días asignados para la realización del tipo de partida.

Es importante tener presente que las unidades con las cuales se ha calculado el rendimiento requerido represente volúmenes en banco o sueltas ya que dependiendo de las características propias de los suelos pueden arrojar variaciones en los resultados, es también importante calcular los pesos de los materiales por volumen ya que esto restringirá en alguna medida de la potencia requerida para moverlos. Ver capítulo II sección 2.6 y figura 2.6.

5.2.2.2 Selección de equipos según actividades expuestas en plan de oferta.

El siguiente paso será realizar una rápida inspección de los probables tipos de equipos que utilizaremos según las partidas de trabajo sin llegar a determinar la potencia requerida que necesitas para la ejecución del proyecto, como herramienta utilizaremos la Tabla 2.1 que se encuentra en el capítulo I. y las tablas mostradas a continuación:

Descripción del trabajo					
Excavaciones					
Excavaciones tipo caja de poca profundidad	X		X	X	
Excavaciones tipo caja de mucha profundidad			X	X	
Excavaciones sobre niveles altos a intermedios de terreno manteniendo nivel de terraza	X				
Excavaciones en pendientes a favor	X	X	X	X	
Excavaciones en pendientes en contra			X	X	
Excavaciones en planicie	X	X			
Excavaciones en talud			X	X	X
Excavaciones muy superficiales	X	X			X

Descripción del trabajo			
Carga			
Zonas de carga restringidas		X	
Zonas de carga amplias	X	X	X
Zonas de carga pequeños volúmenes dispersos en el proyecto	X		X
Zonas de carga grandes volúmenes dispersos en el proyecto	X	X	X

Descripción del trabajo				
Traslado				
Corta distancia			X	X
Larga distancia dentro del proyecto	X	X		
Fuera del proyecto	X			
Desde acopio dentro del proyecto	X		X	X

Descripción del trabajo				
	vibración	estáticos	velocidad	
Compactación				
Áreas reducidas	X	X		
Áreas amplias	X		X	
Conformación en calles	X	X	X	X
Conformación en terrazas				X
Afinado				X

Tabla 5.1 Tablas de ayuda para la selección del equipo considerando el tipo de trabajo.

Una vez seleccionado los tipos de equipos a utilizar en el proyecto se procederá a estimar la potencia de los equipos que cumplan con las características de rendimiento requerido por el proyecto.

5.2.2.3 Análisis topográfico del área donde se desarrollara la urbanización.

Dependiendo de la magnitud del proyecto es de fundamental importancia conocer las características topográficas del área en estudio, de las cuales se pueden

mencionar: Área de superficie en 2d, área de superficie en 3d, zonas de drenaje superficial natural, rangos de elevaciones, Pendientes naturales del terreno. Ver capítulo IV sección 4.2.2. La importancia de cada una de estas actividades se describe a continuación:

Área en 2d: Utilizando la planimetría del proyecto en la urbanización es posible ubicar planteles, posibles accesos al proyecto, trazar rutas de tránsito dentro y fuera del proyecto, identificar zonas de acopio, ubicación de los frentes de trabajo, identificación de las zonas de corte y relleno.

Área en 3d: Es de suma importancia conocer esta magnitud en terrenos montañosos y los que poseen fuertes pendientes, por la incidencia que puede tener en el costo directo, debido a que los rendimientos de la maquinaria disminuyen.

Zonas de drenaje natural: Es de suma importancia saber ubicar en nuestro proyecto la escorrentía superficial ya que puede generar daños o retrasos a los trabajos de terracería que se estén ejecutando.

Rango de elevaciones: Cuando se trabaja en obras de terracería uno de los procesos más usuales es el de excavar, la creación de un mapa donde se ubiquen rangos de elevaciones es de suma importancia, esta la utilizaremos para ubicar las zonas de accesos y orientación de la excavación con el fin de no crear inaccesibilidad a terrenos adyacentes dentro del mismo proyecto. También en proyectos que son de gran magnitud y existen diferencias de niveles con más de 100.00 metros. Se debe tener en cuenta la pérdida de potencia de los equipos.

Pendientes del terreno natural: La verificación de las pendientes naturales del terreno ayudara calcular la resistencia a la rodadura de los equipos que utilizaremos en el proyecto.

5.2.2.4 Recalculo de volumen de obra por partida en plan de oferta.

Gracias a la variedad de software's que permiten el cálculo de volúmenes en mucho menor tiempo a que se realizara en papel, es más eficiente y recomendable que antes de comenzar la obra se realice nuevamente el cálculo de los volúmenes de obra para identificar posible omisiones que pudieran haberse hecho por parte de la empresa consultora o propietario. El resultado que se obtenga será de gran importancia debido a que la asignación de recursos económicos y tiempos de trabajo de la maquinaria depende de los volúmenes de material a mover, las herramienta para el calculo de volúmenes de obra ya fue descrito en el capitulo IV sección 4.6. Este proceso puede ser tedioso ya que involucra realizar todos los procedimientos para crear nuevamente los alineamientos horizontales y verticales, ubicación y nivelación de parcelas, etc. No menos importante es que cuando se realicen los cálculos de volumen de material a mover se clasifiquen como se describieron en el capitulo II sección 2.5 y 2.6. Una vez recalculados los volúmenes de obra y clasificados, es recomendable separarlo por calles y polígonos con el fin de crear los frentes de trabajo y cumplir con el movimiento de los volúmenes de tierra requerido por el proyecto.

5.2.2.5 Calculo de equipos por frente de trabajo.

El calculo de los frentes de trabajo dependerá primordialmente del rendimiento requerido ya que cada frente deberá cumplir como mínimo un volumen de tierra a mover por día previamente calculado, es decir un frente de trabajo será un conjunto de equipos los cuales tiene un mismo fin que es cumplir la partida de pago. Para calcular el número de equipos por frente de trabajo se puede realizar de dos diferentes maneras, por medio de tablas y gráficos de ábacos que se encuentran en los manuales de rendimiento suministradas por los fabricantes de los equipos a utilizar o por medio de ecuaciones, para este ultimo se necesita la experiencia de la persona que lo este evaluando. A continuación se presenta la metodología para el cálculo de producción de equipos de terracería.

Una vez definido el rendimiento requerido y el tipo o tipos de equipo que se utilizaran por partida se tendrá que definir el porcentaje de participación por equipo en cada actividad por ejemplo si el rendimiento requerido es de 250 m³/hr y utilizaremos un tractor + una pala mecánica podemos dividir el rendimiento requerido en dos partes iguales lo que significaría que la producción por individual sería de 125 m³/hr este procedimiento solo servirá para calcular la potencia necesaria del equipo que se utilizara no se utiliza para calcular el costo unitario de la partida.

Dentro del procedimiento a seguir es necesaria la utilización de tablas, graficas y factores que intervienen en el rendimiento para calcular la producción neta. Estos datos pueden ser encontrados en los manuales de rendimiento proporcionados por los fabricantes de las maquinarias.

5.2.2.6 Calculo de la producción de equipos para movimientos de tierra

A continuación se describirán los pasos a seguir para el calculo de producción de equipos para el movimiento de tierras.

Ejemplos de producción de frente de trabajo

Ejemplo 1

Haciendo referencia al ejemplo de plan de oferta mostrado en figura 5.8, el rubro corte en calles es de 80,000 m³ en banco en la etapa No.1, Según el programa de actividades mostrado en la figura 5.5 muestra que este rubro definido para la etapa No.1 debe realizarse en 60 días calendario, por lo cual se calcula un rendimiento de:

$$R_{req} = \frac{80,000m^3}{(60) \times 7} = 190.48m^3 / hr$$

Reconocida la actividad debe de seleccionar el equipo más adecuado según la Tabla 1.1 y Tabla 5.1, de los cuales se seleccionan el tractor y la pala excavadora.

Dado que la producción requerida es de 190.48 m³/hr. La combinación de estos equipos se estima producción en partes iguales, se necesita la producción de 95.94 m³/hr por cada equipo.

Según la Tabla 5.1 se selecciona el equipo según el disponible, se escogerá el tractor de orugas que posee una potencia de 140 a 160 Hp. y la pala excavadora de 128 Hp. Se obtienen los rendimientos de producción de las tablas presentadas en el Capítulo I.

Para el tractor y la pala excavadora obtenemos el valor del rendimiento de las siguientes tablas, tomada del Capítulo I.

RENDIMIENTO DE TRACTOR SIERRA (Hasta 2300 m.s.n.m)					
Equipo	Tipo de Trabajo (Distancia de Empuje=60mt)	Producción Teórica (m ³ /hr)	Factor de Corrección Final	Rendimiento en Banco (m ³ /hr)	Rendimiento Standard en Banco (m ³ /día)
Tractor s/Orugas CAT-D6D	Mat. suelto	160.00	0.315	50.00	400.00
	Roca suelta	160.00	0.241	39.00	310.00
	Roca fija	160.00	0.194	31.00	250.00

Tabla 5.2 Recorte de tabla presentada en Capítulo I, para la selección de rendimiento de un tractor de cadenas

RENDIMIENTO STANDARD DE EXCAVADORA						
Modelo	Potencia HP	Capacidad del Cucharón (m ³)	Tipo de Trabajo	Costa	Selva	
					Hasta 2300 m.	
225	125	1.1 m ³	Material suelto	1,050.00	980.00	740.00
			(Rendo. Banco) Roca suelta	620.00	590.00	500.00
			Roca fija c/volad.	430.00	400.00	360.00

Tabla 5.3 Recorte de tabla presentada en Capítulo I, para la selección de rendimiento de una pala sobre orugas

Por el tipo de material con el que se está trabajando se tomara los siguientes rendimientos de: 50.00 m³/hr para el tractor de cadenas y 122.50 m³/hr para la excavadora, sumando algebraicamente estos rendimientos se obtiene que son inferiores al rendimiento requerido por lo que se recomienda utilizar dos tractores con iguales características más la pala excavadora. Para el frente de trabajo tendremos como resultado final la asignación de los siguientes equipos:

$$\begin{array}{c}
 \text{Tractor} + \text{Tractor} + \text{Excavadora} = 222.50 \text{ m}^3/\text{hr} > 190.48 \text{ m}^3/\text{hr}.
 \end{array}$$

Ejemplo 2

Haciendo referencia al ejemplo de plan de oferta mostrado en figura 5.8, el rubro de relleno en calles es de $45,000 \text{ m}^3$ en banco en la etapa No.1, Según el programa de actividades mostrado en la figura 5.5 este rubro debe realizarse en 60 días calendario, se calcula un rendimiento de:

$$R_{req} = \frac{45,000 \text{ m}^3}{(60) \times 7} = 107.14 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Reconocida la actividad debe de seleccionar el equipo más adecuado según la Tabla 1.1, Tabla 5.1, y Figura 1.17, se elije un compactador de velocidad. Se tiene disponibilidad según la figura 5.9 un compactador tipo pata de cabra 11.10 toneladas.

Una vez seleccionado el equipo se obtiene el rendimiento de la Tabla 1.4. El valor obtenido se muestra en la siguiente tabla:

RENDIMIENTO STANDARD DE RODILLOS						
Modelo	Potencia H.P.	Capacidad Tn	Tipo de Trabajo	Costa	Selva	
					Hasta 2300 m.	
Autopropulsado (Pata Cabra)	125	11.10	Compactación Material Suelto (m3/día)	1,470.00	1,440.00	1,500.00

Tabla 5.4 Recorte de tabla presentada en Capítulo I, para la selección de rendimiento para un rodó compactador de 11 Ton.

El valor de rendimiento obtenido de la tabla anterior es de $180.00 \text{ m}^3/\text{hr}$. Se observa que es mucho mayor que el redimiendo requerido por lo que se recomienda seleccionar otro equipo de un menor tamaño, de la listado de equipos disponibles se selecciona un rodó compactador de 7.40 ton.

RENDIMIENTO STANDARD DE RODILLOS						
Modelo	Potencia H.P.	Capacidad Tn	Tipo de Trabajo	Costa	Hasta 2300 m.	Selva
					Autopropulsado	
Pata Cabra	108	7.40		1,140.00	1,110.00	1,150.00

Tabla 5.5 Recorte de tabla presentada en Capitulo I, para la selección de rendimiento para un rodó compactador de 7.4 Ton.

El valor de rendimiento es de $138.75 \text{ m}^3/\text{hr}$. Sigue siendo mayor que es redimiendo requerido pero representa la única disponibilidad según el listado de equipos disponibles pero a la vez representa una ventaja en función del rendimiento requerido por el proyecto.



$$= 138.75 \text{ m}^3/\text{hr} > 107.14 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

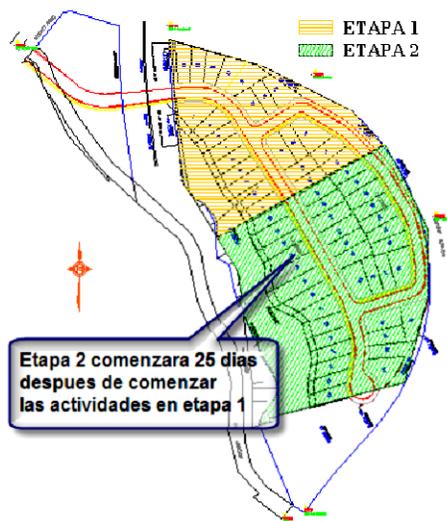
5.2.2.7 Creación de planos de frentes de trabajo según los requerimientos del trabajo.

Con el fin de optimizar los recursos asignados al proyecto se recomienda crear planos en los cuales se identifiquen anticipadamente las zonas en las que se realizaran rubros descritos en plan de oferta. Para la creación de estos planos pueden utilizarse software como los descritos en el Capitulo IV. Tabla 4.1 y otros programas utilitarios como son Google el cual esta disponible gratuitamente en internet, para el calculo de distancias de recorrido y así estimar los costos de movilización de los equipos, ubicación de botaderos y bancos de préstamo. Como también información topográfica en general.



Figura 5.13 Ejemplos de planos ubicando bancos de préstamo

Es de suma importancia identificar en estos planos las áreas donde se ejecutaran los trabajos de terracería, identificando por ejemplo las áreas de corte y relleno con la intención de minimizar las distancias de movimiento de tierras y crear a si una programación de ejecución de la obra.



Presupuesto de obra

Descripcion	Cantidad	Unidad	P. U	T. Rubro
Movilización e instalaciones provisionales				
Etapa 1				
Descapote	15,000.00	m3	\$ 0.65	\$ 9,750.00
Corte en terrazas	55,000.00	m3	\$ 2.55	\$ 140,250.00
Corte en calles	80,000.00	m3	\$ 1.50	\$ 120,000.00
Movilización interna de materiales	135,000.00	m3	\$ 1.20	\$ 162,000.00
Suministro de materiales	40,000.00	m3	\$ 4.50	\$ 180,000.00
Desalojo fuera del proyecto	19,500.00	m3	\$ 3.60	\$ 70,200.00
Relleno en terrazas	130,000.00	m3	\$ 2.15	\$ 279,500.00
Relleno en calles	45,000.00	m3	\$ 1.80	\$ 81,000.00
Perfilado de taludes	20,000.00	m2	\$ 2.15	\$ 43,000.00
Etapa 2				
Descapote	15,000.00	m3	\$ 0.65	\$ 9,750.00
Corte en terrazas	55,000.00	m3	\$ 2.55	\$ 140,250.00
Corte en calles	80,000.00	m3	\$ 1.50	\$ 120,000.00
Movilización interna de materiales	135,000.00	m3	\$ 1.20	\$ 162,000.00
Suministro de materiales	40,000.00	m3	\$ 4.50	\$ 180,000.00
Desalojo fuera del proyecto	19,500.00	m3	\$ 3.60	\$ 70,200.00
Relleno en terrazas	130,000.00	m3	\$ 2.15	\$ 279,500.00
Relleno en calles	45,000.00	m3	\$ 1.80	\$ 81,000.00
Perfilado de taludes	20,000.00	m2	\$ 2.15	\$ 43,000.00
Total				\$ 2,174,400.00
			Indirecto 30%	\$ 651,420.00
			Iva	\$ 366,966.60
			Total	\$ 3,189,786.60

Figura 5.14 Ejemplo de esquematización global de etapas a desarrollar el proyecto y plan de oferta presentando rubros a considerar en el proyecto.

Como se muestra en la figura 5.14, antes de ejecutar un proyecto de terracería es recomendable realizar la ubicación en planos y en campo el replanteo de las etapas de construcción con el fin de tener mejor control en producción como en operación. De igual manera se pueden esquematizar en planos de taller la identificación y ubicación de las áreas de trabajo etiquetadas con los rubros contenidos en el plan de oferta. Por ejemplo figuras 5.15, 5.16, 5.17 y 5.18.

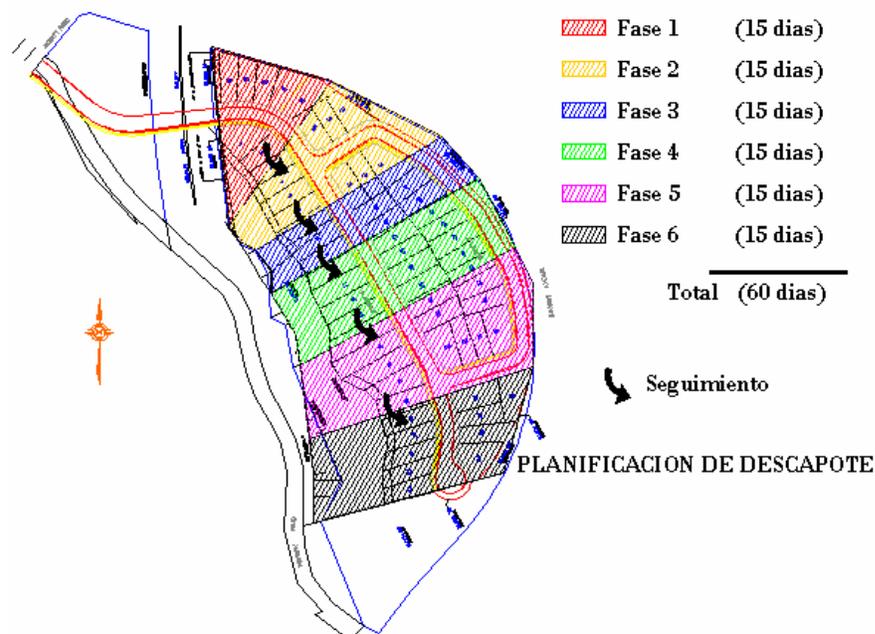


Figura 5.15 Ejemplo de esquematización en planta de fases para desarrollar el descapote en una urbanización.

Tal como se muestra en la figura 5.15, esquematiza la distribución en el terreno y el tiempo como se planea ejecutar los trabajos de descapote para un proyecto de terracería. De igual manera se muestra en las figuras 5.16, en la figura 5.17 y 5.18 se la ubicación de cortes, rellenos y perfilado de taludes a realizar en el proyecto de terracería.

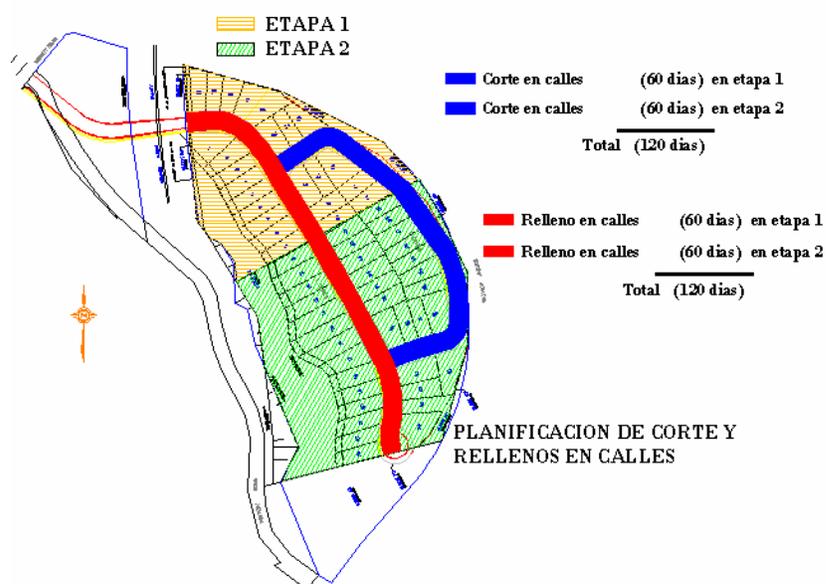


Figura 5.16 Ejemplo de esquematización en planta de fases para desarrollar el cortes y rellenos en una urbanización.

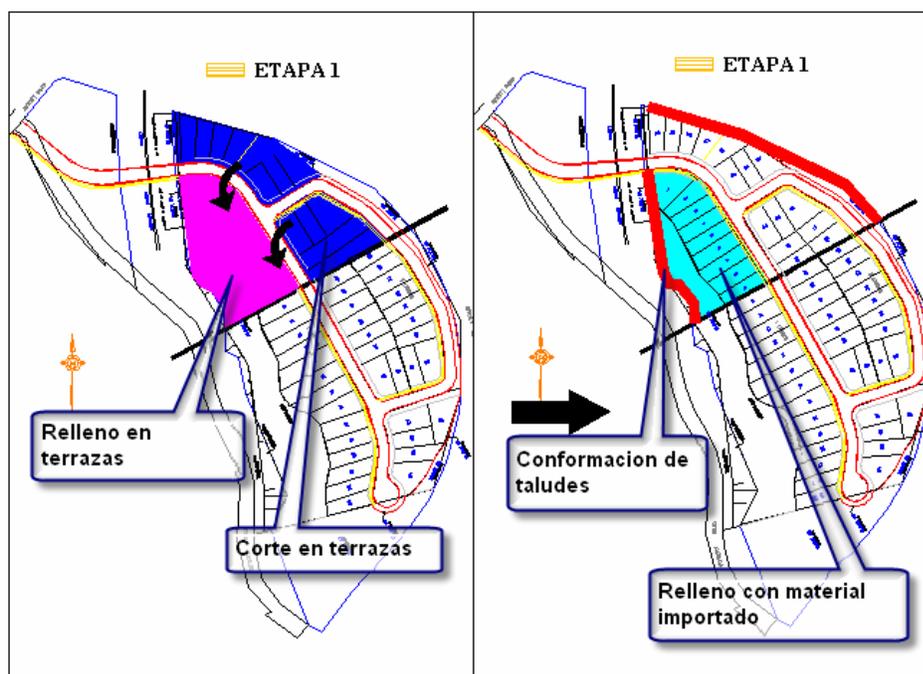


Figura 5.17 Ejemplo de esquematización en planta de fases para desarrollar el corte en terrazas, rellenos en terrazas y perfilado de taludes, para una primera etapa de construcción.

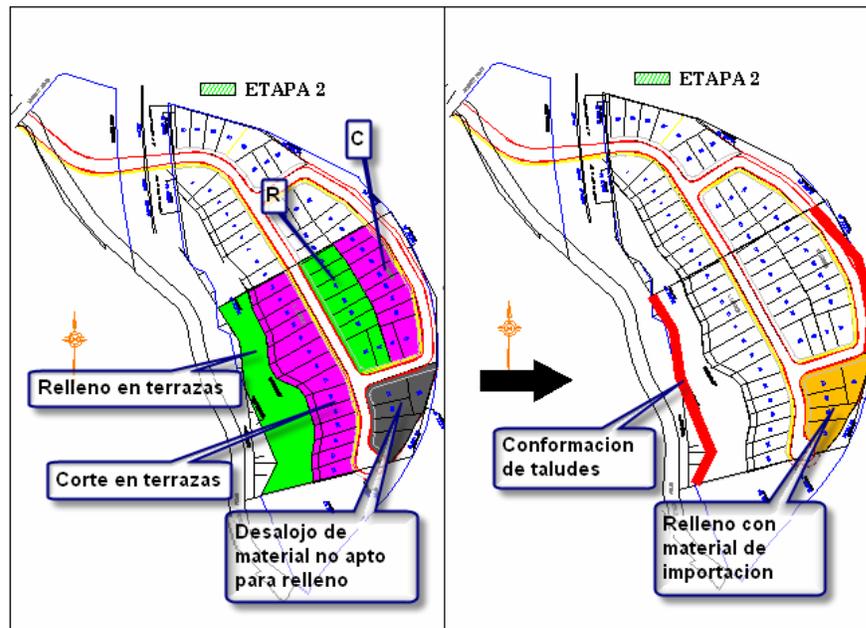


Figura 5.18 Ejemplo de esquematización en planta de fases para desarrollar el corte en terrazas, rellenos en terrazas y perfilado de taludes, para una segunda etapa de construcción.

5.2.2.8 Generación de alternativas y evaluación económicas por frente de trabajo.

Este apartado tiene la finalidad realizar una evaluación económica con respecto a los equipos que serán utilizados en el proyecto; como herramienta se utilizara el software Opus Ole es un sistema orientado a los departamentos de costos, programación y control de Obras. El procedimiento consistirá en crear el presupuesto y reanalizar un cronograma de actividades (nuevo o el que ya esta presupuestado) dentro del programa el cual ayudara para el estudio de alternativas de uso de equipos ver figura 5.19 y proporcionara herramientas para el control de las obras como son una programación de uso de equipos, gastos de combustible y horas maquinas de trabajo, costos unitarios.

Entre la metodología en la que se basa este apartado es la selección de del grupo de maquinaria mas económica del proyecto limitando los ensayos de las permutaciones que pueden darse por la misma capacidad instalada del constructor es decir los ensayos pueden variar de uno a varios ensayos con maquinas propias de el constructor o si el

proyecto es lo suficientemente extenso permita la adquisición de maquinaria nueva, pero teniendo en cuenta que cada prueba a realizar está básicamente sujeta a dos variables que son el precio por hora máquina y el rendimiento que esta alcance.

A continuación se muestra en la figura 5.19 las posibles combinaciones de los criterios sugeridos para tomar la decisión de alquilar o comprar maquinaria.

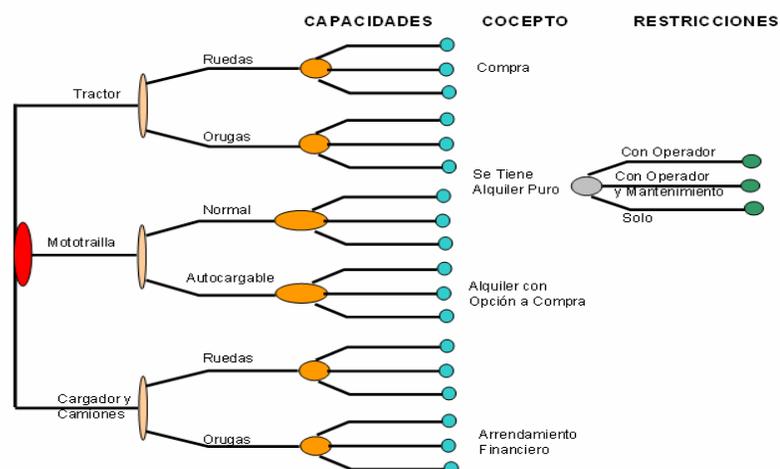


Figura 5.19 Muestra una alternativa de selección de maquinaria para realizar un mismo tipo de trabajo

Siguiendo con el ejemplo anterior se procede a crear el costo unitario para el presupuesto mostrado en la figura 5.8 en Opus como lo muestra la figura 5.20

Plan de oferta de etapa 1

Tipo	Clave	S	Descripción	Cantidad	Unidad			
Capítulo			Plan de oferta ejemplo					\$ 133,300.00
Subcapítulo	1.00	-	Etapa 1					
Concepto	1.1		Descapote	15,000.00	m3	\$	0.00	\$ 0.00
Concepto	1.2		Corte en terrazas	55,000.00	m3	\$	3.00	\$ 0.00
Concepto	1.3		Corte en calles	80,000.00	m3	\$	0.98	\$ 78,400.00
Concepto	1.4		Movilización interna de materiales	135,000.00	m3	\$	0.00	\$ 0.00
Concepto	1.5		Suministro de materiales	40,000.00	m3	\$	0.00	\$ 0.00
Concepto	1.6		Desalojo fuera del proyecto	10,000.00	m3	\$	0.00	\$ 0.00
Concepto	1.7		Relleno en terrazas	130,000.00	m3	\$	3.00	\$ 0.00
Concepto	1.8		Relleno en calles	45,000.00	m3	\$	1.22	\$ 54,900.00
Concepto	1.9		Perfilado de taludes	20,000.00	m2	\$	0.00	\$ 0.00

Análisis de precio unitario de rubro 1.3 (corte en calles)

Con	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total 0.98
+	EQ-TRAC002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00449	222.717149	\$63.40	\$0.28
+	EQ-TRAC002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00449	222.717149	\$63.40	\$0.28
+	EQ-EXC-001	PALA EXCAVADORA PC200	hora	0.00449	222.717149	\$86.40	\$0.39
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00449	222.717149	\$2.15	\$0.01
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00449	222.717149	\$2.15	\$0.01
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00449	222.717149	\$2.15	\$0.01

Análisis de precio unitario rubro 1.8 (relleno en calles)

Con	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total 1.22
+	EQ-ROD001	RODO COMPACTADOR SD-100 (LISO U CABRA)	hora	0.00721	138.696255	\$52.46	\$0.38
+	EQ-TRAC002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00721	138.696255	\$63.40	\$0.46
+	EQ-CAM-004	CAMION CISTERNA	hora	0.00721	138.696255	\$49.53	\$0.36
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00721	138.696255	\$2.15	\$0.02

Figura 5.20 Creación del plan de oferta y análisis de precios unitarios para los rubros corte en calles y relleno en calles, realizados con el software Opus Ole.

Capítulo		- Revisión de costos unitarios					
Concepto	1.3A	Corte en calles	80,000.00	m3	\$	1.31	\$ 104,800.00
Concepto	1.3B	Corte en calles	80,000.00	m3	\$	0.72	\$ 57,600.00
Concepto	1.8B	Relleno en calles	45,000.00	m3	\$	0.70	\$ 31,500.00

1.3A

Opción con 4 tractores de cadenas

Con	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total 1.31
+	EQ-TRAC002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00500	200.000000	\$63.40	\$0.32
+	EQ-TRAC002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00500	200.000000	\$63.40	\$0.32
+	EQ-TRAC002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00500	200.000000	\$63.40	\$0.32
+	EQ-TRAC002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00500	200.000000	\$63.40	\$0.32
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00500	200.000000	\$2.15	\$0.01
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00500	200.000000	\$2.15	\$0.01
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00500	200.000000	\$2.15	\$0.01

1.3B

Opción con 2 pala excavadoras

Con	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total 0.72
+	EQ-EXC-001	PALA EXCAVDORA PC200	hora	0.00408	245.098039	\$66.40	\$0.35
+	EQ-EXC-001	PALA EXCAVDORA PC200	hora	0.00408	245.098039	\$66.40	\$0.35
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAGUNARIA	hora	0.00408	245.098039	\$2.15	\$0.01
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAGUNARIA	hora	0.00408	245.098039	\$2.15	\$0.01

1.8B

Opción de cambio de compactador

Con	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total 0.70
+	EQ-ROD004	COMPACTACION CON RODO CAT 815	hora	0.00556	179.856115	\$74.25	\$0.41
+	EQ-CAM-004	CAMION CISTERNA	hora	0.00556	179.856115	\$49.53	\$0.28
+	MO-AUX-TRA	AYUDANTE DE MAGUNARIA	hora	0.00556	179.856115	\$2.15	\$0.01

Figura 5.21 Generación de alternativas para los rubros de corte y relleno en calles utilizando con el software Opus Ole.

Evaluación económica de las alternativas

Realizar la selección de maquinaria para un proyecto de terracería conlleva a realizar un análisis económico de las diferentes combinaciones de equipos que pueden cumplir con lo requerido para el tipo de trabajo esto esta limitado básicamente por la capacidad instalada de la empresa. Como se mostró en la figura 5.21 muestra un ejemplo de combinación de equipos basados siempre en la potencia de los equipos que cumplen el rendimiento requerido del proyecto. Con el fin de encontrar la combinación mas económica para la ejecución de las obras.

Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	T. Rubro
Etapa 1				
Corte en calles	80,000.00	m ³	\$ 0.98	\$ 78,400.00
Relleno en calles	45,000.00	m ³	\$ 1.22	\$ 54,900.00
			Total	\$ 133,300.00
			Indirecto 30%	\$ 39,990.00
			Iva	\$ 22,527.70
			Total	\$ 195,817.70

Tabla 5.6 Ejemplo de evaluación económica opción según rendimiento requerido.

Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	T. Rubro
Etapa 1				
Corte en calles	80,000.00	m ³	\$ 0.72	\$ 57,600.00
Relleno en calles	45,000.00	m ³	\$ 0.70	\$ 31,500.00
			Total	\$ 89,100.00
			Indirecto 30%	\$ 26,730.00
			Iva	\$ 15,057.90
			Total	\$ 130,887.90

Tabla 5.7 Ejemplo de evaluación económica opción de cambio de equipos.

5.2.2.9 Justificación de compra de equipos.

De pendiendo de la magnitud de un proyecto podrá destinarse una inversión para la renovación de la flota de equipos. Por ejemplo podemos mencionar un proyecto en el cual un equipo trabaje más de su vida económica como se mostró en el Capítulo III tabla 3.5 (diferentes periodos de vida económica), parámetros que deberá cumplir un equipo a la vez, solo bajo estas condiciones podrá justificarse la inversión en equipo nuevo ya que si se alquila los costos serán mayores a que si se compra.

5.2.2.10 Listado de equipos a disponer en el proyecto.

Es de suma importancia crear un listado de uso de maquinaria con el fin de cumplir con las expectativas del proyecto y prever retrasos en la obra se que se traducen a costos de administración mas altos y por entre se traducirán en perdidas para el proyecto como herramienta utilizaremos el software Opus Ole. El cual nos permitirá una

vez creado el presupuesto con los costos de operación óptimos como se explico en los apartados anteriores, crear un programa de trabajo que de el uso de maquina para el proyecto el cual mostrara los totales de horas maquina necesarios para la ejecución normal del proyecto ver figura 5.22.

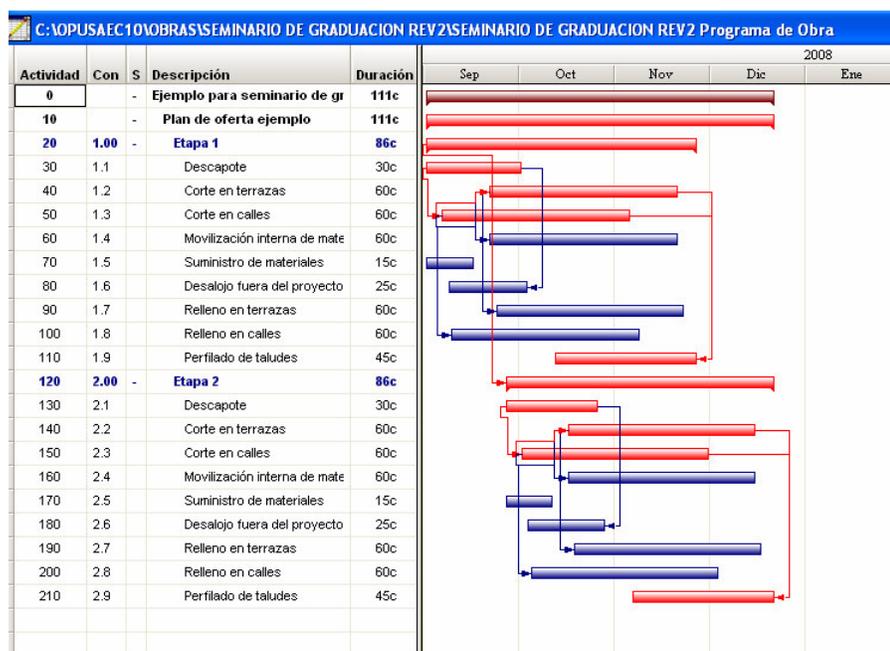


Figura 5.22 Ejemplo de creación de programa de trabajo en base a plan de oferta.

PROGRAMA DE USO DE MAQUINARIA								
				DEL	01/09/2007	01/10/2007	01/11/2007	01/12/2007
				AL	30/09/2007	31/10/2007	30/11/2007	31/12/2007
Clave	Descripción	Cantidad	%					
Equipo								
EQ-LIC-0001	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	340.80000	2.19%	187.43978	153.36022			
				55.00%	45.00%			
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	4,612.90000	16.62%	548.33718	1,970.64719	1,719.67201	374.24362	
				11.89%	42.72%	37.28%	8.11%	
EQ-LIC-0015	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	3,176.10000	9.05%	260.97735	1,240.27428	1,300.60517	374.24320	
				8.22%	39.05%	40.95%	11.78%	
EQ-LIC-0018	RETROEXCAVADORA KOMATSU WB83/WB140	2,000.00000	4.29%		422.22189	1,111.11103	466.66708	
					21.11%	55.56%	23.33%	
EQ-LIC-0019	EXCAVADORA KOMATSU PC200	1,616.00000	9.01%	210.99988	709.26626	583.53346	112.20040	
				13.06%	43.89%	36.11%	6.94%	
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	16,641.50000	38.55%	6,160.87033	6,841.92789	2,799.00032	839.70146	
				37.02%	41.11%	16.82%	5.05%	
EQ-LIC-0026	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	5,703.30000	8.81%	408.39726	2,166.91375	2,395.72526	732.26373	
				7.16%	37.99%	42.01%	12.84%	
EQ-LIC-0044	CARGADOR KOMATSU WA-380- 1/WA-380-3	3,822.90000	11.48%	456.11357	1,547.43554	1,399.50016	419.85073	
				11.93%	40.48%	36.61%	10.98%	

Figura 5.23 Ejemplo de consolidado de horas maquina de tipo de equipos a utilizar en el proyecto. Creado en Opus en base a cronograma de actividades.

PROGRAMA DE SUMINISTROS POR ACTIVIDAD (CANTIDADES)							
Clave	Descripción	Unidad	DEL AL	01/09/2007 30/09/2007	01/10/2007 31/10/2007	01/11/2007 30/11/2007	01/12/2007 31/12/2007
Plan de oferta ejemplo							
Etapa 1							
1.1	Descapote	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0001	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora					
				164.71981	5.68019		
1.2	Corte en terrazas	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0019	EXCAVADORA KOMATSU PC200	hora					
				67.31996	231.87987	149.60017	
1.3	Corte en calles	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora					
				287.35983	371.17312	59.86705	
EQ-LIC-0019	EXCAVADORA KOMATSU PC200	hora					
				143.67992	185.58656	29.93352	
1.4	Movilización interna de materiales	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora					
				503.81970	1,735.37900	1,119.60130	
EQ-LIC-0044	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora					
				251.90985	867.68950	559.80065	
1.5	Suministro de materiales	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora					
				3,337.60000			
1.6	Desalojo fuera del proyecto	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora					
				1,429.42601	194.92399		
EQ-LIC-0044	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora					
				204.20372	27.84628		
1.7	Relleno en terrazas	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora					
				147.41992	652.85962	463.32046	
EQ-LIC-0015	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	hora					
				147.41992	652.85962	463.32046	
EQ-LIC-0026	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	hora					
				294.83983	1,305.71924	926.64093	
1.8	Relleno en calles	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora					
				113.55744	167.63240	43.26016	
EQ-LIC-0015	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	hora					
				113.55744	167.63240	43.26016	
EQ-LIC-0026	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	hora					
				113.55744	167.63240	43.26016	
1.9	Perfilado de taludes	m2					
	Equipo						
EQ-LIC-0018	RETROEXCAVADORA KOMATSU WB83/WB140	hora					
					422.22190	577.77810	
Etapa 2							
2.1	Descapote	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0001	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora					
				22.71997	147.68003		
2.2	Corte en terrazas	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0019	EXCAVADORA KOMATSU PC200	hora					
					112.19994	224.39987	112.20019
2.3	Corte en calles	m3					
	Equipo						
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora					
					359.19979	359.19979	0.00042
EQ-LIC-0019	EXCAVADORA KOMATSU PC200	hora					
					179.59988	179.59990	0.00021

Figura 5.24 Ejemplo programación de uso de equipos por partida en base a un programa de trabajo, muestra partidas desde 1.1 hasta 2.3

PROGRAMA DE SUMINISTROS POR ACTIVIDAD (CANTIDADES)								
Clave	Descripción	Unidad	DEL	01/09/2007	01/10/2007	01/11/2007	01/12/2007	
			AL	30/09/2007	31/10/2007	30/11/2007	31/12/2007	
2.4	Movilización interna de materiales	m3						
	Equipo							
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora						
					839.69951	1,679.39903	839.70146	
EQ-LIC-0044	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora						
					419.84976	839.69951	419.85073	
2.5	Suministro de materiales	m3						
	Equipo							
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora						
				890.02461	2,447.57539			
2.6	Desalojo fuera del proyecto	m3						
	Equipo							
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora						
					1,624.35000			
EQ-LIC-0044	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora						
					232.05000			
2.7	Relleno en terrazas	m3						
	Equipo							
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora						
					273.77985	631.79963	358.02052	
EQ-LIC-0015	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	hora						
					273.77985	631.79963	358.02052	
EQ-LIC-0026	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	hora						
					547.55968	1,263.59927	716.04105	
2.8	Relleno en calles	m3						
	Equipo							
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora						
					146.00241	162.22491	16.22268	
EQ-LIC-0015	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	hora						
					146.00241	162.22491	16.22268	
EQ-LIC-0026	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	hora						
					146.00241	162.22491	16.22268	
2.9	Perfilado de taludes	m2						
	Equipo							
EQ-LIC-0018	RETROEXCAVADORA KOMATSU WB83/WB140	hora						
						533.33292	466.66708	

Figura 5.25 Ejemplo programación de uso de equipos por partida en base a un programa de trabajo, muestra partidas desde 2.4 hasta 2.9

5.2.3 Subsistema de reportes

Esta etapa tiene como finalidad dar herramientas que ayuden al encargado de la obra a fijar metas a corto y largo plazo en lo concerniente a la ejecución de la obra. Para lograr este objetivo la creación de reportes no se limita al comienzo de la obra en si sino al seguimiento que debe dársele a la ejecución de este a través de la retroalimentación periódica de información retroalimenta por el mismo proyecto a través de poner en practicas de control de la producción de la maquinaria que interviene en la ejecución e la obra.

En este capitulo se mencionan algunos reportes mas usualmente solicitados por el encargado de obras de terracería de los se pueden separa de en dos que son:

1. Reporte de tipo técnico.

2. Reportes de tipo económico.
3. Avance.
4. Control.

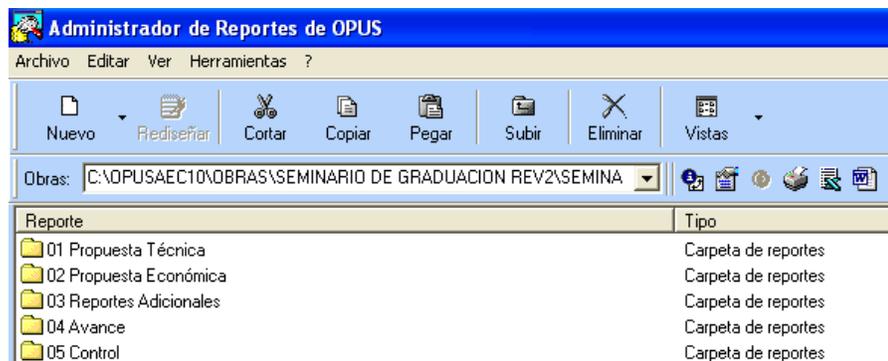


Figura 5.26 Vista de modulo de generación de reportes en el software Opus

5.2.3.1 Reportes técnicos, económicos, Avance y control.

Debido a la complejidad de crear reportes detallados cuando se tiene un tiempo corto para la elaboración de estos. Es conveniente utilizar software's que ayuden a la elaboración de estos. Para este trabajo se auxilio del software *Opus Ole* el cual como se vio en el apartado anterior no solo ayuda a la creación de presupuestos y programas de obra también puede utilizarse como herramienta útil para la elaboración de reportes como se observa en las figuras 5.23, 5.24, y 5.25 donde se obtiene la utilización de horas maquina para un proyecto de terracería. A continuación se muestran pantallas de los distintos tipos de reportes según su categoría.

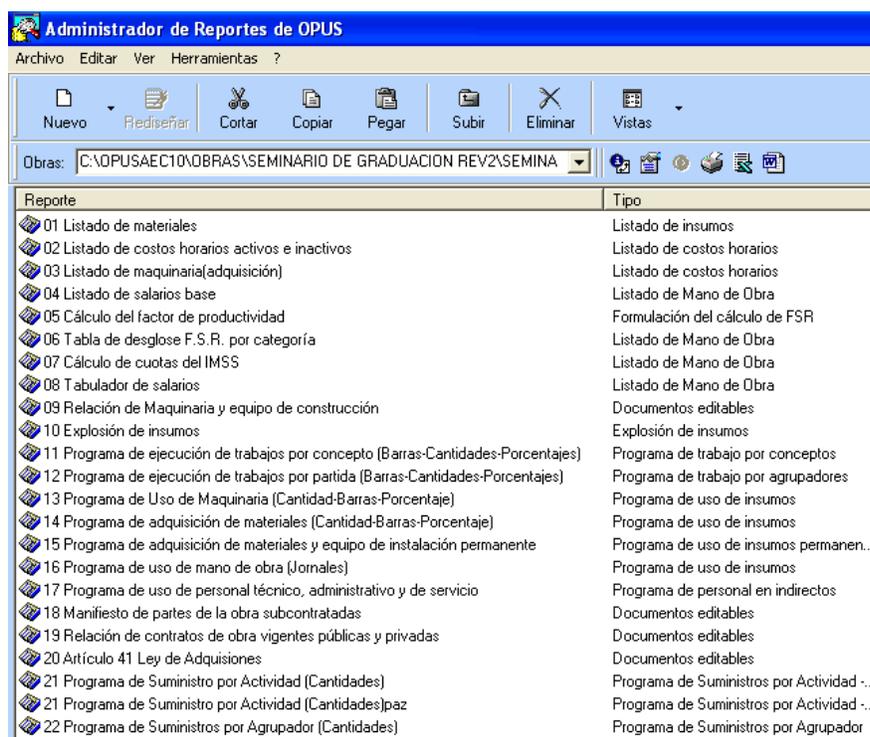


Figura 5.27 Vista de carpeta generación de reportes técnicos en el software Opus

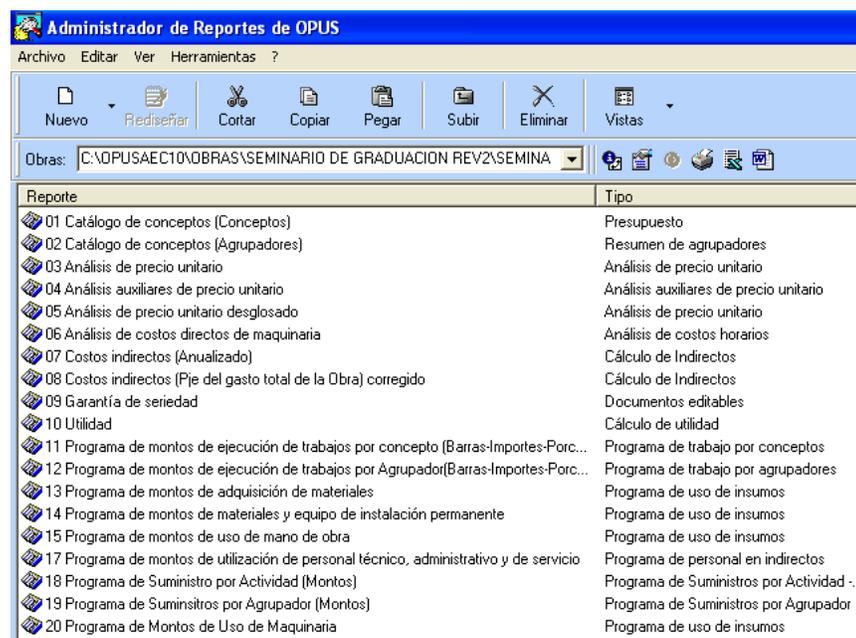


Figura 5.28 Vista de carpeta de generación de reportes económicos en el software Opus

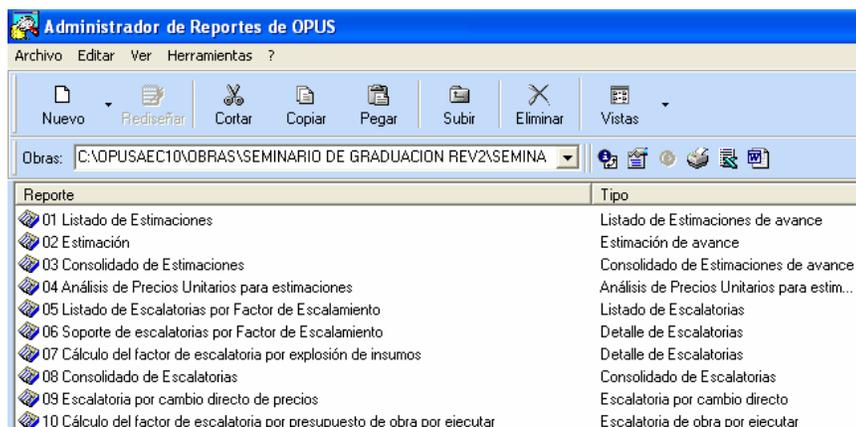


Figura 5.29 Vista de carpeta de generación de reportes avance en el software Opus

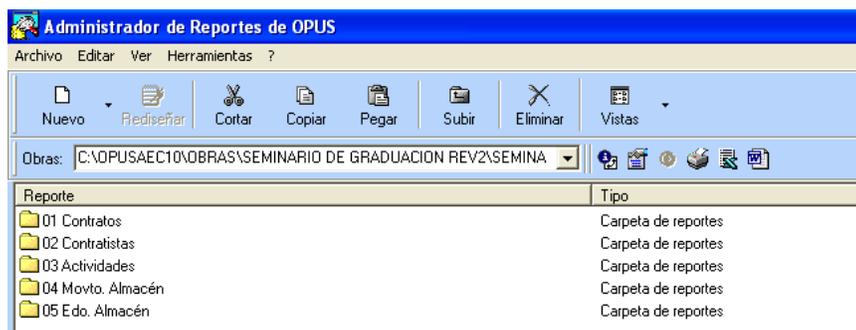


Figura 5.30 Vista de carpeta de generación de reportes control en el software Opus

CAPITULO VI: EJEMPLO PRÁCTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE MAQUINARIA EN OBRAS DE TERRACERÍA APLICADO A URBANIZACIÓN LOS SUEÑOS.

6.0 GENERALIDADES DEL CAPITULO

La finalidad de este capítulo es ejemplificar el estudio y asignación de maquinaria en proyecto de terracería para la Urbanización los Sueños. Para lo cual utilizaremos las herramientas de software especializados tanto para la etapa de análisis de la superficie a trabajar como también para designación de maquinaria para el proyecto a través de la metodología expuesta en el capítulo V.

Para el estudio de este proyecto se pretende realizar en tres etapas las cuales como se mencionaron en el capítulo V son: *Base de Datos, Optimización de Equipo, Cálculo de Producción, Creación de Reportes*. Con el fin de brindarle una herramientas al ingeniero encargado de la obra y prever a si cualquier inconveniente a la hora de la ejecución.

6.1 Etapa 1 subsistema base de datos

6.1.1 Resumen de las bases del proyecto los sueños

Proyecto: Urbanización Los Sueños y Plaza las Piletas.

Ubicación: Carretera CA-4 Finca Santa Julia, municipio de Nuevo Cuscatlán, cantón Ayagualo, departamento de La Libertad.

Propietario: INMOBILIARIA LAS PILETAS S.A. DE C.V.

Fecha: no aplica.

6.1.2 Ubicación del proyecto

El terreno del proyecto se encuentra ubicado en la Carretera CA-4 la cual se dirige al Puerto de La Libertad. Este terreno se ubica en Finca Santa Julia en el cantón Ayágualo, Municipio de Nuevo Cuscatlán, correspondiente al Departamento de La Libertad.



Figura 6.1 Imagen satelital de ubicación del terreno donde se construirá Urbanización los Sueños

6.1.3 Tiempo de ejecución

Conforme a la programación cotizada por el constructor se da un plazo máximo de 4 meses para la ejecución de las tres etapas descritas anteriormente. En consideración para la ejemplificación de este problema no se está tomando en cuenta todas las obras realizadas en el proyecto en mención como son: *Obras hidráulicas, eléctricas, obras grises, etc.* Debido a que no se encuentran a alcance de este trabajo de investigación. Por lo consiguiente para el análisis del proyecto se considera únicamente las actividades relacionadas al movimiento de tierra, las cuales anteceden a cualquier otra actividad ajena a este trabajo.

6.1.4 Tipo de material

Resumen

El material de la zona se considera en su mayoría blando y predomina materiales de tipo arcillosos debajo de una capa vegetal de un espesor promedio de 1.50 metros de profundidad. Por lo que se considera un material susceptible a deslizamientos. Los materiales que se excaven pueden ser utilizados para la construcción de terraplenes y terrazas

6.1.5 Información de las especificaciones técnicas

Las presentes especificaciones técnicas corresponden a la obra de terracería masiva, así como la conformación de terrazas de acuerdo a los niveles establecidos por los planos constructivos respectivos.

1. Descapote y desalojo.
2. Trazo y nivelación.
3. Corte.
4. Relleno compactado.

5. Acarreo interno.
6. Acarreo externo.

6.1.5.1 Descapote y desalojo

Estas obras consisten en cortar toda la capa vegetal de la superficie del terreno, con una cortada de 1.50 metros de acuerdo a los estudios de suelo establecidos para el presente proyecto y teniendo el respectivo aval de la supervisión. En este rubro se incluye además la tala de los árboles determinados por la supervisión, incluye también el destronconado, acopio (panteado), así mismo el desraizado y limpieza de todas las zonas de trabajo.

Condiciones para el descapote

El material resultante de todas las obras anteriormente expuestas, deberá ser desalojado, fuera del terreno del proyecto y adonde, se tenga el respectivo permiso, obtenido por el contratista y además no ocasione daños a terceros. Solamente aquel materia de descapote que sea determinado por la Supervisión se deberá dejar dentro del terreno del presente proyecto y en la ubicación específica también determinada por la Supervisión asignada por la empresa INMOBILIARIA LAS PILETAS S.A de C.V. propietaria del presente proyecto.

Forma de pago

- a) El descapote a realizar se pagará por METRO CÚBICO descapotado, este pago incluye la tala de árboles, destronconado, acopio, desraizado y limpieza.

b) El desalojo del material resultante del descapote será retirado fuera del terreno del proyecto en un lugar autorizado donde no ocasione daños terceros, se pagara por METRO CÚBICO descapotado medido en Banco.

6.1.5.2 Trazo y nivelación

Para determinar las rasantes así como las de dimensiones de las construcciones del proyecto y establecidas por los planos constructivos para las obras de terracería, se deberán establecer las referencias planimétricas y altimétricas (BANCOS DE MARCA), las cuales son necesarias para determinar los ejes y niveles establecidos en los planos constructivos del presente proyecto. Para lo cual habrá que desarrollar las actividades del trazo y nivelación con lo cual se logrará que las otras físicas terminadas queden conforme los alineamientos, niveles, pendientes y referencias determinadas por los planos constructivos o las indicaciones de la Supervisión.

Condiciones para trazo y nivelación

El trazo estipulado en este apartado deberá realizarse con teodolito y nivel fijo o estación total.

Forma de pago

El costo del trazo y nivelación así como los materiales, mano de obra, herramientas, equipo y todo lo necesario para dejar el trabajo terminado. Será incluido en el costo unitario para el corte y relleno de las obras de terracería del presente proyecto.

6.1.5.3 Corte

Las obras del corte en terreno normal, consiste en cortar los volúmenes sobresalientes del terreno o en los sectores donde sea necesario alcázar los niveles indicados para las terrazas que determinen los planos constructivos. En este trabajo no esta contenido la conformación de taludes, ni su engramado.

Condiciones para el corte

Las obras físicas del trabajo de corte, se iniciarán después de haber concluido el descapote y desalajo. El trabajo de corte se iniciará realizando el trazo de una cuadrícula que cubra las áreas del terreno sujetas a modificar sus niveles naturales, para obtener los niveles determinados por los planos constructivos y avalados por la Supervisión. Al desarrollo de las obras del corte, se deberán dejar referencias para poder replantear las cuadrículas trazadas a efecto de cuantificar los volúmenes de corte efectuados.

Corte bajo niveles de terrazas

En los puntos donde lo recomiende el Laboratorio de Suelos o se determinen en el campo la baja capacidad de carga en suelos con la existencia de material orgánico, ripio, basura u otros materiales inadecuados bajo el nivel de las terrazas proyectadas, estos deberán extraerse hasta encontrar materiales adecuados la restitución, se realizará con material del lugar que no este contaminado y deberá ser aprobado, por la Supervisión; así mismo esta desarrollará el computo de los volúmenes resultantes en esa operación.

Forma de pago

El corte de suelo normal se pagarán por METRO CÚBICO y se cuantificará el volumen del material determinado por las cuadrícula inicial y los niveles de terrazas proyectadas y determinados en el campo.

6.1.5.4 Relleno compactado

Las obras físicas correspondientes al relleno compactado consiste en el relleno de depresiones u hondonadas naturales del terreno para alcanzar los niveles de terrazas de terminadas por los planos constructivos. A estas obras también corresponden las restituciones de material inadecuados, los cuales deberán ser determinados por el Laboratorio de Suelos y el aval de la Supervisión.

Condiciones para el relleno compactado

La compactación se desarrollará colocado y extendiendo capas de 30 centímetros o de acuerdo a las combinaciones propias del material a utilizar para rellenar y de acuerdo a las observaciones de la Supervisión. Debiéndose controlar la humedad adecuada del material, agregando agua o dejando secar de acuerdo al curso suscitado.

El proceso se realizará repetidamente hasta alcanzar los niveles de terraza proyectadas y determinadas por los planos constructivos, lo cual deberá ser avalado por la Supervisión.

La compactación en lo que se refiere al control de densidad y humedad, se efectuara tal como lo determina la prueba AASHTO-180 método D y para este caso la densidad del Relleno Compactado deberá obtener una densidad del 90% de la máxima densidad obtenida en el laboratorio con la humedad óptima.

El relleno se podrá efectuar utilizando el material obtenido de los Cortes que cumpla con los requisitos de calidad y la aprobación de la Supervisión. El proceso de

compactación será periódicamente controlado por el Laboratorio de Suelos y la Supervisión. En caso de que parcialmente o en su totalidad, el proceso de compactación no alcance la especificación mínima establecida; la capa o capas que no cumplan con los requisitos establecidos será removido y compactado nuevamente hasta alcanzar la densidad requerida.

Forma de pago

Las obras de relleno compactado se pagaran por METRO CÚBICO compactado y recibido por la Supervisión.

6.1.5.5 Acarreo interno en terreno del proyecto

Estas obras consistirán en el traslado del material cortado dentro de los límites del terreno del proyecto y en un radio de 2 kilómetros.

Condiciones del acarreo interno

El traslado interno del material resultante del corte será removido según las necesidades, dentro de los límites del terreno y de acuerdo a lo recomendado por la Supervisión. En este traslado el material deberá mantener sus características después de cortado y autorizado por la Supervisión, es decir que no deberá ser contaminado ya que será utilizado para ejecutar obras de relleno compactado.

Forma de pago

El acarreo a realizar dentro de los límites del terreno del presente proyecto se pagará por metro cúbico movido y de acuerdo al volumen en METROS CÚBICOS del corte ejecutado y contabilizado. Las cantidades en metros cúbicos acarreadas deberán ser aprobadas por la Supervisión.

6.1.5.6 Acarreo externo

Aunque en el presente proyecto se ha previsto en el diseño de un modelo compensado de corte y relleno, las empresas participantes en esta Licitación deberán prever el traslado de material necesario para ejecutar obras de relleno compactado. Este material será obtenido en un BANCO DE PRÉSTAMO ubicado fuera del terreno donde se tenga el respectivo permiso obtenido por el contratista.

Condiciones para el acarreo externo

El material a traer de fuera del terreno para el presente proyecto, deberá cumplir con los requisitos de calidad para obtener en el relleno compactado con la densidad y humedad que determina la prueba AASHTO-180 método D para la cual determinará una densidad del 90% de la máxima densidad obtenida en el laboratorio con la humedad óptima. El material que se trasladara desde fuera del terreno, deberá ser autorizado y controlado por la Supervisión asignada por la empresa INMOBILIARIA LAS PILETAS S.A de C.V. Propietario del presente proyecto.

Forma de pago

El material obtenido y trasladado desde el BANCO DE PRÉSTAMO ubicado fuera del terreno, hasta las obras del presente proyecto se pagará por METRO CÚBICO

6.1.6 Tipo de contrato

Precio unitario y sumas globales

Los precios contractuales únicamente podrán modificarse por incrementos en la mano de obra, acordados y aprobados legalmente, así como el cemento decretados por la autoridad competente. Los ajustes respectivos se harán de acuerdo con el análisis y

desglose de costos unitarios que serán calculados por el contratista y revisados para ser autorizados por el supervisor, con base en el desglose de precios presentados por el primero.

6.1.7 Plan de oferta

El plan de oferta se encuentra fragmentado en calles y terrazas según etapas a desarrollar en la ejecución de los trabajos, continuación se muestran planes de oferta desglosados por etapas.

A PAQUETE I

- A.1 Boulevard Santa Julia
- A.2 Circunvalación I
- A.3 Calle Marginal (fuera de contrato)
- A.4 Calle acceso
- A.5 Área de Pozo y Bomba AP
- A.6 Terracería del parque
- A.7 Terracería del Centro Comercial

B PAQUETE II

- B.1 Circunvalación III
- B.2 Senda II
- B.3 Senda Las Lomas
- B.4 Tanque

C PAQUETE III

- C.1 Senda el Recreo
- C.2 Circunvalación II

6.1.8 Presupuesto resumen de Urbanización los Sueños

RESUMEN PRESUPUESTO LOS SUEÑOS (COSTOS NETOS)		
Terracería		
	Cantidad	SUBTOTAL
A Paquete I		\$ 506,273.80
A.1 Boulevard Sta Julia, Desviador y Redondel	\$ 51,139.51	\$ 51,139.51
A.2 Circunvalación I	\$ 68,328.16	\$ 68,328.16
A.3 Calle Acceso	\$ 11,560.91	\$ 11,560.91
A.4 Pozo y Bomba	\$ 5,205.34	\$ 5,205.34
A.5 Terracería Parque	\$ 177,544.06	\$ 177,544.06
A.6 Terracería Centro Comercial	\$ 192,495.82	\$ 192,495.82
B Paquete II		\$ 266,713.06
B.1 Circunvalación III	\$ 183,867.73	\$ 183,867.73
B.2 Senda II	\$ 5,142.85	\$ 5,142.85
B.3 Las Lomas	\$ 74,654.11	\$ 74,654.11
B.4 Tanque AP	\$ 3,048.37	\$ 3,048.37
C Paquete III		\$ 162,024.14
C.1 Circunvalación II	\$ 61,360.91	\$ 61,360.91
C.2 El Recreo	\$ 100,663.23	\$ 100,663.23
TOTAL		\$ 935,011.00
LOS PRECIOS NO INCLUYEN: INDIRECTOS NI IVA		

Tabla 6.1 Resumen general del presupuesto realizado de las obras de terracería en Urbanización los Sueños.

HOJA RESUMEN POR ETAPA I

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0	TERRACERÍA					\$506,273.80
	Trazo Topográfico de calles	ml	1,090.32	\$0.31	\$338.00	
	Trazo topográfico en terraza	sg	1.00	\$129.34	\$129.34	
	Descapote	m³	80,283.07	\$0.63	\$50,578.33	
	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote	m³	80,283.07	\$1.75	\$140,495.37	
	Corte en Suelo Normal	m³	103,800.12	\$0.64	\$66,432.08	
	Relleno compactado	m³	58,154.56	\$1.04	\$60,480.74	
	Acarreo interno en un radio de 2 Km. en el terreno del proyecto, del material cortado	m³	124,880.47	\$1.31	\$163,593.42	
	Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	56,823.14	\$0.42	\$23,865.72	
	Dotación y Colocación de grava volcánica roja en calles	m³	32.10	\$11.24	\$360.80	

Tabla 6.2 Resumen del presupuesto realizado de las obras de terracería en Urbanización los Sueños, etapa I.

HOJA RESUMEN POR ETAPA II

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0	TERRACERÍA					\$266,713.06
	Trazo Topográfico de calles	ml	1,509.76	\$ 0.31	\$ 468.03	
	Trazo topográfico en terraza	sg	1.00	\$138.62	\$138.62	
	Descapote	m³	63,023.19	\$ 0.63	\$ 39,704.61	
	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote	m³	63,023.19	\$ 1.75	\$ 110,290.58	
	Corte en Suelo Normal	m³	57,100.27	\$ 0.64	\$ 36,544.17	
	Relleno compactado	m³	22,257.91	\$ 1.04	\$ 23,148.23	
	Acarreo interno en un radio de 2 a.m. en el terreno del proyecto, del material cortado	m³	35,931.68	\$ 1.31	\$ 47,070.50	
	Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	22,257.91	\$ 0.42	\$ 9,348.32	
	Compactado superficial en terreno para efectuar tratamiento de material cortado en terraza	m³	80.00	\$ 0.73	\$58.61	

Tabla 6.3 Resumen del presupuesto realizado de las obras de terracería en Urbanización los Sueños, etapa II.

HOJA RESUMEN POR ETAPA III

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0 TERRACERÍA						\$162,024.14
	Trazo Topográfico de calles	ml	697.57	\$ 0.31	\$ 216.25	
	Descapote	m³	32,709.57	\$ 0.63	\$ 20,607.03	
	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote	m³	32,709.57	\$ 1.75	\$ 57,241.75	
	Corte en Suelo Normal	m³	60,954.28	\$ 0.64	\$ 39,010.74	
	Relleno compactado	m³	8,421.17	\$ 1.04	\$ 8,758.02	
	Acarreo interno en un radio de 2 a.m. en el terreno del proyecto, del material cortado	m³	24,932.48	\$ 1.31	\$ 32,661.55	
	Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	8,401.94	\$ 0.42	\$ 3,528.81	

Tabla 6.4 Resumen del presupuesto realizado de las obras de terracería en Urbanización los Sueños, etapa III.

6.1.9 Equipos disponibles para el proyecto

DESCRIPCIÓN EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA O CAPACIDAD
TRACTORES		
TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	2.00	285 hp
TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8K	1.00	405 hp
TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	4.00	165 hp
TRACTOR KOMATSU MODELO D65X	1.00	205 hp
TRACTOR KOMATSU MODELO D155X	1.00	320 hp
MOTONIVELADORAS		
MOTONIVELADORAS CATERPILLAR 120G	3.00	140 hp
MOTONIVELADORAS CATERPILLAR 140G	2.00	185 hp
MOTONIVELADORA KOMATSU GD530	1.00	160 hp
MOTONIVELADORA KOMATSU GD670	1.00	200 hp
CARGADORES		
CARGADOR JCB MODELO 430	1.00	160 CV
CARGADOR JCB MODELO 435	1.00	3.1 M3
CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	4.00	3.5 m3
INGERSOLL RAND V843	1.00	3.1 M3
COMPACTADORES Y RODOS		
COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	3.00	8 TON
COMPACTADOR RODO LISO REX MODELO SP-848-D	1.00	8 TON
COMPACTADOR RODO PATA CABRA INGERSOLL RAND MODELO SD100-F	2.00	8 TON
COMPACTADOR RODO PATA CABRA INGERSOLL RAND MODELO SD150-F	2.00	10 TON
COMPACTADOR ESTÁTICO CATERPILLAR MODELO 815B	3.00	15 TON
COMPACTADOR RODO PATA CABRA REX MODELO SP-848-PD	1.00	15 TON
COMPACTADOR ESTÁTICO REX MODELO FACTOR 3-35	1.00	15 TON
EXCAVADORAS		
RETROEXCAVADORA JCB MODELO 3CX/1400B	3.00	102 HP
RETROEXCAVADORA JCB MODELO 4CX	1.00	102 HP
RETROEXCAVADORA KOMATSU WB83/WB140	1.00	74 HP
EXCAVADORA KOMATSU PC200	2.00	1.3 M3
EXCAVADORA KOMATSU PC300	2.00	1.9 M3
EXCAVADORA KOMATSU PC400	1.00	2.1 M3

DESCRIPCIÓN EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA O CAPACIDAD
CAMIONES		
CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO CS250	4.00	8 M3
CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S	30.00	12 M3
CAMIONES DE VOLTEO FREIGHTLINER FL106/FL112SD	20.00	14 M3
CAMIÓN CISTERNA	3.00	2,000 GLNS.
TRAILER CISTERNA	3.00	4,000 GLNS.
EQUIPO DE TRANSPORTE		
CAMIONES DE ESTACA	3.00	8 TON.
CAMIONES DE ESTACA	3.00	5 TON.
CABEZAL	2.00	25 TON.
CABEZAL	1.00	50 TON.
LOW-BOYS	4.00	25 TON.
LOW-BOYS	2.00	50 TON.
RASTRAS 40'	8.00	40 PIES

Tabla 6.5 Listado de equipos disponibles para el proyecto de la Urbanización los Sueños.

6.1.10 Planos del proyecto

En disco compacto proporcionado por el propietario contenía los planos con el diseño geométrico de la urbanización. Que contiene alineamientos horizontales y verticales los cuales describen la ubicación geodesia del diseño conceptual. Como también muestran secciones transversales de bulevares, calles, sendas y terrazas.

Se pueden observar en el plano índice y los planos del diseño conceptual. El cual se encuentra en anexos a este trabajo.

6.2 Etapa II Subsistema optimizaciones de los equipos y cálculo de la producción

6.2.1 Evaluación de las partidas de pago.

Los planes reoferta presentados de cada una de las etapas esta formados por partidas de pago similares y restringidos por especificaciones técnicas generales, por consiguiente el costo unitario podrá ser el mismo para las partidas que posean la misma actividad a realizar.

Debe notarse que en los resúmenes de obra a ejecutar de cada una de estas etapas contiene partidas claves las cuales retoman las de más actividades, se pueden mencionar:

- ⇒ Descapote. Activa (Desalojo externo).
- ⇒ Corte normal. Activa (Movilización interna, Manejo para tratamiento de material cortado).
- ⇒ Relleno compactado. Activa (Movilización interna).

Estas actividades son las que marcan la pauta del ritmo que tomara el proyecto es decir el *Rendimiento requerido*. Por consiguiente también se debe tener presente el porcentaje de incidencia de movimiento de tierra que cada frente. Para poder calcular esa incidencia se tomaran como base los cuadros resúmenes de obra presentados en tablas 6.2. 6.3, 6.4; las cuales muestran el condensado de los volúmenes de obra a ejecutar en cada una de las zonas de trabajo que agrupan.

URBANIZACIÓN LOS SUEÑOS

Tiempo de ejecución contratado

4 Meses

Evaluación de partidas críticas

Nota: Cantidades plan de oferta contratado	Descapote	Corte	Relleno
PAQUETE 1	45.61%	46.79%	65.46%
	80,283.07	103,800.12	58,154.56
PAQUETE 2	35.81%	25.74%	25.06%
	63,023.19	57,100.27	22,257.91
PAQUETE 3	18.58%	27.47%	9.48%
	32,709.57	60,954.28	8,421.17
VOLUMEN TOTAL A EJECUTAR	176,015.83	221,854.67	88,833.64

Rendimientos requeridos (m3)		
1,466.80	1,848.79	740.28
209.54	264.11	105.75

Tabla 6.6 Calculo del rendimiento mínimos requerido.

De la tabla 6.6 se puede observar que la etapa uno tiene mayor incidencia en el proyecto, seguidamente la etapa dos y finalizando la etapa tres. Por lo tanto las partidas subsecuentes como son desalojo, movilización interna y manejo de materiales estarán regidos por este rendimiento de producción como mínimo.

6.2.2 Evaluación selección de equipos según actividades expuestas en plan de oferta.

A continuación se seleccionarán con la ayuda de las tabla 1.1 del Capitulo I y tabla 5.1 del capitulo V los tipos de equipos que podrán utilizarse para este proyecto según las actividades a desarrollaran y según plan de oferta presentado en tabla 6.2. 6.3, 6.4.

Descripción del trabajo	Equipos que se pueden utilizar en la obra				
Descapote					
Corte en general					
Acarreo interno hasta 2km					
Desalojo externo					
Relleno					
Mezcla de materiales y asoleo					
Ver nombre de figuras en tabla 1.1 del capítulo I					

Tabla 6.7 Tipos de equipos que pueden ser utilizados para las obras a realizar en el proyecto Urbanización los Sueños.

6.2.3 Evaluación análisis topográfico del área donde se desarrollara la urbanización.

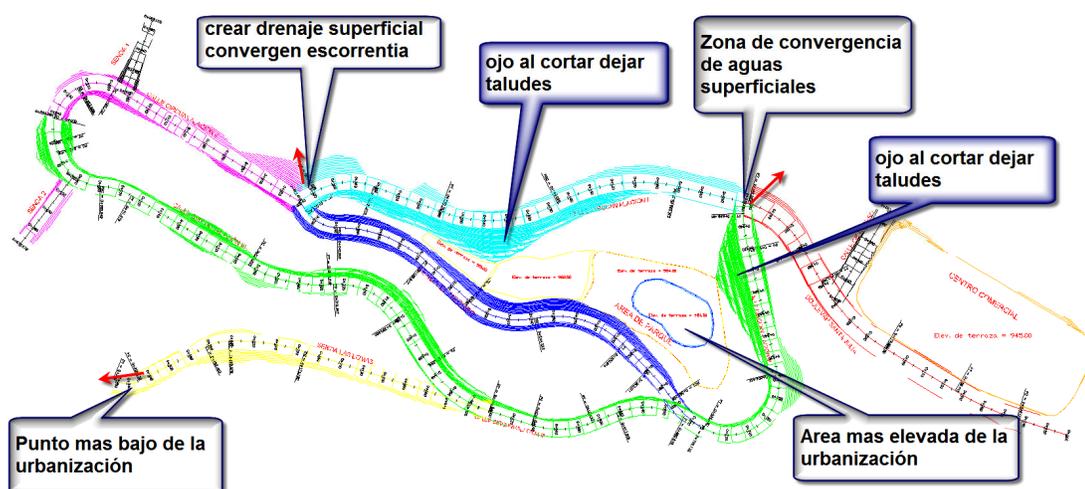


Figura 6.2 Esquema de ubicación de posibles puntos de conflictos por lluvias y por conformación de taludes.

El terreno es de tipo montañoso por lo que la construcción de calles incrementara la escorrentía superficial del área de trabajo es necesario identificar las zonas donde la escorrentía puede ser drenada naturalmente desviándola de las calles que se encontraran en construcción evitando así posibles encharcamientos de las zonas de trabajo. En

cuanto a la construcción de taludes deberá tenerse cuidado en el momento de realizar cortes en el terreno que dificulten más adelante la construcción o el alineamiento de estos.

6.2.4 Recalculo de volumen de obra por partida en plan de oferta.

Por la magnitud del proyecto se realizara un chequeo de los volúmenes de obra de las partidas claves es decir se calcularan descapote, corte y relleno de las distintas áreas de trabajo. A continuación se muestra un comparativo de volúmenes de obra a realizar.

Descripción de actividades	Presupuestado	Calculado	Diferencia
Descapote	176,015.83	145,824.00	30,191.83
Corte normal	221,854.00	283,612.00	-61,758.00
Relleno	88,833.64	64,615.00	24,218.64

Tabla 6.8 Comparativo de cantidades presupuestadas versus calculadas.

Para la ejecución del proyecto como se ha mencionado anteriormente se dispondrá de cuatro meses para la ejecución de estos por lo que es necesario calcular nuevamente los rendimientos requeridos que servirán más adelante en la asignación de maquinaria.

Descripción de actividades	Rendimiento requerido m³/hr
Descapote	173.60
Corte normal	337.63
Relleno	76.92

Tabla 6.9 Calculo del rendimiento requerido para el proyecto Urbanización los Sueños.

En la tabla 6.6, se observa que el redimiendo requerido para la partida de corte normal aumenta significativamente de 264.11 m³/hrs. a 337.63 m³/hrs. Lo que significa un aumento de los equipos y volúmenes de obra a realizar.

6.2.5 Calculo de equipos por frente de trabajo.

6.2.5.1 Actividades críticas

Para el descapote tenemos:

$$R_{req} = 173.60 m^3 / hr$$

De la tabla 1.3 en Capitulo I y listado de equipos disponibles en la tabla 6.5, obtenemos los modelos de tractores D8L con un redimiendo de 134m³/hr.

$$134m^3/hr. + 134m^3/hr. = 268 m^3/hr$$

$$\img alt="Two tractor icons" data-bbox="208 523 425 560"/> = 268m³/hr > 173.60 (rendimiento requerido)$$

Para el corte normal tenemos:

$$R_{req} = 337.63m^3 / hr$$

De las tablas 1.3 y 1.6 en Capitulo I y listado de equipos disponibles tabla 6.5 obtenemos los modelos de dos tractores D6H el cual posee un rendimiento de 50m³/hr. Y 2 pala excavadora PC200 equivalentes en potencia a las que se encuentra en tabla 1.6 con un redimiendo de 75 m³/hr.

$$(50m^3/hr.+ 50m^3/hr.+ 50m^3/hr.+ 50m^3/hr.)+ (50m^3/hr.+ 50m^3/hr.) = 350 m^3/hr.$$

$$\img alt="Four tractor icons and two excavator icons" data-bbox="186 844 715 875"/> = 350m³/hr$$

$350\text{m}^3/\text{hr} > 337.63\text{m}^3/\text{hr}$ (Rendimiento mayor que el requerido).

Para el relleno tenemos:

$$R_{req} = 76.92\text{m}^3 / \text{hr}$$

De la tabla 1.5 en Capitulo I y listado de equipos disponibles tabla 6.5 obtenemos los modelos de compactadores pata cabra de 8 toneladas según especificaciones técnicas se deberán compactar el suelo al 90% del próctor a esta densidad el redimiendo del equipo será de $240\text{ m}^3/\text{hr}$ además para realizar este trabajo será necesario ayudarle a este equipo a extender el material en capas no mayores a lo dicho en las especificaciones técnicas.



$= 240\text{ m}^3/\text{hr} > 76.92\text{ m}^3/\text{hr}$. (Rendimiento mayor al requerido).

6.2.5.2 Actividades dependientes

Para el desalojo externo tenemos:

$$R_{req} = 173.60\text{m}^3 / \text{hr} = \text{desalojo}$$

De la tabla 6.5 listado de equipos, disponibles obtenemos los modelos de camiones de volteo con capacidades de 12 m^3 . Para asignar el número de camiones se dispone de la siguiente información:

1. Ubicación de botadero a 10 kilómetros.
2. Pendiente promedio de 8%.
3. Se necesitara un tractor para el playado de material en el botadero.

4. Horario de trabajo 7 horas.
5. Recorrido de prueba se promedio de 30 min. A 20 km/hr.
6. Factor de despojamiento 25%.

$$N_{viajesxhora} = \frac{R_{requerido}}{V_{camión}} \times FW$$

$$N_{viajesxhora} = \frac{176.30}{12} \times 1.25 = 18.36 \xrightarrow{\text{redondear}} 19 \text{ viajes por hora}$$

De la tabla 1.8 del Capitulo I, se obtiene un redimiendo de 91.25m³/hr para un cucharón de 3.1m³, de la tabla 6.5 equipos disponibles, se muestra un cargador de 3.5 m³ el cual es equivalente en potencia.



$$= 182.50 > 176.30 \text{ ok}$$



Tractor en botadero

Para la movilización interna hasta 2 kilómetros tenemos:

$$R_{req} = 337.63m^3 / hr = \text{corte normal.}$$

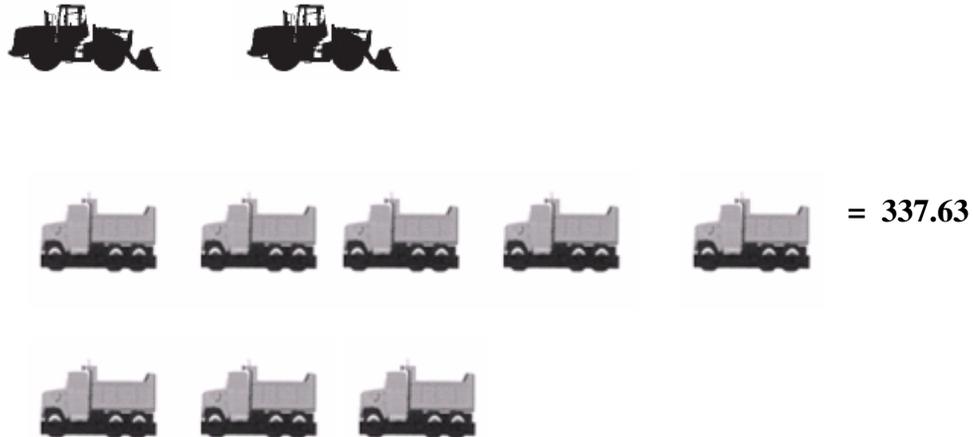
De la tabla 6.5 listado de equipos disponibles obtenemos los modelos de camiones de volteo con capacidades de $12 m^3$. Para asignar el número de camiones se dispone de la siguiente información:

1. Pendiente promedio de 12%.
2. Horario de trabajo 7 horas.
3. Recorrido de prueba se promedio de 15 min. A 5 km/hr.

De la tabla 1.8 del Capitulo I, se obtiene un redimiendo de $91.25m^3/hr$. Para un cargador con un cucharón de $3.1 m^3$, de la tabla 6.5 equipos disponibles, se muestra un cargador de $3.5 m^3$ el cual es equivalente en potencia. Estos equipos de carga no suplirán la demanda de camiones de volteo, pero se hace la consideración que en la actividad de corte general se están utilizando excavadoras las cuales disminuirán el impacto de la carga en este rubro.

$$N_{viajesxhora} = \frac{R_{requerido}}{V_{camión}} \times Fw$$

$$N_{viajesxhora} = \frac{337.63}{12} \times 1.25 = 35.17 \xrightarrow{\text{redondear}} 35 \text{ viajes por hora.}$$



Para manejo para tratamiento de material cortado. (Revolturas y asoleo):

$$R_{req} = 76.92 m^3 / hr = \text{relleno}$$

Para el desarrollo de esta actividad comprenderá playado, escarificado, revoltura y acopio de materiales para utilizarlos en rellenos.

Para las actividades de extendido y acopio se utilizara un tractor de cadenas y para el escarificado y revoltura utilizaremos una motoniveladora.

De la tabla 1.7 del Capitulo I, se obtiene el redimiendo de $131.25 m^3/hr$ para una motoniveladora de 120 hp como la que se encuentra en tabla 6.5 listado de equipos disponibles para el proyecto.

$$= 131.25 > 76.92 \text{ ok.}$$

6.2.6 Creación de planos de frentes de trabajo según los requerimientos del trabajo.

Para la asignación de frentes de trabajo se tomo como criterio crear los frentes de trabajo a partir de las seis partidas de pago concerniente a la terracería masiva del proyecto.

6.2.7 Generación de alternativas y evaluación económicas por frente de trabajo.

Una vez asignados los tipos y número de equipos a utilizar en el proyecto se procede a crear el presupuesto de costos de operación en el software de Opus Ole en el cual se construirá el presupuesto manteniendo las partidas de pago tal como originalmente se aprecia en el presupuesto oficial ver anexo. Consolidando los volúmenes de obra a realizar en las 6 partidas de pago correspondientes a la terracería masiva las cuales son: Descapote, desalojo, corte de suelo normal, movilización interna de materiales, relleno y manejo de materiales (asoleo y revoltura).

Cla	S	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario
-		RESUMEN DE PRESUPUESTO LOS SUEÑOS			
1	-	TERRACERÍA			
1.1	✓	Descapote en calle, incluye tala de árboles, acopio limpieza medido en Banco	145,824.00	m3	\$ 0.54
1.2		Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote y corte en Calle medido en Bar	364,821.00	m3	\$ 2.70
1.3	✓	Corte en suelo normal para calle niveles de planos constructivos medido en Banco	283,612.00	m3	\$ 1.10
1.4	✓	Relleno compactado a niveles de planos constructivos medido en Banco	64,615.00	m3	\$ 0.53
1.5		Acarreo interno en radio 2 km en el terreno del proyecto del material cortado medido en Banco	64,615.00	m3	\$ 1.16
1.6		Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	64,615.00	m3	\$ 0.43
-		PRESUPUESTO OFICIAL			
1	-	TERRACERÍA			
1.1		Descapote en calle, incluye tala de árboles, acopio limpieza medido en Banco	176,015.83	m3	\$ 0.63
1.2		Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en Calle medido en Banco	309,036.19	m3	\$ 1.75
1.3		Corte en suelo normal para calle niveles de planos constructivos medido en Banco	221,854.00	m3	\$ 0.64
1.4		Relleno compactado a niveles de planos constructivos medido en Banco	88,833.64	m3	\$ 1.04
1.5		Acarreo interno en radio 2 km en el terreno del proyecto del material cortado medido en Banco	185,744.63	m3	\$ 1.31
1.6		Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	104,013.53	m3	\$ 0.42

Como se puede observar en la figura con la combinación de equipos asignados a estas partidas están por sobre el presupuesto original por lo que será necesario realizar correcciones en el análisis de precio para tenerlos en cuenta a la hora de ejecutar el proyecto.

Desalojo fuera del proyecto

Una de las formas de realizar esto es aumentar la capacidad de volumen de material transportado por viaje de 12 m³ por viaje a 14 m³ esto se logra aumentando en altura de la cama de los camiones.

Adicional a esta medida se tendrá que solicitarles a los operadores que realicen 16 viajes al día y no dos viajes por hora como se analizó anteriormente esta medida sobrecargara a los equipos por lo que se deberá incorporar otro equipo adicional para suplir la demanda. Esto ayuda a disminuir el impacto a esta partida.

		Materiales 0.00	Mano de Obra 0.00	Herramienta 0.00	Equipo 0.00	Auxiliares 1.84	Conceptos 0.00	Todos 1.84	Resumen PU 1.84	Vincular Documento
C	Clave	Da Rendir	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total 1.84		
+	EQ-C#	X	CARGADOR KOMATSU	hora	0.00313	319.488818	\$56.30	\$0.18		
+	EQ-C#	X	CARGADOR KOMATSU	hora	0.00313	319.488818	\$56.30	\$0.18		
+	EQ-C#	X	CARGADOR KOMATSU	hora	0.00313	319.488818	\$56.30	\$0.18		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-C#		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL10	hora	0.00313	319.488818	\$35.03	\$0.11		
+	EQ-TR		TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00313	319.488818	\$54.36	\$0.17		
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00313	319.488818	\$2.22	\$0.01		
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00313	319.488818	\$2.22	\$0.01		
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00313	319.488818	\$2.22	\$0.01		

Desalojo fuera del proyecto

Para mejorar el costo unitario del corte se evalúa cambiar la potencia del equipo a utilizar a si que se evaluara cambiar los tractores D6H por tractores D8L.

Materiales		Mano de Obra		Herramienta		Equipo		Auxiliares		Conceptos		Todos		Resumen PU		Vincular Documento	
0.00		0.00		0.00		0.00		0.68		0.00		0.68		0.68			
C	Clave	Da Rendir	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total 0.68									
+	EQ-TR		TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora	0.00239	418.410042	\$62.37	\$0.15									
+	EQ-TR		TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora	0.00239	418.410042	\$62.37	\$0.15									
+	EQ-EX		PALA EXCAVDORA PC200	hora	0.00239	418.410042	\$68.77	\$0.16									
+	EQ-EX		PALA EXCAVDORA PC200	hora	0.00239	418.410042	\$68.77	\$0.16									
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00239	418.410042	\$2.22	\$0.01									
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00239	418.410042	\$2.22	\$0.01									
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00239	418.410042	\$2.22	\$0.01									
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00239	418.410042	\$2.22	\$0.01									
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00239	418.410042	\$2.22	\$0.01									
+	MO-AI		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	0.00239	418.410042	\$2.22	\$0.01									

Efectivamente el costo mejoro por consiguiente se debe tomar la decisión de alquilar equipo con estas características, para el caso de no tener disponible en el listado de equipo.

Manejo de material medido en banco

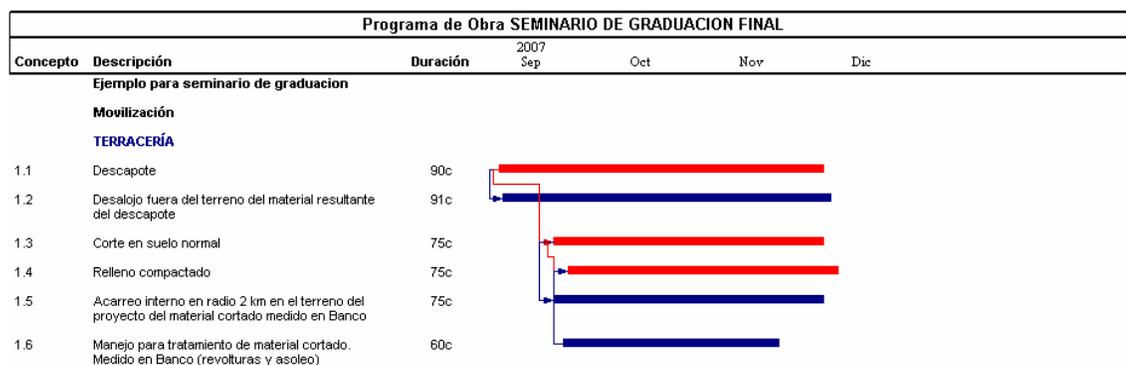
Para esta actividad se recomienda eliminar la mano de obra debida al ayudante de maquinaria el cual representa dos centavos por m³ de material trabajado.

Materiales		Mano de Obra		Herramienta		Equipo		Auxiliares		Conceptos		Todos		Resumen PU		Vincular Documento	
0.00		0.00		0.00		0.00		0.41		0.00		0.41		0.41			
C	Clave	Da Rendir	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total 0.41									
+	EQ-TR		TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.00191	523.560209	\$54.36	\$0.10									
+	EQ-MC		MOTONIVELADORA 120G	hora	0.00762	131.233596	\$40.63	\$0.31									

Presupuesto optimizado

RESUMEN DE PRESUPUESTO LOS SUEÑOS						\$ 1'078,563.26
1	-	TERRACERÍA				\$ 1'078,563.26
1.1		Descapote en calle, incluye tala de árboles, acopio limpieza medido en Banco	145,824.00	m3	\$ 0.54	\$ 78,744.96
1.2		Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote y corte en Calle medido en Banco	364,821.00	m3	\$ 1.84	\$ 671,270.64
1.3		Corte en suelo normal para calle niveles de planos constructivos medido en Banco	283,612.00	m3	\$ 0.68	\$ 192,856.16
1.4		Relleno compactado a niveles de planos constructivos medido en Banco	64,615.00	m3	\$ 0.53	\$ 34,245.95
1.5		Acarreo interno en radio 2 km en el terreno del proyecto del material cortado medido en Banco	64,615.00	m3	\$ 1.16	\$ 74,953.40
1.6		Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	64,615.00	m3	\$ 0.41	\$ 26,492.15
	-	PRESUPUESTO OFICIAL				\$ 1'173,088.00
1	-	TERRACERÍA				\$ 1'173,088.00
1.1		Descapote en calle, incluye tala de árboles, acopio limpieza medido en Banco	176,015.83	m3	\$ 0.63	\$ 110,889.97
1.2		Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en Calle medido en Banco	309,036.19	m3	\$ 1.75	\$ 540,813.33
1.3		Corte en suelo normal para calle niveles de planos constructivos medido en Banco	221,854.00	m3	\$ 0.64	\$ 141,986.56
1.4		Relleno compactado a niveles de planos constructivos medido en Banco	88,833.64	m3	\$ 1.04	\$ 92,386.99
1.5		Acarreo interno en radio 2 km en el terreno del proyecto del material cortado medido en Banco	185,744.63	m3	\$ 1.31	\$ 243,325.47
1.6		Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	104,013.53	m3	\$ 0.42	\$ 43,685.68

Satisfactoriamente es posible reducir el costo del proyecto promedio de la revisión de los volúmenes de obra y realizando el ajuste de costos unitarios.



Ejemplo del programa de trabajo.

6.2.8 Justificación compra de equipos.

C	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Monto	%
E	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora	2,443.51240	\$ 34.28	\$ 83,763.61	12.42
E	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H□□	hora	1,610.89822	\$ 34.28	\$ 55,221.59	8.19
E	MOTONIVELADORAS CATERPILLAR 120G	hora	492.36630	\$ 18.66	\$ 9,187.56	1.36
E	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	hora	269.44455	\$ 14.86	\$ 4,003.95	0.59
E	EXCAVADORA KOMATSU PC200	hora	1,355.66536	\$ 48.69	\$ 66,007.35	9.79
E	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DMRD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	12,948.98050	\$ 23.43	\$ 303,394.61	45.00
E	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	hora	269.44455	\$ 6.29	\$ 1,694.81	0.25
E	CARGADOR KOMATSU WVA-380-1/WVA-380-3□□	hora	3,884.33928	\$ 38.86	\$ 150,945.42	22.39
T					\$ 674,218.90	100.00
T					\$ 674,218.90	100.00

Tabla de cantidades y montos destinados para el equipo.

Para este proyecto no se justifica la compra de equipo nuevo pero si se hace una recomendación de guardar una provisión económica para la futura compra de equipo a futuro.

6.2.9 Listado de equipos a disponer en el proyecto.

Programa de Suministros SEMINARIO DE GRADUACION FINAL						
Descripción	Unidad	Cantidad	2007			
			Sep	Oct	Nov	Dic
TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora	2,443.51240	452.77220	935.04415	904.88145	150.81462
TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	1,610.89822	339.22028	590.35904	556.91683	124.40207
MOTONIVELADORAS CATERPILLAR 120G	hora	492.36630	49.23662	254.38926	188.74042	
COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	hora	269.44455	17.96266	111.37036	107.77777	32.33346
EXCAVADORA KOMATSU PC200	hora	1,355.66536	162.47977	560.34142	542.26589	90.37828
CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DMRD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	12,948.98050	3,069.70371	4,522.38664	4,376.50320	980.38695
CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	hora	269.44455	17.96266	111.37036	107.77777	32.33346
CARGADOR KOMATSU WVA-380-1/WVA-380-3	hora	3,884.33928	932.03708	1,351.32348	1,307.73240	293.24632

Programa de uso de maquinaria para el proyecto.

CAPITULO VII: CRITERIOS PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DEL EQUIPOS PARA TERRACERÍA

7.0 Generalidades

El control compara la acción real con la prevista, marca las desviaciones, existentes, analiza estos resultados y emite las correcciones necesarias.

El objetivo primordial del control es en caminar la organización hacia los objetivos y metas trazadas. Para poder desarrollar esta labor deben establecerse los procedimientos que representen la actuación deseada; es decir estándares de comparación que permiten evaluar los resultados que se están obteniendo. Una vez efectuada esta comparación, se debe proceder a dictar las acciones correctivas que permitan cumplir con los objetivos deseados.

Lo anterior conduce a tener un conocimiento adecuado de los aspectos que encierran la comparación: las normas y estándares; es decir, la actuación deseada y los resultados reales que se han obtenido.

La definición de la actuación deseada, (estándares y procedimientos) se encuentra caracterizada en los planes de trabajo, procedimientos constructivos y decisiones tomadas por la organización para concebir los planes. Los resultados reales se obtienen por medio de sistemas de información; los cuales, constituyen un elemento vital e imprescindible para el control. La base se toma de decisiones esta en el análisis de alternativas que a su vez descansa en la información recolectada.

7.1 Tipos de controles principales en las obras de ingeniería.

7.1.1 Control de avance.

Se debe disponer de programa de trabajo para saber cuando, con que y como se ejecutaran las obras, es también importante, durante la construcción, saber si se esta realizando de acuerdo a lo programado. Para ello es necesario establecer un sistema de control que mantenga informado al *ingeniero residente*, periódicamente del avance efectuado en cada una de las obras a fin de que cualquier atraso o deficiencia en alguna de ellas pueda ser corregido a tiempo, ya sea aumentando el número de trabajadores, cambiando el equipo o corrigiendo en esa parte el programa de trabajo, si se constata que hubo un error de planeación y se pueda, por lo tanto, mantener en sus líneas generales el programa primitivo y cumplir con los plazos de entrega.

Si estas correcciones no se hacen a tiempo es muy probable que no pueda continuarse con el programa de trabajo primitivo y deba estudiarse uno nuevo, cuya aplicación significará ciertamente trastornos y mayor costo de las obras.

Solamente cuando una obra se encuentra excelentemente proyectada y planeada y la organización cuenta con recursos ilimitados, se puede cumplir a cabalidad el programa original. En la mayoría de los casos, se dan múltiples enmiendas al proyecto, cambios de diseño, trabajos extraordinarios, etc., que obligan al constructor a corregir o reelaborar su plan de trabajo, modificando los costos del proyecto.

La fijación del programa tiene por objeto establecer un punto de comparación, para poder efectuar evaluaciones sobre el desarrollo de la obra en cualquiera de sus etapas las evaluaciones efectuadas periódicamente, facilitan el estado de avance en obra, que puede ser llenando en forma acumulada en graficas y ser comparado con el programa correspondiente.

La comparación anterior determinada el estado de adelanto o retraso de la obra respecto a lo programado. La generalidad en el medio, es un retraso respecto al

programa, situación imputable tanto al cliente como al contratista. Este resultado se produce por el escaso interés, preparación y coordinaciones el uso del programa como una herramienta de trabajo.

La mayoría de constructores lo presentan como un requisito y se olvidan de él, marginando uno de los elementos que pueden ser la clave del éxito en un proyecto.

Si se tiene retraso en la obra, deben buscarse las causas de retraso, situación que puede detectarse al observar en que conceptos de obra no se cumplió con lo programado a la fecha de estimación. El paso siguiente es determinar y poner en marcha las medidas correctivas necesarias para superar los retrasos.

Las medidas a tomar pueden ser de diversos tipos, pero enfocados hacia el mismo objetivo, una de las obligaciones fundamentales de obra, es analizar y evaluar periódicamente el avance de la obra y compararlo con su programa; previa consulta a la administración central, que será en definitiva quien apruebe las medidas que se implementaran.

7.1.2 Control de rendimiento.

Si en una obra se pagara a los operarios las semanas completas sin llevar ningún control de los días faltados o de las horas no trabajadas, se diría que la obra esta totalmente sin control.

Las máquinas o equipos que trabajan en una terracería tienen costo de operación del orden de 30 a 60 veces el costo de un operario, por lo tanto, con mucha mayor razón debería decirse que una obra esta sin control, si ni se lleva un control de los rendimientos obtenidos y las horas trabajadas para cada una de las máquinas que operan en la obra.

Cada equipo deberá tener una hoja de vida para llevar el control de costos y diariamente se llevará en un gráfico la producción obtenida y los totales por mes.

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 con el.

Por último, toda esta información tiene un gran valor para el estudio de los presupuestos de nuevas obras.

7.1.3 Control de costos y presupuesto.

El presupuesto de una obra se obtiene multiplicando los volúmenes de la obra de cada partida por su respectivo precio unitario. El presupuesto original, puede variar por dos circunstancias: al cambiar los volúmenes de obra, por las inclusiones de trabajos adicionales y extraordinarios (nuevas partidas), o por el cambio de los precios unitarios.

El control del presupuesto de obra consiste en considerar el presupuesto original para aumentar o eliminar los importes de las modificaciones. En la generalidad de los casos se determinara en cada uno de los conceptos de obra, llevando paralelamente el control de las cantidades estimadas y lo faltante por estimar para concluir la obra. Una parte del control de costos esta en el procesamiento de los resultados obtenidos en las estimaciones de obra. La estimación es el documento mediante el cual, el contratista comprueba el trabajo realizado en cierto plazo es la base de la recuperación de la inversión las estimaciones deben realizarse periódicamente de acuerdo a la mecánica establecida.

Un sistema de contabilidad de costos permitirá determinar, en cada momento de la construcción, que ítems del presupuesto han sido mal calculados, es decir, sus costos reales son superiores a los previstos y de su análisis deducir las correcciones o modificaciones que hay que introducir en los métodos de trabajo, en los equipos, supervisión, sistemas de pago, etc., a fin de reducir las perdidas a un mínimo.

La importancia o la extensión que se quiera dar a la contabilidad de costos quedará fijada al establecerse el sistema de cuentas, en otras palabras, al enumerar los

ítems del presupuesto con sus divisiones y subdivisiones que se quieren establecer como cuentas para controlar cada uno de ellos, así como las cuentas que se abran o establezcan para controlar los costos de operación de los equipos y plantas de construcción, ya sea por grupos de equipos similares o individualmente para cada uno de ellos.

El sistema de cuentas debe estar íntimamente relacionado con el presupuesto de la obra con el objeto de permitir, en cada ítem, una fácil comparación de los costos reales con las estimaciones originales del presupuesto.

Durante la ejecución de la obra es probable que se estime conveniente crear nuevas divisiones o subdivisiones de los ítems establecidos así como eliminar o redefinir algunos por no dar información de mayor interés. En una contabilidad de costos bien planeada estas modificaciones son muy simples de realizar.

Al establecer una contabilidad de costos debe tenerse presente que ella es un medio para obtener cierta información útil para el control de la obra y para poder deducir de ella, en el momento oportuno, las correcciones o modificaciones de los métodos de trabajo que se están empleando y que en ningún caso es un fin. En consecuencia, debe ser realista, simple y fácil de comprender por el personal que va a usar la información que ella proporcione y ser entregada puntualmente en las fechas establecidas.

El atraso en su entrega puede significar un atraso igual en la toma de decisiones con perjuicio para la obra.

La organización elaborada su programa financiero y flujo de fondos a lo largo del tiempo programado para desarrollarla obra. Este programa sirve como elemento de comparación para la obra desarrollada.

El programa de recuperación de la inversión, por medio de las estimaciones, es uno de los elementos manejados por la administración; debe tomarse muy en cuenta para contar con liquidez necesaria para el crecimiento sano de la organización.

7.1.4 Control de calidad

El control de calidad en la industria de la construcción se reduce a cumplimiento de las normas o especificaciones que rigen los proyectos. Existen representantes del cliente, en cargados de velar porque la obra se realice tal cual fue concebida.

Estos elementos constituyen la supervisión que debe de ser un cuerpo ajeno a la organización del contratista. Para cada obra existe o deben existir sus respectivas especificaciones, que son parte de los documentos contractuales. Representan la norma que regirán el desarrollo de cada uno de los procesos que involucren el trabajo, en lo referente a materiales, equipo, mano de obra, procedimientos constructivos etc.

El constructor previa ejecución de la obra, en el proceso de licitación y planeación, debe estudiar y conocer perfectamente todas las cláusulas del contrato y sus respectivos anexos, para acoplar su estrategia constructiva a lo especificado.

En las características específicamente, el control de calidad se auxilia del laboratorio de suelos y materiales para verificar las características de los materiales usados, las pruebas de laboratorio efectuadas (densidades de campo, granulometrías, límites de consistencia, etc.), facilitan los argumentos necesarios para determinar la calidad de la obra ejecutada, respecto a los patrones exigidos.

7.2 Niveles de Control

Se puede considerar que administrativamente dentro de una empresa pueden generarse dos grandes niveles de control:

- a) Control de la parte operativa.
- b) Control de gestiones.

La parte del control operativo agrupa el control de producción costos y calidad. Sus características son específicas y bien definidas.

El control de gestión o superior se efectúa respondiendo a las necesidades planteadas por la dirección de la empresa, documenta e informa periódicamente sobre la conducción de la organización y la evaluación general de los trabajos que se están desarrollando.

En el marco específico de la industria de la construcción, se considera el control de gestión como la parte netamente administrativa y financiera de la organización.

El establecimiento del sistema de control será función de la magnitud de la organización de que se trate y del volumen de trabajo que maneje. Cada organización debe acondicionar en la medida de sus posibilidades, el sistema el sistema de información adecuado; de manera que, pueda tener acceso rápido a la información necesaria para fundamentar la toma de decisiones.

7.3 El control de los equipos para determinar la producción

Ante la necesidad de mejorar y medir los rendimientos de la maquinaria pesada y la falta de un control estricto de la producción, se ha elaborado una guía a fin de mejorar el control del movimiento de tierras con maquinaria.

En nuestro país en la mayoría de obras que involucran movimiento de tierras que se efectúa a la maquinaria pesada, se efectúa sin el criterio técnico, siendo ineficiente e improductivo ocasionando que la información que se reporta no sea exacta, perjudicando en la veracidad de los metrados de los expedientes de liquidación de obras y la elaboración de los expedientes técnicos; lo cual es una preocupación de la coordinación técnica de cualquier empresa, a cargo de la terracería, por lo que se plantea métodos y recomendaciones que permitan incrementar los rendimientos, siendo importante que el personal a cargo de esta función tenga conocimiento de la producción teórica y real óptima de la maquinaria, que en el capítulo I se hizo mención.

7.3.1 Objetivos principales del control de los equipos

- ⇒ Medir los rendimientos de la maquinaria pesada.
- ⇒ Instruir al personal encargado del control de la producción de la maquinaria.
- ⇒ Optimizar la producción horaria del equipo que se encuentra trabajando en las obras de terracería.
- ⇒ Racionalizar los tiempos muertos que presenta la maquinaria pesada.
- ⇒ Contar con información referencial de producción horaria con la finalidad de realizar correcciones durante las actividades realizadas en obra.

7.3.2 Personal participante en la medición de la producción

Las personas que se deben de encargar de la medición de la producción son:

Ingeniero Residente: Es el responsable de la supervisión de los trabajos que esta realizando el controlador, en relación a la medición de la producción horaria que esta presentando la maquinaria pesada en obra.

Controlador de Campo: Se encargara de determinar la producción horaria de la maquinaria pesada en obra.

7.3.2.1 Perfil del controlador de campo

Personal técnico, con conocimiento en topografía, metrados y topografía en general. Experiencia no menor de un año en el control de la producción horaria de maquinaria pesada. Si no se contase con esta experiencia se tendrá que dar una capacitación previa a la ejecución de las obras.

7.3.2.2 Funciones del controlador de campo

1. Determinación de la producción o rendimiento de la maquinaria a su cargo.
2. Registrar los tiempos de cada ciclo de las unidades que esta controlando en obra.
3. Verificar la cantidad de material que esta moviendo (acarreado y/o empujando) cada maquina en obra.
4. Registrar y cuantificar los tiempos muertos de la maquinaria, con la finalidad de obtener la eficiencia horaria de las unidades.
5. Informar sobre los desperfectos que la maquinaria estuviera sufriendo e influyendo en la producción horaria.
6. El controlador de campo debe verificar la cantidad de combustible que esta consumiendo la maquina, a través de los métodos de control (Tanque Lleno y Varilla Calibrada).
7. Llenar los formularios proporcionados a diario con la información real obtenida en campo del rendimiento de la maquina.
8. Informar periódicamente al *ingeniero residente* y al *responsable de maquinaria pesada* los resultados obtenidos durante los trabajos de campo.

7.3.2.3 Materiales de trabajo necesarios para el controlador de campo

Los materiales que a continuación se mencionaran serán de uso obligatorio del controlador, los cuales les permitirá determinar la producción horaria de la maquinaria.

1. Cronometro de precisión de marca reconocida.
2. Cinta métrica metálica de 5 metros.
3. Cinta métrica de lona de 50 metros.
4. Nivel de precisión o estación total (para trabajos de gran volumen)
5. Nivel de mano o con estadía (para trabajos pequeños a medianos)

6. Tablero de apuntes.
7. Hojas milimetrada A-4.
8. Libreta de control de rendimiento.
9. Calculadora de bolsillo.
10. Estacas y un rollo de cuerda de 30 metros.
11. Lapiceros y/o lápiz.

7.4 Procedimientos para determinar la producción horaria de varios equipos

Los procedimientos que a continuación se desarrollaran serán de utilidad para determinar la producción horaria de la maquinaria pesada en obra y los factores que influyen en la baja de rendimiento de estas unidades.

7.4.1 Revisión de la operatividad de la maquinaria

Al inicio de los trabajos en obra el controlador deberá reunirse con el operador para verificarlos siguientes sistemas:

- ⇒ Fugas de aceites en el sistema hidráulico que afectaría en la producción horaria.
- ⇒ Verificación del grado desgaste de los accesorios de trabajo: cuchillas, camas de camiones, puntas de ripper, tolvas y neumáticos.
- ⇒ Verificación del estado del tren de rodamiento: zapatas, tren de rodaje, engranes superficiales y controles internos.
- ⇒ Verificar que el mantenimiento preventivo de la maquina se encuentre al día.

- ⇒ Esta verificación se realizara con la finalidad de que ningún sistema afecte la producción horaria de la maquina.
- ⇒ Para mayor información sobre estos puntos remitirse a los manuales de Operación y Mantenimiento del fabricante KOMATSU, CAT, VOLVO Y KENWORK, etc.

7.4.2 Condiciones de trabajo, tipo de suelo y vías de acceso

Con la finalidad de definir el tipo de material en la cual se desenvolverá la maquinaria se definirá a simple vista: característica de la conformación de las vías de acceso, tipo de material en bancos de préstamo o acopios, otros, etc.

- ⇒ **Rutas de tránsito:** Caracterización del tipo de suelo de los caminos.
 - *Caminos dificultosos:* Cauces del río, terrenos pedregosos y caminos con pendiente variables.
 - *Caminos provisionales:* calles sin pavimentar.
 - *Calles o carreteras:* Calles pavimentadas.
- ⇒ **Bancos de préstamo o acopios:** Caracterización del material a explotar.
 - *Afirmados:* Arenas, limos, gravas o combinaciones de estos.
 - *Rocas:* Rocas con diámetros variable de 0.5 a 1.8 m.

El operador de campo debe informar sobre las condiciones físicas donde se desenvolverá la maquinaria pesada.

7.5 Determinación de la producción horaria para diferentes equipos

A través de los procedimientos que se detallaran a continuación se determinara la producción horaria o rendimiento de la maquinaria, en cada una de las etapas de trabajo con la finalidad de mejorar y/o realizar los correctivos sobre la marcha de la obra.

7.5.1 Determinación de producción horaria para un Tractor de orugas.

7.5.1.1 Calculo a través de levantamiento topográfico

1. Realizar un levantamiento topográfico mediante *teodolito, estación total, GPS o nivel* en la zona donde se realizara las mediciones de producción horaria del tractor de orugas.
2. Registrar el tiempo que ha utilizado el buldózer para el trabajo planteado.
3. Luego que la maquina halla terminado el trabajo realizar un segundo levantamiento topográfico con la finalidad de hallar el volumen de corte (volumen suelto).
4. Por ultimo dividir el volumen (m³) obtenido con el tiempo utilizado para este trabajo.

7.5.1.2 Métodos de montículos asimétricos.

Determinar el tiempo de ciclo y la capacidad de carga de la hoja topadora.

a) *Determinar la capacidad practica de la hoja, a través de la formula*

$$L \times H \times A \times 0.4873 = \text{VolumenSuelto (m}^3\text{)}$$

$$\text{Volumen suelto} \times (\text{Factor Volumétrico}) = \text{Volumen en banco (m}^3\text{)}$$

Datos:

L: longitud media de montículo... (m)

A: Ancho medio de montículo..... (m)

H: Altura media de montículo..... (m)

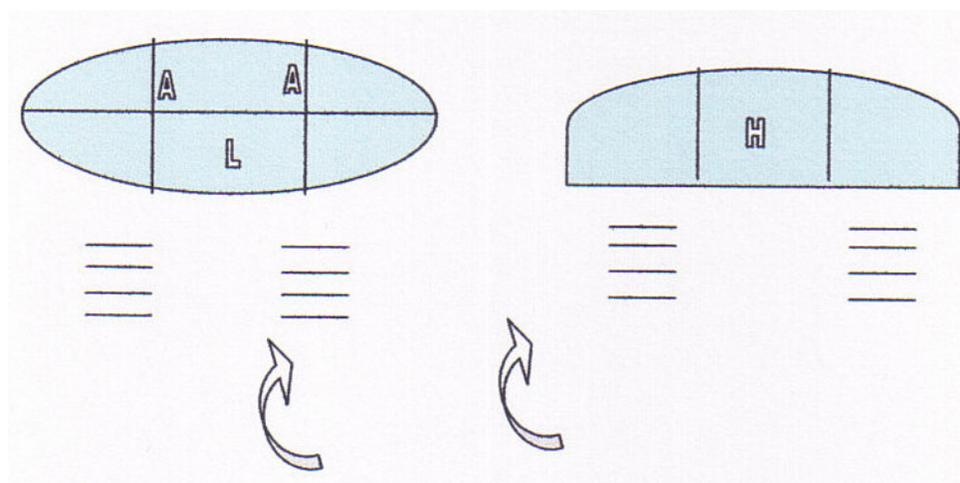
Realizar los cálculos de producción horaria, siguiendo los procedimientos del manual del fabricante, a fin de determinar la producción teórica.

Realizar esta prueba una 30 veces diarias a fin lograr de esta manera la calibración de la hoja (m^3).

Montículos asimétricos

Vista en planta del montículo

Vista lateral del montículo



Huellas de cadenas

Figura 7.1 Vista en planta y lateral de los montículos de tierra realizados por un tractor de orugas.

Fuente 1.

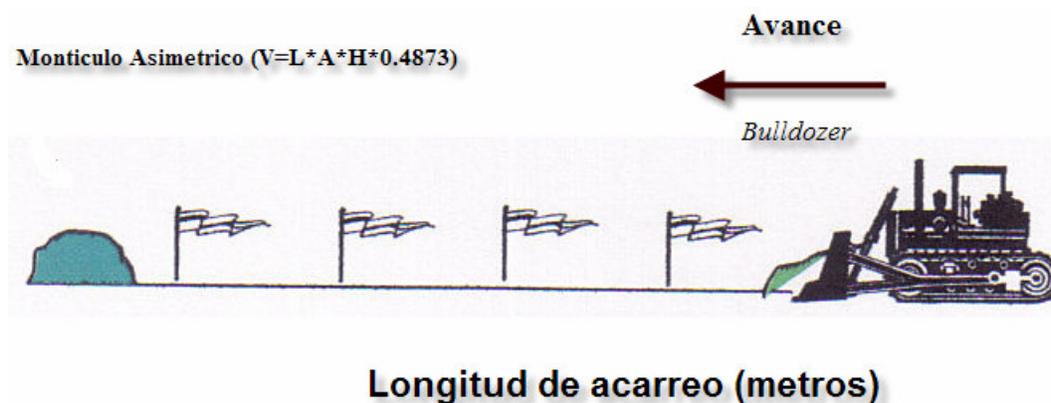


Figura 7.2 Representación esquemática del acarreo de un tractor de orugas

Fuente 24.

En el siguiente formato de la tabla 7.1 se registrara las medidas (longitud, ancho y altura) que se realizan a los montículos.

Formato de calibración

No.	DIMENSIONES DEL MONTÍCULO (M3)			CAPACIDAD M3 ($L \cdot A \cdot H \cdot 0,4873$)	TIPO DE SUELO	TAMAÑO DE MONTÍCULO
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA			
1	4,85	3,87	0,90	8,23	Cantos Rodados	GRANDE
2	4,85	3,85	0,85	7,73	Cantos Rodados	MEDIANO
3	4,80	3,88	0,75	6,81	Cantos Rodados	PEQUEÑO
4	4,90	3,81	0,91	8,28	Cantos Rodados	GRANDE

Tabla 7.1 Formato de calibración para registrar las mediciones de la hoja topadora.

Fuente (24).

b) Ciclo de Trabajo:

- Medir el tiempo de ciclo del buldózer (empuje, retroceso y Maniobralidad),
- El ciclo se debe medir con un cronometro de precisión.

c) Eficiencia Horaria (Eh):

Se debe registrar todas las paralizaciones (tiempos muertos) que ha tenido la maquina con la finalidad de determinar la eficiencia horaria de la maquina por cada día.

$$Eh: ((\text{Tiempo Programado} - \text{tiempos muertos}) / \text{Tiempo Programado}) * 100$$

d) Medición de la producción de prueba ($m^3/hora$).

1. Paralelamente por donde la maquina se encuentra acarreado material marcar con banderines cada 5 metros la longitud, de acarreo del buldózer (paralelo) con la finalidad de relacionar el rendimiento con la longitud de acarreo.
2. El controlador se debe colocar en una posición cercana a los banderines con (a finalidad de observar la distancia que esta acarreado la maquina en cada ciclo.
3. Repetir estas mediciones durante una hora entre 3 a 4 veces al día.
4. Sacar un promedio de los rendimientos obtenidos durante una jornada de trabajo.
5. Multiplicar al rendimiento promedio obtenido en las pruebas por la eficiencia horaria con la finalidad obtener la producción real de campo.

$$\text{Producción practica (m}^2\text{/hora)} = \text{Rendimiento promedio} * \text{eficiencia horaria}$$

En este último paso se registrara las producciones horarias tomando en consideración los otros formatos anteriores de este método.

Formato de medición de campo

Frente: Frente de trabajo No.1 Urbanización los sueños.

Tipo de maquina: Buldózer KOMATSU modelo D-155AX-5/ B-025(Potencia 310 HP).

Tipo de suelo: Cantos rodados con arena y gravas.

No.	VOLUMEN	TIEMPO hrs.			RENDIMIENTO m ³ /hr	LONGITUD metros	OBSERVACIONES
		min	seg.	horas			
1	7,30	2	35	0,043	169,548	50	Cantos rodados, con 50% de piedras menores de 5 pulgadas
2	7,30	2	34	0,043	170,649	50	
3	6,80	3	25	0,057	119,415	50	
4	5,80	3	25	0,057	101,854	50	
5	7,30	3	32	0,059	123,962	50	
6	7,30	2	45	0,046	159,273	50	
7	6,80	3	15	0,054	125,538	50	
8	7,30	3	22	0,056	130,099	50	
9	6,50	3	31	0,059	110,900	50	
10	7,30	2	34	0,043	170,649	50	
11	7,30	2	36	0,043	168,462	50	
12	6,80	3	22	0,056	121,188	50	
13	6,80	2	36	0,043	156,923	50	
14	7,30	3	31	0,059	124,550	50	
TOTALES	111,00	41	498,00	0,822	135,09	50	

Ingeniero Residente

Operador

Controlador de campo

Tabla 7.2 Ejemplo del formato control para un tractor de oruga KOMATSU

Fuente 24

7.5.2 Determinación de la producción de los camiones de volteo

Esta metodología nos explicara la forma como se calcularía el volumen efectivo de carga que esta llevando un camión de volteo.

7.5.2.1 Calculo de volumen de acarreo (m³)

a. Calculo de la densidad de la muestra (teoría del empuje-Arquímedes)

Materiales:

- Extraer muestras del material a trasportar, de la cantera o acopio donde se va realizar la prueba, pesos de 30 y 60 gramos.
- Probeta milimetrada de 500 ml.
- Balanza de precisión de 500 gramos.

Procedimiento:

- Agregar agua a la probeta y medir el nivel inicial de agua.
- Pesar con una balanza de precisión las muestras y numerarlas(Kg.)
- Dejar caer lentamente la primera muestra en la probeta, y medir el nuevamente el nivel de agua que ha ocasionado este cuerpo (teoría del empuje-Arquímedes).
- Sacar la diferencia de niveles de agua con la finalidad de obtener el volumen (m³) del cuerpo sumergido (muestra 1).
- Relacionar el peso de la muestra con respecto a su volumen a fin de obtener su densidad de la muestra (kg / m³).

- Repetir este procedimiento con las demás muestras con la finalidad de obtener una mayor aproximación de la densidad.

$$\text{Densidad}(\text{kg}/\text{m}^3) = \frac{\text{Peso de Muestra (kg)}}{\text{Volumen desalojo}(\text{m}^3)}$$

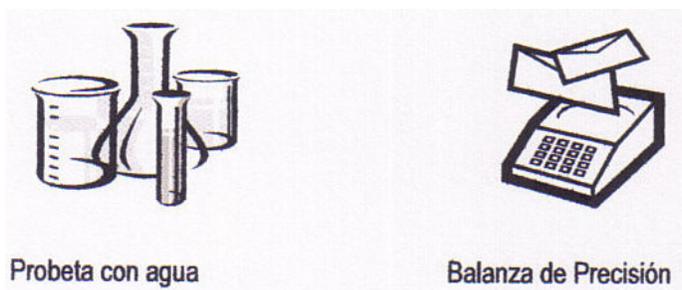


Figura 7.3 Materiales a utilizar para el cálculo de volumen del suelo

b. Cálculo del peso efectivo del camión (Tara Kg.)

Esta prueba se debe realizar en una balanza electrónica industrial de capacidad de 50 toneladas y se debe considerar:

1. Pesar el camión donde se va a realizar las pruebas.
2. Pesar el camión con la carga de material (Kg.).
3. Por diferencia obtener la tara del camión.

$$\text{TARA (Kg)} = \text{camión Cargado} - \text{Camión Vacío}$$

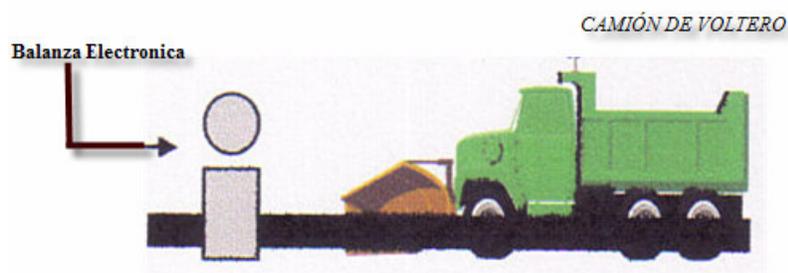


Figura 7.4 Camión de volteo sobre una balanza electrónica para determinar la tara
Fuente 24.

c. Calculo del volumen de carga efectiva del camión (m³)

Relacionar la densidad de la muestra que se ha obtenido de la roca, con el peso de carga efectiva en la balanza industrial (tara), a fin obtener el volumen efectivo de carga que esta llevando el camión.

$$\text{Volumen de Carga efectiva (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de Carga Efectivo del camión(kg)}}{\text{Densidad de la muestra (Kg/m}^3\text{)}}$$

7.5.2.2 Calculo del ciclo y producción horaria.

Se debe medir diariamente el ciclo de trabajo de los camiones, con la finalidad de obtener promedios y exigir un mínimo de vueltas a los motoristas.

Además se debe realizar:

- Registrar el kilometraje inicial y final de las unidades con la finalidad de monitorear las distancias recorridas por cada ciclo de trabajo.
- El controlador debe verificar la cantidad de material que esta llevando cada camión por ciclo de trabajo.
- El controlador debe informar inmediatamente al Ingeniero Residente sobre algún retraso que esta teniendo alguno de los camiones en obra, debido a que es su responsabilidad.

En el formato estándar que se presenta a continuación en la tabla 7.3, se registrara los datos de campo, de rendimiento.

Formato estándar para el registro de camiones de volteo.

CAMIÓN VOLQUETE VOLVO NL-12 ROQUERO/ 400 HP (tolva de 12 m3)

OBRA: Urbanización los sueños

CONTROLADOR: Jorge Núñez Achallma.

No.	N° DE UNIDADES	KILOMETRAJE			TIEMPO				CAPACIDAD EFECTIVA m3	OBSERVACIONES
		INICIAL	FINAL	DISTANCIA EFECTIVA Km.	SALDA	LLEGADA	TOTAL (min.)	TIEMPO MUERTO min.		
1	V-125	258963	251201	25	10:15	11:15	60	14	7.5	Esta Acarreando material suelo
2	V-125	255688	255689	26	11:20	11:00	65	15	7	
3	V-120	258698	258698	25	12:15	01:15	55	15	7.5	
4	V-120	256341	256341	25	02:20	03:20	60	16	7	
5	V-100	254178	254178	25	04:15	05:15	62	12	7.5	
6	V-100	257145	257145	24	05:20	06:00	65	14	7	
7	V-100	258964	258964	25	06:15	07:15	64	14	7.5	
	TOTAL			175			431	100	51	

Ingeniero Residente_____
Operador_____
Controlador de campo**Tabla 7.3 Formato de control de las producciones para los camiones de volteo**
Fuente 24.

7.5.3 Determinación de la producción de la excavadora hidráulica y/o cargador frontal

La producción horaria de la excavadora hidráulica y/o cargador frontal, en el cargado de material esta en función de la capacidad del cucharón, el ciclo de trabajo, la eficiencia horaria y la programación.

Siendo los dos últimos el que afecta con mayor intensidad a la producción de la maquinaria pesada.

Estas maquinas cumplen un sin número de actividades como es la: Excavación de zanja, Extracción de material, cargado de material, conformación de dique y colocado de roca en estructuras de protección (enchapado).

Para el calculo de la producción de excavación se mediría las dimensiones de la zanja y/o montículo, en el caso de la conformación de enrocado (enchapado) se calcularía cubicando roca por roca que ha colocado la maquina o el numero de camiones que ha requerido para sus conformación (enchapado).

En el caso de labores muy específicas se debería cubicar el material que ha movido mediante teodolito, estación total o cintas métricas.

7.5.3.1 Forma de determinar la eficiencia horaria (Eh)

Se debe registrar todos las paralizaciones (tiempos muertos) que ha tenido la maquina con la finalidad de determinar la eficiencia horaria de la maquina

$$Eh = \frac{(\text{Tiempo Programado} - \text{Tiempos muertos})}{\text{Tiempo Programado}} \times 100$$

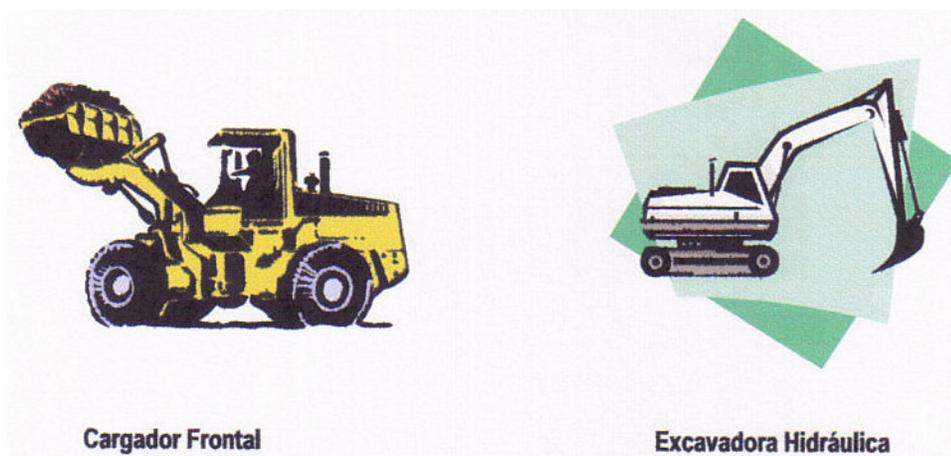


Figura 7.5 Representación esquemática de un cargador frontal y una excavadora hidráulica

Fuente 24.

Formato de campo

No.	TIPO DE CAMIÓN	TIEMPO DE CARGADO min.	No. De cuchilla	TIEMPOS MUERTOS Min.	CAPACIDAD DE CARGA DEL CAMIÓN M3	NUMERO DE CICLOS DE LOS CAMIONES	OBSERVACIONES DE LA MAQUINA
1	V-145	3 min. 44seg	8	8	12	6	No tuvo contratiempos
2		3 min. 15 seg.	7	9	12		
3		4 min. 15 seg.	8	10	12		
4		3 min. 11 seg.	9	12	12		
5		4 min. 18seg	7	14	12		
6		4 min. 44 seg.	8	8	12		
7	V-111	3min 45 seg.	9	10	12	6	No tuvo contratiempos
8		4 min. 44 seg.	8	8	12		
9		3min11 seg.	7	9	12		
10		3min22seg	8	10	12		
11		3 min. 15 seg.	8	15	12		
12		3 min. 44 seg.		6	12		
13	V-149	3 min. 11 seg.	8	21	12	4	Sufrió el pinchazo de 3 neumáticos, debido a que se encuentran en mal estado
14		3min 22 seg.	7	10	12		
15		3 min. 11 seg.	8	6	12		
16		3min 22 seg.	8	4	12		
	TOTAL PROMEDIO	3min43seg	7,867	160	192	10	

Tabla 7.4 Formato de campo para el calculo de la producción de una pala excavadora.

Fuente 24.

7.5.3.2 Ejemplo practico para determinar el rendimiento de un cargador

El rendimiento en cargado de material de afirmado es:

$$Re = 192/10 = 19.2 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

Eficiencia horaria (Eh)

Conversión de horas muertas..... 160 min. = 2.66 horas

$$Eh = \frac{(\text{Tiempo Programado} - \text{Tiempos muertos})}{\text{Tiempo Programado}} \times 100$$

$$Eh = \frac{(10 - 2.66)}{10} \times 100 = 73.00\%$$

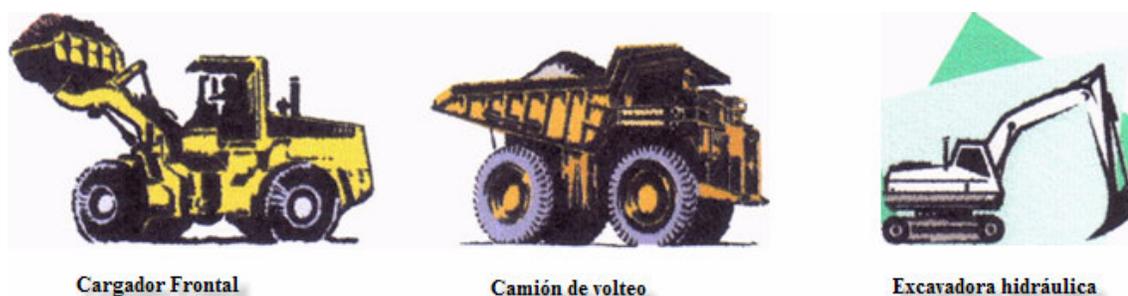
Las horas muertas que ha presentado la excavadora hidráulica son ocasionadas por deficiente programación debido a la falta de cuatro (4) camiones; en este caso el controlador deberá informar al Ingeniero residente sobre esta problemática con la finalidad de que ordene su paralización, reprogramación o alquile el numero de camiones faltantes.

7.6 Calculo de la producción por equipos de trabajo

7.6.1 Excavadora hidráulica y/o cargador frontal versus camiones de volteo

En combinación de equipos mecánicos como es el caso de los cargadores y/o excavadoras con los camiones de volteo se debe obtener una relación óptima de trabajo con la finalidad de eliminar los tiempos muertos que se pudiera presentar debido a una mala programación de maquinaria, si se presentara este problema se tendría que realizar sobre la marcha los ajustes necesarios en la obra con la finalidad de realizar una reprogramación que subsane o mejore los rendimientos de los circuitos de trabajo.

Para realizar la programación se debe tener en cuenta los rendimientos de la maquina que se encargara de los trabajos de cargado de material a los camiones.



Cargador Frontal

Camión de volteo

Excavadora hidráulica

Figura 7.6 Representación esquemática de un cargador frontal, un camión de volteo y una excavadora hidráulica

Fuente 24.

Proporción de rendimiento N°. De excavadoras y/o cargadores frontales \geq Proporción de rendimiento N°. De camiones

7.6.2 Criterio práctico de corrección sobre la marcha de equipos mecánicos

Para los cargadores y/o excavadora versus camión volteo se pueden considerar dos opciones principales:

1. *Reducción de volquetes que interviene en un ciclo.*

$$N^{\circ} \text{ de Unidades que se tiene que retirar del circuito} = (N - 1)$$

N: Numero de unidades promedio en espera en el momento del cargado.

2. *Aumento de número de volquetes que interviene en un ciclo.*

$$N^{\circ} = \frac{\text{Tiempos muertos promedio por ciclo}}{\text{Tiempos de cargado promedio}}$$

La cantidad que se obtenga se debe aproximar por defecto.

7.6.3 Formato del control diario para la maquinaria

INFORME DIARIO DEL CONTROL DE MAQUINARIA

I. Información general

Proyecto: Urbanización los Sueños **Fecha:** 12/09/2007
Frente de trabajo: Etapa 1, calle circunvalación III **Código:** Tesis-UES
Maquina: Pala excavadora marca Volvo modelo EC290BLC **Potencia HP:** 205
Nombre del operador: José Herrera **No. De hoja** 1/5

II. Horas trabajadas - Operador

Mañana: de 08:00:00 a.m. a 12:00:00 p.m. = 4 hrs.
 Tarde: de 01:00:00 p.m. a 04:00:00 p.m. = 3 hrs.
 Noche de _____ a _____ = _____ hrs.

Horometro Inicial: 4587 Horometro final: 4597
 Horas maquina efectivas: 7 hrs.

III. Horas operativas de la maquina

Actividad	Rendimiento m3/hr		Total de horas		OBSERVACIONES
	Según tabla	Real	Operativas	Paralizadas	
Corte y cargado en camión	123.66	95	7	2	Se ha podido observar que la maquina presenta 2 horas de tiempos muertos debido al continuo problema del aflojamiento de los pernos de la zapata

IV. Consumos

Combustible: 60 gls
 Lubricantes: 0 gls
 Otros: _____

V. Personal responsable

Firma Operador

Firma Controlador

Firma Ing. Residente de Obra

Tabla 7.5 Formato de campo para el control diario de la maquinaria.

En la tabla 7.5 es posible llevar un control de la producción horaria, tiempos muertos, consumo de combustible, consumos de aceite – lubricantes y observaciones que puedan presentar la maquina en la obra.

El parte diario registrara diariamente el record de producción horaria de cada equipo puede ser cuantificada semanalmente y en su totalidad cada fin de mes, para luego ser incluida en la valorización del expediente de liquidación técnica financiera de la empresa y a su vez este resumen será registrado en la ultima anotación del cuaderno de obra.

Este formato debe ser llenada por el controlador y debe de contar con la firma del Operador, Controlador, Ingeniero Residente y con el visto bueno del Administrador Técnico del proyecto.

7.6.4 Acciones correctivas para mejorar los rendimientos de la maquinaria

Se ha podido comprobar que los rendimientos actuales de la maquinaria en la mayoría de los proyectos de urbanizaciones se encuentran muy por debajo de los propuestos por los fabricantes, esto es debido a una deficiente programación con la maquina pesada en obra, uso de maquinaria en mal estado y falta de operadores con experiencia.

Con la finalidad de mejorar los rendimientos de la maquinaria, se recomienda realizar las siguientes acciones correctivas.

- a. Mejorar las programaciones y reprogramaciones de las actividades y potencias de la maquinaria pesada en obra, la que deberá ser efectuada por el *Ingeniero residente*.
- b. El Ingeniero residente debe estar evaluando constantemente las actividades que cumpla la maquinaria en la obra con los datos de producción que le proporcione el controlador, con la finalidad de eliminar los tiempos muertos y optimizar los rendimientos del equipo mecánico.

- c. La maquina debe estar en buenas condiciones de operatividad antes del inicio de la obra y con el visto bueno del Ingeniero residente y Responsable de Maquinaria
- d. El responsable de maquinaria pesada elaborara un informe técnico de la maquinaria que intervendrá en una obra, lo cual se lo presentara al ingeniero residente, el informe debe contar con los siguientes puntos:
 - ⇒ Tren de Rodamiento.
 - ⇒ Sistema Eléctrico.
 - ⇒ Motor.
 - ⇒ Mandos Finales.
 - ⇒ Sistema de Dirección.
 - ⇒ Sistema de Freno.
 - ⇒ Caja de toma de fuerza.
 - ⇒ Sistema de transmisión.
 - ⇒ Sistema Hidráulico.
 - ⇒ Sistema de Inyección.
 - ⇒ Accesorios de trabajo.
 - ⇒ Antecedentes de las últimas reparaciones.
- i. *El operador* debe ser una persona con experiencia y con la habilidad necesaria en la operación del equipo que esta conduciendo; además debe contar con el visto bueno del ingeniero residente, en la obra.

7.7 Recomendaciones para mantener el control en el sector de mantenimiento

El sector de mantenimiento en la planta o en la empresa puede ser considerado por algunos gerentes como un gasto, para otros como una inversión en la protección del equipo físico, y para algunos como un seguro de producción. La actitud del gerente pasará a sus empleados (sean mecánicos u operarios) afectando directamente en los resultados.

La base de los movimientos de tierra esta en los equipos que para tal fin se utilicen. El adecuado uso y mantenimiento alargan su vida económica permitiéndoles alta capacidad productiva por largos periodos. Un adecuado control de las actividades de los equipos; así como de los gastos en que se esta incurriendo para mantenerlos produciendo, facilita a la organización una fuente de datos que le permitirán en el futuro planear acertadamente sus obras y en el presente obtener sus costos reales.

Como todo control, el control de los equipos tiene su base en el sistema de información. Este sistema tiene su base en el informe diario que debe rendir cada operador, este informe deberá incluir el numero de horas trabajadas, registradas en el contador, kilómetros recorridos, el consumo de combustible y lubricantes. Estos datos sirven para estimar el control de operación, el inventario de la maquinaria y como indicadores de las necesidades de mantenimiento o ajustes requeridos por la maquina.

Parte importante de este control es el “Archivo antecedente” de cada unidad, que deberá consistir en una recopilación de todo lo acontecido a la maquina en su vida útil. Se debe iniciar con la copia de la factura y el recibo de entrega, hasta su recibo de venta.

Cuando hablamos de vehículos y maquinaria pesada, frecuentemente encontramos la excusa que “no funcionan los horómetros o velocímetros.” Les puedo asegurar que el costo de la reparación o reemplazo de estos instrumentos es mucho menor que el costo de mantenimiento cuando no funcionan. Una de nuestras pólizas es

no rembolsar combustible ni reparaciones a empleados cuyos velocímetros no funcionen. Así nunca lo encontramos roto.

No tienen idea del uso real, el uso necesario, el movimiento o cuanto hay en exceso de salidas. Solamente documentan los gastos.

¿Si no sabemos cuantos litros, filtros, rodamientos u otro insumo necesitamos por mes, como podremos comprarlos con eficiencia? Puede ser que el aceite es 10% mas barato por tambor, que por balde, pero si consumimos un tambor cada 18 meses, perdemos dinero en la compra por tambor, además de arriesgar la contaminación y pérdida.

7.7.1 Recomendaciones para el sistema de compras de los insumos básicos para la maquinaria

Los sistemas de compras de muchas empresas demuestran que frecuentemente la administración prefiere limitar el costo por ítem que entender la necesidad del ítem o las características técnicas. Cuando se combina este concepto con los proveedores que no saben lo que venden, tenemos un peligro.

El primer paso para controlar los gastos de mantenimiento es involucrar a todo el personal en el proceso. La explicación a nuestro personal que estamos interesados en los resultados, sus opiniones, y su participación normalmente dará un resultado positivo.

El segundo paso es introducir procedimientos que realmente pueden determinar la durabilidad de reparaciones, repuestos, aceites y equipos basados en producción real.

Llevar un control de gastos de la maquinaria no es útil para el control si no se determina la frecuencia de los cambios de los repuestos, para determinar si los desperfectos son mala operación, mal mantenimiento, malos productos o mala administración.

CONCLUSIONES

- Conocer los tipos, capacidades, actividades que son capaces de realizar y características de los equipos que se utilizan para el movimiento de tierra, es necesario antes de comenzar cualquier clase de proyecto que lleve en su ejecución el movimiento de tierra.
- Las tablas de rendimientos presentados en la sección 1.6 del capítulo I son recomendadas utilizar solo para equipo nuevo hasta el final de su vida económica. Es posible aplicarlas para equipos usados pero el rendimiento debe ser afectado por un factor de reducción igual al obtenido por la depreciación de la maquinaria.
- El logro de la utilización eficiente de los equipos en los movimientos de tierra se inicia en el conocimiento de las características específicas; situación que permite estimar sus rendimientos en forma acertada para los diferentes procesos constructivos, es decir el rendimiento disminuirá en una proporción igual a la depreciación del equipo.
- Un análisis exhaustivo de las condiciones de obra, permite al constructor seleccionar una buena estrategia constructiva de esta manera la selección de equipos y el desarrollo de una buena planificación.
- En la asignación de equipo para el movimiento de tierra se debe realizar primero una selección cualitativa y luego una selección cuantitativa, para evaluar la selección con ecuaciones de rendimientos, determinando las capacidades de los equipos necesarias para cada tipo de trabajo a realizar.
- Es de suma importancia la lectura y análisis de las especificaciones técnicas, debido a que en ellas se encuentran los parámetros a considerar para la ejecución de las obras, a la vez afectan directamente los costos a considerar.

- La tabla presentada en la sección 2.6 del capítulo II, se utiliza para determinar el peso y volumen de los material a mover. Es de gran importancia en la asignación del equipo, debido a que debe calcularse los parámetros antes mencionados y no sobrepasar la capacidad del equipo o se correrá el riesgo de dañarlos.
- Para el calculo del costo horario de la maquinaria es necesario que sea realizado por una persona que posee la experiencia y criterios técnicos en la determinación del costo y aplicación de los factores que lo afectan, de lo contrario la evaluación por el método matemático expuesto en la sección 3.6 del capítulo III puede llevar a obtener valores fuera de la realidad.
- Una eficiente labor de control refleja en forma oportuna las desviaciones son lo planeado y permite tomar decisiones tendientes a nivelar la ejecución en los tiempos programados.
- La utilización de software's especializado en el área de la ingeniería nos ayuda ahorrar tiempo a su vez baja costos en la elaboración de las diferentes alternativas. El software especializado es de mucha utilidad para la rápida evaluación de alternativas de procesos lógicos que desarrollamos e implementar en los proyectos de terracería en urbanizaciones.
- Antes de realizar el cálculo de volúmenes con cualquier software especializado es necesario realizar la metodología que será implementada en el proceso constructivo, para llevar un orden lógico en el cálculo y no realizarlo de una forma mecanizada.
- Dada la importancia en el ahorro en los costos de operación debido a la gran competencia que existe en el mercado es necesario implementar metodologías que ayuden a integrar las herramientas tecnológicas con las que contamos, con el fin de poder crear profesionales que puedan tomar decisiones fundadas en técnicas de rápida implementación.

- El sistema de asignación, ataque y control de maquinaria expuesto en la sección 5.2 del capítulo V, fue diseñada para implementarse en el movimiento de tierra de cualquier tipo de urbanización independiente de su tamaño, costo o complejidad. La cual plantea una metodología práctica para la rápida evaluación de proyectos de terracería, siendo una herramienta de análisis muy eficaz para la asignación de recursos de maquinaria.
- El algoritmo presentado en la figura 5.2 puede ser aplicado para la creación de un programa computacional y a su vez expresa de una manera simplificada la metodología utilizada la asignación de equipo en obras de terracería, puede ser implementada sin tener programas computacionales, pero no se recomienda realizarlo de esta manera debido a la gran cantidad de información que se necesita procesar y los largos cálculos engorrosos que esto conlleva.
- La mayoría de empresas constructoras que realizan proyectos de movimiento de tierra en nuestro país, consideran que el mantener un personal dedicadas exclusivamente al control de la maquinaria o cálculo de la producción diaria *es un gasto innecesario*. Pero considerando que el costo de operación de un equipo es 30 a 60 veces más alto que el operador de la misma, se ha demostrado que los costos de mantenimiento de maquinaria, bajos rendimientos de producción en la obra sin tomarse medidas de corrección, gastos innecesarios de horas maquina, gastos de combustibles, etc. Pueden pagar a un controlador de campo y generar una mayor ganancia para la empresa si tomaran la decisión de contratar el personal idóneo para el control de maquinaria es decir que el costos de controlar los rendimiento de maquinaria en campo corresponde un esfuerzo mucho menor y más económico que si esta se dañara a medio proyecto, o produjera un 30 % menos de lo presupuestado.

RECOMENDACIONES

- En el transcurso del estudio de Ingeniería Civil, a lo largo de nuestra carrera no existe un curso el cual nos enseñe los distintos tipos de maquinaria existente para el movimiento de tierra, por lo que nos vimos en la necesidad de realizar el presente investigación, así llenar el vacío existente en nuestro conocimiento sobre el área de terracería. En otros países por decir un ejemplo México, dentro del programa de la carrera de Ingeniería Civil imparten asignaturas en las cuales enseñan el uso de maquinaria más utilizado en obras de terracería aplicado a la construcción de obras civiles. Por lo que resugiere tomar como base el contenido del presente trabajo de investigaron para formular un curso especializado en el presente tema, que es un vacío existente en la Carrera de Ingenia impartida por la Universidad de El Salvador.

REFERENCIAS

1. Manual de Rendimiento Edición 31, CATERPILLAR INC., Illinois, E.U.A., Octubre 2000.
2. Moving the Earth, The Workbook of Excavation. Herbert L. Nichols. Jr. Third Edition, June, 1976.
3. Estimación de los Costos de Construcción. R.L. Peurifoy. Quinta Impresión, Octubre de 1970.
4. Juárez Badillo, E. y Alfonso Rico Rodríguez, Mecánica de Suelo, Tomo I y Tomo II, Tercera Edición, Editorial Limusa, México, 1978.
5. Estudio del Diagrama de Masa y su Aplicación en la Organización de Equipos para Terracería, en el nuevo trazo desagüé de Güija – Metapan. Presentada por Oscar Alejandro Figueroa. Tesis de la Universidad de El Salvador previa a la opción del título de Ingeniero Civil. Año 1965.
6. Movimiento de Tierra en la Carretera Tecoluca – Zacatecoluca. Presentada por Guillermo Lara López. Tesis de la Universidad de El Salvador previa a la opción del título de Doctor en Ingeniería Civil. Año 1960.
7. Guía para la Programación de la Construcción de Urbanizaciones. Presentada por Ceciclia del Carmen Barraza Mejia y otras. Tesis de la Universidad de El Salvador previa a la opción del título de Ingeniero Civil. Año 1992.
8. Manual de Costos Unitarios Directos de Obras Civiles en la Industria de la Construcción de El Salvador. Presentada por Morales Rivas y otro. Tesis de la

Universidad de El Salvador previa a la opción del título de Ingeniero Civil. Año 2003.

9. 

<http://www.komatsu.com/>

10. 

<http://www.cat.com>

11. 

<http://www.casece.com>

12. 

<http://www.unam.mx>

13. Manual del Curso Básico, Autocad Land Desktop, ITCA, Santa Tecla, San Salvador, 2006.

14. American Society For Testing And Materials Standard (ASTM) Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³(600 kN-m/m³))” Volumen 04.08 Marzo 2003.

15. Apuntes de Construcción Industrial, Juan Cherné Tarilonte, Año 2003.
16. Ley de Impuesto Sobre la Renta, Asamblea Legislativa de la Republica de El Salvador, Febrero 2005.
-

VOLVO

17. **Construction Equipment**

www.volvo.com

18. Análisis de las Metodologías Habituales para la Generación de Modelos Digitales del Terreno. Artículo publicado en Internet por: Rubén Martínez Marín Prof. Titular de la U.P. de Madrid. E.T.S.I. de Caminos e Ingenieros Geólogos Francisco González Gámez Catedrático de la U.P. de Madrid. E.T.S.I. de Caminos Carlos Gordo Murillo Prof. Titular de la U.P. de Madrid. E.T.S.I. de Caminos e Ingenieros Geólogos, Junio 2001.
19. Manual en Español de AutoCAD Land Development Desktop. Autor: migrogeo Ltda. Mar de plata, Argentina, Junio 2000.
-

20. The image shows the Freightliner logo, which consists of the word "FREIGHTLINER" in a stylized font inside an oval, followed by the slogan "Run Smart" in a script font.

<http://www.freightlinertrucks.com>

21. Construction Planning, Equipment and Method, Peurifoy, R. 2002.

22. Escritura de un Programa de Computadora para Calcular la Energía de Compactación de los Compactadores Vibrantes. Presentado por Diego Alexander Escobar García y Luís Alberto Pajaro Mendoza. Tesis de Universidad de Los Andes, Bogota, Colombia, 2001.
23. Costos y Tiempos en Carretera, 1ª Edición, Ingeniero Walter Ibáñez, 1992.
24. Instructivo para el control de la producción del equipo mecánico, Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Recursos Naturales, Dirección General de Aguas y Suelos.

ANEXOS**Anexo A: Índice de tablas**

Tabla anexo 1. Presupuesto A.1, Boulevard Santa Julia, Derivador y Redondel principal.	314
Tabla anexo 2. Presupuesto A.2, Calle Circunvalación I.....	315
Tabla anexo 3. Presupuesto A.3, Calle de Acceso.....	316
Tabla anexo 4. Presupuesto A.4, equipo de bombeo área de pozo.....	317
Tabla anexo 5. Presupuesto A.5, Parque Recreativo.....	318
Tabla anexo 6. Presupuesto A.6, Centro Comercial.....	319
Tabla anexo 7. Presupuesto B.1, Calle Circunvalación III y Senda 4.....	320
Tabla anexo 8. Presupuesto B.2, Senda II.....	321
Tabla anexo 9. Presupuesto B.3, calle Las Lomas.....	322
Tabla anexo 10. Presupuesto B.4, tanque.....	323
Tabla anexo 11. Presupuesto C.1, calle Circunvalación III.....	324
Tabla anexo 12. Presupuesto C.2, calle El Recreo.....	325

A. 1 BOULEVARD SANTA JULIA, Derivador y Redondel Principal

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0	TERRACERÍA					\$51,139.51
0.1	Trazo Topográfico de calles Blvd. Sta Julia, Derivador y Redondel Principal	ml	570.00	\$ 0.31	\$ 176.70	
0.2	Descapote en Boulevard Santa Julia, derivador, redondel principal y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	13,672.81	\$ 0.63	\$ 8,613.87	
0.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en el Boulevard Santa Julia, derivador y redondel principal. Medido en Banco.	m³	13,672.81	\$ 1.75	\$ 23,927.42	
0.4	Corte en Suelo Normal para el Boulevard Santa Julia, derivador, redondel principal y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco	m³	4,674.30	\$ 0.64	\$ 2,991.55	
0.5	Relleno compactado en el Boulevard Santa Julia, derivador y redondel principal y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	7,595.76	\$ 1.04	\$ 7,899.59	
0.6	Acarreo interno en un radio de 2 Km en el terreno del proyecto, del material cortado en el Boulevard Santa Julia, derivador y redondel principal. Medido en Banco.	m³	3,313.10	\$ 1.31	\$ 4,340.16	
0.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Boulevard Santa Julia, derivador y redondel principal. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	7,595.76	\$ 0.42	\$ 3,190.22	

Tabla anexo 1. Presupuesto A.1, Boulevard Santa Julia, Derivador y Redondel principal.

A. 2 CIRCUNVALACIÓN I

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0	TERRACERÍA					\$68,328.16
0.1	Trazo topográfico de calles de la Urbanización.	ml	412.42	\$ 0.31	\$127.85	
0.2	Descapote en Calle Circunvalación I Y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	16,859.03	\$ 0.63	\$10,621.19	
0.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en la Calle Circunvalación I. Medido en Banco.	m³	16,859.03	\$ 1.75	\$29,503.30	
0.4	Corte en Suelo Normal para la Calle Circunvalación I y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	12,297.75	\$ 0.64	\$7,870.56	
0.5	Relleno compactado en Calle Circunvalación I y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	8,114.70	\$ 1.04	\$8,439.29	
0.6	Acarreo interno en un radio de 2 km en el terreno del proyecto, del material cortado en la Calle Circunvalación I. Medido en Banco.	m³	6,380.00	\$ 1.31	\$8,357.80	
0.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Calle Circunvalación I y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	8,114.70	\$ 0.42	\$3,408.17	

Tabla anexo 2. Presupuesto A.2, Calle Circunvalación I

A. 3 CALLE DE ACCESO

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0	TERRACERÍA					\$11,560.91
0.1	Trazo topográfico de calles de la Urbanización.	ml	107.90	\$ 0.31	\$33.45	
0.2	Descapote en la Calle de Acceso y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	2,584.05	\$ 0.63	\$1,627.95	
0.3	Desalojo de material resultante del descapote de la Calle de Acceso. Medido en Banco.	m³	2,584.05	\$ 1.75	\$4,522.09	
0.4	Corte en Suelo Normal para la Calle de Acceso y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	2,757.65	\$ 0.64	\$1,764.90	
0.5	Relleno compactado en Calle de Acceso y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	0.00	\$ 1.04	\$0.00	
0.6	Acarreo interno en un radio de 2 KM en el terreno del proyecto, del material cortado en la Calle de Acceso. Medido en Banco.	m³	2,757.65	\$ 1.31	\$3,612.52	
0.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Calle de Acceso y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	0.00	\$ 0.42	\$0.00	

Tabla anexo 3. Presupuesto A.3, Calle de Acceso

A.4 EQUIPO DE BOMBEO ÁREA DE POZO

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
1	TERRACERÍA					\$5,205.34
1.1	Trazo topográfico en terraza	sg	1.00	\$55.44	\$55.44	
1.2	Descapote en Terraza del Pozo Y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	1,865.00	\$ 0.63	\$1,174.95	
1.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en terraza del Pozo. Medido en Banco.	m³	1,865.00	\$ 1.75	\$3,263.75	
1.4	Corte en Suelo Normal para terraza del Pozo y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	0.00	\$ 0.64	\$0.00	
1.5	Relleno compactado en terraza del pozo y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	240.00	\$ 1.04	\$249.60	
1.6	Acarreo interno en un radio de 2 KM en el terreno del proyecto, del material cortado en terraza del Pozo. Medido en Banco.	m³	0.00	\$ 1.31	\$0.00	
1.7	Manejo para tratamiento de material cortado en terraza del pozo y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	240.00	\$ 0.42	\$100.80	
1.8	Dotación y Colocación de grava volcánica roja en calle de acceso y salida en zona de pozo AP	m³	32.10	\$11.24	\$360.80	

Tabla anexo 4. Presupuesto A.4, equipo de bombeo área de pozo

A.5 PARQUE RECREATIVO

No.	PARTIDAS Y CONTENIDOS	UU	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTOS PARCIALES	SUBTOTAL
1	TERRACERÍA					\$177,544.06
1.1	Trazo topográfico en Parque de acuerdo a niveles de proyecto	sg	1.00	\$73.90	\$73.90	
1.2	Descapote en zona del Parque Y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m ³	13,111.25	\$ 0.63	\$8,260.09	
1.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en el Parque. Medido en Banco.	m ³	13,111.25	\$ 1.75	\$22,944.69	
1.4	Corte en Suelo Normal para el Parque y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m ³	74,553.64	\$ 0.64	\$47,714.33	
1.5	Relleno compactado en el Parque y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m ³	606.70	\$ 1.04	\$630.97	
1.6	Acarreo interno en un radio de 2 KM en el terreno del proyecto, del material cortado en el Parque. Medido en Banco.	m ³	74,553.64	\$ 1.31	\$97,665.27	
1.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Parque y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m ³	606.70	\$ 0.42	\$254.81	

Tabla anexo 5. Presupuesto A.5, Parque Recreativo

A.6 CENTRO COMERCIAL

No.	PARTIDAS Y CONTENIDOS	UU	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTOS PARCIALE S	SUBTOTAL
1 TERRACERÍA						\$192,495.82
1.1	Descapote en terraza del Centro Comercial, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m ³	32,190.93	\$ 0.63	\$20,280.29	
1.2	Desalojo de material resultante del descapote en la terraza del Centro Comercial.	m ³	32,190.93	\$ 1.75	\$56,334.13	
1.3	Corte en Suelo Normal en la terraza del Centro Comercial de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco	m ³	9,516.78	\$ 0.64	\$6,090.74	
1.4	Relleno compactado en la terraza del Centro Comercial de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m ³	41,597.40	\$ 1.04	\$43,261.30	
1.5	Acarreo interno a 2.00 km en el terreno del proyecto, del material cortado en la terraza del Centro Comercial. Medido en Banco.	m ³	37,876.08	\$ 1.31	\$49,617.66	
1.6	Compactado superficial en terreno para efectuar tratamiento de material cortado en terraza del Centro Comercial.	m ³	561.30	\$1.04	\$583.75	
1.7	Manejo para tratamiento de material cortado (revolturas y asoleo) terraza del Centro Comercial	m ³	38,876.08	\$ 0.42	\$16,327.95	

Tabla anexo 6. Presupuesto A.6, Centro Comercial

B. 1 CIRCUNVALACIÓN III y Senda 4

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
1	TERRACERÍA					\$183,867.73
1.1	Trazo topográfico de calle circunvalación III y Senda 4	ml	960.26	\$0.31	\$297.68	
1.2	Descapote en Calle Circunvalación III, senda 4 y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	44,462.68	\$0.63	\$28,011.49	
1.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en la Calle Circunvalación III y senda 4. Medido en Banco.	m³	44,462.68	\$1.75	\$77,809.69	
1.4	Corte en Suelo Normal para la Calle Circunvalación III, senda 4 y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	47,653.47	\$0.64	\$30,498.22	
1.5	Relleno compactado en Calle Circunvalación III, senda 4 y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	6,652.04	\$1.04	\$6,918.12	
1.6	Acarreo interno en un radio de 2 KM en el terreno del proyecto, del material cortado en la Calle Circunvalación III y Senda 4. Medido en Banco.	m³	28,655.47	\$1.31	\$37,538.67	
1.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Calle Circunvalación III y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	6,652.04	\$0.42	\$2,793.86	

Tabla anexo 7. Presupuesto B.1, Calle Circunvalación III y Senda 4

B.2 SENDA II

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0	TERRACERÍA					\$5,142.85
0.1	Trazo topográfico de calles de la Urbanización.	ml	78.00	\$0.31	\$24.18	
0.2	Descapote en Senda II Y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	1,498.19	\$0.63	\$943.86	
0.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en Senda II. Medido en Banco.	m³	1,498.19	\$1.75	\$2,621.83	
0.4	Corte en Suelo Normal para la Senda II y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	771.86	\$0.64	\$493.99	
0.5	Relleno compactado en Senda II y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	240.40	\$1.04	\$250.02	
0.6	Acarreo interno en un radio de 2 KM en el terreno del proyecto, del material cortado en Senda II. Medido en Banco.	m³	540.46	\$1.31	\$708.00	
0.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Senda II y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	240.40	\$0.42	\$100.97	

Tabla anexo 8. Presupuesto B.2, Senda II

B.3 LAS LOMAS

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0	TERRACERÍA					\$74,654.11
0.1	Trazo topográfico de calles de la Urbanización.	ml	471.50	\$0.31	\$146.17	
0.2	Descapote en Calle Las Lomas y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	16,380.32	\$0.63	\$10,319.60	
0.3	Desalajo fuera del terreno del material resultante del descapote en la Calle Las Lomas. Medido en Banco.	m³	16,380.32	\$1.75	\$28,665.56	
0.4	Corte en Suelo Normal para la Calle Las Lomas y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco	m³	8,399.24	\$0.64	\$5,375.51	
0.5	Relleno compactado en Calle Las Lomas y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	14,855.47	\$1.04	\$15,449.69	
0.6	Acarreo interno en un radio de 2 KM en el terreno del proyecto, del material cortado en Calle las Lomas. Medido en Banco.	m³	6,456.70	\$1.31	\$8,458.28	
0.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Calle las Lomas y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	14,855.47	\$0.42	\$6,239.30	

Tabla anexo 9. Presupuesto B.3, calle Las Lomas

B.4 TANQUE

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
1	TERRACERÍA					\$3,048.37
1.1	Trazo topográfico en terraza de Tanque AP	sg	1.00	\$138.62	\$138.62	
1.2	Descapote en terraza tanque Y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	682.00	\$0.63	\$429.66	
1.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en terraza tanque AP. Medido en Banco.	m³	682.00	\$1.75	\$1,193.50	
1.4	Corte en Suelo Normal para la terraza del Tanque y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	275.70	\$0.64	\$176.45	
1.5	Relleno compactado en Terraza y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	510.00	\$1.04	\$530.40	
1.6	Acarreo interno en un radio de 2 KM en el terreno del proyecto, del material cortado en terraza Tanque. Medido en Banco.	m³	234.30	\$1.31	\$306.93	
1.7	Manejo para tratamiento de material cortado en terraza de Tanque y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	510.00	\$0.42	\$214.20	
1.8	Compactado superficial en terreno para efectuar tratamiento de material cortado en terraza tanque	m³	80.00	\$0.73	\$58.61	

Tabla anexo 10. Presupuesto B.4, tanque

C.1 CIRCUNVALACIÓN II

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
0	TERRACERÍA					\$61,360.91
0.1	Trazo topográfico de calles de la Urbanización.	ml	263.10	\$0.31	\$81.56	
0.2	Descapote en Calle Circunvalación II y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado, acopio y limpieza. Medido en Banco.	m³	14,953.97	\$0.63	\$9,421.00	
0.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en la Calle Circunvalación II. Medido en Banco.	m³	14,953.97	\$1.75	\$26,169.45	
0.4	Corte en Suelo Normal para la Calle Circunvalación II y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	11,455.62	\$0.64	\$7,331.60	
0.5	Relleno compactado en Calle Circunvalación II y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	7,055.08	\$1.04	\$7,337.28	
0.6	Acarreo interno en un radio de 2.00 Km en el terreno del proyecto, del material cortado en la Calle Circunvalación II. Medido en Banco.	m³	6,150.30	\$1.31	\$8,056.89	
0.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Calle Circunvalación II y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	7,055.08	\$0.42	\$2,963.13	

Tabla anexo 11. Presupuesto C.1, calle Circunvalación III

C.2 EL RECREO

Nº	Partidas y contenidos	UU	Cant	CU	Costos parciales	SUBTOTAL
1	TERRACERÍA					\$100,663.23
1.1	Trazo topográfico de calles de la Urbanización.	ml	434.47	\$0.31	\$134.69	
1.2	Descapote en Calle El Recreo y zonas laterales, incluye tala de árboles, destronconado y limpieza. Medido en Banco.	m³	17,755.60	\$0.63	\$11,186.03	
1.3	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote en la Calle El Recreo. Medido en Banco.	m³	17,755.60	\$1.75	\$31,072.30	
1.4	Corte en Suelo Normal para la Calle El Recreo y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco	m³	49,498.66	\$0.64	\$31,679.14	
1.5	Relleno compactado en Calle El Recreo y zonas laterales de acuerdo a los niveles establecidos en los Planos Constructivos. Medido en Banco.	m³	1,366.09	\$1.04	\$1,420.73	
1.6	Acarreo interno en un radio de 2 KM en el terreno del proyecto, del material cortado en Calle El Recreo. Medido en Banco.	m³	18,782.18	\$1.31	\$24,604.66	
1.7	Manejo para tratamiento de material cortado en Calle el Recreo y medido en Banco (revolturas y asoleo)	m³	1,346.86	\$0.42	\$565.68	

Tabla anexo 12. Presupuesto C.2, calle El Recreo

Anexo B: Índice de presupuestos del proyecto urbanización los sueños

1. Presupuesto de operación para el proyecto.
2. Análisis de costos unitarios.
3. Programa de ejecución de las obras.
4. Programa de montos de mano de obra.
5. Programa de montos de uso de maquinaria.
6. Programa de uso de maquinaria.

Anexo C: Planos del proyecto Urbanización los Sueños

PLANOS ANEXOS

URBANIZACION LOS SUEÑOS

Ejemplo para seminario de graduacion

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 1.1

Descapote en calle, incluye tala de árboles, acopio limpieza medido en Banco

Unidad : m3
 Cantidad : 145,824.00
 Precio Unitario : \$ 0.54
 Total : \$ 78,744.96

C	Clave	Da Rendin	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total
Auxiliares								
+	DESC/		TALA DE ARBOLES ENTRE 0.5 Y 2.50 DE DIAMETRO	c/u				
+	MO-AL		AUXILIAR PARA DESBROCE	hora	0.44000	150.000000	\$2.29	\$1.01
+	EQ-CA		CARGADOR KOMATSU	hora	0.14000	150.000000	\$56.30	\$7.88
+	EQ-TR		TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	0.14000	150.000000	\$54.36	\$7.61
	MO00C		Auxiliar	hr	0.16000	150.000000	\$2.20	\$0.35
	HER0C		LAZO DE NILON 10M DE LARGO D = 5/8"	c/u	0.00053	150.000000	\$7.50	\$0.00
	HER0C		MOTO CIERRA	c/u	0.00003	150.000000	\$325.00	\$0.01
	MAT0C		DIESEL	gal	0.00111	150.000000	\$2.64	\$0.00
							Suma	\$16.86
					Cantidad : 0.00373		Total	\$0.06
+	EQ-TR	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora				
	EQ-LIC	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora	1.00000	1.000000	\$34.28	\$34.28
	MAT0C		DIESEL	gal	9.00000	0.111111	\$2.64	\$23.76
	MO-OF		OPERADOR CLASE 1.00 (MOTN, GRUA,D8)	hora	1.00000	1.000000	\$4.33	\$4.33
							Suma	\$62.37
							Total	\$0.23
+	EQ-TR	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora				
	EQ-LIC	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora	1.00000	1.000000	\$34.28	\$34.28
	MAT0C		DIESEL	gal	9.00000	0.111111	\$2.64	\$23.76
	MO-OF		OPERADOR CLASE 1.00 (MOTN, GRUA,D8)	hora	1.00000	1.000000	\$4.33	\$4.33
							Suma	\$62.37
							Total	\$0.23
+	MO-AL	X	AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HER0C		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
							Total	\$0.01
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HER0C		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
							Total	\$0.01
					Cantidad : 0.00373		Total	\$0.01
Total de Auxiliares								\$0.54

Costo Directo \$0.54

**** CERO PESOS 54/100 M.N. ****

Ejemplo para seminario de graduacion

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 1.2

Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote y corte en Calle medido en Banco

Unidad : m3
 Cantidad : 364,821.00
 Precio Unitario : \$ 1.84
 Total : \$ 671,270.64

C	Clave	Da	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total
Auxiliares								
+	EQ-CA	X	CARGADOR KOMATSU	hora				
	MATOC		DIESEL	gal	5.00000	0.200000	\$2.64	\$13.20
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
	EQ-LIC	X	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora	1.00000	1.000000	\$38.86	\$38.86
							Suma	\$56.30
							Total	\$0.18
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA	X	CARGADOR KOMATSU	hora				
	MATOC		DIESEL	gal	5.00000	0.200000	\$2.64	\$13.20
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
	EQ-LIC	X	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora	1.00000	1.000000	\$38.86	\$38.86
							Suma	\$56.30
							Total	\$0.18
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA	X	CARGADOR KOMATSU	hora				
	MATOC		DIESEL	gal	5.00000	0.200000	\$2.64	\$13.20
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
	EQ-LIC	X	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora	1.00000	1.000000	\$38.86	\$38.86
							Suma	\$56.30
							Total	\$0.18
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER	hora				
	MO-M		FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.11
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER	hora				
	MO-M		FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.11
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER	hora				
	MO-M		FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.11
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER	hora				
	MO-M		FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.11
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER	hora				
	MO-M		FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.11
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER	hora				
	MO-M		FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.11
		X			Cantidad : 0.00313			
+	EQ-CA		CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER	hora				
	MO-M		FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.11

Ejemplo para seminario de graduacion

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 1.3

Corte en suelo normal para calle niveles de planos constructivos medido en Banco

Unidad : m3
 Cantidad : 283,612.00
 Precio Unitario : \$ 0.68
 Total : \$ 192,856.16

C	Clave	Da Rendir	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total
Auxiliares								
+	EQ-TR	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora				
	EQ-LIC	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora	1.00000	1.000000	\$34.28	\$34.28
	MATOC		DIESEL	gal	9.00000	0.111111	\$2.64	\$23.76
	MO-OF		OPERADOR CLASE 1.00 (MOTN, GRUA,D8)	hora	1.00000	1.000000	\$4.33	\$4.33
							Suma	\$62.37
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.15
+	EQ-TR	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora				
	EQ-LIC	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	hora	1.00000	1.000000	\$34.28	\$34.28
	MATOC		DIESEL	gal	9.00000	0.111111	\$2.64	\$23.76
	MO-OF		OPERADOR CLASE 1.00 (MOTN, GRUA,D8)	hora	1.00000	1.000000	\$4.33	\$4.33
							Suma	\$62.37
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.15
+	EQ-EX		PALA EXCAVDORA PC200	hora				
	EQ-LIC	X	EXCAVADORA KOMATSU PC200	hora	1.00000	1.000000	\$48.69	\$48.69
	MATOC		DIESEL	gal	6.00000	0.166667	\$2.64	\$15.84
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
							Suma	\$68.77
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.16
+	EQ-EX		PALA EXCAVDORA PC200	hora				
	EQ-LIC	X	EXCAVADORA KOMATSU PC200	hora	1.00000	1.000000	\$48.69	\$48.69
	MATOC		DIESEL	gal	6.00000	0.166667	\$2.64	\$15.84
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
							Suma	\$68.77
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.16
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.01
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.01
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.01
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.01
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.01
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.01
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
		X			Cantidad : 0.00239		Total	\$0.01
Total de Auxiliares								\$0.68

Costo Directo \$0.68

**** CERO PESOS 68/100 M.N. ****

Ejemplo para seminario de graduacion

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 1.4
Relleno compactado a niveles de planos constructivos medido en Banco

Unidad : m3
Cantidad : 64,615.00
Precio Unitario : \$ 0.53
Total : \$ 34,245.95

C	Clave	Da Rendin	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total
Auxiliares								
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HER0C		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
							Total	\$0.01
					Cantidad : 0.00417			
+	EQ-RC	X	RODO COMPACTADOR SD-100 (LISO o CABRA)	hora				
	EQ-LIC	X	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	hora	1.00000	1.000000	\$14.86	\$14.86
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	1.00000	1.000000	\$2.22	\$2.22
	MAT0C		DIESEL	gal	4.50000	0.222222	\$2.64	\$11.88
							Suma	\$33.20
		X					Total	\$0.14
					Cantidad : 0.00417			
+	EQ-TR		TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora				
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
	MAT0C		DIESEL	gal	6.00000	0.166667	\$2.64	\$15.84
	EQ-LIC	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	1.00000	1.000000	\$34.28	\$34.28
							Suma	\$54.36
							Total	\$0.23
					Cantidad : 0.00417			
+	EQ-CA		CAMION CISTERNA	hora				
	EQ-LIC	X	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	hora	1.00000	1.000000	\$6.29	\$6.29
	MO-M		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	MAT0C		AGUA	m3	7.00000	0.142857	\$2.32	\$16.24
	MAT0C		DIESEL	gal	3.50000	0.285714	\$2.64	\$9.24
							Suma	\$37.12
							Total	\$0.15
					Cantidad : 0.00417			
Total de Auxiliares								\$0.53

Costo Directo \$0.53

**** CERO PESOS 53/100 M.N. ****

Ejemplo para seminario de graduacion

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 1.5

Acarreo interno en radio 2 km en el terreno del proyecto del material cortado medido en Banco

Unidad : m3
 Cantidad : 64,615.00
 Precio Unitario : \$ 1.16
 Total : \$ 74,953.40

C	Clave	Da Rendir	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total
Auxiliares								
+	EQ-CA	X	CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora				
	MO-M		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		DIESEL	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.10
+	EQ-CA	X	CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora		Cantidad : 0.00296		
	MO-M		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		DIESEL	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.10
+	EQ-CA	X	CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora		Cantidad : 0.00296		
	MO-M		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		DIESEL	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.10
+	EQ-CA	X	CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora		Cantidad : 0.00296		
	MO-M		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		DIESEL	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.10
+	EQ-CA	X	CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora		Cantidad : 0.00296		
	MO-M		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		DIESEL	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.10
+	EQ-CA	X	CAMIONES VOLTEO FREIGHTLINER FL106/FL112S (CAPAC 14 M3)	hora		Cantidad : 0.00296		
	MO-M		MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	hora	1.00000	1.000000	\$3.15	\$3.15
	MATOC		DIESEL	gal	3.20000	0.312500	\$2.64	\$8.45
	EQ-LIC	X	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	hora	1.00000	1.000000	\$23.43	\$23.43
							Suma	\$35.03
							Total	\$0.10
+	EQ-CA	X	CARGADOR KOMATSU	hora		Cantidad : 0.00296		
	MATOC		DIESEL	gal	5.00000	0.200000	\$2.64	\$13.20
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24

Ejemplo para seminario de graduacion

Análisis de Precio Unitario								
C	Clave	Da Rendin	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total
	EQ-LIC	X	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora	1.00000	1.000000	\$38.86	\$38.86
							Suma	\$56.30
					Cantidad : 0.00296		Total	\$0.17
+	EQ-CA		CARGADOR KOMATSU	hora				
	MATOC		DIESEL	gal	5.00000	0.200000	\$2.64	\$13.20
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
	EQ-LIC	X	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	hora	1.00000	1.000000	\$38.86	\$38.86
							Suma	\$56.30
					Cantidad : 0.00296		Total	\$0.17
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
					Cantidad : 0.00296		Total	\$0.01
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora				
	MO00C		Auxiliar	hr	1.00000	1.000000	\$2.20	\$2.20
	HEROC		PALA	c/u	0.00400	250.000000	\$5.20	\$0.02
							Suma	\$2.22
					Cantidad : 0.00296		Total	\$0.01
Total de Auxiliares								\$1.16
							Costo Directo	\$1.16

** UN PESOS 16/100 M.N. **

Ejemplo para seminario de graduacion

Análisis de Precio Unitario

Descripción

Clave: 1.6

Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)

Unidad : m3
 Cantidad : 64,615.00
 Precio Unitario : \$ 0.41
 Total : \$ 26,492.15

C	Clave	Da Rendin	Descripción	Unidad	Cantidad	Rendimiento	Costo Unitario	Total
Auxiliares								
+	EQ-TR		TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora				
	MO-OF		OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	hora	1.00000	1.000000	\$4.24	\$4.24
	MATOC		DIESEL	gal	6.00000	0.166667	\$2.64	\$15.84
	EQ-LIC	X	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	hora	1.00000	1.000000	\$34.28	\$34.28
							Suma	\$54.36
							Total	\$0.10
					Cantidad : 0.00191			
+	EQ-MC	X	MOTONIVELADORA 120G	hora				
	EQ-LIC	X	MOTONIVELADORAS CATERPILLAR 120G	hora	1.00000	1.000000	\$18.66	\$18.66
	MO-OF		OPERADOR CLASE 1.00 (MOTN, GRUA,D8)	hora	1.00000	1.000000	\$4.33	\$4.33
	MATOC		DIESEL	gal	5.00000	0.200000	\$2.64	\$13.20
+	MO-AL		AYUDANTE DE MAQUINARIA	hora	2.00000	0.500000	\$2.22	\$4.44
							Suma	\$40.63
		X			Cantidad : 0.00762		Total	\$0.31
Total de Auxiliares								\$0.41

Costo Directo \$0.41

**** CERO PESOS 41/100 M.N. ****

Ejemplo para seminario de graduacion

Análisis de Precio Unitario					
Cla	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
RESUMEN DE PRESUPUESTO LOS SUEÑOS					
1	TERRACERÍA				
1.1	Descapote en calle, incluye tala de árboles, acopio limpieza medido en Banco	145,824.00	m3	\$ 0.54	\$ 78,744.96
1.2	Desalojo fuera del terreno del material resultante del descapote y corte en Calle medido en Banco	364,821.00	m3	\$ 1.84	\$ 671,270.64
1.3	Corte en suelo normal para calle niveles de planos constructivos medido en Banco	283,612.00	m3	\$ 0.68	\$ 192,856.16
1.4	Relleno compactado a niveles de planos constructivos medido en Banco	64,615.00	m3	\$ 0.53	\$ 34,245.95
1.5	Acarreo interno en radio 2 km en el terreno del proyecto del material cortado medido en Banco	64,615.00	m3	\$ 1.16	\$ 74,953.40
1.6	Manejo para tratamiento de material cortado. Medido en Banco (revolturas y asoleo)	64,615.00	m3	\$ 0.41	\$ 26,492.15
Total de TERRACERÍA				\$ 1'078,563.26	
Total de RESUMEN DE PRESUPUESTO LOS SUEÑOS				\$ 1'078,563.26	
Total de Presupuesto				\$ 1'078,563.26	

Universidad de el Salvador

Documento:

Concurso N°:

Fecha:

Hoja: **1**

Obra: Ejemplo para seminario de graduacion

PROGRAMA DE USO DE MAQUINARIA

Clave	Descripción	Cantidad	%	DEL	01/10/2007	01/11/2007	01/12/2007
				AL	30/09/2007	31/10/2007	30/11/2007
Equipo							
EQ-LIC-0001	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	2,443.51240	12.42%	452.77239	935.04455	904.88182	150.81364
				18.53%	38.27%	37.03%	6.17%
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	1,610.89822	8.19%	339.22041	590.35925	556.91703	124.40153
				21.06%	36.65%	34.57%	7.72%
EQ-LIC-0005	MOTONIVELADORAS CATERPILLAR 120G	492.36630	1.36%	49.23662	254.38926	188.74042	
				10.00%	51.67%	38.33%	
EQ-LIC-0015	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	269.44455	0.59%	17.96297	111.37041	107.77782	32.33335
				6.67%	41.33%	40.00%	12.00%
EQ-LIC-0019	EXCAVADORA KOMATSU PC200	1,355.66536	9.79%	162.67985	560.34168	542.26614	90.37769
				12.00%	41.33%	40.00%	6.67%
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	12,948.98050	45.00%	3,069.70491	4,522.38841	4,376.50492	980.38226
				23.71%	34.92%	33.80%	7.57%
EQ-LIC-0026	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	269.44455	0.25%	17.96297	111.37041	107.77782	32.33335
				6.67%	41.33%	40.00%	12.00%
EQ-LIC-0044	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA-380-3	3,884.33928	22.39%	932.03745	1,351.32400	1,307.73291	293.24492
				23.99%	34.79%	33.67%	7.55%

Concurante:

Firma Representante Legal

Universidad de el Salvador

Documento:
 Concurso N°:
 Fecha:
 Hoja: **1**

Obra: Ejemplo para seminario de graduacion

PROGRAMA DE MONTOS DE UTILIZACIÓN DE MANO DE OBRA

			DEL	01/09/2007	01/10/2007	01/11/2007	01/12/2007
			AL	30/09/2007	31/10/2007	30/11/2007	31/12/2007
Clave	Acumulados Anteriores	\$ 0.00	% 0.00				
	Descripción	Importe Total	%				
Materiales							
MAT0014	AGUA	\$ 4,375.78	% 1.12	\$ 291.72	\$ 1,808.66	\$ 1,750.31	\$ 525.09
				% 6.67	% 41.33	% 40.00	% 12.00
MAT0040	DIESEL	\$ 277,905.99	% 71.04	\$ 57,973.46	\$ 102,197.01	\$ 97,914.01	\$ 19,821.51
				% 20.87	% 36.77	% 35.23	% 7.13
Total de Materiales		\$ 282,281.77	% 72.16	\$ 58,265.18	\$ 104,005.67	\$ 99,664.32	\$ 20,346.60
Mano de Obra							
MO-MT02	MOTORISTA DE CAMION Y PIPAS	\$ 41,638.04	% 10.64	\$ 9,726.16	\$ 14,596.34	\$ 14,125.49	\$ 3,190.05
				% 23.36	% 35.06	% 33.92	% 7.66
MO-OP01	OPERADOR CLASE 1.00 (MOTN, GRUA.D8)	\$ 12,712.35	% 3.25	\$ 2,173.70	\$ 5,150.25	\$ 4,735.38	\$ 653.02
				% 17.10	% 40.51	% 37.25	% 5.14
MO-OP02	OPERADOR CLASE 2 (TRAC, CARMIX, RODOS)	\$ 30,190.27	% 7.72	\$ 6,156.05	\$ 11,080.80	\$ 10,662.30	\$ 2,291.12
				% 20.39	% 36.70	% 35.32	% 7.59
MO0001	Auxiliar	\$ 24,381.40	% 6.23	\$ 4,244.36	\$ 9,539.47	\$ 8,979.00	\$ 1,618.57
				% 17.40	% 39.13	% 36.83	% 6.64
Total de Mano de Obra		\$ 108,922.06	% 27.84	\$ 22,300.27	\$ 40,366.86	\$ 38,502.17	\$ 7,752.76
Acumulados		\$ 391,203.83	% 100.00	\$ 80,565.45	\$ 144,372.53	\$ 138,166.49	\$ 28,099.36

Concurante:

Firma Representante Legal

Universidad de el Salvador

Documento:
 Concurso N°:
 Fecha:
 Hoja: **1**

Obra: Ejemplo para seminario de graduacion

PROGRAMA DE MONTOS EN EL USO DE MAQUINARIA

			DEL	01/09/2007	01/10/2007	01/11/2007	01/12/2007
			AL	30/09/2007	31/10/2007	30/11/2007	31/12/2007
Clave	Acumulados Anteriores	\$ 0.00	% 0.00				
Clave	Descripción	Importe Total	%				
Equipo							
EQ-LIC-0001	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D8L	\$ 83,763.61	12.42%	\$ 15,521.04	\$ 32,053.33	\$ 31,019.35	\$ 5,169.89
				18.53%	38.27%	37.03%	6.17%
EQ-LIC-0002	TRACTOR CATERPILLAR MODELO D6H	\$ 55,221.59	8.19%	\$ 11,628.47	\$ 20,237.52	\$ 19,091.12	\$ 4,264.48
				21.06%	36.65%	34.57%	7.72%
EQ-LIC-0005	MOTONIVELADORAS CATERPILLAR 120G	\$ 9,187.56	1.36%	\$ 918.76	\$ 4,746.90	\$ 3,521.90	
				10.00%	51.67%	38.33%	
EQ-LIC-0015	COMPACTADOR RODO LISO INGERSOLL RAND MODELO SD100-D	\$ 4,003.95	0.59%	\$ 266.94	\$ 1,654.96	\$ 1,601.58	\$ 480.47
				6.67%	41.33%	40.00%	12.00%
EQ-LIC-0019	EXCAVADORA KOMATSU PC200	\$ 66,007.35	9.79%	\$ 7,920.88	\$ 27,283.04	\$ 26,402.94	\$ 4,400.49
				12.00%	41.33%	40.00%	6.67%
EQ-LIC-0023	CAMIONES DE VOLTEO MACK MODELO DM/RD 690S (CAPAC. 12 M3)	\$ 303,394.61	45.00%	\$ 71,923.18	\$ 105,959.56	\$ 102,541.51	\$ 22,970.36
				23.71%	34.92%	33.80%	7.57%
EQ-LIC-0026	CAMION CISTERNA (CAPAC. 2,000 GLNS)	\$ 1,694.81	0.25%	\$ 112.99	\$ 700.52	\$ 677.92	\$ 203.38
				6.67%	41.33%	40.00%	12.00%
EQ-LIC-0044	CARGADOR KOMATSU WA-380-1/WA- 380-3	\$ 150,945.42	22.39%	\$ 36,218.97	\$ 52,512.45	\$ 50,818.50	\$ 11,395.50
				23.99%	34.79%	33.67%	7.55%
Total de Equipo		\$ 674,218.90	% 99.99	\$ 144,511.23	\$ 245,148.28	\$ 235,674.82	\$ 48,884.57
	Acumulados	\$ 674,218.90	% 99.99	\$ 144,511.23	\$ 245,148.28	\$ 235,674.82	\$ 48,884.57

Concurante:

Firma Representante Legal