

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN**

**TÍTULO:**

**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y COSTOS HORARIOS DE MAQUINARIA  
PESADA EN LA OBRA "PIADY" ETAPA 1.**

**AUTORA:**

**GUADAMUD MORENO, JOSELYN DENISSE**

Trabajo de graduación previo a la obtención del Título de:

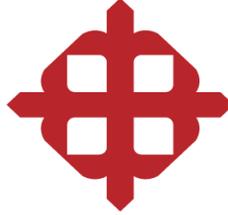
**INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN.**

**TUTORA:**

Ing. Cali, Ángela

**Guayaquil, Ecuador**

**2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Joselyn Denisse Guadamud Moreno** como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero en Administración de Proyectos de Construcción**.

**TUTORA:**

---

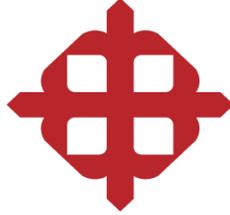
**Ing. Ángela Cali**

**DIRECTOR DE LA CARRERA:**

---

**Mgs. Florencio Compte**

**Guayaquil, 1de Octubre del año 2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Joselyn Denisse Guadamud Moreno**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **Análisis de rendimiento y costos horarios de maquinaria pesada en la obra PIADY Etapa 1**, previa a la obtención del Título de **Ingeniero en Administración de Proyectos de Construcción**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

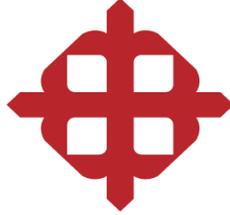
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 1 de Octubre del año 2015**

**LA AUTORA**

---

**Joselyn Denisse Guadamud Moreno**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Joselyn Denisse Guadamud Moreno**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **Análisis de rendimiento y costos horarios de maquinaria pesada en la obra PIADY Etapa 1:**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 1 de Octubre del año 2015**

LA AUTORA

---

**Joselyn Denisse Guadamud Moreno**

## **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

ING. ÁNGELA CALI

PROFESOR TUTOR

---

ARQ. ROSA RADA

PROFESOR DELEGADO

---

ARQ. CARLOS CASTRO

PROFESOR DELEGADO

---

ARQ. GALO PLUAS

PROFESOR DELEGADO

## INDICE

Capítulo 1. Introducción	
1.1 Problemática .....	18
1.2 Justificación del tema.....	19
1.3 Alcance y contenido.....	20
1.4 Objetivos. ....	21
1.4.1 Objetivo general. ....	21
1.4.2 Objetivos específicos. ....	21
Capítulo 2. Marco referencial	
2.1 Antecedentes.....	22
2.2 Marco urbano.....	23
2.3 Marco conceptual.....	25
2.3.1 Factores que afectan y determinan rendimientos.....	26
Capítulo 3. Movimiento de tierras	
3.1 Generalidades.....	30
3.2 Suelos.....	31
3.2.1 Propiedades físicas del suelo. ....	31
3.2.2 Características generales de los suelos. ....	32
3.2.3 Clasificación de suelos.....	33
3.2.3.1 Tipología.....	34
3.2.4 Cambios de volumen en el suelo. ....	35
3.2.5 Factor de esponjamiento y compactación.....	37
3.2.6 Extendido de capas. ....	39
3.3 Aplicación al caso de estudio.....	40
Capítulo 4. Excavación	
4.1. Generalidades.....	42
4.2 Elementos de excavaciones.....	42
4.3 Tipos de excavaciones. ....	42
4.3.1 Excavación a cielo abierto. ....	43
4.3.2 Excavación subterránea. ....	43
4.3.3 Excavación subacuática. ....	44
4.4 Tipos de suelo y sus métodos de extracción. ....	44
4.5 Aplicación al caso de estudio.....	45

4.6 Maquinarias utilizadas en excavaciones. ....	47
4.6.1 Generalidades.....	47
4.6.2 Excavadoras. ....	47
4.6.3 Tractores con hoja de empuje. ....	49
4.6.4 Volquetes. ....	51
4.7 Maquinarias utilizadas en la excavación de la obra. ....	53
Capítulo 5. Compactación	
5.1 Generalidades.....	54
5.2 Ventajas de la compactación.....	54
5.3 Presiones admisibles en el terreno de cimentación.....	55
5.4 Aplicación al caso de estudio.....	57
5.5 Maquinaria para compactación. ....	57
5.5.1 Compactador pata de cabra. ....	58
5.5.2 Compactador liso. ....	59
5.5.3. Rodillos vibratorios.....	60
5.5.3.1 Compactador vibratorio monocilíndrico.....	60
5.5.3.2 Compactador vibratorio bicilíndrico o tándem. ....	60
5.5.4 Rodillos de pisones. ....	61
5.5.5 Tanquero de agua. ....	61
5.6 Hidratación del suelo para el proceso de compactación. ....	62
5.7 Maquinarias utilizadas en la etapa de compactación de la obra. ....	63
Capítulo 6. Rendimiento de maquinarias	
6.1 Generalidades.....	64
6.2 Factores de eficiencia en el rendimiento de maquinarias. ....	65
6.2.1. Factor de hoja.....	65
6.2.2 Factor de pendiente. ....	66
6.2.3 Factor de tipo de material. ....	66
6.2.4 Factor de eficiencia de trabajo. ....	67
6.2.5 Factor de altura. ....	67
6.2.6 Factor de cucharón o acarreo. ....	67
6.2.7 Resistencia a la rodadura. ....	68
6.2.8 Factor de carga útil.....	69
6.3 Fórmulas para cálculo de rendimientos. ....	69

6.3.1 Cálculo de rendimiento para tractores con hoja topadora.....	69
6.3.2 Cálculo de rendimiento para excavadora.....	72
6.3.2.1 Ciclo de trabajo (T).....	73
6.3.2.2 Fórmula de rendimiento para excavadoras.....	74
6.3.3 Cálculo de rendimiento para compactadores.....	75
6.3.3.1 Fórmula de rendimiento compactadores.....	75
6.3.4 Cálculo de rendimiento para volquetes.....	78
6.3.4.1 Número de ciclos para llenado de volquete.....	78
6.3.4.2 Producción por ciclo del volquete.....	78
6.3.4.3 Duración de ciclo.....	79
6.3.4.4 Fórmula de rendimiento para volquetes.....	82
6.3.5 Cálculo de rendimiento para tanqueros de agua.....	83
6.3.5.1 Duración de ciclo.....	83
6.3.5.2 Fórmula de rendimiento para tanqueros de agua.....	85
6.4 Aplicación al caso de estudio.....	86
6.4.1 Cálculo de rendimiento para tractor de la obra.....	87
6.4.2 Cálculo de rendimiento para excavadora de la obra.....	87
6.4.3 Cálculo de rendimiento para compactadores de la obra.....	90
6.4.4 Cálculo de rendimiento para volquetes de la obra.....	93
6.4.5 Cálculo de rendimiento para tanquero de agua de la obra.....	97
6.5 Resultados obtenidos.....	99
6.5.1 Resultado para el tractor Caterpillar D5G LGP.....	100
6.5.2 Resultado para la excavadora Doosan 340.....	101
6.5.3 Resultado para la excavadora Hyundai 210 LC-7.....	102
6.5.4 Resultado para el compactador Ingersoll Rand SD 100.....	104
6.5.5 Resultado para el volquete Mercedes Benz.....	105
6.5.6 Resultado para el volquete Mack Granite.....	107
6.5.7 Resultado para el volquete Sinotruck WD 615.47.....	108
6.5.8 Resultado para el volquete bañera Kenworth W 900.....	109
6.5.9 Resultado para el tanquero de agua Hino Ranger.....	110
6.5.10 Resultado para el tanquero de agua Ford 600.....	112
Capítulo 7. Costos y precios unitarios	
7.1 Generalidades.....	114

7.2 Vida útil. ....	115
7.2 Vida económica. ....	115
7.3 Valor de rescate.....	116
7.4 Costo horario de operación. ....	117
7.5 Costos fijos.....	118
7.5.1 Depreciación. ....	118
7.5.2 Inversión. ....	119
7.5.3 Seguros.....	120
7.5.4 Mantenimiento. ....	120
7.6 Consumo. ....	122
7.6.1 Consumo de combustibles. ....	122
7.6.2 Consumo de otras fuentes de energía.....	123
7.6.3 Lubricantes.....	123
7.6.4 Neumáticos. ....	124
7.6.5 Piezas de desgaste rápido.....	125
7.6 Costos de operación. ....	126
7.7 Impuesto al valor agregado (IVA). ....	126
7.8 Costos horarios aplicados al caso de estudio. ....	127
7.8.1 Costo horario tractor con hoja de empuje.....	127
7.8.1 Costo horario excavadora Doosan 340.....	130
7.8.3 Costo horario excavadora Hyndai 210 LC-7. ....	132
7.8.3 Costo horario para rodillos Ingersoll Rand-Ammann-Volvo. ....	134
7.8.4 Costo horario para volquetes Mercedes benz, Sinotruck, Macgranite.....	136
7.8.5 Costo horario para volquetes Kenworth W900.....	138
7.8.6 Costo horario para tanqueros de agua Hino Ranger Y Ford 600.....	140
7.9 Optimización para uso de volquetes. ....	142
Capítulo 8. Conclusiones y recomendaciones	
8.1 Conclusiones.....	147
8.2 Recomendaciones. ....	148
8.3 Bibliografía.....	149

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Figura 1: Ubicación Piady</i> .....	24
<i>Figura 2: Parque Industrial de Acopio y Distribución Yaguachi</i> .....	24
<i>Figura 3: Etapa 1 obra PIADY</i> .....	25
<i>Figura 4: Maquinarias y sus operaciones</i> .....	31
<i>Figura 5: Componentes naturales del suelo</i> .....	32
<i>Figura 6: Sistema unificado de clasificación de suelos USCS</i> .....	34
<i>Figura 7: Operaciones en el cambio de volumen</i> .....	36
<i>Figura 8: Capas compactadas en la obra PIADY</i> .....	41
<i>Figura 9: Terreno ordinario obra PIADY</i> .....	45
<i>Figura 10: Terreno vegetal húmedo obra PIADY</i> .....	46
<i>Figura 11: Ubicación del botadero para desalajo de la excavación de la obra PIADY</i> .....	46
<i>Figura 12: Partes de una excavadora</i> .....	47
<i>Figura 13 Equipo bivalva</i> .....	49
<i>Figura 14: Tractor de orugas con hoja de empuje y ripper</i> .....	49
<i>Figura 15: Volquete HINO GH 8JMSA Capacidad 8 m3</i> .....	51
<i>Figura 16: Equipo de compactación adecuado según el tipo de suelo</i> .....	58
<i>Figura 17 Rodillo Pata de cabra</i> .....	59
<i>Figura 18: Rodillo liso</i> .....	59
<i>Figura 19: Rodillo vibratorio monocilíndrico</i> .....	60
<i>Figura 20: Rodillo vibratorio bicilíndrico</i> .....	61
<i>Figura 21: Rodillo de piso vibratorio</i> .....	61
<i>Figura 22: Tanquero de agua en obra PIADY</i> .....	62
<i>Figura 23: Perdida de material en operación</i> .....	68
<i>Figura 24: Ciclo de excavadora</i> .....	72
<i>Figura 25: Ángulo de giro óptimo</i> .....	73
<i>Figura 26: Uso de excavadora en bordes</i> .....	73
<i>Figura 27: Tractor Caterpillar D5G LGP</i> .....	100
<i>Figura 28: Rendimiento Tractor CAT D5G LGP</i> .....	101
<i>Figura 29: Excavadora Doosan 340</i> .....	101
<i>Figura 30: Rendimiento excavadora Doosan 340</i> .....	102
<i>Figura 31: Excavadora Hyndai 210 LC-7</i> .....	102
<i>Figura 32: Rendimiento de excavadora Hyundai 210 LC-7</i> .....	103
<i>Figura 33: Rodillo liso Ingersoll Rand SD 100</i> .....	104
<i>Figura 34: Rendimiento Rodillo Ingersoll Rand SD</i> .....	105
<i>Figura 35: Volquete mula Mercedes Benz</i> .....	105
<i>Figura 36: Rendimiento Volquete Mercedes Benz</i> .....	106
<i>Figura 37: Volquete Mack granite</i> .....	107
<i>Figura 38: Rendimiento volquete Mack Granite</i> .....	107
<i>Figura 39: Volquete Sinotruck WD 615.47</i> .....	108
<i>Figura 40: Rendimineto volquete Sinotruck WD 615.47</i> .....	108
<i>Figura 41: Volquete Sinotruck W 900</i> .....	109

<i>Figura 42: Rendimiento volquete Kenworth w900</i> .....	110
<i>Figura 43: Rendimiento volquetes Kenworth w900</i> .....	110
<i>Figura 44: Tanquero de agua Hino Ranger</i> .....	111
<i>Figura 45: Rendimiento tanquero de agua Hino Ranger</i> .....	112
<i>Figura 46: Tanquero de agua Ford 600</i> .....	112
<i>Figura 47: Rendimiento Tanquero de agua Ford 600</i> .....	113
<i>Figura 48: Utilidades en función del tiempo</i> .....	115
<i>Figura 49: Costos complementarios al Costo horario</i> .....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipología de suelos .....	35
Tabla 2: Factores de esponjamiento y contracción.....	39
Tabla 3 :Tipos de tractores .....	50
Tabla 4: Maquinaria utilizada en la obra PIADY .....	53
Tabla 5: Presiones admisibles a efectos orientativos .....	56
Tabla 6: Métodos de compactación usados por diferentes tipos de compactadores .....	57
Tabla 7: Maquinarias utilizadas en la obra PIADY en etapa de compactación .....	63
Tabla 8: Factor de hoja .....	65
Tabla 9 Factor de pendiente .....	66
Tabla 10: Factor de tipo de material.....	66
Tabla 11: Factor de eficiencia de trabajo .....	67
Tabla 12: Factor de cucharón o acarreo.....	68
Tabla 13: Resistencia a la rodadura.....	69
Tabla 14 Factor de carga útil .....	69
Tabla 15: Duración de ciclo de trabajo para excavadora .....	74
Tabla 16: Velocidad de operación compactadores .....	76
Tabla 17: Ancho efectivo de compactación .....	76
Tabla 18: Número de pasadas .....	77
Tabla 19: Tiempos fijos .....	80
Tabla 20: Tiempo de trabajo para volquetes .....	82
Tabla 21: Cálculo de rendimiento de maquinarias .....	87
Tabla 22: Cálculo de rendimiento de maquinarias para Excavadora Doosan .....	88
Tabla 23: Cálculo de rendimiento para excavadora Hyundai 210 lc-7 .....	89
Tabla 24: Cálculo de rendimiento Rodillo Ingersoll rand.....	90
Tabla 25: Cálculo de rendimiento Rodillo Ammann ASC 120 .....	91
Tabla 26: Cálculo de rendimiento rodillo Volvo SD105 .....	92
Tabla 27: Cálculo de rendimiento volquete Mercedes Benz .....	93
Tabla 28: Cálculo de rendimiento volquete Mac granite 2010 .....	94
Tabla 29: Cálculo volquete Sinotruck WD615.47 .....	95
Tabla 30: Cálculo de rendimiento volquete Kenworth w900 .....	96
Tabla 31: Cálculo de Tanquero de agua Hino ranger .....	97
Tabla 32: Cálculo de Tanquero de agua Ford 600 .....	98
Tabla 33: Resumen de Productividad de todas las máquinas de la obra PIADY.....	99
Tabla 34: Coeficientes de mantenimiento.....	121
Tabla 35: Costo horario Tractor D5G LGP .....	128
Tabla 36: Análisis de costo horario Tractor D5G LGP .....	129
Tabla 37: Costo horario Excavadora Doosan 340.....	130
Tabla 38: Análisis de costo horario Excavadora Doosan 340 .....	131
Tabla 39: Costo horario excavadora Hyndai 210 LC-7.....	132
Tabla 40: Análisis de costo horario Excavadora Hyundai 210 LC-7.....	133
Tabla 41: Costo horario Rodillo Ingersoll Rand.....	134
Tabla 42: Análisis de costo horario de rodillo vibratorio compactador Ingersoll Rand .....	135

<i>Tabla 43: Costo horario Volquete Mercedes Benz</i> .....	136
<i>Tabla 44: Análisis de costo horario para volquete mula Mercedes Benz 14 m3</i> .....	137
<i>Tabla 45: Costo horario Volquete Kenworth</i> .....	138
<i>Tabla 46: Análisis de costo horario para Volquete bañera Kenworth 30 m3</i> .....	139
<i>Tabla 47: Costo horario Tanquero de agua Hino</i> .....	140
<i>Tabla 48: Análisis de costo horario para Tanquero de Agua Hino Ranger</i> .....	141
<i>Tabla 49: Cálculo de volquetes Alternativa 1</i> .....	142
<i>Tabla 50: Cálculo de volquetes Alternativa 2</i> .....	143
<i>Tabla 51: Cálculo de volquetes Alternativa 3</i> .....	144
<i>Tabla 52: Cálculo de volquetes Alternativa 4</i> .....	145
<i>Tabla 53: Resumen de costos horarios de maquinarias utilizadas en obra</i> .....	146

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1</i> .....	36
<i>Ecuación 2</i> .....	36
<i>Ecuación 3</i> .....	37
<i>Ecuación 4</i> .....	38
<i>Ecuación 5</i> .....	38
<i>Ecuación 6</i> .....	40
<i>Ecuación 7</i> .....	70
<i>Ecuación 8</i> .....	71
<i>Ecuación 9</i> .....	74
<i>Ecuación 10</i> .....	77
<i>Ecuación 11</i> .....	78
<i>Ecuación 12</i> .....	78
<i>Ecuación 13</i> .....	79
<i>Ecuación 14</i> .....	80
<i>Ecuación 15</i> .....	81
<i>Ecuación 16</i> .....	81
<i>Ecuación 17</i> .....	82
<i>Ecuación 18</i> .....	84
<i>Ecuación 19</i> .....	84
<i>Ecuación 20</i> .....	85
<i>Ecuación 21</i> .....	85
<i>Ecuación 22</i> .....	86
<i>Ecuación 23</i> .....	118
<i>Ecuación 24</i> .....	119
<i>Ecuación 25</i> .....	120
<i>Ecuación 26</i> .....	120
<i>Ecuación 27</i> .....	122
<i>Ecuación 28</i> .....	123
<i>Ecuación 29</i> .....	124
<i>Ecuación 30</i> .....	124
<i>Ecuación 31</i> .....	125
<i>Ecuación 32</i> .....	126

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a las personas más cercanas en mi vida:

Mis padres, sin su apoyo en todo el transcurso de mis estudios universitarios, no hubiera llegado a este punto.

Mis amigos, que son una gran parte de mí , no hubiera tenido tantas experiencias si no fuera por ellos y ellas. Así sean recuerdos buenos o malos, todos esos momentos los llevo siempre conmigo.

Mis profesores, sobre todo mi tutora y gran amiga, Ing. Ángela Cali, que pasamos un gran tiempo trabajando en esta tesis para estar orgullosas del resultado final.

Y sobre todo, a la música. Todos estos años de universidad, me acompañó en cada momento que la necesitaba.

*“Sin música la vida sería un error”.* Friedrich Nietzsche.

## **DEDICATORIA**

A ti, Papá.

Gracias por todo lo que has hecho por mí y por nuestra familia.

Mamá,

Un ejemplo de fuerza y de valentía. Cada día que estás conmigo, soy feliz.

Mis hermanos,

Modelos a seguir, excelentes profesionales y personas.

A todo aquel que se propone objetivos y los alcanza.

## **RESUMEN**

El siguiente trabajo se desarrolló en la etapa preliminar de la obra "PIADY" o Parque Industrial de Acopio y Distribución Yaguachi, obteniéndose información específica para el diseño de una guía de uso eficiente para maquinarias pesadas en período de movimiento de tierras.

Con los datos obtenidos, se elaboraron tablas de rendimientos y costos horarios de cada maquinaria en obra. Cada factor utilizado, va de acuerdo a las condiciones de campo reales, además de ser analizado y explicado en este documento, proporcionando resultados relevantes para el profesional a cargo de este tipo de trabajos de construcción.

Para poder tomar decisiones y programar una obra, se debe tener el conocimiento adecuado de los recursos disponibles. Es por eso que se deben hacer este tipo de análisis, para ejecutar un trabajo de manera eficiente y de calidad.

## INTRODUCCIÓN

---

### 1.1 PROBLEMÁTICA.

En el análisis de procesos de construcción se requiere del estudio del tipo adecuado de maquinaria, el tiempo y del personal a cargo, para lograr una obra con la mejor calidad y al menor costo. El éxito en el cumplimiento de este tipo de guías, además de lo económico, depende de poder predecir o más bien evitar diferentes variables (retrasos y demoras) que se presenten en la obra.

La evaluación de estas variables anteriormente mencionadas es cuestión de experiencia en el campo y de la información disponible. No es suficiente con el estudio de planos y especificaciones, es muy importante tomar en cuenta los factores locales y las condiciones físicas del sitio, estas influyen en el desarrollo del trabajo y en los resultados futuros que se obtengan en los rendimientos, costos y tiempo de ejecución.

Las demoras son motivadas por varias causas, las cuales son : de rutina, (estas a la vez son independientes de las condiciones de la obra), restricciones en las operaciones de la maquinaria y condiciones tanto físicas como climáticas. Estas demoras se manifiestan a través de coeficientes de eficiencia, los cuales sirven para disminuir los rendimientos ideales o máximos de la maquinaria, otorgados por fabricantes, calculados por estudios anteriores en condiciones un poco favorables.

Ningún equipo puede trabajar siempre al máximo de su capacidad, pues ocasionaría un gran desgaste en la maquinaria. Además es importante tener en cuenta, el mantenimiento de esta; el uso de lubricantes, combustibles, revisiones , etc. ; lo cual significaría una reducción en el ritmo de trabajo.

Todos estos factores y variables que afectan el trabajo de las máquinas de construcción, serán estudiados para poder así proveer información a los constructores, profesionales y personal encargado de obras que necesiten estos equipos; así se optimizará el uso de éstas y se podrá realizar proyectos más eficientes.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.**

En Ecuador, el sector de la construcción es uno de los sectores más importantes y dinámicos en la economía, incrementándose cada vez más desde el 2009. Según el artículo, el sector de la construcción, Ecuador, Colombia y Perú de (Naveda, 2013), este crecimiento tiene la intención de solidificar el mercado y aportar grandes beneficios económicos y sociales.

En la actualidad los profesionales precisan tomar en cuenta el impacto social y ecológico de las obras de construcción; la conservación y el mantenimiento de infraestructura; señalando técnicas para controlar y supervisar, manteniendo criterios y procedimientos para evaluarlas. Así mismo se debe procurar, el desarrollo, continuo avance y preparación de los recursos humanos y tecnológicos que se requieren para construir, conservar y mantener la infraestructura de nuestro país.

Uno de los objetivos de una empresa constructora es culminar una obra de calidad, de una manera eficiente; pero siempre los proyectos se realizan con cierto grado de dificultad, este

problema se ocasiona por la falta de información en varios procesos de la construcción, en este caso específico y que fuera motivo del presente estudio, es el uso de maquinaria pesada.

La finalidad de este trabajo, es poder contribuir con información acerca del uso apropiado de las maquinarias pesadas para construcción, en etapa preliminar para obras de edificación; los costos horarios y rendimiento de los equipos, serán analizados para el desarrollo de la guía de optimización de los mismos.

Para este caso de estudio, intervienen varios factores que afectan al rendimiento teórico posteriormente explicado; dicho esto se obtuvo datos reales para el cálculo de rendimientos de las maquinarias utilizadas.

### **1.3 ALCANCE Y CONTENIDO.**

En el presente trabajo se utilizará como metodología la Investigación de Campo, la cual se complementará con técnicas de observación, registros manuales y fotográficos. Se recopilaron datos durante la ejecución de la etapa preliminar de la obra PIADY, los cuales, fueron utilizados para el cálculo de rendimientos de las maquinarias estudiadas.

Se analizarán varios conceptos relacionados con el movimiento de tierras, uso de maquinaria pesada y sobre todo, rendimientos y costos horarios de estas.

Se desarrolla el capítulo 1, como parte introductoria a esta guía, enunciando objetivos generales y específicos, justificación, y problemática en base al conocimiento previo de situación de la obra.

Siguiendo con el capítulo 2, se realizan los marcos de referencia , urbano y conceptual, considerando guías y textos relacionados con el uso de maquinarias pesadas en obras de edificación.

En los capítulos 3,4 y 5, se encuentran definiciones sobre movimiento de tierra, excavación y compactación, en cada sección se describen a la vez, las características del caso de estudio.

Los procesos para obtención de rendimientos y costos horarios favorables para la ejecución de la obra, constan en los capítulos 6 y 7. Ambos serán comparados en promedio, con tablas proporcionadas anteriormente por fabricantes de las diferentes maquinas pesadas utilizadas en el caso de estudio. Al final se analizaran los resultados obtenidos de estas comparaciones para poder llegar a conclusiones respectivas en el capítulo 8.

## **1.4 OBJETIVOS.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar una guía para el uso eficiente de maquinarias pesadas para la obra PIADY en etapa de movimientos de tierra.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Calcular los rendimientos reales del proyecto de estudio
- Analizar factores que afecten el rendimiento de la maquinaria utilizada
- Analizar costos directos e indirectos de operación para maquinaria pesada
- Plantear recomendaciones para el uso de maquinarias pesadas para futuros proyectos.

## MARCO REFERENCIAL

---

### 2.1 ANTECEDENTES.

El uso de maquinaria pesada fue desarrollado en Estados Unidos, comenzando con la agricultura para luego pasar al sector de la construcción. De acuerdo con (Mamani, 2010) el diseño de estas maquinarias pesadas aumentaban la producción, llevando un proceso de cambio más eficiente al momento de ejecución de obras.

El diseño de maquinarias para el movimiento de tierra comenzó a finales del Siglo XIX, es así como los norteamericanos crearon el buldócer, la niveladora, el ripper, el compactador, la cargadora y el tractor agrícola. Durante la revolución industrial, estas maquinarias eran propulsadas por motores a vapor, pues era muy común para la época.

El éxito del uso de vapor en maquinas excavadoras propulsó el uso de este en otro tipo de maquinarias. Tractores sobre ruedas, reemplazaron el uso de animales de carga, que eran capaces de acarrear traíllas y niveladoras. (Ritchiewiki, 2010)

La adición de la cuchara del buldócer al tractor, fue clave para el movimiento de tierras a corta distancia, pero a medida en que los cambios de tecnología avanzaban, la tracción por vapor frena el desarrollo de las maquinarias, ya que se estaban construyendo máquinas más ágiles y ligeras.

En el Siglo XX las maquinarias tenían la característica de ser multifuncionales, además de tener una fuente de propulsión eficiente, pero los fabricantes aún no resolvían el problema del

transporte. Para ese entonces, eran trasladadas en vías férreas o en ruedas de hierro o acero; luego se produjo maquinaria que permitiría el aumento de velocidad, mejorando su poder de movimiento. Es así como se cambió el diseño para volverlas más ágiles y ligeras, utilizando motores de combustión interna.

Cuando acabó la segunda Guerra Mundial, la industria de la construcción desarrolló aún más cambios, implementando así una serie de pistones de un cilindro y aceite para propulsarlos arriba y abajo; creando así la fuerza necesaria que se aplicaría a la maquinaria. El uso de sistemas hidráulicos causó muchos beneficios, tal como la maniobrabilidad de la maquinaria. El brazo de una excavadora ya podría moverse con exactitud y precisión, pues el movimiento que facilita el sistema hidráulico es más manejable para su operación.

El desarrollo de la maquinaria de construcción en el tiempo, siempre ha tenido como objetivo lograr cierto grado de eficiencia y productividad; cada equipo se diseña para realizar cierto tipo de actividades en especial, dotados de determinada capacidad, la cual siempre debemos de optimizar para alcanzar nuestros objetivos al momento ejecutar una obra.

## **2.2 MARCO URBANO.**

El proyecto Parque Industrial de Acopio y Distribución Yaguachi (PIADY) está ubicado en el Cantón Durán de la Provincia del Guayas, equidistante de los dos puentes de acceso a la ciudad de Guayaquil. A una distancia de 11.5 Km del Puente de la Unidad Nacional y a 11.5 Km del Puente Alternativo Norte (PAN); se construirá en un terreno de 200 hectáreas totales, empezando con una primera etapa de 80 hectáreas. La presente investigación para este caso de estudio, abarca la obra preliminar de excavación y compactación, con una superficie de 807557.65 m<sup>2</sup> en la primera etapa del cuadrante asignado para la empresa YAGLOVIAL

S.A, se utilizaron datos que comprenden a la primera mitad del área total trabajada hasta el momento de finalizar este documento.



*Figura 1: Ubicación Piady*

*Fuente: El Universo (2013)*

Como objetivo central, se proyecta tener una infraestructura capaz de dar una solución al sector industrial privado de Guayaquil, ya que el proyecto responde a la necesidad de espacios para el desarrollo industrial de la urbe. (PIADY, 2014)



*Figura 2: Parque Industrial de Acopio y Distribución Yaguachi*

*Fuente: PIADY (2014)*

Ofrecerá áreas para industrias nacionales que aumenten exportaciones, disminuyan estratégicamente importaciones; industrias que promuevan el desarrollo tecnológico del país, que tengan recursos para inversiones y también que requieran de mejorar su lugar de operaciones. También se ofrecerá: zonas de montaje, ensamble, restauración o acondicionamiento de mercaderías.

El estudio será realizado en la etapa de excavación y relleno con material de mejoramiento para poder recolectar datos de la maquinaria implicada en la obra.



*Figura 3: Etapa 1 obra PIADY*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

### **2.3 MARCO CONCEPTUAL.**

Una guía de usuario, es un documento técnico destinado a dar asistencia a las personas que utilicen un sistema o proceso en particular (Definicion.de, 2015). Frecuentemente las

direcciones y acciones tomadas en obra, tienden a ser resultados de experiencias previas, sea del profesional encargado o del operador de la maquinaria. La tendencia a seguir métodos conocidos es estable, pero al utilizar procesos de manera eficiente se pueden optimizar recursos y obtener beneficios de estos.

### **2.3.1 FACTORES QUE AFECTAN Y DETERMINAN RENDIMIENTOS**

Existen diferentes condicionantes que pueden tanto favorecer como perjudicar a la construcción. Estos factores, según (Botero, 2002), se describen a continuación.

#### **a) ECONOMÍA GENERAL**

Depende del estado económico del país o el área específica de la construcción. Se debe de considerar los siguientes aspectos dentro de esta categoría:

- Tendencias y resultados de negocios
- Volúmenes de construcciones
- Situación de empleo

Cuando estos aspectos son considerados dentro de la economía, como en excelente estado, la productividad tiende a ser menor, ya que es difícil encontrar mano de obra de buena calidad; mientras por el lado contrario la productividad tiende a ser mayor cuando la economía tiene un estado normal de condiciones. Entre estas condiciones la disponibilidad de recurso humano tiene un papel muy importante en la producción interna del país.

## **b) ASPECTO LABORAL**

Esta disponibilidad del personal capacitado y experto en diferentes rubros, está sujeto a condiciones de pago de acuerdo a su zona de ejecución. Para esto, se debe tener presente los siguientes aspectos:

- Tipo de contrato
- Sindicalismo
- Incentivos
- Salarios
- Ambiente de trabajo
- Seguridad social e industrial

## **c) CLIMA**

El estado del clima es muy importante debido a que se debe tener las precauciones necesarias para ejercer cierto tipo de trabajos. Los siguientes factores deben considerarse:

- Estado del tiempo
- Temperaturas
- Condiciones del suelo
- Cubierta

## **d) ACTIVIDAD**

Para poder programar las diferentes actividades en la obra, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos, pues estos pueden afectar directamente a los rendimientos de los operadores para las maquinas pesadas

- Grado de dificultad

- Riesgo
- Discontinuidad
- Orden y aseo
- Actividades predecesoras

**e) EQUIPAMIENTO**

Disponer del equipo adecuado y necesario para ejecutar rubros específicos. En esta categoría se presentan los siguientes factores:

- Herramienta
- Equipo
- Mantenimiento

**f) SUPERVISIÓN**

El personal de supervisión debe tener los conocimientos necesarios para garantizar un trabajo de calidad. Debe tener las siguientes características:

- Criterios de aceptación
- Instrucción
- Seguimiento
- Gestión de calidad

**g) TRABAJADOR**

El personal debe cumplir con sus obligaciones, pero debido a factores externos o internos, influye en su rendimiento diario. Los factores serán indicados a continuación:

- Situación personal
- Ritmo de trabajo
- Habilidad
- Conocimiento
- Actitud

## MOVIMIENTO DE TIERRAS

---

### 3.1 GENERALIDADES.

El movimiento de tierras se lo conoce como el conjunto de operaciones que se realizan en diferentes tipos de terrenos, modificando su naturaleza a raíz de construir obras de carácter público, industrial o de minería. (Cherné & González, 2010)

Entre este conjunto de operaciones tenemos:

- Excavación
- Acarreo
- Carga y Descarga
- Nivelación
- Compactación
- Humedecimiento

Estas operaciones hacen que los materiales manejados cambien de características en cuanto a sus propiedades físicas. La naturaleza del terreno también influye en estos cambios; esto quiere decir, que al realizar la operación de excavación, la cantidad de material obtenido no será constante ya que cambia por la acción mecánica aplicada.

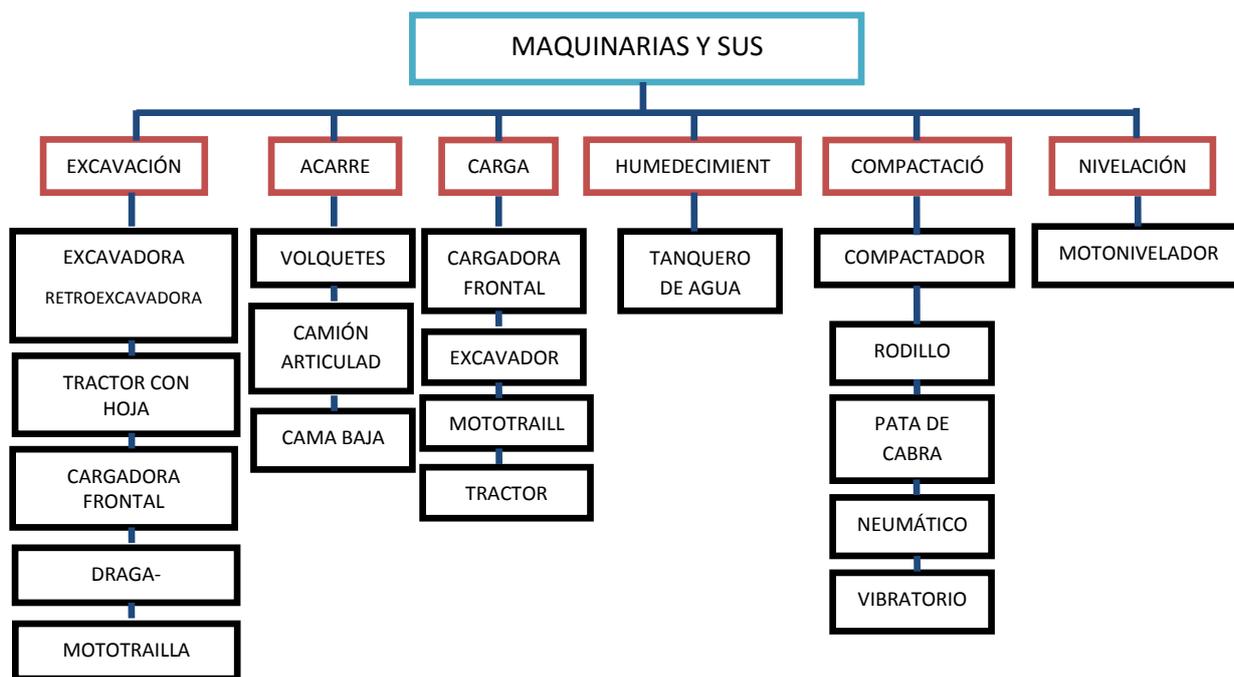


Figura 4: Maquinarias y sus operaciones

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

### 3.2 SUELOS.

El suelo proviene de diferentes tipos de rocas, con varias composiciones químicas y orígenes. Estas rocas pasan por varios procesos de temperatura, erosión y presión, provocando una transformación y descomponiéndolas en partículas pequeñas y dependiendo de su formación geológica estas pueden endurecerse.

Los suelos están constituidos por partículas de varios tamaños, entre estas partículas quedan espacios que son llenados por aire y agua. (Goldsack, 2011)

#### 3.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.

Se define al suelo o terreno como roca alterada o material capaz de sostener una edificación desde su base.

Entre los componentes naturales del suelo están:

- **Partículas Granulares:** Este tipo de suelos está constituido por materiales de origen sedimentario en los que el porcentaje de material fino (limos y arcillas) es inferior al 35% en peso. Las gravas y arenas son materiales granulares no plásticos .
- **Partículas Arcillosas:** Las arcillas, se componen de partículas mucho más pequeñas, exhibiendo propiedades de plasticidad y poca cohesividad.
- **Limos:** Son partículas muy finas, inertes, se comportan de modo típico como material granular, aunque a veces puede ser un poco plástico. Su tamaño varía entre 0.02 mm y 0.002 mm.
- **Materia Orgánica - Humus:** Compuesto por desechos vegetales, indeseable al momento de construcción.



*Figura 5: Componentes naturales del suelo*

*Fuente: Guadamud Moreno( 2015)*

### 3.2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS.

- **Cohesión:** Condición que mantiene a las partículas del terreno unida gracias a fuerzas internas, que dependen de su contacto con otras partículas . Cuando un terreno tiene fuerza cohesiva, quiere decir que es inversamente proporcional al porcentaje de humedad que posee (Goldsack, 2011).

- **Fricción Interna:** Es la fuerza que impide el deslizamiento causado por el roce entre superficies de contacto con las partículas y su densidad. En suelos granulares se obtiene una fricción mayor que en suelos finos.
- **Compresibilidad:** Es la capacidad del suelo para disminuir su volumen a medida que se ejerce fuerza. Al contrario de la Fricción Interna, la compresibilidad es mínima en suelos granulares y mayor en suelos finos.
- **Elasticidad:** Es la respuesta del suelo al recuperar su volumen original al momento en que ya no se aplica una fuerza.
- **Capilaridad:** Tendencia del líquido al ser absorbido por los espacios entre las partículas del suelo.
- **Textura:** Depende de la distribución de las partículas elementales que conforman el suelo. Son diferentes debido a su tamaño, porosidad y capacidad de absorción.

### 3.2.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

El objetivo de la clasificación de los suelos según (Muelas Rodriguez, 2010), es el de dividirlos en grupo de comportamiento semejante, esto quiere decir que tengan las mismas propiedades geotécnicas similares. Existen dos sistemas principales para la clasificación de suelos; el primero pertenece al sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el segundo al USCS (Unified Soil Classification System).

A continuación para esta guía, se utilizará el sistema USCS por ser más extenso en su clasificación por su amplio estudio de problemas geotécnicos, a diferencia del sistema AASHTO que es más utilizado en carreteras.

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7,6 cm y basando las fracciones en pesos estimados).				Símbolo del grupo	Nombres típicos	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	<b>GW</b>	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos	
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	<b>GP</b>	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	Fracción fina no plástica	<b>GM</b>	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla	
			Finos plásticos	<b>GC</b>	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla	
	ARENAS	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	<b>SW</b>	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos	
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	<b>SP</b>	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos	
		Arenas con finos (cantidad apreciable)	Finos no plásticos	<b>SM</b>	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas	
			Finos plásticos	<b>SC</b>	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas con límite líquido menor de 50	Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Consistencia		
		Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad
		Media a alta	Nula a muy lenta	Media	<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
		Ligera a media	Lenta	Ligera	<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos
		Alta a muy alta	Nula	Alta	<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta
Suelos altamente orgánicos	Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			<b>Pt</b>	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

Figura 6: Sistema unificado de clasificación de suelos USCS

Fuente: Muelas Rodriguez (2010)

Tener en claro la clasificación de suelos permite al profesional tener una idea sobre el comportamiento futuro del suelo, como parte de los cimientos de una estructura.

### 3.2.3.1 TIPOLOGÍA.

En función de estos símbolos, se pueden establecer diferentes combinaciones que diferencian los diferentes tipos de suelo.

*Tabla 1 Tipología de suelos*

<b>Símbolo</b>	<b>Características generales</b>		
<b>GW</b>	<i>Gravas</i>	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
<b>GQ</b>			Pobrementemente graduadas
<b>GM</b>		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
<b>GC</b>			Componente arcilloso
<b>SW</b>	<i>Arenas</i>	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
<b>SP</b>			Pobrementemente graduadas
<b>SM</b>		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
<b>SC</b>			Componente arcilloso
<b>ML</b>	<i>Limos</i>	Baja plasticidad (LL < 50)	
<b>MH</b>		Alta plasticidad ( LL >50 )	
<b>CL</b>	<i>Arcillas</i>	Baja plasticidad (LL < 50)	
<b>CH</b>		Alta plasticidad ( LL >50 )	
<b>OL</b>	<i>Suelos</i>	Baja plasticidad (LL < 50)	
<b>OH</b>	<i>Orgánicos</i>	Alta plasticidad ( LL >50 )	
<b>Pt</b>	<i>Turba</i>	Suelos altamente orgánicos	

*Fuente: Muelas Rodriguez (2010)*

### **3.2.4 CAMBIOS DE VOLUMEN EN EL SUELO.**

Se debe tomar en cuenta que al excavar en el suelo, el material aumenta su volumen y a la vez disminuye su densidad. La expansión es el porcentaje de aumento en el volumen. (Cherné & González, 2010)

La densidad y el factor de conversión volumétrica de un material varía según factores como granulación, humedad, grado de compacidad, etc.

Una vez excavado el material se lo coloca en un terraplén, para luego ser compactado por medio de equipos de compactación. Esta contracción depende de las características del suelo extraído y el método para compactarlo.

El volumen que ocupa en una situación dada se llama *Volumen aparente*, y de ahí nace el concepto de *Densidad Aparente*, que es el cociente entre la masa de una fracción de terreno y su volumen.

*Ecuación 1*

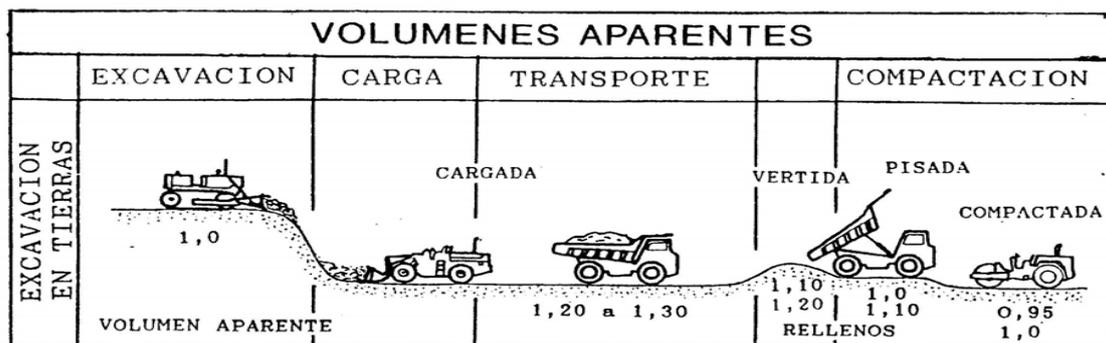
$$d_a = \frac{M}{V_a}$$

**Donde:**

$d_a$  = Densidad aparente

$V_a$  = Volumen aparente

$M$  = Masa de las partículas + Masa de agua



*Figura 7: Operaciones en el cambio de volumen*

*Fuente: Cherné & González (2010)*

Se mantiene constante el volumen aparente por su densidad, solo si es que no se produce perdidas o se añade agua al material, (aunque no es recurrente ya que se puede adicionar agua debido a la compactación), esto quiere decir:

*Ecuación 2*

$$d_a \times V_a = M$$

### 3.2.5 FACTOR DE ESPONJAMIENTO Y COMPACTACIÓN.

Como se había explicado antes, al excavar en banco, provoca el aumento de volumen del suelo. Para poder calcular rendimientos se determina si el volumen que estamos manejando es material en banco o suelto.

Es por eso se necesita del **factor de esponjamiento**, pues es la relación de volúmenes antes y después de la excavación. (Tiktin, 1997)

*Ecuación 3*

$$F_w = \frac{V_B}{V_S} = \frac{d_S}{d_B}$$

**Donde:**

$F_w$  = Factor de esponjamiento

$V_B$  = Volumen que ocupa el material en banco

$V_S$  = Volumen que ocupa el material suelto

$d_B$  = Densidad en banco

$d_S$  = Densidad del material suelto

El factor de esponjamiento siempre debe ser menor a 1, aunque en otros textos se pueden encontrar valores mayores, esto quiere decir que se ha utilizado la formula inversamente.

Para la parte de compactación, se debe tener entendido que este proceso causa la disminución del volumen, esto se debe tener en cuenta al calcular el material necesario para cualquier obra que necesite de movimientos de tierras.

El **Factor de Compactación** es la relación entre el volumen del material en banco y el volumen que ocupa una vez compactado. (Tiktin, 1997)

*Ecuación 4*

$$F_h = \frac{V_B}{V_C}$$

**Donde:**

$F_h$  = Factor de compactación

$V_B$  = Volumen que ocupa el material en banco

$V_C$  = Volumen del material compactado

Si en el caso de que no hubiese aumento de agua en el material se utilizaría la fórmula:

*Ecuación 5*

$$F_h = \frac{d_C}{d_B}$$

**Donde:**

$F_h$  = Factor de compactación

$d_B$  = Densidad del material en banco

$d_C$  = Densidad aparente del material compactado

Para la toma de datos de las tablas de rendimientos de maquinarias en la obra PIADY, se utilizaron los factores:

Tabla 2: Factores de esponjamiento y contracción

Material	Factor de esponjamiento Fw	Factor de contracción Fh
<b>Arena seca</b>	0.89	0.60
<b>Arena Húmeda</b>	0.89	0.93
<b>Tierra seca</b>	0.80	0.84
<b>Tierra vegetal</b>	0.69	0.90
<b>Yeso fragmentado</b>	0.57	0.83
<b>Lodo</b>	0.81	0.81
<b>Arcilla con arena y grava</b>	0.60	0.77
<b>Arcilla y grava</b>	0.86	0.70
<b>Arcilla y grava húmeda</b>	0.84	0.77
<b>Tierra y grava</b>	0.89	0.92
<b>Roca friable blanda</b>	0.70	0.68
<b>Roca dura muy partida</b>	0.75	0.65
<b>Roca dura partida en grandes trozos</b>	0.80	0.50
<b>Caliza</b>	0.59	0.93

Fuente: Tiktin (1997)

### 3.2.6 EXTENDIDO DE CAPAS.

La compactación en una obra es realizada en varias capas de material, una vez ya extendido el material, (en el caso de la obra PIADY se utilizó un Bulldozer), este extendido se lo conoce como terraplen.

Al pasar el compactador se nota la disminución de altura del material y también su dimensión horizontal tiene variación mínima; se debe tener en cuenta la relación entre la altura del suelo ya compactado con el que aún no.

A esta diferencia de espesor es expresada en porcentaje y se calcula:

*Ecuación 6*

$$S_e = \frac{h_L - h_C}{h_L} \times 100$$

**Donde:**

$S_e$  = % de disminución de espesor

$h_L$  = espesor inicial del terraplen

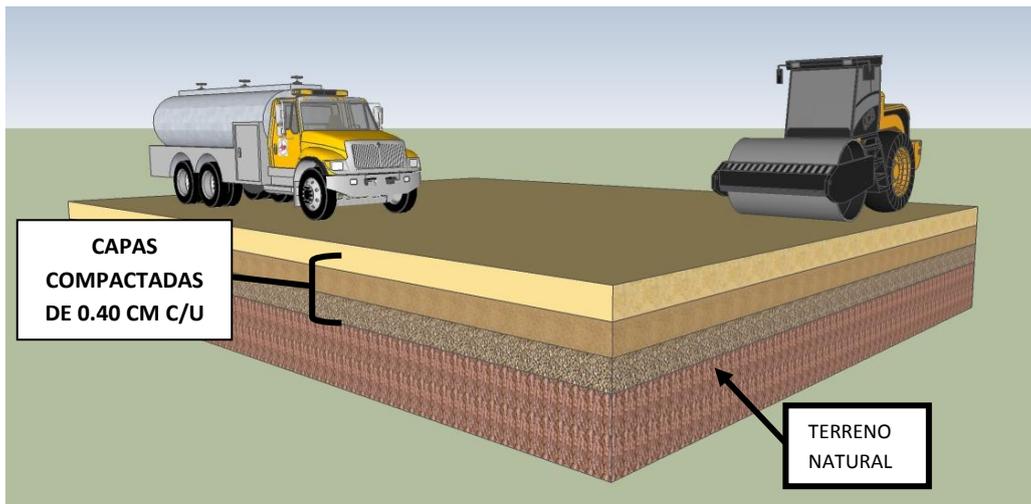
$h_C$  = espesor compactado del terraplen

### **3.3 APLICACION AL CASO DE ESTUDIO.**

En la obra PIADY, como actividad preliminar se ejecutó el movimiento de tierras en la zona 1 de la construcción. Anteriormente se realizaron estudios tanto topográficos como de suelos, para poder rellenar el área conocida como terreno natural, con material de préstamo importado de tipo "*Grava Limosa Amarilla con Finos*", el cual entra en la sección GM de las normas USCS. Este material es transportado desde la cantera "Pocos Palos", ubicada a 30 km del sitio.

Este rubro denominado como movimiento de tierras tiene gran importancia para la posterior construcción del Parque Industrial y Logístico situado en el cantón Duran, el cual se compondrá de diferentes edificaciones, aéreas verdes y demás.

*Figura 8: Capas compactadas en la obra PIADY*



*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

\*La base de relleno se compone de tres capas compactadas de 0.40 cm cada una.

## EXCAVACIONES

---

### 4.1.GENERALIDADES.

Una excavación se entiende por el movimiento de tierra o proceso de remoción y extracción de volúmenes; ejecutado manualmente o por maquinaria pesada, para alcanzar el nivel de suelo requerido (Dominguez, 2013).

### 4.2 ELEMENTOS DE EXCAVACIONES.

Al momento de trabajar en una excavación se debe considerar:

- Cotas de excavación
- Limpieza y desbroce del área de excavación
- Taludes
- Nivel freático
- Accesibilidad

### 4.3 TIPOS DE EXCAVACIONES.

De acuerdo a la investigación de (Dominguez, 2013) existen diferentes tipos de excavaciones, estas dependen del material excavado y del terreno.

### **4.3.1 EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO.**

Para este tipo de excavaciones es necesaria la elección del equipo apropiado para el transporte y carga del material.

Los trabajos se pueden realizar en suelo seco o con el nivel freático por debajo del nivel de excavación.

Se clasifican en:

- Roca: se necesitan explosivos
- Terrenos Duros: uso de explosivos o ripeado
- Terrenos de Transito: uso de maquinarias, no se puede utilizar herramientas manuales
- Tierras: acepta excavación manual
- Fangos: requerimiento de elementos especiales para transporte.

### **4.3.2 EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA.**

Este tipo de excavaciones tienen dificultades, ya que están fuertemente condicionadas a la distancia de los accesos, organización, medios auxiliares, costos, presencia de agua, etc.

Se clasifican en:

- Galerías y túneles: uso de explosivos o topes dependiendo de la longitud de la excavación. Se procura dejar espacio suficiente (mayor a 3m<sup>2</sup>) para transporte, acarreo y carga.
- Pozos: excavación de tipo vertical o semi vertical, se debe extraer el material por elevación

### 4.3.3 EXCAVACION SUBACUÁTICA.

Excavación fuera de tierra, es necesario el uso de materiales flotantes.

Se clasifica de la siguiente manera según el tipo de fondo:

- Arenas y Fangos: uso de combas, dragas de sección y tuberías
- Fondos semi duros: uso de dragas de succión para arenas y rocas blandas
- Fondos Duros: uso de dragas de arranque, el material es muy grande para utilizar tuberías
- Rocas: uso de taladros o martillos rompe rocas

### 4.4 TIPOS DE SUELO Y SUS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.

Según las posibilidades de extracción se distinguen dos tipos de terrenos:

- **Sueltos:** terrenos que se pueden extraer por medios manuales o mecánicos
  - **Ligeros:** tierra vegetal seca, arena seca y grava fina.
  - **Ordinarios:** tierra vegetal húmeda, tierra mezclada con arena, arena húmeda, arena arcillosa compacta, grava fina arcillosa compacta, grava gruesa, turba.
  - **Pesados:** arcilla húmeda, piedras calizas resquebrajadas.
- **Rocosos:** terrenos que requieren una disgregación previa (explosivos) a la extracción.
  - **Blandas:** caliza blanda, gneis, pizarra compacta
  - **Duras:** caliza dura, granito, gneis.
  - **Muy duras:** granito y gneis compactos, cuarzo, cuarcita, sienita, basalto.

La dureza de los terrenos rocosos dependen de su constitución geológica y

su estratigrafía. Las rocas en estratos gruesos y compactos son más duras y difíciles de extraer.

Para poder mantener un equilibrio estable se debe tener cierta inclinación en los *taludes*, ya que limitan los movimientos de tierra. El talud natural es mayor para terrenos secos o ligeramente húmedos, que para terrenos muy húmedos o empapados de agua.

#### **4.5 APLICACIÓN AL CASO DE ESTUDIO.**

En este caso de estudio, se realizó una excavación de tipo "*cielo abierto*", el terreno es considerado de *Tránsito*, pues se utilizó la maquinaria pesada necesaria para realizar el trabajo. En cuanto al tipo de suelo, es considerado "Terreno ordinario". Anteriormente utilizado para cosecha de arroz, como se visualiza en la siguiente imagen.



*Figura 9: Terreno ordinario obra PIADY*

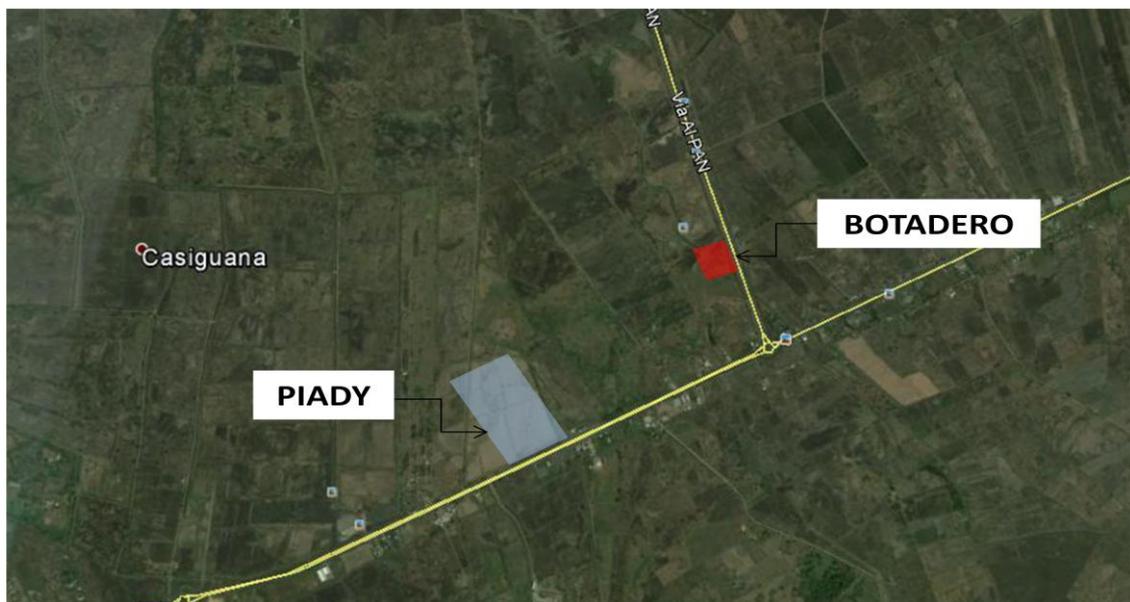
*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*



*Figura 10: Terreno vegetal húmedo obra PIADY*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

Una vez excavado, los volquetes desalojan el material extraído a un terreno denominado como "botadero", ubicado a 3200 m de la obra.



*Figura 11: Ubicación del botadero para desalojo de la excavación de la obra PIADY*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

## 4.6 MAQUINARIAS UTILIZADAS EN EXCAVACIONES.

### 4.6.1 GENERALIDADES.

El acelerado avance tecnológico que ha caracterizado a este siglo, ha sido un factor determinante en la evolución de los métodos de producción en todos los campos del quehacer humano, y la industria de la construcción no ha sido la excepción.

La fabricación de maquinaria es cada vez más especializada para poder lograr un alto grado de eficiencia y productividad, se ha resaltado la importancia de llevar a cabo la selección de equipo de construcción de una manera metódica y sistemática.

Las maquinas utilizadas en obras de excavación tienen como característica ejercer tracción en cada una de sus ruedas, ya que le permite maniobrar con facilidad en terrenos distintos.

### 4.6.2 EXCAVADORAS.

La excavadora es una maquina autopropulsada por ruedas o cadenas, con una superestructura que es capaz de rotar 360°; entre sus funciones están la de excavar, cargar, elevar y descargar materiales con el uso de su cuchara, junto a su brazo y pluma.



*Figura 12: Partes de una excavadora*

*Fuente: Mamani (2010)*

Además este tipo de maquinaria sirve para estabilizar y peinar taludes, la colocación de tuberías y producción de material; Se clasifican en tres tipos, según su capacidad: **pequeña, mediana y mayor.**

- **Pequeña:** la capacidad del cucharón es de  $0.6 \text{ m}^3$  y su brazo tiene un alcance de hasta 2.5 m. Este tipo de excavadoras se las utiliza para la colocación de tuberías, gaviones y terrenos de sectores céntricos.
- **Mediana:** mayormente utilizadas debido a su largo brazo, capaz de alcanzar profundidades mayores a los 2.5 m, su cucharón puede cargar desde  $0.80$  a  $1.20 \text{ m}^3$ . Es utilizada para estabilización y peina de taludes, limpieza de ríos, gaviones, etc.
- **Mayor:** tienen el brazo más corto y un cucharón mas grande, se las usa en canteras, pues la maquina tiene uñas especiales para el material dinamitado. La capacidad del cucharón es desde los  $2\text{m}^3$  hasta  $3.50\text{m}^3$ .

Las excavadoras pueden usar un equipo adicional llamado, **Equipo Bivalva**, el cual consiste en que la cuchara está formada por dos mordazas, las cuales se abren y se cierran, girando alrededor del eje horizontal; el equipo bivalva se encuentra suspendido del brazo de la máquina y cuelga abierto sobre el material a excavar, clavando sus dientes; al terminar el proceso se recogen las mordazas ya cerradas con el material excavado.



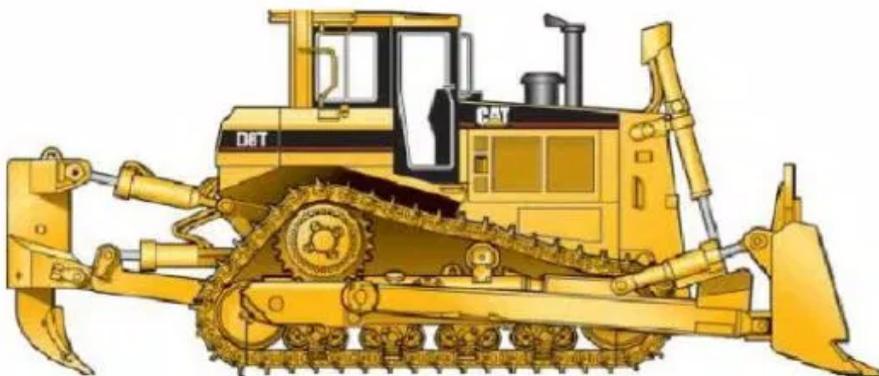
*Figura 13 Equipo bivalva*

*Fuente: Mamani (2010)*

Se emplea especialmente en las extracciones bajo el agua y en la carga de materiales apilados o sueltos y en la ejecución de pozos y pantallas.

#### **4.6.3 TRACTORES CON HOJA DE EMPUJE.**

Su aplicación predominante es el empuje de tierras a base de su hoja de empuje, pero también tiene la capacidad de usar otros accesorios y herramientas, como el *Ripper* o desgarrador, cadenas y hojas especiales para acarreo y preparación de terrenos.



*Figura 14: Tractor de orugas con hoja de empuje y ripper*

*Fuente: Mamani (2010)*

Son aptos para trabajar en pendientes de hasta 45°, pero es más usual en pendientes de 25°, dado la potencia de la maquinaria.

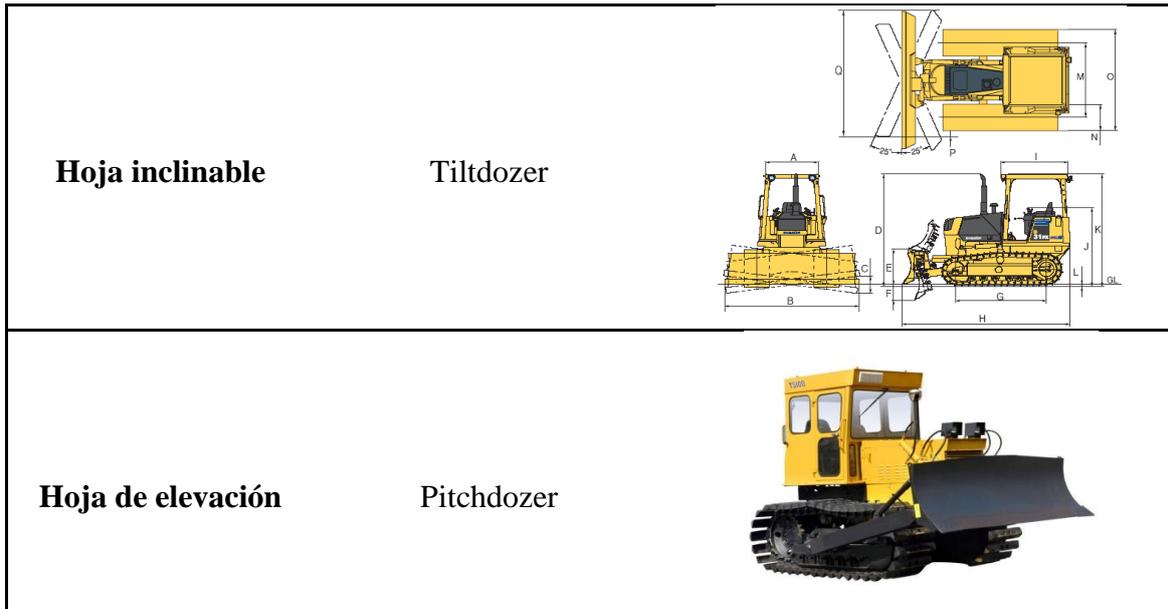
Los tractores se desplazan por orugas cuando no es necesario trabajar a altas velocidades pero si para tener buena tracción, en cambio para los tractores de neumáticos ya no es necesaria mucha tracción, pero recorren mayores distancias a mayor velocidad.

Los tractores tienen diferentes tipos de hojas, las cuales pueden realizar los siguientes movimientos:

- Inclinación lateral
- Variación del ángulo de ataque de la hoja
- Variación del ángulo de la hoja respecto a su dirección de avance
- Elevación y descenso de la hoja

*Tabla 3 :Tipos de tractores*

TIPO DE HOJA	NOMBRE	IMAGEN
<b>Hoja Recta</b>	Bulldozer	
<b>Hoja angulable</b>	Angledozer	



*Fuente: Caterpillar Inc. (2000)*

*Autor: Guadamud Moreno (2015)*

#### 4.6.4 VOLQUETES.

Se caracterizan por su gran movilidad, rapidez y adaptabilidad para trabajos en carreteras, fuera de ciudades y caminos. Son las maquinarias más utilizadas en obras civiles, poseen un dispositivo mecánico que permite volcar la carga transportada en su cajón, el cual descansa sobre el chasis del vehículo.



*Figura 15: Volquete HINO GH 8JMSA Capacidad 8 m<sup>3</sup>*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

Se clasifican según su número de ejes y volumen que posee, así como también su uso:

**Tamaño estándar:** En esta clasificación de volquetes existen con capacidades desde 7 a 25 m<sup>3</sup>, divididas en los siguientes grupos:

- Comunes: 7- 8 m<sup>3</sup>
- Medianos: 8 -16 m<sup>3</sup>
- Grandes: 16- 25 m<sup>3</sup>

Estos tipos de volquetes son regularmente utilizados, generalmente poseen 2 ejes y son utilizados para acarreo interno o externo de la obra, fáciles de maniobrar y pueden cargar cualquier tipo de material.

**Volquetes de 60 m<sup>3</sup>:** También llamadas *Bañeras*, constan de 4 o más ejes, se puede transportar de 30 a 70 m<sup>3</sup> de material y se caracterizan por recorrer grandes distancias.

**Dumpers:** Son camiones de gran capacidad y potencia, poseen 3 ejes y pueden cargar más de 20 toneladas de material a diferencia de los volquetes, su chasis, motor y caja basculante son fabricados en conjunto.

#### 4.7 MAQUINARIAS UTILIZADAS EN LA EXCAVACIÓN DE LA OBRA.

En el caso de estudio de la obra PIADY, se utilizaron las siguientes maquinarias detalladas a continuación.

*Tabla 4: Maquinaria utilizada en la obra PIADY*

<b>TIPO DE MAQUINARIA</b>	<b>MARCA</b>	<b>CAPACIDAD</b>
Volquete tipo Mula	Mac granite 2010	15 m <sup>3</sup>
Excavadora	Doosan 340	
Tractor hoja de empuje	Caterpillar D5G LGP	
Volquete tipo Mula	Mercedes Benz	14 m <sup>3</sup>
Excavadora	Hyundai 210 lc-7	
Volquete tipo Mula	Sinotruk Wd615.47	20m <sup>3</sup>
Volquete tipo Bañera	Kenworth w900	30 m <sup>3</sup>

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

## COMPACTACIÓN

---

### 5.1 GENERALIDADES.

Consiste fundamentalmente en el proceso artificial que se sigue para lograr el aumento en la densidad de un suelo natural o de relleno, a fin de obtener la mayor estabilidad de él. Este proceso se realiza mediante el empleo de equipos mecánicos o manuales (energía) y la adición de agua que fuere necesaria, Mamani (2010).

Para poder lograr la compactación adecuada se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de material
- Contenido de humedad del suelo
- Elección de equipos adecuados
- Numero de Pasadas
- Velocidad

La maquinaria de movimiento de tierras para extendido del material suelto se lo hace por capas, las cuales tienen peso propio y vibración por el mismo uso del equipo.

### 5.2 VENTAJAS DE LA COMPACTACIÓN.

Una vez culminada la etapa de compactación del suelo, se observa que tiene mayor densidad, ya que la fuerza ejercida redujo los espacios vacíos de la composición del suelo.

Por lo tanto genera ciertas ventajas como:

- **Aumento de capacidad de soporte de cargas:** Al compactar el suelo aumenta su densidad, disminuyendo el porcentaje de vacíos; Obteniendo así una mejor distribución de fuerzas en las partículas, dándole más resistencia al corte y mayor capacidad de carga.
- **Aumento de estabilidad:** Un suelo mal compactado puede perjudicar a una edificación causando grietas y asentamientos desiguales, provocando la destrucción de la construcción.
- **Menor contracción del suelo:** El volumen del suelo aumenta cuando está en contacto con la humedad, esto sucede porque el agua llena los espacios vacíos y al secarse, éste vuelve a contraerse.
- **Menor permeabilidad:** El factor de permeabilidad depende de la distribución granulométrica del suelo y también de su densidad. Al pasar por el proceso de compactación es más controlable la penetración de agua o drenaje del suelo.

### **5.3 PRESIONES ADMISIBLES EN EL TERRENO DE CIMENTACIÓN.**

Según ([www.parro.com.ar/](http://www.parro.com.ar/)) la definición de presión admisible del terreno: es la presión máxima admisible por un terreno de cimentación que proporciona la seguridad necesaria para evitar la ruptura de la masa de terreno o el movimiento de los cimientos; esta presión se obtiene aplicando un coeficiente de seguridad, impuesto por las normas de edificación, a la carga de rotura del terreno.

Este coeficiente de seguridad se obtiene:

Tabla 5: Presiones admisibles a efectos orientativos

Terreno	Tipos y condiciones	Presión admisible (MPa)	Observaciones
<b>Rocas</b>	Rocas ígneas y metamórficas sanas(a) (Granito, diorita, basalto, gneis)	10	Para los valores apuntados se supone que la cimentación se sitúa sobre roca no meteorizada.
	Rocas metamórficas foliadas sanas (a)(b) (Esquistos, pizarras)	3	
	Rocas sedimentarias sanas (a)(b) (Pizarras cementadas, limolitas, areniscas, calizas sin karstificar, conglomerados cementados)	1 - 4	
	Rocas arcillosas sanas (a)(d)	0.5 - 1	
	Rocas diaclasadas de cualquier tipo con espaciamiento de discontinuidades superior a 0.30m, excepto rocas arcillosas	1	
	Calizas, areniscas y rocas pizarrosas con pequeños espaciamiento de los planos de estratificación (c)	-	
	Rocas muy diaclasadas o meteorizadas (c)	-	
<b>Suelos granulares (% finos inferior al 35% en peso)</b>	Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas	> 0.6	Para anchos de cimentación (B) mayor o igual a 1mt y nivel freático situado a una profundidad mayor al ancho de la cimentación (B) por debajo de ésta.
	Gravas y mezcla de grava y arena, medianamente densas a densas	0.2 - 0.6	
	Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas	< 0.2	
	Arena muy densa	> 0.3	
	Arena medianamente densa	0.1 - 0.3	
Arena suelta	< 0.1		
<b>Suelos finos (% de finos superior al 35% en peso)</b>	Arcillas duras	0.3 - 0.8	Los suelos finos normalmente consolidados y ligeramente sobre consolidados en los que sean de esperar asientos de consolidación serán objetos de un estudio especial. Arcilla expansiva también
	Arcillas muy firmes	0.15 - 0.3	
	Arcillas firmes	0.075 - 0.15	
	Arcilla y limos blandos	< 0.075	
	Arcillas y limos muy blandos	-	
<b>Suelos orgánicos</b>		Estudio especial	
<b>Rellenos</b>		Estudio especial	

Fuente: Muelas Rodríguez (2010)

**Nota:**

(a): Los valores indicados serán aplicables para estratificación subhorizontal. Los macizos rocosos son discontinuidades inclinadas, especialmente en las cercanías de taludes, deben ser objeto de análisis especial.

(b): Se admiten pequeñas discontinuidades con espaciamiento superior a 1 m.

(c): Estos casos deben ser investigados *in situ*

(d): Estas rocas son susceptibles de hinchar por efecto de la relajación de tensiones asociada a las excavaciones. También son susceptibles de reblandecerse por efecto de su exposición al agua.

#### 5.4 APLICACIÓN AL CASO DE ESTUDIO.

En la obra PIADY, objeto de la presente investigación, de acuerdo al estudio de suelos (Anexo # 2) el material que se utilizó para relleno y mejoramiento está clasificado como *Grava con finos*. De acuerdo a esta clasificación y tomando en consideración la Tabla 6 anterior, se identifica que el valor del esfuerzo admisible es menor a 0.2 MPa. El rubro de relleno se lo ejecuto debido al cercano evento climático conocido como "El niño", para evitar riesgos de inundaciones futuras.

#### 5.5 MAQUINARIA PARA COMPACTACIÓN.

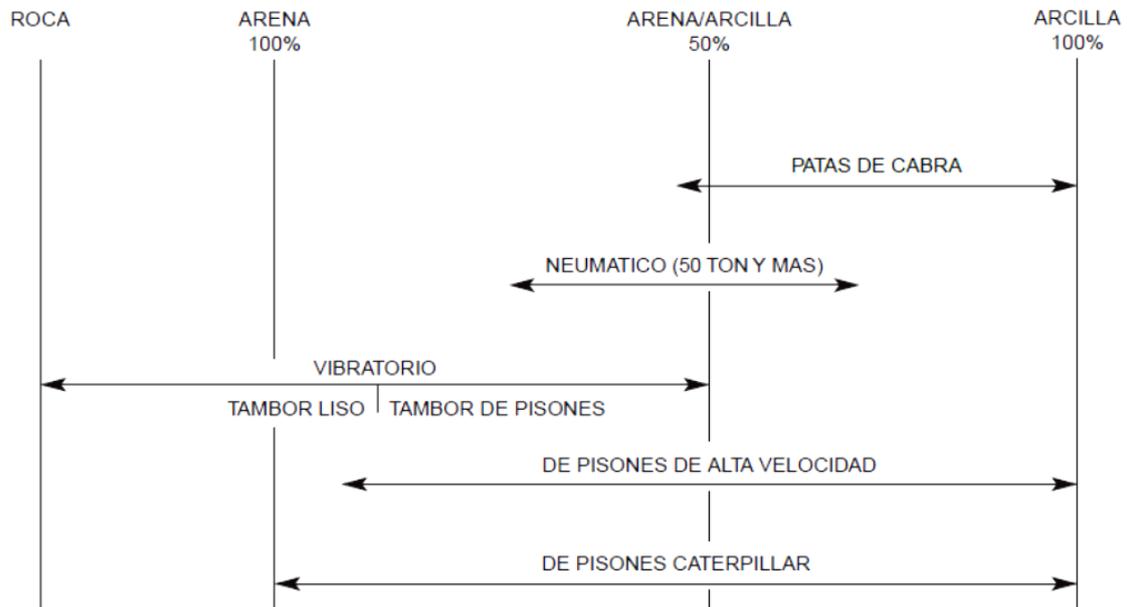
El equipo de compactación se debe elegir de acuerdo al tipo de suelo y métodos para compactar; a continuación se marcan los métodos de compactación de cada compactador.

*Tabla 6: Métodos de compactación usados por diferentes tipos de compactadores*

<b>Tipo de compactador</b>	<b>Impacto</b>	<b>Presión</b>	<b>Vibración</b>	<b>Amasado</b>
Pata de cabra		X		
Pisones	X			
Rodillo liso		X		
Rodillo liso vibratorio	X		X	
Rodillo de pisones vibratorio	X		X	
Neumático		X		X

*Fuente: Mamani (2010)*

Por tipo de suelo se clasifican de la siguiente manera:



*Figura16: Equipo de compactación adecuado según el tipo de suelo*

*Fuente: Caterpillar Inc. (2000)*

### 5.5.1 COMPACTADOR PATA DE CABRA.

Son rodillos especiales, consiste de un tambor de gran tamaño con salientes, que debido a estas recibe su nombre. El compactador pata de cabra va remolcado por un tractor de oruga, el peso total es transmitido al suelo por sus salientes, que ejercen una presión muy elevada.

El modo de acción viene desde abajo del tambor, esto quiere decir, trabajaría una compresión ascendente. Las patas pueden comprimir capas a 20 ó 25 cm por debajo de la superficie.

Es frecuente usar este tipo de compactadores en terraplenes con gran contenido de arcillas, gravas y limos.



*Figura 17 Rodillo Pata de cabra*

*Fuente: Caterpillar Inc. (2000)*

### **5.5.2 COMPACTADOR LISO.**

Consta de un cilindro de acero que compacta el material a presión, son utilizados para rellenos y carreteras, los cuales reducen cualquier asentamiento o hinchamiento, dándole más resistencia para la fase de cimentación.

Pueden ser tanto remolcados como autopropulsados, se los utiliza en suelos como grava, arenas y piedra trituradas. El espesor de cada capa es dependiente del peso de la máquina, este varía entre 15 cm para cimientos hasta 45 cm para base de terraplenes.



*Figura 18: Rodillo liso*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

### **5.5.3. RODILLOS VIBRATORIOS.**

#### **5.5.3.1 COMPACTADOR VIBRATORIO MONOCILÍNDRICO.**

Está compuesto por un cilindro metálico vibratorio liso (con o sin tracción) que actuará como elemento de compactación y dos neumáticos traseros de tracción.

Pueden usarse para la compactación de todo tipo de capas de cimiento, núcleo, explanada y firme, teniendo una mejor adaptación a la compactación de suelos no cohesivos, donde el efecto de la vibración posibilita una mejor acomodación de los elementos granulares.



*Figura 19: Rodillo vibratorio monocilíndrico*

*Fuente: Emopyc S.L (2012)*

#### **5.5.3.2 COMPACTADOR VIBRATORIO BICILÍNDRICO O TÁNDEM.**

Está compuesto por dos cilindros metálicos vibratorios lisos (con tracción) que actúan de compactación.

Pueden usarse para la densificación de todo tipo de capas de firme y/o explanadas bien graduadas, aunque generalmente son usados para la compactación y el acabado de capas asfálticas.



*Figura 20: Rodillo vibratorio bicilíndrico*

*Fuente: Emopyc S.L (2012)*

#### **5.5.4 RODILLOS DE PISONES.**

Combina las vibraciones con su fuerza de impacto de las superficies de sus pisones, debido a la distancia de separación de cada uno de estos se consigue un impacto tres veces superior a la del compactador liso.



*Figura 21: Rodillo de piso vibratorio*

*Fuente: Caterpillar Inc. (2000)*

#### **5.5.5 TANQUERO DE AGUA.**

Camiones con tanques de agua cilíndricos incorporados sobre su chasis. Son utilizados para humedecer la superficie o terraplén, para facilitar el trabajo de las máquinas compactadoras. Estos camiones utilizan bombas para el vaciado del agua, la capacidad del tanque oscila entre 2.000 a 30.000 litros.



*Figura 22: Tanquero de agua en obra PIADY*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

## **5.6 HIDRATACIÓN DEL SUELO PARA EL PROCESO DE COMPACTACIÓN.**

Para el proceso de compactación se requiere hidratar el terreno a través de la utilización del tanquero de agua cuya capacidad está indicada en la tabla de maquinarias utilizadas, en la siguiente página.

En el caso específico de esta obra se realizó una pasada para lograr la hidratación, lo cual depende del operador de la maquinaria, quien por observación directa verificó que el terreno se encuentre debidamente infiltrado, lo que permitiría alcanzar la humedad óptima y la densidad seca máxima de acuerdo al ensayo proctor, el cual se adjunta en el Anexo # 3.

## 5.7 MAQUINARIAS UTILIZADAS EN LA ETAPA DE COMPACTACIÓN DE LA OBRA.

En el caso de estudio de la obra PIADY, se utilizaron las siguientes maquinarias:

*Tabla 7: Maquinarias utilizadas en la obra PIADY en etapa de compactación*

<b>TIPO DE MAQUINARIA</b>	<b>MARCA</b>	<b>CAPACIDAD</b>
Rodillo Vibratorio Liso 1 tambor	Ingersoll Rand	
Rodillo Vibratorio Liso 1 Tambor	AMMANN asc 120	
Rodillo Vibratorio Liso 1 Tambor	Volvo sd105	
Tanquero de Agua	Hino fd176b ranger	2500 l
Tanquero de Agua	Ford 900	2500 l

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

## RENDIMIENTOS DE MAQUINARIAS

---

### 6.1 GENERALIDADES.

Según (Lloret, 2009), el rendimiento o la producción de las maquinarias debe calcularse multiplicando la cantidad de material desplazado en cada ciclo ejecutado, con el número de ciclos en una hora.

Entonces: 
$$\text{Producción} = \text{Unidades de trabajo} / \text{Hora}$$

ó

$$m^3/\text{hora} = (m^3/\text{ciclo}) \times (\text{ciclo hora})$$

Las unidades en que se trabajan comúnmente en movimientos de tierra es el metro cúbico o la tonelada y al trabajar con tiempo se utilizan horas, aunque a veces una producción puede ser calculada en días.

La cantidad del material que mueve la máquina en cada ciclo, es la **capacidad nominal** de la máquina afectada por factores de corrección expresados en porcentaje, que depende del tipo de material:

$$m^3/\text{ciclo} = \text{Capacidad nominal de la maquina} \times \text{factor de corrección}$$

El factor de corrección se puede determinar empíricamente para cada caso en particular, o sea, por medio de mediciones físicas o tomarse los manuales de fabricantes.

## 6.2 FACTORES DE EFICIENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS.

La eficiencia óptima de una máquina es la relación entre rendimiento y gastos de material movido. Influye directamente en la producción. Existen factores como la relación peso - potencia, la capacidad, costos de operación y más; así como factores indirectos que influyen en el funcionamiento, tales como: facilidad del servicio, seguridad, disponibilidad de piezas y conveniencias para el operador de la máquina.

El trabajo, la energía y la potencia también son parte de eficiencia. El equipo sea sencillo o complejo, realiza actividades moviendo sus partes mecánicas, lo que ocasiona un desgaste considerable.

### 6.2.1. FACTOR DE HOJA.

Es el factor dado por la dificultad de empuje y estado del suelo, Lloret (2009).

*Tabla 8: Factor de hoja*

CONDICIONES DE EMPIJE	FACTOR DE HOJA ( $F_h$ )
<b>EMPUJE FACIL:</b> Cuchilla llena, tierra suelta, bajo contenido de agua, terrenos arenosos, tierra común, materiales amontonados	0.90 - 1.10
<b>EMPUJE PROMEDIO:</b> tierra suelta pero imposible de empujar con cuchilla llena, suelo con grava, arena y roca triturada	0.70 - 0.90
<b>EMPUJE DE DIFICULTAD MODERADA:</b> contenido alto de agua, arcilla pegajosa con cascajo, arcilla seca y dura, suelo natural	0.60 - 0.70
<b>EMPUJE DIFICIL:</b> roca dinamitada o fragmentos grandes de rocas	0.40 - 0.60

*Fuente: Komatsu (1994)*

### 6.2.2 FACTOR DE PENDIENTE.

Dependiendo de la altura de la pendiente, la maquina debe esforzarse un poco más o menos, ya sea en sentido de la pendiente o contrario.

*Tabla 9 Factor de pendiente*

<b>PENDIENTE DEL TERRENO (%)</b>	<b>FACTOR (pn)</b>
15	1.20
10	1.14
5	1.07
0	1.00
-5	0.93
-10	0.86
-15	0.77

*Fuente: Lloret (2009)*

### 6.2.3 FACTOR DE TIPO DE MATERIAL.

Este factor representa el nivel de dificultad que presenta el material extraído desde su naturaleza.

*Tabla 10: Factor de tipo de material*

<b>MATERIAL</b>	<b>FACTOR "m"</b>
Suelto y amontonado, tierra. No compacta, arena, grava, suelo suave	1,00
Tierra compacta, arcilla seca, suelos con menos del 25 % de roca	0,90
Suelos duros con un contenido de roca de hasta 50 %	0,80
Roca escarificada o dinamitada, suelos con hasta 75 % de roca	0,70
Rocas areniscas y caliche	0,60

*Fuente: Lloret (2009)*

#### 6.2.4 FACTOR DE EFICIENCIA DE TRABAJO.

Corresponde al valor de evaluación sobre los factores de uso del tiempo y habilidad del operador.

*Tabla 11: Factor de eficiencia de trabajo*

CONDICIONES DE TRABAJO	“t”	“o”	“E”
Excelentes	60/60	1.0	<b>1.0</b>
Buenas	50/60	0.9	<b>0.75</b>
Regulares	45/60	0.8	<b>0.60</b>
Deficientes	40/60	0,7	<b>0.47</b>

*Fuente: Lloret (2009)*

#### 6.2.5 FACTOR DE ALTURA.

Al utilizar una maquina en gran altura puede significar una disminución de productividad, debido a la pérdida de potencia en el motor. Esto quiere decir, que debido a la altura sobre el nivel del mar, el aumento de duración del ciclo es proporcional a la disminución de potencia del motor de la maquinaria.

$$h = (\text{altura sobre el nivel del mar} - 1000 \text{ metros}) / 10000$$

#### 6.2.6 FACTOR DE CUCHARÓN O ACARREO.

La perdida de material es inminente al momento del uso del cucharón en las maquinarias, este factor representa la deducción del material acumulado en el cucharón ocasionado por derrames en la operaciones y este al mismo tiempo varía según la forma y tamaño de las partículas del suelo, así como la humedad y las condiciones de operación. Este factor es más utilizado para cargadoras frontales.



*Figura 23: Pérdida de material en operación*

*Fuente: Caterpillar Inc.(2000)*

*Tabla 12: Factor de cucharón o acarreo*

<b>Condiciones de Operación</b>	<b>Factor "k"</b>
<b>Cargado del cucharón fácil:</b> cargado desde un acopio de tierra, o desde un montón de roca excavada por otra máquina, el cucharón puede llenarse sin necesidad de utilizar la potencia de excavación. se utiliza para arena, suelo arenoso, suelo arcilloso con buen contenido de agua.	1.00 a 1.10
<b>Cargado del cucharón en condiciones promedio:</b> el cargado de tierra suelta desde el acopio es más difícil, pero se puede llenar el cucharón. se utiliza para arena, suelo arenoso, suelo arcilloso, grava a sin cernir, grava compactada y en excavación y cargado de tierra suave.	0.85 a 0.95
<b>Cargado del cucharón moderadamente difícil:</b> difícil cargar cucharón lleno. se utiliza para roca pequeña acopiada por otra máquina, roca molida, arcilla dura, arena mezclada con grava, suelo arenoso, suelo arcilloso seco.	0.80 a 0.85
<b>Cargado difícil:</b> difícil cargar el cucharón. se utiliza para rocas grandes de forma irregular que forman grandes espacios de aire, roca excavada con explosivos, piedras grandes, arena mezclada con piedras, etc.	0.75 a 0.80

*Fuente: Caterpillar Inc. (2000)*

### **6.2.7 RESISTENCIA A LA RODADURA.**

Se determina la resistencia que tiene el camino por su uso.

Tabla 13: Resistencia a la rodadura

CONDICIONES DEL CAMINO	FACTOR "r"
Plano y firme	0.98
Mal conservado pero firme	0.95
De arena y grava suelta	0.90
Blando y sin conservación	0.85

Fuente: (Lloret, 2009)

### 6.2.8 FACTOR DE CARGA ÚTIL.

Similar al factor de cucharón, este factor determina la pérdida del material durante las operaciones de carga y transporte.

Tabla 14 Factor de carga útil

TIPO DE MATERIAL	Kc
Arcilla	0.7
Arcilla Arenosa	0.8
Arena	0.9
Arcilla o arena densa mezclada con canto rodado	0.65
Tierra Magra	0.800

Fuente: (Lloret, 2009)

## 6.3 FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE RENDIMIENTOS.

### 6.3.1 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA TRACTORES CON HOJA TOPADORA.

El rendimiento de los tractores es dependiente de las dimensiones de su hoja, potencia del motor, el tipo de suelo en que se va a trabajar, su velocidad, distancia, etc.

El resultado se mide en metro cúbico por hora ( $\text{m}^3/\text{hora}$ ), el cual está basado en el volumen en que la maquina rinde en cada ciclo de trabajo y el número de ciclos que realice por hora.

Fórmula:

*Ecuación 7*

$$P = p \times N = p \times \frac{60}{T}$$

**Donde:**

$P$  = Producción por hora ( $\text{m}^3/\text{hora}$ )

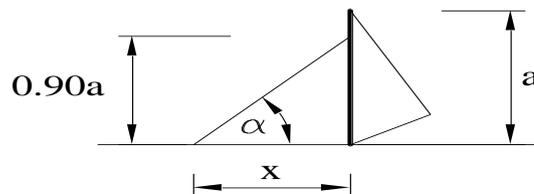
$p$  = Producción por ciclo ( $\text{m}^3/\text{ciclo}$ )

$N$  = Número de ciclos por hora =  $60 / T$

$T$  = Tiempo de duración de un ciclo en minutos

### **Producción por ciclo**

Valor que puede ser obtenido tanto por manuales del fabricante o por el dimensionamiento de la hoja de empuje utilizada.



$$\tan \alpha = 0.90 \times \frac{a}{x} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{0.90 \times a}{\tan \alpha}$$

$$p_C = x \times \left(0.90 \times \frac{a}{2}\right) \times L \quad \Rightarrow \quad p_C = 0.48 \times a^2 \times L$$

$\alpha$  = El ángulo varía según el tipo de hoja de empuje, pero como valor general se utilizó 40°

**Donde:**

$a$  = Alto de la hoja de empuje

$L$  = Ancho de la hoja de empuje

### **Producción Real de Tractores con Hoja de empuje**

Encontraremos la producción real con la siguiente formula, en la cual se multiplica los factores que influyen directamente en el rendimiento, anteriormente detallados. Además se debe tener en cuenta la altura sobre el nivel del mar, donde está ubicada la obra.

*Ecuación 8*

$$P = 60 * \frac{a^2 * L}{T_{\text{corregido}}} * p * f_h * m * E$$

Donde:

$F_h$  = Factor de hoja

$m$  = Factor del tipo de material

$E$  = Factor de eficiencia de trabajo

$T_{\text{corregido}} = T * (1 + h)$

### 6.3.2 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA EXCAVADORA.

El cálculo de productividad de una excavadora depende de varios factores como las dimensiones del cucharón, la profundidad de excavación, el tipo de suelo, entre otros. El resultado también es expresado en metros cúbicos sobre horas y a continuación describiré las maneras más eficientes para el uso de la máquina excavadora.

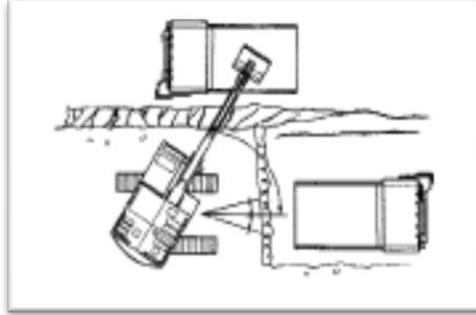
- **Altura del banco y distancia ideales del volquete:** Cuando el suelo es estable, la excavadora puede situarse encima para proceder sus operaciones. La altura del banco debe aproximarse a la longitud de su brazo. En cambio cuando el suelo es inestable, la altura del banco debe disminuir. El volquete debe posicionarse, de tal manera en que su caja este alineada debajo del pasador de articulación del brazo de la excavadora.



*Figura 24: Ciclo de excavadora*

*Fuente: Mamani (2010)*

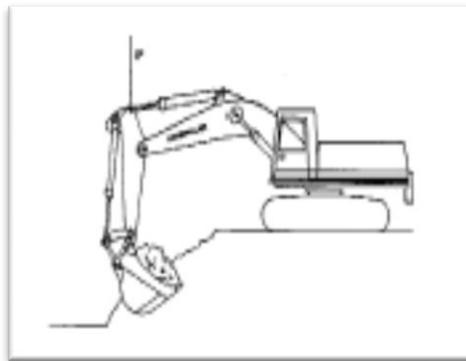
- **Ángulo de giro óptimo:** Es aconsejable trabajar a un giro de  $15^\circ$  en cada lado desde el centro de la maquinaria o también a la misma distancia del ancho de tren de rodaje. El volquete debe situarse lo más cerca posible al eje central.



*Figura 25: Ángulo de giro óptimo*

*Fuente: Mamani (2010)*

- **Distancia ideal para trabajo en borde:** Se debe colocar el brazo de la excavadora verticalmente de tal manera en que reduzca su fuerza, alcanzando su carga máxima. Al estar muy alejado se pierde tiempo al sacar el brazo, en la siguiente imagen se puede ver una situación ideal de excavación.



*Figura 26: Uso de excavadora en bordes*

*Fuente: Mamani (2010)*

### **6.3.2.1 CICLO DE TRABAJO (T).**

El ciclo de trabajo de una excavadora depende de la dureza del suelo en que se va a trabajar, su profundidad, el tamaño del cucharón, el ángulo de giro y la ubicación del volquete o equipo en que va a transportar la carga.

Un ciclo comprende en 4 etapas:

1. Carga del cucharón
2. Giro con carga
3. Descarga
4. Giro sin carga

Las condiciones de trabajo varían según el giro y el tamaño del cucharón, como se había explicado antes, en la siguiente tabla encontraremos tiempos de duración de ciclos, encontrados en el Manual de uso por (Caterpillar Inc., 2000), los cuales se utilizan para el cálculo de rendimiento más adelante.

*Tabla 15: Duración de ciclo de trabajo para excavadora*

CONDICIONES DE TRABAJO	ANGULO DE GIRO Y TAMAÑO DEL CUCHARON EN m <sup>3</sup>							
	Angulo de 45 a 90°				Angulo de 90 a 1 SO"			
	< 0,5 m <sup>3</sup>	0,5 a 1 m <sup>3</sup>	1 a 2 m <sup>3</sup>	2 a 3 m <sup>3</sup>	< 0,5 m <sup>3</sup>	0,5 a 1 m <sup>3</sup>	1 a 2 m <sup>3</sup>	2 a 3 m <sup>3</sup>
<b>Fácil</b>	0,27	0,33	0,38	0,44	0,36	0,40	0,44	0,55
<b>Promedio</b>	0,35	0,43	0,49	0,57	0,47	0,52	0,57	0,72
<b>Difícil</b>	0,40	0,50	0,57	0,66	0,54	0,60	0,66	0,83

*Fuente: Caterpillar Inc.(2000)*

### 6.3.2.2 FÓRMULA DE RENDIMIENTO PARA EXCAVADORAS.

Para el cálculo de rendimiento utilizaremos factores explicados anteriormente.

*Ecuación 9*

$$P = \frac{p \times 60 \times m \times k \times E}{T_{\text{corregido}}}$$

**Donde:**

**P** = Producción por hora ( $\text{m}^3/\text{hora}$ )

**p** = Producción por ciclo ( $\text{m}^3/\text{ciclo}$ )

**k** = Factor de cucharón

**m** = Factor del material

**E** = Factor de eficiencia de trabajo

**T** = Tiempo de duración de un ciclo en minutos

**T<sub>corregido</sub>** =  $T \cdot (1 + h)$

### **6.3.3 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA COMPACTADORES.**

La productividad de un equipo de compactación es dependiente del ancho y peso de los rodillos que posea, el tipo de suelo, la velocidad de trabajo, la cantidad de pasadas necesarias para la obtención de una densidad específica, etc.

#### **6.3.3.1 FÓRMULA DE RENDIMIENTO COMPACTADORES.**

Para esta fórmula se debe tener en cuenta los factores tanto de eficiencia de trabajo como de altura. Los valores de velocidades, anchos de compactación, número de pasadas y espesor de capas, dependen del tipo de compactador. Dichos valores expuestos en tablas, serán proporcionados a continuación de acuerdo a (Lloret, 2009).

## Velocidad de operación

Para condiciones promedio se deben utilizar los siguientes valores.

*Tabla 16: Velocidad de operación compactadores*

<b>TIPO DE COMPACTADOR</b>	<b>VELOCIDAD (Km/Hora)</b>
Compactador Neumático	2.0 a 4.0 km/ h
Rodillo Vibratorio (liso o pata de cabra)	2.5 a 4.5 km/h

*Fuente: Lloret (2009)*

## Ancho efectivo de compactación

Ancho de rodillo menos ancho de traslape o "W".

*Tabla 17: Ancho efectivo de compactación*

<b>TIPO DE COMPACTADOR</b>	<b>ANCHO EFECTIVO "W" (m)</b>
Compactador Neumático	0.30 m
Rodillo Vibratorio (liso o pata de cabra)	0.20 m
Rodillo Vibratorio Pequeño	0.10 m

*Fuente: Lloret (2009)*

## Número de pasadas

Es la cantidad de pasadas del compactador sobre la superficie, para la obtención de la densidad adecuada, según previas especificaciones de obra. Si no posee este valor, puede utilizarse los siguientes:

Tabla 18: Número de pasadas

TIPO DE COMPACTADOR	NÚMERO DE PASADAS
Compactador Neumático	6 a 10 pasadas
Rodillo Vibratorio (liso o pata de cabra)	8 a 12 pasadas

Fuente: Lloret (2009)

### Espesor de capa compactado

El espesor es determinado de acuerdo a las especificaciones de obra, debido a estudios previos. Como valores generales, el espesor varía entre 0.15 a 0.50 m.

Para obtener la productividad se deben utilizar los valores antes mencionados en la siguiente fórmula:

Ecuación 10

$$P = \frac{W \times V \times E \times H}{N_{\text{corregido}}} = \frac{m^3}{\text{hora}}$$

#### Donde:

$P$  = Productividad

$W$  = Ancho efectivo de compactación

$N_{\text{corregido}} = N \times (1 + h)$

$N$  = Número de pasadas

$H$  = Espesor de capa

$E$  = Factor de eficiencia de trabajo

### 6.3.4 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA VOLQUETES.

Los volquetes dependen para su producción de velocidad, distancias, características del equipo de carga, de su misma capacidad para acarrear, etc.

#### 6.3.4.1 NÚMERO DE CICLOS PARA LLENADO DE VOLQUETE.

Es necesario calcular el número de ciclos para posteriormente utilizarlo en la fórmula de productividad. Este ciclo corresponde a la máquina de carga encargada de llenar el volquete.

*Ecuación 11*

$$n = \frac{C_n}{d_S \times V_C \times K}$$

**Donde:**

$n$  = Número de ciclos para llenado de volquete

$C_n$  = Capacidad nominal del volquete (m<sup>3</sup>)

$d_S$  = Densidad del material suelto

$V_C$  = Volumen del cucharón del equipo de carga

$K$  = Factor de cucharón o acarreo

#### 6.3.4.2 PRODUCCIÓN POR CICLO DEL VOLQUETE.

Una vez calculado el número de ciclos se debe multiplicar por el volumen del cucharón del mismo equipo de carga, obteniendo un valor en m<sup>3</sup> propio de la producción por ciclo.

*Ecuación 12*

$$C = n \times V_C$$

**Donde:**

$C$  = Producción por ciclo del volquete ( $m^3$ )

$n$  = Número de ciclos para llenado de volquete

$V_C$  = Volumen del cucharón del equipo de carga

#### **6.3.4.3 DURACIÓN DE CICLO.**

El ciclo de trabajo de un volquete consta de las siguientes partes:

##### **Tiempo de carga " $t_1$ "**

Como dice el nombre, es el tiempo en que demora llenarse el volquete dependiendo de su capacidad y del equipo de carga. Este tiempo puede ser calculado como también medido directamente en obra. Se calcula con la siguiente fórmula:

*Ecuación 13*

$$t_1 = n \times T_e$$

**Donde:**

$t_1$  = Tiempo de carga

$n$  = Número de ciclos necesarios para llenar el volquete

$T_e$  = Tiempo de ciclo del equipo de carga

## Tiempo fijo

Está conformado por dos variables:

$t_2$ = Suma del tiempo de descarga de material con el tiempo de espera para iniciar la operación.

$t_3$ = Tiempo utilizado para maniobrar el volquete y para que la máquina de carga comience a llenarlo.

Se pueden utilizar los siguientes valores, de acuerdo a las condiciones en que se opera.

*Tabla 19: Tiempos fijos*

CONDICION DE OPERACION	$t_2$ (min)	$t_3$ (min)	$t_f = t_2 + t_3$
Favorables	0.5-0.7	0.10-0.20	<b>0.60-0.90</b>
Promedio	1.0-1.3	0.25-0.35	<b>1.25-1.65</b>
Desfavorables	1.5-2.0	0.40-0.50	<b>1.90-2.50</b>

*Fuente: Lloret (2009)*

## Tiempo de acarreo $t_a$

Tiempo utilizado para la movilización del volquete lleno desde la cantera hasta la obra. Este tiempo se lo puede calcular de la siguiente manera:

*Ecuación 14*

$$t_a = \frac{D}{V_C}$$

**Donde:**

$t_a$ = Tiempo de acarreo

$D$  = Distancia de acarreo

$V_C$  = Velocidad del volquete cargado

**Tiempo de retorno  $t_r$**

Tiempo necesario en que el volquete retorna al lugar de carga, o en este caso la cantera. Así como en el tiempo de acarreo, depende de la distancia y la velocidad del volquete.

*Ecuación 15*

$$t_r = \frac{D}{V_R}$$

**Donde:**

$t_r$  = Tiempo de retorno

$D$  = Distancia de acarreo

$V_R$  = Velocidad del volquete vacío (m/min)

Una vez calculadas todas las partes, se procede a sumar todos los tiempos para la obtención del tiempo de ciclo completo o  $T_v$ .

*Ecuación 16*

$$T_V = t_f + t_1 + t_a + t_R$$

Para condiciones promedio se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 20: Tiempo de trabajo para volquetes

CONDICIONES DE TRABAJO		VELOCIDAD EN KM/ HORA		
		D<1KM	D=295KM	D>5KM
CON CARGA	Camino plano	15-20	25-30	30-36
	Con subidas y bajadas	10-15	12-16	13-17
SIN CARGA	Camino plano	20-25	30-40	40-50
	Con subidas y bajadas	15-20	25-35	30-40

Fuente: Lloret (2009)

#### 6.3.4.4 FÓRMULA DE RENDIMIENTO PARA VOLQUETES.

El cálculo para el rendimiento de volquetes utiliza factores adecuados a la resistencia de rodadura, pendiente, además de eficiencia y operación del trabajo. Este último factor, puede tener valores altos, ya que depende de la oferta de choferes calificados.

Ecuación 17

$$P = \frac{C \times 60 \times pn \times r \times E}{T_{\text{corregido}}}$$

**Donde:**

$P$  = Productividad

$C$  = Producción por ciclo del volquete

$pn$  = Factor de pendiente

$r$  = Resistencia a la rodadura

$E$  = Factor de eficiencia de trabajo

$$T_{\text{corregido}} = T_V \times (1 + h)$$

### 6.3.5 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA TANQUEROS DE AGUA.

Para calcular productividad del camión tanquero de agua, se debe tomar en cuenta los siguientes factores: distancia de recorrido, velocidades, capacidad de bomba, etc.

#### 6.3.5.1 DURACIÓN DE CICLO.

El ciclo de trabajo de un tanquero de agua consta de las siguientes partes:

##### Tiempo de carga " $t_1$ "

Tiempo que demora cargar el tanque, utilizando la bomba o por medio de gravedad. Este tiempo va de acuerdo al tipo de bomba.

- Para una bomba de 2"       $J = 215 \text{ l/min}$
- Para una bomba de 3"       $J = 480 \text{ l/min}$
- Para una bomba de 4"       $J = 850 \text{ l/min}$

##### Tiempo fijo " $t_F$ "

Tiempo estimado ocupado para maniobrar el camión hasta el punto de descarga de agua. El tiempo promedio va entre los valores de 1 a 1.5 min.

##### Tiempo de descarga " $t_2$ "

Tiempo ocupado para que el agua se vacíe completamente a través del regador en la superficie de trabajo. Se utiliza la siguiente fórmula:

*Ecuación 18*

$$t_2 = \frac{C}{J_V}$$

**Donde:**

$t_2$  = Tiempo de descarga

$C$  = Capacidad del tanque en litros

$J_V$  = Caudal de vaciado (400-600 l/min)

**Tiempo de acarreo  $t_a$**

Tiempo utilizado para la movilización del tanquero lleno desde la fuente hasta la obra. Este tiempo se lo puede calcular de la siguiente manera:

*Ecuación 19*

$$t_a = \frac{D}{V_C}$$

**Donde:**

$t_a$  = Tiempo de acarreo

$D$  = Distancia de acarreo

$V_C$  = Velocidad del tanquero cargado (m/min)

### **Tiempo de retorno $t_r$**

Tiempo necesario en que el tanquero retorna al lugar de carga, o en este caso la cantera. Así como en el tiempo de acarreo, depende de la distancia y la velocidad del camión.

*Ecuación 20*

$$t_r = \frac{D}{V_R}$$

**Donde:**

$t_r$  = Tiempo de retorno

$D$  = Distancia de acarreo

$V_R$  = Velocidad del tanquero vacío (m/min)

Una vez calculadas todas las partes, se procede a sumar todos los tiempos para la obtención del tiempo de ciclo completo o  $T_A$ .

*Ecuación 21*

$$T_A = t_f + t_1 + t_a + t_R + t_2$$

### **6.3.5.2 FÓRMULA DE RENDIMIENTO PARA TANQUEROS DE AGUA.**

El resultado de productividad del camión tanquero de agua va acorde al volumen de la zona por hidratar.

*Ecuación 22*

$$P = \frac{600 \times C}{d_S \times T_A}$$

**Donde:**

$P$  = Productividad

$C$  = Capacidad del tanque en litros

$d_S$  = Densidad del material suelto

$T_A$  = Tiempo de duración de ciclo

#### **6.4 APLICACIÓN AL CASO DE ESTUDIO.**

Explicados los cálculos de las diferentes maquinarias, se utilizará los datos tomados en campo para obtener los resultados de sus rendimientos individuales. Se elaboraron fichas, las cuales calculan automáticamente la productividad. Estos formatos necesitan llenarse con los diferentes valores de factores anteriormente explicados, que son de gran incidencia para los resultados finales. Los factores son particulares de la obra PIADY.

## 6.4.1 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA TRACTOR DE LA OBRA

Tabla 21: Cálculo de rendimiento de maquinarias

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>					
<b>MAQUINA :</b> TRACTOR			<b>MARCA :</b> CATERPILLAR		
<b>MODELO :</b> D5G LGP			<b>MOTOR POTENCIA :</b> 99 Hp		
<b>DATOS MAQUINARIA</b>					
Altura de Hoja		<b>a =</b>	1,2	metros	
Longitud de Hoja		<b>L =</b>	3	metros	
Distancia de Corte		<b>d =</b>	12	metros	
Distancia de Empuje		<b>D =</b>	12,5	metros	
Velocidad de Avance		<b>A =</b>	90	m/min	
Velocidad de Retroceso		<b>R =</b>	150	m/min	
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>					
Altura sobre nivel del mar			13	metros	
Factor Volumétrico		<b>Fv =</b>	0,86		
Factor de Compresibilidad		<b>Fc =</b>	0,7		
Factor de tiempo		<b>t =</b>	0,38		
Factor de Mano de Obra		<b>o =</b>	0,9		
Factor de Eficiencia de Trabajo		<b>E =</b>	0,342		
Factor de Hoja		<b>Fh =</b>	0,9		
Factor de Material		<b>m =</b>	1		
Factor de Pendiente		<b>p =</b>	1		
Incremento del ciclo por Altura		<b>h =</b>	0		
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>					
PRODUCTIVIDAD POR CICLO		<b>Pc =</b>	1,77	M <sup>3</sup>	
DURACION DEL CICLO		<b>T =</b>	0,57	min	
PRODUCTIVIDAD		<b>P =</b>	57,50	M <sup>3</sup> /H	
PRODUCTIVIDAD EN BANCO		<b>Pb =</b>	49,45	M <sup>3</sup> /H	
PRODUCTIVIDAD COMPACTADA		<b>Pc =</b>	34,61	M <sup>3</sup> /H	

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

## 6.4.2 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA EXCAVADORA DE LA OBRA

Tabla 22: Cálculo de rendimiento de maquinarias para Excavadora Doosan

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>				
<b>MÁQUINA :</b>	EXCAVADORA	<b>MARCA :</b>	DOOSAN	
<b>MODELO :</b>	340	<b>MOTOR PT:</b>	247 hp	
<b>DATOS MAQUINARIA</b>				
Producción por ciclo		$\rho =$	1,48	M <sup>3</sup>
Capacidad Max Cucharón		$\tilde{C} =$	1410	Kg
Ángulo de Giro		$=$	60	°
Duración del Ciclo		$T =$	0,35	min
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>				
Altura sobre nivel del mar			11	m
Factor Volumétrico		$F_v =$	0,86	
Factor de Compresibilidad		$F_c =$	0,7	
Factor de tiempo		$t =$	0,38	
Factor de Mano de Obra		$o =$	1	
Factor de Eficiencia de Trabajo		$E =$	0,38	
Factor de Carga Útil		$K =$	1,05	
Factor de Material		$m =$	1	
Incremento del ciclo por Altura		$h =$	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>				
PRODUCTIVIDAD		$P =$	101,23	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Tabla 23: Cálculo de rendimiento para excavadora Hyundai 210 lc-7

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>					
<b>MÁQUINA :</b>	EXCAVADORA	<b>MARCA :</b>	Hyundai		
<b>MODELO :</b>	210 LC-7	<b>MOTOR POTENCIA :</b>	112 HP		
<b>DATOS MAQUINARIA</b>					
Producción por ciclo		<b>q =</b>	1,25	M <sup>3</sup>	
Capacidad Max Cucharon		<b>C =</b>	5850	Kg	
Ángulo de Giro		<b>=</b>	0,9	°	
Duración del Ciclo		<b>T =</b>	0,44	min	
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>					
Altura sobre nivel del mar			11	metros	
Factor Volumétrico		<b>Fv =</b>	0,86		
Factor de Compresibilidad		<b>Fc =</b>	0,7		
Factor de tiempo		<b>t =</b>	0,38		
Factor de Mano de Obra		<b>o =</b>	1		
Factor de Eficiencia de Trabajo		<b>E =</b>	0,38		
Factor de Carga Útil		<b>K =</b>	1,05		
Factor de Material		<b>m =</b>	1		
Incremento del ciclo por Altura		<b>h =</b>	0		
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>					
PRODUCTIVIDAD		<b>P =</b>	68,01	M <sup>3</sup> /H	

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

### 6.4.3 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA COMPACTADORES DE LA OBRA

Tabla 24: Cálculo de rendimiento Rodillo Ingersoll rand

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>				
<b>MÁQUINA :</b>	COMPACTADOR Rodillo		<b>MARCA :</b>	Ingersoll rand
<b>MODELO :</b>	sd 100/105 tf series		<b>MOTOR POTENCIA :</b>	180 hp
<b>DATOS MAQUINARIA</b>				
Ancho del compactador		<b>L =</b>	2,13	metros
Ancho efectivo de compactación		<b>W =</b>	2,1	metros
Ancho de Traslape		<b>Lo =</b>	0,2	metros
Velocidad de Trabajo		<b>V =</b>	2190	m/h
Número de pasadas		<b>N =</b>	6	
Espesor capa terraplén suelto		<b>Hs =</b>	1,2	metros
Espesor capa de terraplén compactado		<b>Hc =</b>	0,4	metros
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>				
Altura sobre nivel del mar			12	metros
Factor Volumétrico		<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad		<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo		<b>t =</b>	0,38	
Factor de Mano de Obra		<b>o =</b>	0,1	
Factor de Eficiencia de Trabajo		<b>E =</b>	0,5	
Incremento del ciclo por Altura		<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>				
PRODUCTIVIDAD EN AREA		<b>Pa =</b>	383,25	M <sup>2</sup> /H
PRODUCTIVIDAD EN VOLUMEN (suelto)		<b>P =</b>	459,90	M <sup>3</sup> /H
PRODUCTIVIDAD EN VOLUMEN (compactado)		<b>Pc =</b>	153,30	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Tabla 25: Cálculo de rendimiento Rodillo Ammann ASC 120

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>				
<b>MÁQUINA :</b>	COMPACTADOR	<b>MARCA :</b>	Ammman	
<b>MODELO :</b>	Liso Mono cilindrico Asc 120	<b>MOTOR POTENCIA :</b>	110 HP	
<b>DATOS MAQUINARIA</b>				
Ancho del compactador		<b>L =</b>	2,13	metros
Ancho efectivo de compactación (L-Lo)		<b>W =</b>	1,93	metros
Ancho de Traslape		<b>Lo =</b>	0,2	metros
Velocidad de Trabajo		<b>V =</b>	2190	m/h
Número de pasadas		<b>N =</b>	7	
Espesor capa terraplén suelto		<b>Hs =</b>	1,2	metros
Espesor capa de terraplén compactado		<b>Hc =</b>	0,4	metros
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>				
Altura sobre nivel del mar			12	metros
Factor Volumétrico		<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad		<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo		<b>t =</b>	0,38	
Factor de Mano de Obra		<b>o =</b>	0,1	
Factor de Eficiencia de Trabajo		<b>E =</b>	0,5	
Incremento del ciclo por Altura		<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>				
PRODUCTIVIDAD EN AREA		<b>Pa =</b>	301,91	M <sup>2</sup> /H
PRODUCTIVIDAD EN VOLUMEN (suelto)		<b>P =</b>	362,29	M <sup>3</sup> /H
PRODUCTIVIDAD EN VOLUMEN (compactado)		<b>Pc =</b>	120,76	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Tabla 26: Cálculo de rendimiento rodillo Volvo SD105

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>				
<b>MÁQUINA :</b>	COMPACTADOR	<b>MARCA :</b>	Volvo	
<b>MODELO :</b>	Liso Mono cilindrico SD105	<b>MOTOR POTENCIA :</b>	130 HP	
<b>DATOS MAQUINARIA</b>				
Ancho del compactador		<b>L =</b>	2,13	metros
Ancho efectivo de compactación (L-Lo)		<b>W =</b>	1,93	metros
Ancho de Traslape		<b>Lo =</b>	0,2	metros
Velocidad de Trabajo		<b>V =</b>	2190	m/h
Número de pasadas		<b>N =</b>	7	
Espesor capa terraplén suelto		<b>Hs =</b>	1,2	metros
Espesor capa de terraplén compactado		<b>Hc =</b>	0,4	metros
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>				
Altura sobre nivel del mar			12	metros
Factor Volumétrico		<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad		<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo		<b>t =</b>	0,38	
Factor de Mano de Obra		<b>o =</b>	0,1	
Factor de Eficiencia de Trabajo		<b>E =</b>	0,5	
Incremento del ciclo por Altura		<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>				
PRODUCTIVIDAD EN AREA		<b>Pa =</b>	301,91	M <sup>2</sup> /H
PRODUCTIVIDAD EN VOLUMEN (suelto)		<b>P =</b>	362,29	M <sup>3</sup> /H
PRODUCTIVIDAD EN VOLUMEN (compactado)		<b>Pc =</b>	120,76	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

#### 6.4.4 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA VOLQUETES DE LA OBRA

Tabla 27: Cálculo de rendimiento volquete Mercedes Benz

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>			
<b>MÁQUINA :</b> VOLQUETE mula		<b>MARCA :</b> Mercedes benz	
<b>CAPACIDAD :</b> 14 m <sup>3</sup>		<b>MOTOR POTENCIA :</b> 320 HP	
<b>DATOS MAQUINARIA</b>			
Capacidad Nominal del Volquete	<b>Cn =</b>	14	M <sup>3</sup>
Tiempo Fijo	<b>tF =</b>	1,65	min
Distancia de Trabajo	<b>D =</b>	3200	m
Velocidad con Carga	<b>Vc =</b>	600	m/min
Velocidad de Retorno	<b>Vr =</b>	750	m/min
<b>DATOS DEL EQUIPO DE CARGA</b>			
Densidad del Material Suelto	<b>dS =</b>	1,66	Ton/M <sup>3</sup>
Volumen del cucharon del Equipo	<b>Vc =</b>	1,48	M <sup>3</sup>
Factor de Cucharon/Acarreo Equipo	<b>K =</b>	1,05	
Duracion del Ciclo del Equipo	<b>Tc =</b>	0,3	min
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>			
Altura sobre nivel del mar		12	m
Factor Volumétrico	<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad	<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	0,7	
Factor de Mano de Obra	<b>o =</b>	0,8	
Factor de Eficiencia de Trabajo	<b>E =</b>	0,56	
Resistencia a la rodadura	<b>r =</b>	0,9	
Factor de Pendiente	<b>p =</b>	1	
Incremento del ciclo por Altura	<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>			
Numero de Ciclos para Llenado del Volquete	<b>n =</b>	5,43	u
PRODUCCION POR CICLO DE LA VOLQUETA	<b>C =</b>	8,03	M <sup>3</sup>
DURACION DEL CICLO	<b>T =</b>	12,88	min
PRODUCTIVIDAD	<b>P =</b>	18,86	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Tabla 28: Cálculo de rendimiento volquete Mac granite 2010

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>			
<b>MAQUINA :</b> VOLQUETE		<b>MARCA :</b> Mac granite 2010	
<b>CAPACIDAD :</b> 15 M3		<b>MOTOR POTENCIA :</b> 350 HP	
<b>DATOS MAQUINARIA</b>			
Capacidad Nominal del Volquete	<b>Cn =</b>	15	M <sup>3</sup>
Tiempo Fijo	<b>tF =</b>	0,9	min
Distancia de Trabajo	<b>D =</b>	3200	metros
Velocidad con Carga	<b>Vc =</b>	550	m/min
Velocidad de Retorno	<b>Vr =</b>	860	m/min
<b>DATOS DEL EQUIPO DE CARGA</b>			
Densidad del Material Suelto	<b>dS =</b>	1,66	Ton/M <sup>3</sup>
Volumen del cucharon del Equipo	<b>Vc =</b>	1,48	M <sup>3</sup>
Factor de Cucharon/Acarreo Equipo	<b>K =</b>	1,05	
Duracion del Ciclo del Equipo	<b>Tc =</b>	0,5	min
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>			
Altura sobre nivel del mar		12	metros
Factor Volumétrico	<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad	<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	0,7	
Factor de Mano de Obra	<b>o =</b>	0,8	
Factor de Eficiencia de Trabajo	<b>E =</b>	0,56	
Resistencia a la rodadura	<b>r =</b>	0,95	
Factor de Pendiente	<b>p =</b>	1	
Incremento del ciclo por Altura	<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>			
Numero de Ciclos para Llenado del Volquete	<b>n =</b>	5,81	u
PRODUCCION POR CICLO DE LA VOLQUETA	<b>C =</b>	8,61	M <sup>3</sup>
DURACION DEL CICLO	<b>T =</b>	13,35	min
PRODUCTIVIDAD	<b>P =</b>	20,58	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Tabla 29: Cálculo volquete Sinotruck WD615.47

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>				
<b>MÁQUINA :</b>	<i>VOLQUETE</i>		<b>MARCA :</b>	SINOTRUK WD615.47
<b>CAPACIDAD :</b>	20 m <sup>3</sup>		<b>MOTOR POTENCIA :</b>	371 HP
<b>DATOS MAQUINARIA</b>				
Capacidad Nominal del Volquete		<b>Cn =</b>	20	m <sup>3</sup>
Tiempo Fijo		<b>tF =</b>	1,55	min
Distancia de Trabajo		<b>D =</b>	3200	metros
Velocidad con Carga		<b>Vc =</b>	600	metros/min
Velocidad de Retorno		<b>Vr =</b>	815	metros/min
<b>DATOS DEL EQUIPO DE CARGA</b>				
Densidad del Material Suelto		<b>dS =</b>	1,66	Ton/M <sup>3</sup>
Volumen del cucharon del Equipo		<b>Vc =</b>	1,48	M <sup>3</sup>
Factor de Cucharon/Acarreo Equipo		<b>K =</b>	1,05	
Duracion del Ciclo del Equipo		<b>Tc =</b>	0,5	min
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>				
Altura sobre nivel del mar			12	metros
Factor Volumétrico		<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad		<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo		<b>t =</b>	0,7	
Factor de Mano de Obra		<b>o =</b>	0,8	
Factor de Eficiencia de Trabajo		<b>E =</b>	0,56	
Resistencia a la rodadura		<b>r =</b>	0,9	
Factor de Pendiente		<b>pn =</b>	1	
Incremento del ciclo por Altura		<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>				
Numero de Ciclos para Llenado del Volquete		<b>n =</b>	7,75	u
PRODUCCION POR CICLO DE LA VOLQUETA		<b>C =</b>	11,47	M <sup>3</sup>
DURACION DEL CICLO		<b>T =</b>	14,69	min
PRODUCTIVIDAD		<b>P =</b>	23,63	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Tabla 30: Cálculo de rendimiento volquete Kenworth w900

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>			
<b>MÁQUINA :</b>	<i>VOLQUETE bañera</i>	<b>MARCA :</b>	Kenworth w900
<b>CAPACIDAD :</b>	30 m <sup>3</sup>	<b>MOTOR POTENCIA :</b>	500 HP
<b>DATOS MAQUINARIA</b>			
Capacidad Nominal del Volquete	<b>Cn =</b>	30	m <sup>3</sup>
Tiempo Fijo	<b>tF =</b>	1,45	min
Distancia de Trabajo	<b>D =</b>	3200	metros
Velocidad con Carga	<b>Vc =</b>	650	m/min
Velocidad de Retorno	<b>Vr =</b>	800	m/min
<b>DATOS DEL EQUIPO DE CARGA</b>			
Densidad del Material Suelto	<b>dS =</b>	1,66	Ton/M <sup>3</sup>
Volumen del cucharon del Equipo	<b>Vc =</b>	1,48	M <sup>3</sup>
Factor de Cucharon/Acarreo Equipo	<b>K =</b>	1,05	
Duracion del Ciclo del Equipo	<b>Tc =</b>	0,5	min
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>			
Altura sobre nivel del mar		12	metros
Factor Volumétrico	<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad	<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo	<b>t =</b>	0,7	
Factor de Mano de Obra	<b>o =</b>	0,8	
Factor de Eficiencia de Trabajo	<b>E =</b>	0,56	
Resistencia a la rodadura	<b>r =</b>	0,9	
Factor de Pendiente	<b>pn =</b>	1	
Incremento del ciclo por Altura	<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>			
Numero de Ciclos para Llenado del Volquete	<b>n =</b>	11,63	u
PRODUCCION POR CICLO DE LA VOLQUETA	<b>C =</b>	17,21	M <sup>3</sup>
DURACION DEL CICLO	<b>T =</b>	16,19	min
PRODUCTIVIDAD	<b>P =</b>	32,15	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

## 6.4.5 CÁLCULO DE RENDIMIENTO PARA TANQUERO DE AGUA DE LA OBRA

Tabla 31: Cálculo de Tanquero de agua Hino ranger

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>				
<b>MÁQUINA :</b> CAMION CISTERNA		<b>MARCA :</b> Hino fd176b ranger		
<b>CAPACIDAD :</b>	2500 lts	<b>MOTOR POTENCIA :</b>	220 HP	
<b>DATOS MAQUINARIA</b>				
Capacidad del Tanque		<b>C =</b>	2500	L
Distancia de Transporte		<b>D =</b>	100	metros
Velocidad con Carga		<b>Vc =</b>	100	metros/min
Velocidad de Retorno		<b>Vr =</b>	600	metros/min
<b>DATOS DE LA BOMBA</b>				
Densidad del Agua		<b>dS =</b>	1450	Kg/M <sup>3</sup>
Rendimiento de la bomba		<b>J =</b>	1000	Lts/min
Caudal de vaciado (400 a 600 Lt/min)		<b>Jv =</b>	435	Lts/min
Tiempo fijo (tiempo de maniobra)		<b>tf =</b>	1,05	min
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>				
Altura sobre nivel del mar			10	metros
Factor Volumétrico		<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad		<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo		<b>t =</b>	0,7	
Factor de Mano de Obra		<b>o =</b>	0,8	
Factor de Eficiencia de Trabajo		<b>E =</b>	0,56	
Resistencia a la rodadura		<b>r =</b>	0,98	
Factor de Pendiente		<b>p =</b>	1	
Incremento del ciclo por Altura		<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>				
DURACION DEL CICLO		<b>T =</b>	10,46	M <sup>2</sup> /H
PRODUCTIVIDAD		<b>P =</b>	54,26	M <sup>3</sup> /H

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Tabla 32: Cálculo de Tanquero de agua Ford 600

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MAQUINARIAS</b>				
<b>MÁQUINA :</b> CAMION CISTERNA		<b>MARCA :</b> Ford 600		
<b>CAPACIDAD :</b>	2500 lts	<b>MOTOR POTENCIA :</b>		140 HP
<b>DATOS MAQUINARIA</b>				
Capacidad del Tanque		<b>C =</b>	2500	L
Distancia de Transporte		<b>D =</b>	100	metros
Velocidad con Carga		<b>Vc =</b>	100	m/min
Velocidad de Retorno		<b>Vr =</b>	600	m/min
<b>DATOS DE LA BOMBA</b>				
Densidad del Agua		<b>dS =</b>	1450	Kg/M <sup>3</sup>
Rendimiento de la bomba		<b>J =</b>	1000	L/min
Caudal de vaciado (400 a 600 Lt/min)		<b>Jv =</b>	400	L/min
Tiempo fijo (tiempo de maniobra)		<b>tf =</b>	1,05	min
<b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>				
Altura sobre nivel del mar			10	metros
Factor Volumétrico		<b>Fv =</b>	0,86	
Factor de Compresibilidad		<b>Fc =</b>	0,7	
Factor de tiempo		<b>t =</b>	0,7	
Factor de Mano de Obra		<b>o =</b>	0,8	
Factor de Eficiencia de Trabajo		<b>E =</b>	0,56	
Resistencia a la rodadura		<b>r =</b>	0,98	
Factor de Pendiente		<b>p =</b>	1	
Incremento del ciclo por Altura		<b>h =</b>	0	
<b>RENDIMIENTOS TOTALES</b>				
DURACION DEL CICLO		<b>T =</b>	10,97	M <sup>2</sup> /Horas
PRODUCTIVIDAD		<b>P =</b>	51,77	M <sup>3</sup> /Horas

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

*Tabla 33: Resumen de Productividad de todas las máquinas de la obra PIADY*

<b>MÁQUINA</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>MOTOR HP</b>	<b>PRODUCTIVIDAD m<sup>3</sup>/h</b>
<b>TRACTOR</b>	CATERPILLAR	D5G LGP	99	57,5
<b>EXCAVADORA</b>	DOOSAN	340	247	101,23
<b>EXCAVADORA</b>	HYUNDAI	210 LC-7	112	68,01
<b>COMPACTADOR</b>	INGERSOLL RAND	SD 100	180	766,92
<b>COMPACTADOR</b>	AMMANN	ASC 120	110	604,15
<b>COMPACTADOR</b>	VOLVO	SD 105	130	604,15
<b>VOLQUETE MULA</b>	MERCEDES BENZ		320	18,86
<b>VOLQUETE MULA</b>	MAC GRANITE	2010	350	20,58
<b>VOLQUETE MULA</b>	SINOTRUK	WD615,47	371	23,63
<b>VOLQUETE BAÑERA</b>	KENWORTH	W900	500	32,15
<b>TANQUERO DE AGUA</b>	HINO	FD186B RANGER	220	54,16
<b>TANQUERO DE AGUA</b>	FORD	600	140	51,77

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

## **6.5 RESULTADOS OBTENIDOS.**

Los resultados obtenidos de las maquinarias están acondicionados a las diferentes funciones de los equipos del caso de estudio. Para finalizar este capítulo se expondrán los valores resultantes de los cálculos anteriores.

### 6.5.1 RESULTADO PARA EL TRACTOR CATERPILLAR D5G LGP.



*Figura 27: Tractor Caterpillar D5G LGP*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

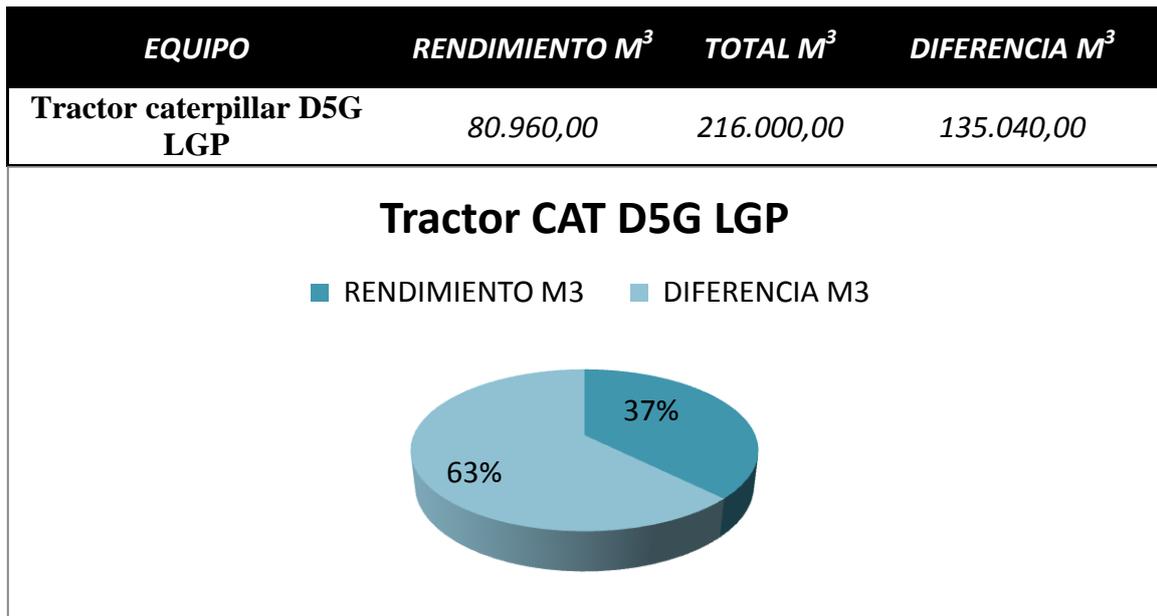
Se obtuvieron los siguientes valores:

- Productividad: 57.50 m<sup>3</sup>/h
- Productividad en banco: 49.45 m<sup>3</sup>/h
- Productividad compactada: 34.61 m<sup>3</sup>/h

Estos dos últimos resultados, se los obtuvo de la multiplicación de la productividad con los factores volumétricos y de compresibilidad del suelo. Debido a que este equipo fue no solo utilizado para operación de empuje, sino también para compactación de la superficie del terreno natural del proyecto.

Tomando en cuenta de que el tractor tiene que trabajar 8 horas al día, durante 22 días al mes, en un plazo de 8 meses, se calcula un total de : 80,960 m<sup>3</sup>.

Entonces:



*Figura 28: Rendimiento Tractor CAT D5G LGP*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

Para un plazo de 8 meses y un volumen total de 216,000 m<sup>3</sup> de material de préstamo, quiere decir que la maquinaria obtuvo un 37% de producción, respecto al volumen de trabajo ideal.

### **6.5.2 RESULTADO PARA LA EXCAVADORA DOOSAN 340.**



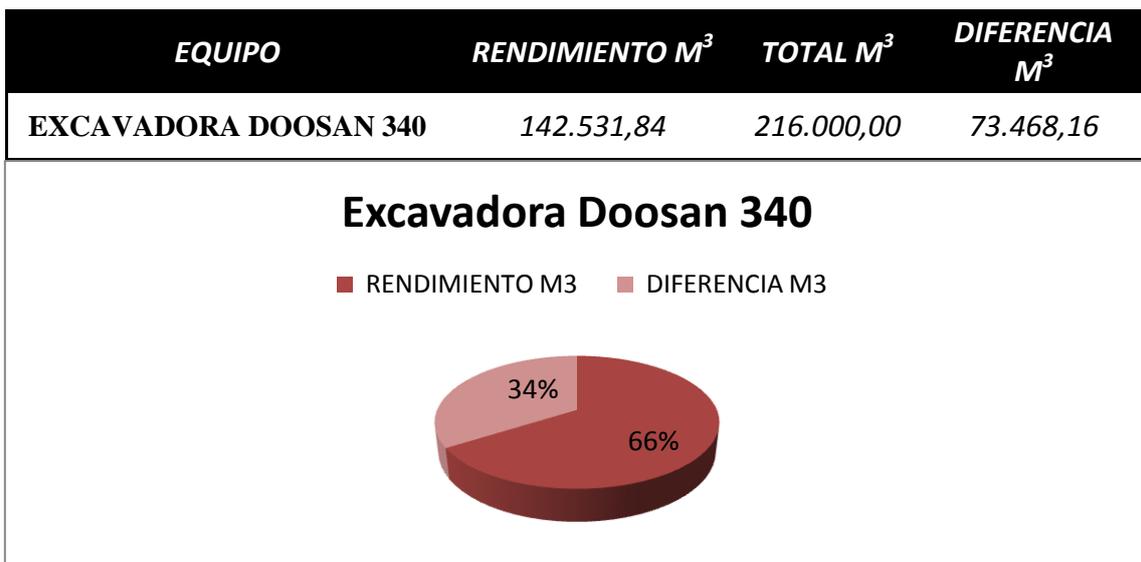
*Figura 29: Excavadora Doosan 340*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

La excavadora utilizada para desalojo de material orgánico en el terreno natural, tuvo el siguiente resultado:

Productividad: 101.23 m<sup>3</sup>/h

Es decir, para un tiempo de 8 horas durante 22 días, en un periodo de 8 meses, la excavadora Doosan tuvo un rendimiento del 66% como indica el grafico siguiente.



*Figura 30: Rendimiento excavadora Doosan 340*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

### 6.5.3 RESULTADO PARA LA EXCAVADORA HYUNDAI 210 LC-7.



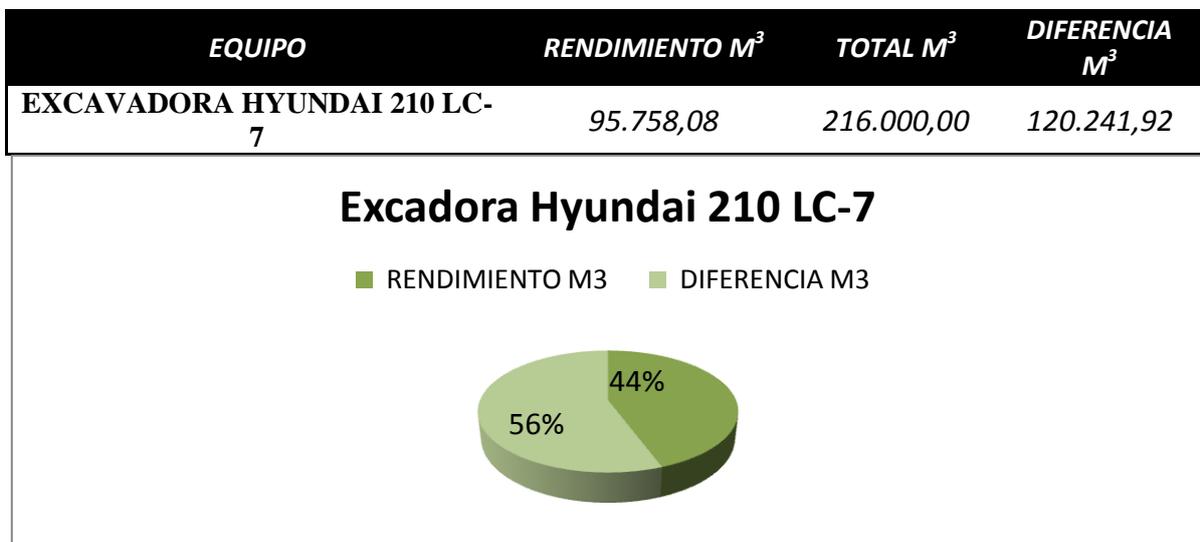
*Figura 31: Excavadora Hyndai 210 LC-7*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

En el cálculo de productividad de la excavadora Hyundai 210 LC-7 se obtuvo el siguiente resultado; Éste equipo fue también utilizado en el desalojo de material orgánico en el terreno natural.

- Productividad: 68.01 m<sup>3</sup>/h

Se logró un porcentaje del 44% en el total de rendimiento realizado, con una diferencia del 56% , para una productividad ideal. Es resultado se obtuvo de la multiplicación de las horas y días trabajados en total hasta la primera etapa del cuadrante.



*Figura 32: Rendimiento de excavadora Hyundai 210 LC-7*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

#### 6.5.4 RESULTADO PARA EL COMPACTADOR INGERSOLL RAND SD 100.



*Figura 33: Rodillo liso Ingersoll Rand SD 100*

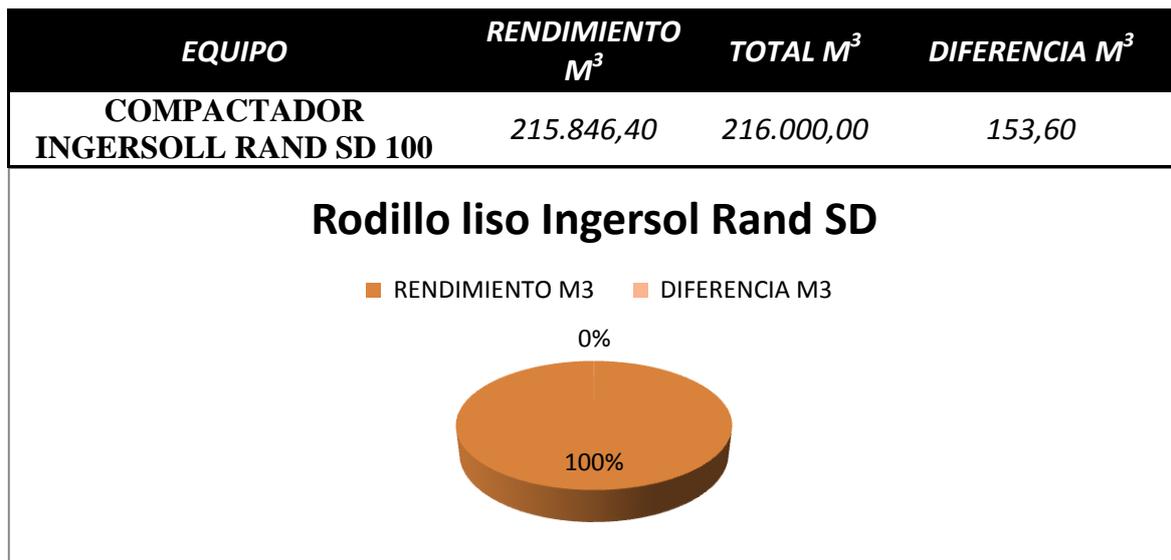
*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

Se obtuvieron los siguientes valores:

- Productividad en área: 383.25 m<sup>2</sup>/h
- Productividad para material suelto: 459.90 m<sup>3</sup>/h
- Productividad para material compactado: 153.30 m<sup>3</sup>/h

Se calculó tres distintas productividades para este equipo; la productividad en área, se refiere a cuanta superficie puede ser compactada, de acuerdo al número de pasadas determinadas. Y, para los otros dos resultados se utilizó el valor de la productividad en área, multiplicado por el espesor de capa de material suelto y compactado respectivamente.

El equipo trabaja 8 horas al día, la maquinaria obtuvo un 100% de producción, respecto al volumen de trabajo ideal, este resultado es relativo al número de compactadores usados en la obra, ya que todos tienen casi las mismas especificaciones.



*Figura 34: Rendimiento Rodillo Ingersoll Rand SD*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

El resultado del 100% de productividad va acorde a los metros cúbicos trabajados de la primera mitad de un cuadrante del proyecto.

### **6.5.5 RESULTADO PARA EL VOLQUETE MERCEDES BENZ.**



*Figura 35: Volquete mula Mercedes Benz*

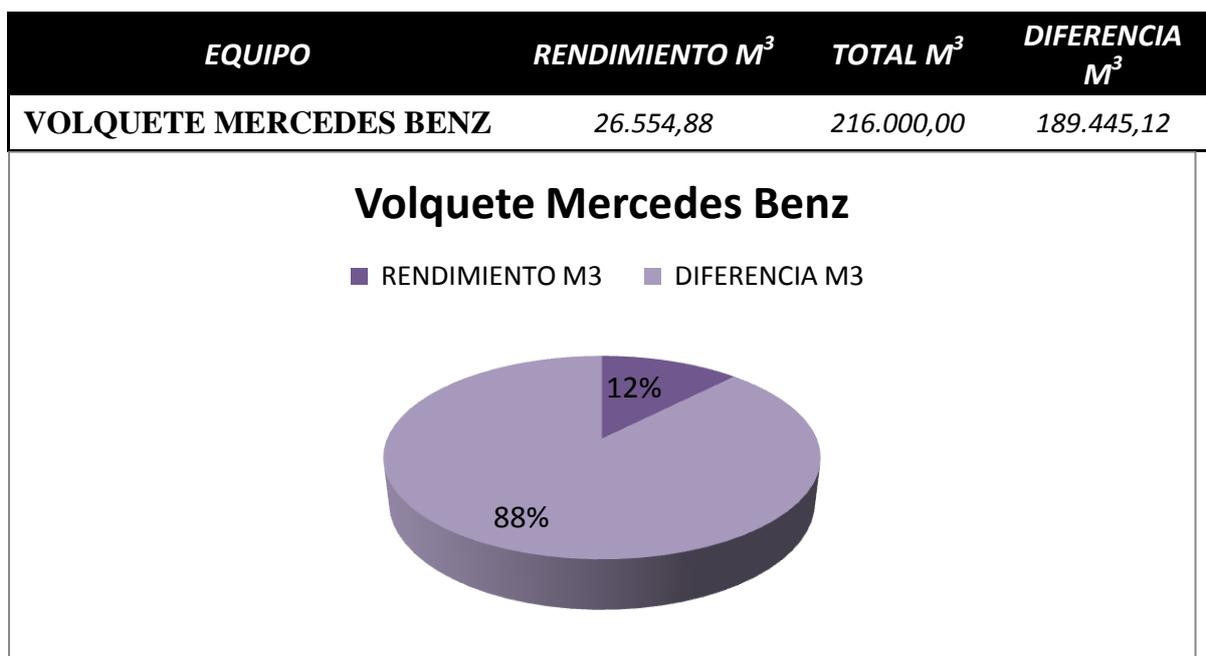
*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

El volquete Mercedes Benz tiene una capacidad de 14 m<sup>3</sup>, su función al igual que los otros volquetes es de acarrear el material de préstamo desde la cantera hasta la obra, para luego desalojarlo y posteriormente pasar por el proceso de tendido.

Se obtuvo el siguiente resultado:

- Productividad: 18.86 m<sup>3</sup>/h

Al cabo de trabajar 8 horas por día, en 8 meses, se obtiene un valor del 12% del rendimiento para este tipo de volquete.



*Figura 36: Rendimiento Volquete Mercedes Benz*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

### 6.5.6 RESULTADO PARA EL VOLQUETE MACK GRANITE.



*Figura 37: Volquete Mack granite*

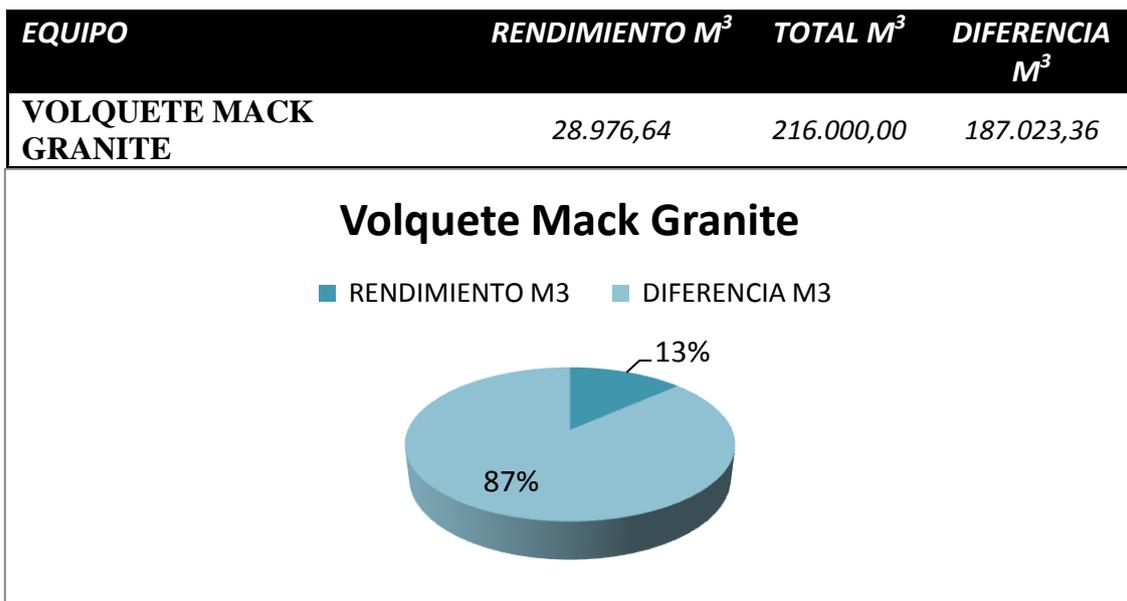
*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

Este volquete no se diferencia mucho del anterior, pues solo aumenta en un m<sup>3</sup> su capacidad.

Se obtuvo un valor de:

- Productividad: 20.58 m<sup>3</sup>/h

Se calcula un porcentaje del 13% de productividad en el equipo, trabajando 8 horas al día en 8 meses.



*Figura 38: Rendimiento volquete Mack Granite*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

### 6.5.7 RESULTADO PARA EL VOLQUETE SINOTRUCK WD 615.47.



Figura 39: Volquete Sinotruk WD 615.47

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Este volquete tiene una capacidad de 20 m<sup>3</sup>, es de tipo Mula.

Se obtuvo el siguiente resultado:

- Productividad: 23.63 m<sup>3</sup>/h.

Se obtiene un valor del 15% de rendimiento total.

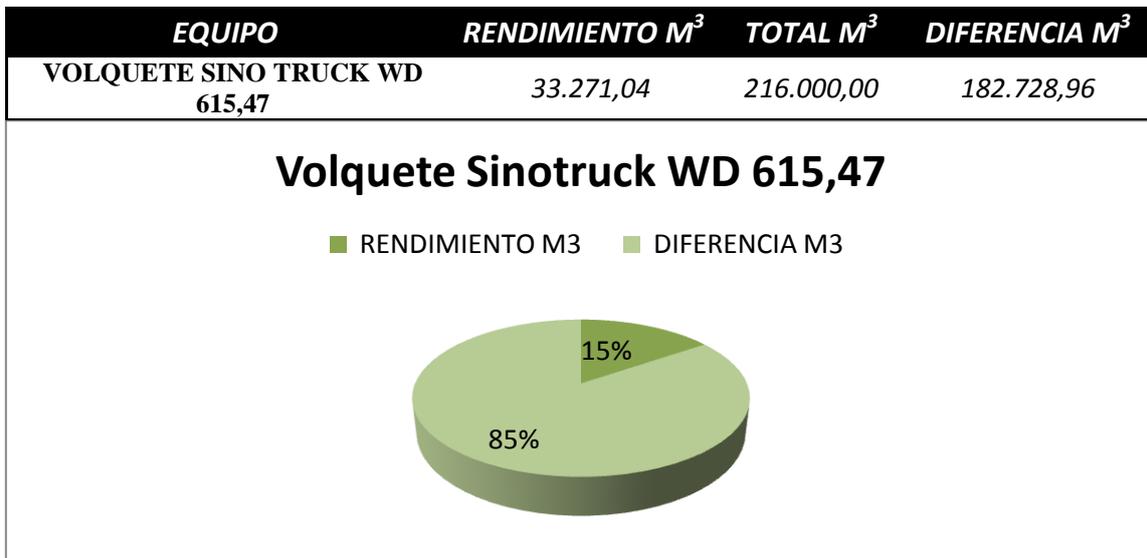


Figura 40: Rendimineto volquete Sinotruk WD 615.47

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

### 6.5.8 RESULTADO PARA EL VOLQUETE BAÑERA KENWORTH W 900.



*Figura 41: Volquete Sinotruck W 900*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

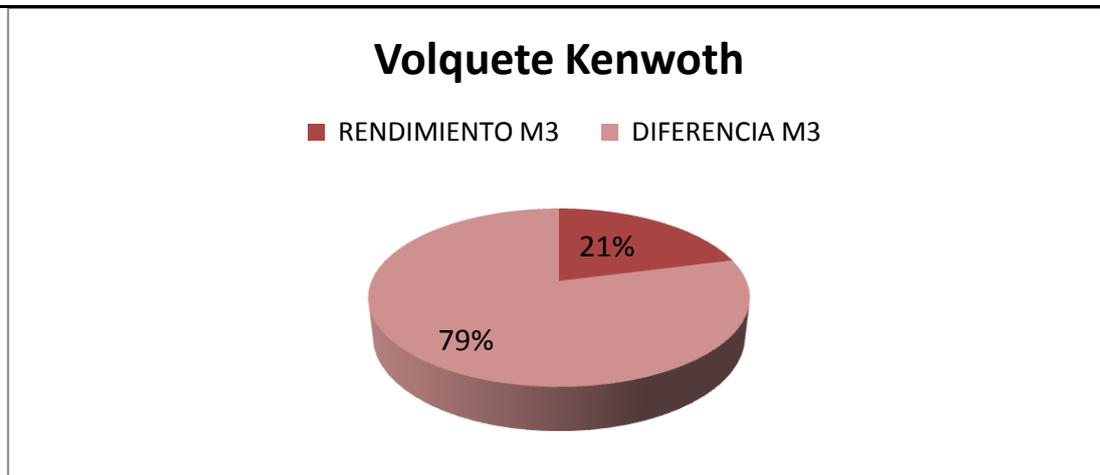
El volquete Kenworth w 900 es de tipo bañera, realizará la misma función que los otros volquetes de menor capacidad.

Su rendimiento tiene un valor de:

- Productividad: 32.15 m<sup>3</sup>/h.

Esto quiere decir que al cabo de un horario de 8 horas por día, en 8 meses, tendrá un total del 21% de rendimiento por toda el área trabajada, perteneciente a la primera mitad del cuadrante designado.

<b>EQUIPO</b>	<b>RENDIMIENTO M<sup>3</sup></b>	<b>TOTAL M<sup>3</sup></b>	<b>DIFERENCIA M<sup>3</sup></b>
<b>VOLQUETE KENWORTH W 900</b>	45.267,20	216.000,00	170.732,80



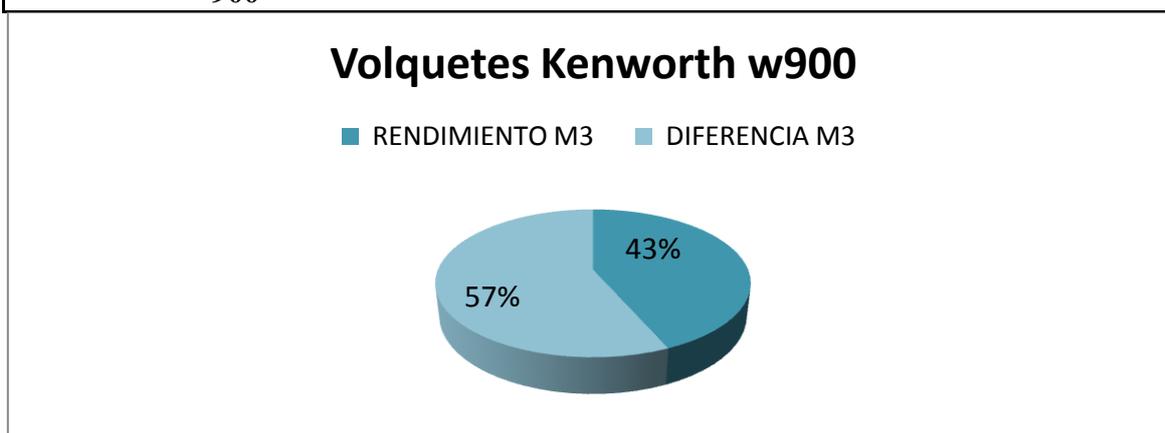
*Figura 42: Rendimiento volquete Kenworth w900*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

Este valor corresponde a solo este volquete, pero existe otra bañera de la misma marca.

Entonces, el volumen de acarreo total de las 2 bañeras es del 43% .

<b>EQUIPO</b>	<b>RENDIMIENTO M<sup>3</sup></b>	<b>TOTAL M<sup>3</sup></b>	<b>DIFERENCIA M<sup>3</sup></b>
<b>VOLQUETE KENWORTH W 900</b>	93.772,80	216.000,00	122.227,20



*Figura 43: Rendimiento volquetes Kenworth w900*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

### 6.5.9 RESULTADO PARA EL TANQUERO DE AGUA HINO RANGER.



*Figura 44: Tanquero de agua Hino Ranger*

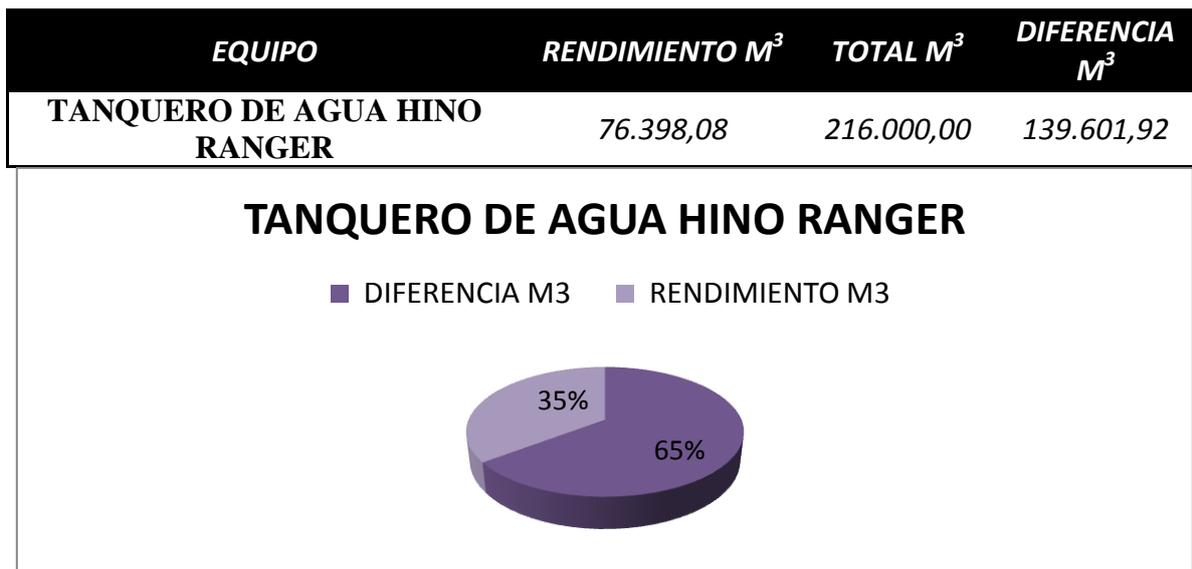
*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

El equipo cuenta con tanque de capacidad de 2500 l y utiliza como fuente el agua del canal contiguo a la obra, por eso solo se tomó en cuenta la distancia de trabajo. Este tanquero también posee una bomba utilizada para el riego del agua, con un caudal de 435 l/min.

Se obtuvo un resultado de:

- Productividad: 54.26 m<sup>3</sup>/h.

Se deduce un valor total de 76,398.08 m<sup>3</sup>, por las horas trabajadas en el periodo de realización de esta tesis. Con un porcentaje del 35% de rendimiento total en el área de trabajo.



*Figura 45: Rendimiento tanquero de agua Hino Ranger*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

#### **6.5.10 RESULTADO PARA EL TANQUERO DE AGUA FORD 600.**



*Figura 46: Tanquero de agua Ford 600*

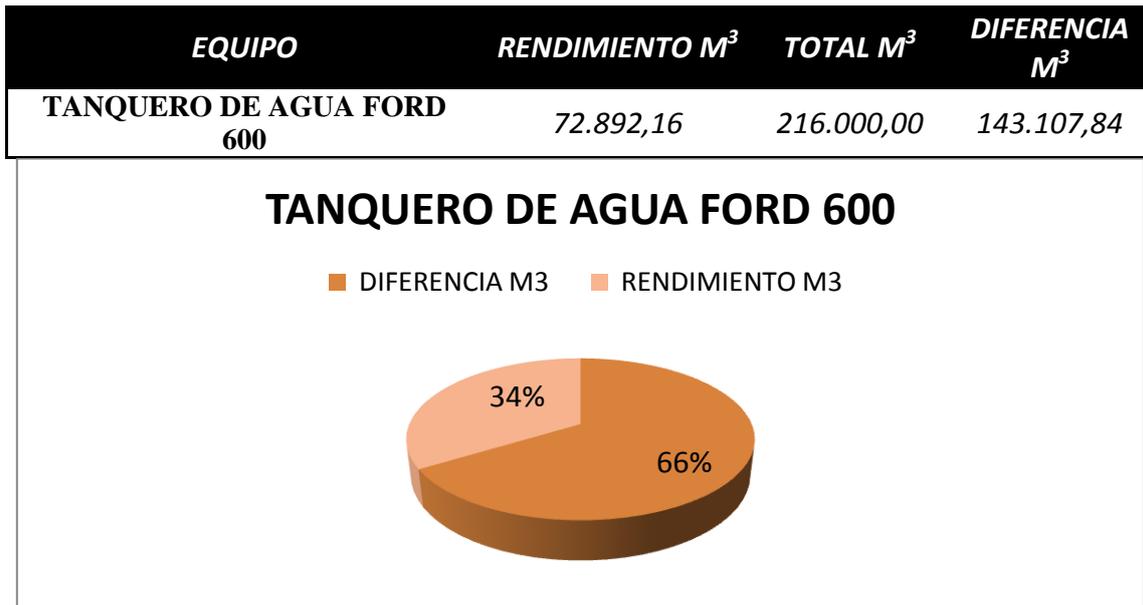
*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

También utilizó agua de la misma fuente que el tanquero anterior, teniendo la misma capacidad de 2500 l. Pero en cambio este utiliza un sistema de riego por gravedad con una llave de paso.

Obtuvo un resultado de:

- Productividad: 51.77 m<sup>3</sup>/h.

En total se regó un 34% del total del área de compactación, trabajando 8 horas al día en 8 meses.



*Figura 47: Rendimiento Tanquero de agua Ford 600*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

## COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS

---

### 7.1 GENERALIDADES.

Una empresa constructora debe estar operando de acuerdo a su capacidad de producción. La calidad que posea, así como también, la cantidad de recursos debe abastecer dentro de los plazos fijados, las acciones que se realicen para cumplir toda especificación requerida.

Cualquier obra puede ser ejecutada mediante diferentes métodos de construcción, utilizando varias maquinarias pesadas, pero para poder elaborar un trabajo, se debe de seleccionar adecuadamente el proceso y el equipo determinado, para poder así obtener resultados óptimos desde el punto de vista de la economía para la empresa.

En el mercado se ofrece una alta gama de máquina de construcción, existen en el Ecuador un estimado de 48 marcas disponibles (PATIOTuerca.com, 2015) , cada una con diferentes modelos, potencia y especificaciones para cada equipo. Una vez seleccionado el equipo, es preciso tener en cuenta el modo de uso, además del tiempo de utilización, esto va en relación con factores de tipo económico, que a la vez generan conceptos de "*vida útil*" y "*vida económica*".

## 7.2 VIDA ÚTIL.

Una máquina, durante sus días en uso o de ocio, va desgastando sus diversas partes y mecanismos, con cierta frecuencia se pueden predecir cuándo es necesario un mantenimiento o reparación. Inevitablemente el equipo llegará a un punto en que estará inhabilitada para producir, significando un gravamen para el propietario. Esto sucede cuando los gastos necesarios para que la maquinaria produzca, aventajan a las ganancias que origina.

Según (Zapata, 2013), vida útil es el tiempo durante el cual la máquina puede trabajar con un rendimiento económico satisfactorio.

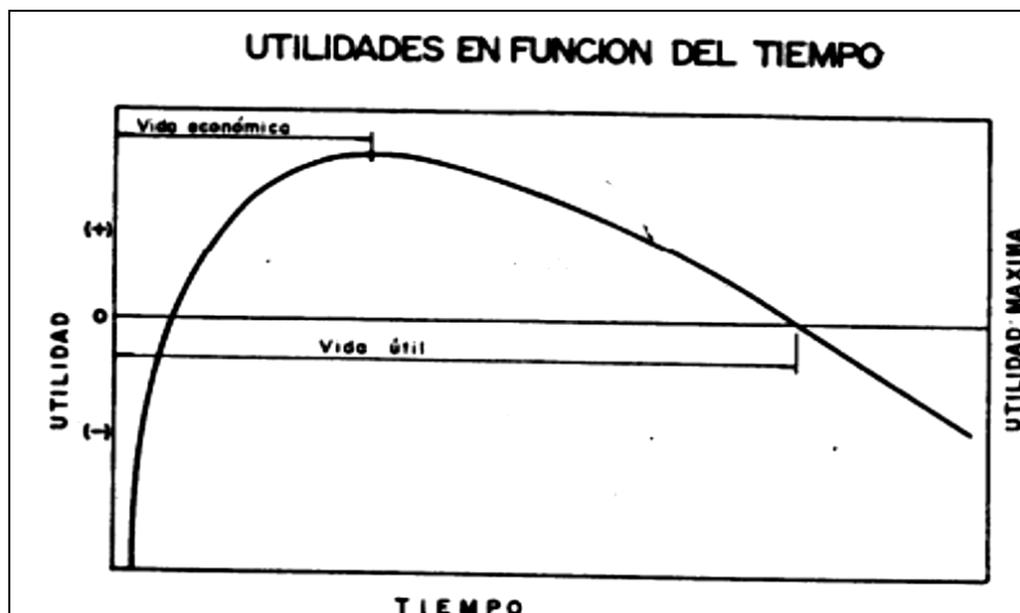


Figura 48: Utilidades en función del tiempo

Fuente: Zapata (2013)

## 7.2 VIDA ECONÓMICA.

Cuando se habla de vida económica, quiere decir que es el periodo durante el cual ésta puede operar en forma eficiente.

A medida en que aumenta la vida económica y el uso que se le da a la máquina, su productividad tiende a disminuir y los costos de operación, por el contrario aumentan, como consecuencia de los gastos por mantenimiento y conservación del equipo.

Finalmente, se deduce que después de un determinado periodo de tiempo, los costos de operación sobrepasan a las utilidades obtenidas en la producción. Una vez terminada su vida económica pueden presentarse cualquiera de estos tres casos:

- Desecho: La maquina será desechada debido a su deterioro, puede llegar a venderse como chatarra y recuperar un valor de rescate por mínimo que este sea.
- Uso bajo limitaciones: Si la maquina puede seguir trabajando, debido a su buen cuidado y calidad de uso, ésta deberá ser utilizada bajo ciertas condiciones. El equipo se verá en desventaja en comparación a los demás y se correrá riesgos imprevisibles y súbitos en el lugar de trabajo.
- Alargamiento: Cuando el estado financiero se encuentra por debajo de lo debido, el dueño de la maquinaria puede optar por el uso indefinido de esta.. Así sea que su obsolescencia sea un impedimento critico, el poseedor del equipo se ve en necesidad de continuar su operación.

### **7.3 VALOR DE RESCATE.**

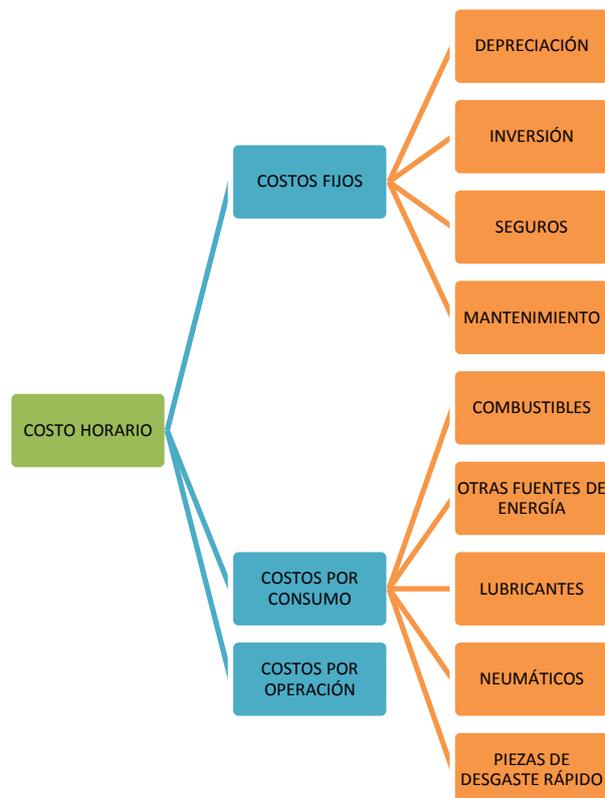
También conocido como "valor de salvamento", según (Zapata, 2013), es el valor comercial que se obtiene al final de la vida económica de una máquina. Así sea en el mínimo de uso, una maquina siempre tendrá un valor de rescate. Este valor se lo considera como un porcentaje del valor de compra de la máquina, que puede variar entre 5% al 20%. El valor de

compra o de adquisición, se considera como el precio promedio actual del equipo en el mercado.

**Nota:** Para obtener el costo horario de operación de la maquinaria, se debe considerar de que el equipo está totalmente depreciado al final de su vida económica.

#### 7.4 COSTO HORARIO DE OPERACIÓN.

El costo de operación se estima por horas trabajadas, además se incluyen elementos que afectan a la producción de la maquina o a su rendimiento. El costo horario por maquinaria, se deriva del uso correcto que se le dé para una óptima ejecución de trabajo y de los siguientes costos complementarios.



*Figura 49: Costos complementarios al Costo horario*

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

## 7.5 COSTOS FIJOS.

Descrito en la página web por (Baldiviezo, 2008), costos fijos son aquellos costos que no cambian durante el periodo de producción de un activo.

### 7.5.1 DEPRECIACIÓN.

Se conoce como depreciación a la distribución del costo original de la maquinaria, como resultado de su uso en el tiempo de su vida económica. Existen varios métodos para calcular la depreciación de un activo, pero para el caso de estudio se utilizara el procedimiento de "sistema lineal"

Este método consiste en, depreciar la misma cantidad que produjo la máquina por unidad de tiempo. Es denominado " línea recta" porque, al graficar los valores obtenidos, se obtiene una línea recta.

Se representa mediante la siguiente fórmula:

*Ecuación 23*

$$D = \frac{P - R}{N}$$

**Donde:**

$D$  = Depreciación

$P$  = Precio de compra de la maquinaria

$R$  = Valor de rescate

$N$  = Vida útil en horas de trabajo

### 7.5.2 INVERSIÓN.

Cuando una organización posee los fondos necesarios para comprar una máquina, se realiza un inversión al comprarla directamente esperando a que el equipo genere ingresos mayores al valor invertido.

Se la calcula mediante esta fórmula:

*Ecuación 24*

$$I = \frac{P + R}{2H_a} \times i$$

**Donde:**

$I$  = Inversión por hora efectiva de trabajo

$(P + R)/2$  = Valor medio del equipo durante su vida económica

$H_a$  = Cantidad de horas efectivas en las que la maquinaria trabajó durante el año

$i$  = Tasa de interés anual actualizada, se expresa en forma decimal

Esta tasa de interés " $i$ " debe tener un valor igual o menor, al de la tasa mínima en que una institución bancaria pague por la inversión del activo, en este caso la maquinaria, ya que los gastos de mantenimiento y seguros representan un gastos adicionales a la compra.

### 7.5.3 SEGUROS.

Los gastos por seguros, resguardan al equipo de cualquier riesgo al que esté sujeto el equipo mientras dure su vida económica.

Este costo se lo termina así:

*Ecuación 25*

$$S = \frac{P + N}{2H_a} \times s$$

**Donde:**

$S$  = Costo de seguros por hora efectiva de trabajo

$s$  = Prima anual promedio, expresada en porcentaje del valor del equipo (3% - 6%)

### 7.5.4 MANTENIMIENTO.

Costos necesarios para la conservación de la maquinaria, para un rendimiento normal en el periodo de su vida económica.

Representado por:

*Ecuación 26*

$$T = Q \times D$$

**Donde:**

$T$  = Costo de mantenimiento por hora efectiva de trabajo

$Q$  = coeficiente de mantenimiento

$D$  = Depreciación de la maquinaria

Tabla 34: Coeficientes de mantenimiento

<b>Q = 1,0</b>	APISONADORA	EQUIPO DE INYECCIÓN	PLANTA TRITURADORA
	AUTOMÓVIL	EQUIPO DE BUCEO	PLANTA DE CONCRETE ASFÁLTICO
	BANDA COCOLADORA	ESPARCIDOR	REVOLVEDORA
	BARREDORA MECÁNICA	ESTABILIZADORA	SAND BLAST
	BOMBA DE AGUA	FINISHER	SILO DE 90 TON.
	BOMBA DE CONCRETO	GRUA S/NEUMATICOS	SILO DE 50 TON.
	BOMBA DE MORTERO	GRUA S/ORUGAS	SOLDADORA
	CALDERA	MALACATE	TANQUE ALMACÉN
	COMBI	PERFORADORA	VIBRADOR NEUMATICO
	COMPRESOR	PLANTA DE LUZ	VIBRADOR ELECTRICO
	CRIBA	PLUMA	VOGUE WAGON DRILL
<b>Q = 0,9</b>	ALMEJA GUIADA	CAMA BAJA	PETROLIZADORA
	AUTO TANQUE CEMENTO	CAMION C/GRUA	PICK-UP 1-1/2 TON.
	AUTOBUS P/PERSONAL	CAMION DE REDILAS	TANQUE 40 M3
	CAJA DE VOLTEO	CAMION DE VOLTEO	TRACK-DRILL
	CAMIÓN ENGRASE	CAMION ROQUERO	
	CAMIÓN REVOLVEDOR	COMPRESOR XA-120	
<b>Q = 0,8</b>	APLANADORA DE TRES RODILLOS		MOTOTRAILLA
	COMPACTADOR AUTOPROPULSADO		PLANTA DE CONCRETO
	COMPACTADOR VIBRATORIO		PLATAFORMA 30 TON.
	DRAGA		RETROEXCAVADORA
	MOTONIVELADORA		TRACTOR C/S RIPPER TRAXCAVO
<b>Q = 0,75</b>	CAMION DE REDILAS MEDIANO		
<b>Q = 0,70</b>	RETROEXCAVADORA 555		
<b>Q = 0,50</b>	HERRAMIENTA ELECTRICA DE MANO		
	HERRAMIENTA NEUMATICA		

Fuente: UCSG (2006)

## 7.6 CONSUMO.

Las maquinarias operan a base de combustibles y lubricantes para accionar sus motores de combustión interna. El consumo de ya sea gasolina o diesel, es proporcional a la potencia del motor, en todo caso solo se necesita un porcentaje de su potencia para condiciones normales de trabajo.

Factores como la altura del nivel de mar, temperaturas y condiciones del clima afectan al consumo de combustibles para maquinaria con motor de combustión interna, pues estas variantes disminuyen la fuerza del motor.

### 7.6.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLES.

Desembolsos originados por el abastecimiento de combustibles para la maquinaria pesada, proporcionándoles la energía necesaria al momento de trabajar.

Se representa por la siguiente fórmula:

*Ecuación 27*

$$E = c \times P_c$$

**Donde:**

$E$  = Costo por consumo de combustibles

$C$  = Cantidad de combustible necesario por horas efectivas de trabajo

$P_c$  = Precio del combustible vigente

### **7.6.2 CONSUMO DE OTRAS FUENTES DE ENERGÍA.**

Cuando el quipo no utilice combustibles, puede utilizar energía eléctrica o derivados para ejercer sus funciones operativas. Los fabricantes de motores eléctricos, proporcionan información sobre su potencia en HP, pero se debe tomar en cuenta los kilowatts/hora utilizados para el suministro de energía utilizada.

Es representado por la siguiente fórmula:

*Ecuación 28*

$$Ec = HP \times Pe$$

**Donde:**

$Ec$  = Energía eléctrica consumida en Kw/h

$HP$  = Potencia del motor en HP

$Pe$  = Precio del Kw por hora efectiva

### **7.6.3 LUBRICANTES.**

Los motores de los equipos utilizan lubricantes, además de que en cada periodo de tiempo se hacen cambio de aceites, correspondientes para el uso efectivo de maquinaria.

Se utiliza la siguiente fórmula:

*Ecuación 29*

$$Al = (al + c) \times pl$$

**Donde:**

$Al$  = Costo de consumo del lubricante por hora de trabajo

$al$  = Cantidad necesaria de aceite por hora de trabajo

$c$  = Consumo de lubricantes por hora de trabajo

$pl$  = Precio del aceite que consume el equipo

#### **7.6.4 NEUMÁTICOS.**

El estado de los neumáticos en ciertas maquinarias es de suma importancia, si están en mal estado pueden afectar el rendimiento del equipo. Las llantas pueden ser reparadas o también se pueden renovar cada cierto tiempo, de acuerdo al uso que se les dé.

Para calcular el corto de los neumáticos se utiliza la siguiente fórmula:

*Ecuación 30*

$$N = \frac{Vn}{Hv}$$

**Donde:**

$N$  = Costo por consumo de neumáticos

$Vn$  = Valor de compra de neumáticos

$Hv$  = Vida económica de los neumáticas tomando en cuenta las condiciones físicas a las que se someten.

### 7.6.5 PIEZAS DE DESGASTE RÁPIDO.

Este tipo de piezas están sometidas a otro tipo de condiciones más fuertes que las demás, por ejemplo: abrasión. Por lo tanto su vida económica es menor en relación a las otras partes de la máquina.

Se representa con la siguiente ecuación:

*Ecuación 31*

$$Pe = \frac{VP}{Hr}$$

**Donde:**

$Pe$  = Costo de las piezas de desgaste rápido por hora efectiva de trabajo

$VP$  = Valor de compra de las piezas de desgaste rápido

$Hr$  = Vida económica de las piezas de desgaste rápido en horas

**Nota:** Se debe considerar este costo aparte, solo si no se lo toma en cuenta como costo fijo.

## 7.6 COSTOS DE OPERACIÓN.

Salario del operador de la maquinaria por hora, otorgado por el contratista encargado de la obra.

Se calcula de la siguiente manera:

*Ecuación 32*

$$Co = \frac{So}{H}$$

**Donde:**

$Co$  = Costo de operación del equipo por hora de trabajo

$So$  = Salario del operador. Este valor comprende salario básico, horas extraordinarias y beneficios sociales

$H$  = Horas trabajadas por el operador

Para obras que presenten condiciones desfavorables, es inevitable la pérdida de tiempo o interrupciones en las operaciones de la maquinaria. Estos contratiempos aumentan también por la topografía del lugar o por que la selección del equipo fue equivocado.

## 7.7 IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA).

El IVA no se incluye en la estructura del costo horario de la maquinaria, este impuesto solo se paga al momento de la compra del equipo y en su traslado al sitio de la obra.

## **7.8 COSTOS HORARIOS APLICADOS AL CASO DE ESTUDIO.**

Para esta tesis, se elaboraron las siguientes tablas para el cálculo del costo por hora máquina, con datos obtenidos de Ingenieros encargados de la obra PIADY, además de la empresa dueña de las máquinas, en este caso Yaglodvial S.A. Cada tabla es llenada de acuerdo a los conceptos explicados desde el inicio de este capítulo, las fórmulas actúan directamente para obtener el costo horario de la maquinaria de una forma rápida.

La tasa de interés anual vigente según el BCE (Banco Central del Ecuador, 2015) es de 10.21% para el sector Productivo Empresarial y se trabajó también con salarios reales. Es decir, que no se utilizaron los salarios unificados (cuyos valores se presentan en el Anexo#4) como aparecen en la página web de la (Contraloría General del Estado, 2015), sino que se tomaron los salarios fijados por los contratistas, como se observa en las tablas de costos horarios en los sub capítulos subsiguientes.

### **7.8.1 COSTO HORARIO TRACTOR CON HOJA DE EMPUJE**

El tractor con hoja de empuje de marca Caterpillar, tiene un costo horario de \$39.49. Tanto en las tabla 34 y 35, se puede apreciar las variables que constan en este cálculo. El salario del operador es de \$600 mensuales, a comparación del salario propuesto por la Contraloría, que es de \$410.82. En este salario, están considerados todas las aportaciones de ley tales como: aportaciones patronales, decimos y demás componentes salariales.

Tabla 35: Costo horario Tractor D5G LGP

<b>COSTO HORARIO DE MAQUINARIA</b>	
Vc=Valor de compra	\$ 140.000,00
Ea=Equipo adicional	
Vn=Valor neumáticos (llantas)	\$ 4.000,00
Va=Valor adquisición=Vc+Ea-Vn	\$ 140.000,00
%Vr=%Valor de rescate	20%
Vr=Valor de rescate=(%Vr)(Va)	\$ 49.000,00
Ve=Vida económica en horas	15000
Ha=Horas trabajadas al año (horas)	1920
i=Tasa de interés anual	10%
s=Prima anual de seguro	1%
Q=Coficiente para mantenimiento	0,8
HP=Potencia del motor	99
Cc=Capacidad del cárter en litros	15
Tipo de combustible	Diesel
Pc=Precio del combustible	0,926
Ce=Consumo p/comb.(g/h)	3,704
Tipo de lubricante	Aceite 15w40
Pa=Precio del lubricante litros	\$ 3,84
tc=Tiempo p/cambio de aceite (hrs)	250
Ca=Consumo p/lub. (l/h)	0,23
He=Vida económica neumáticos (h)	1000
h=Horas efectivas por turno	8
Salario del operador	\$ 600,00

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

En la tabla 35 se han ingresado los valores correspondiente a la maquina especificada, los mismos que serán utilizados automáticamente para determinar costo horario de la máquina en el formato Excel establecido mediante la formulación respectiva de los cálculos parciales, como se observa en la tabla 36. En la tabla 36 se aprecia con facilidad que para obtener el costo total de operación del tractor se ha realizado la sumatoria del costo de posesión, el salario por hora del operador, los gastos administrativos y utilidades.

El proceso para la elaboración de las tablas 35 y 36, es el mismo utilizado para el análisis del costo horario de las maquinarias utilizadas en el proyecto.

Tabla 36: Análisis de costo horario Tractor D5G LGP

TRACTOR CON HOJA DE EMPUJE ANÁLISIS DEL COSTO UNITARIO EN DÓLARES							
<b>DATOS GENERALES:</b>		<b>TRACTOR CON HOJA DE EMPUJE</b>			<b>CAT D5G LGP</b>		
MODELO/MARCA							
PERIODO ESTIMADO DE POSESIÓN (AÑOS)						7,5	
USO ESTIMADO (HORAS/AÑO)						1920	
POTENCIA DEL EQUIPO (HP)						99	
<b>COSTO DE POSESIÓN:</b>							
1.	PRECIO DE COMPRA					<b>\$140.000,00</b>	
2.	COSTO DE NEUMÁTICOS Y/O PIEZAS DE RECAMBIO					\$ 4.000,00	
3.	VALOR RESIDUAL		20%			\$27.200,00	
4.	DEPRECIACIÓN					\$7,83	
5.	COSTO DE INVERSIÓN MEDIA ANUAL					\$63.920,00	
6.	INTERÉS $I=(IMA*\%TIIC*N)/Ve$		10%			\$3,40	
7.	SEGURO E IMPUESTO $I = (IMA*\%ISEI*N)/Ve$		1%			\$0,27	
8.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN					<b>\$11,50</b>	
<b>COSTO DE OPERACIÓN:</b>							
9.	COMBUSTIBLE galon:	PRECIO UNIT.	CONSUMO			\$3,70	
		0,926	4,00				
10.	LUBRICANTES, GRASA Y FILTROS	\$ 3,84	0,23			\$0,88	
	Datos que provienen del acuerdo de mantenimiento preventivo e incluye: Motor Modelo 3046T						
11.	NEUMÁTICOS	PRECIO UNIT.	CONSUMO	COSTO PARCIAL		\$ 3,00	
		3000,00	1000	3,00			
12.	REPARACIONES EN GUAYAQUIL:						
13.	ARTÍCULOS DE DESGASTE ESPECIAL-HERRAMIENTAS DE CORTE						
	DESCRIPCIÓN						
14.	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (9+10+11+12+13)						<b>\$19,09</b>
15.	POSESIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA (8+14)						<b>\$30,59</b>
16.	SALARIO POR HORA DEL OPERADOR						<b>\$ 3,75</b>
17.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN Y OPERACIÓN						<b>\$34,34</b>
18.	GASTOS ADMINISTRATIVOS Y UTILIDADES : 15%(17)		15%			<b>\$5,15</b>	
19.	TOTAL						
	<b>COSTO TOTAL HORA-MÁQUINA</b>						<b>\$39,49</b>
	<b>(TREINTA Y NUEVE DÓLARES 49/100)</b>						

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

### 7.8.1 COSTO HORARIO EXCAVADORA DOOSAN 340

La excavadora Doosan siendo una máquina más costosa y de más capacidad, debe de tener un operador con mucha más experiencia. A esto se debe su salario de \$800, así mismo este valor contiene todas las aportaciones de ley. La excavadora no tiene neumáticos, entonces se considera el costo del tren de rodaje u orugas.

Tabla 37: Costo horario Excavadora Doosan 340

COSTO HORARIO DE MAQUINARIA	
Vc=Valor de compra	\$ 240.000,00
Ea=Equipo adicional	
Vn=Valor neumáticos (llantas)	\$ 7.000,00
Va=Valor adquisición=Vc+Ea-Vn	\$ 240.000,00
%Vr=%Valor de rescate	20%
Vr=Valor de rescate=(%Vr)(Va)	\$ 84.000,00
Ve=Vida económica en horas	15000
Ha=Horas trabajadas al año (horas)	1920
i=Tasa de interés anual	10%
s=Prima anual de seguro	1%
Q=Coefficiente para mantenimiento	1,45
HP=Potencia del motor	247
Cc=Capacidad del cárter en litros	30
Tipo de combustible	Diesel
Pc=Precio del combustible	0,926
Ce=Consumo p/comb.(g/h)	6,482
Tipo de lubricante	Aceite 15w40
Pa=Precio del lubricante	\$ 3,84
tc=Tiempo p/cambio de aceite (hrs)	250
Ca=Consumo p/lub. (g/h)	0,46
He=Vida económica neumáticos (h)	1000
h=Horas efectivas por turno	8
Salario del operador	\$ 800,00

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Mediante las tablas 37 y 38, se ha obtenido qué valor final del costo horario de la excavadora Doosan 340 es de \$60.58.

Tabla 38: Análisis de costo horario Excavadora Doosan 340

EXCAVADORA ANÁLISIS DEL COSTO UNITARIO EN DÓLARES							
<b>DATOS GENERALES:</b>		<b>EXCAVADORA</b>					
MODELO/MARCA						<b>DOOSAN 340</b>	
PERIODO ESTIMADO DE POSESIÓN (AÑOS)						7,5	
USO ESTIMADO (HORAS/AÑO)						1920	
POTENCIA DEL EQUIPO (HP)						247	
<b>COSTO DE POSESIÓN:</b>						<b>Costo Parcial</b>	<b>Hora Total</b>
1.	PRECIO DE COMPRA					<b>\$240.000,00</b>	
2.	COSTO DE NEUMÁTICOS Y/O PIEZAS DE RECAMBIO					\$ 7.000,00	
3.	VALOR RESIDUAL		20%			\$46.600,00	
4.	DEPRECIACIÓN						\$13,43
5.	COSTO DE INVERSIÓN MEDIA ANUAL					\$109.593,33	
6.	INTERÉS $I = (IMA * \% TIIC * N) / Ve$		10%				\$5,83
7.	SEGURO E IMPUESTO $I = (IMA * \% ISEI * N) / Ve$		1%				\$0,46
8.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN						<b>\$19,72</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN:</b>				<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>CONSUMO</b>		
9.	COMBUSTIBLE:			0,926	7,00		\$6,48
10.	LUBRICANTES, GRASA Y FILTROS			\$ 3,84	0,46		\$1,77
Datos que provienen del acuerdo de mantenimiento preventivo e incluye:							
Motor Modelo DLo8							
				<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>COSTO PARCIAL</b>	
11.	NEUMÁTICOS			0,00	1500	0,00	\$ 0,00
12. REPARACIONES EN GUAYAQUIL:							
13. ARTÍCULOS DE DESGASTE ESPECIAL-HERRAMIENTAS DE CORTE							
DESCRIPCIÓN							
14.	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (9+10+11+12+13)						<b>\$27,97</b>
15.	POSESIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA (8+14)						<b>\$47,68</b>
16.	SALARIO POR HORA DEL OPERADOR						<b>\$ 5,00</b>
17.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN Y OPERACIÓN						<b>\$52,68</b>
18.	GASTOS ADMINISTRATIVOS Y UTILIDADES : 15%(17)		15%				<b>\$7,90</b>
19.	TOTAL						
						<b>COSTO TOTAL HORA-MÁQUINA</b>	<b>\$60,58</b>
<i>(SESENTA DÓLARES 58/100)</i>							

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

### 7.8.3 COSTO HORARIO EXCAVADORA HYUNDAI 210 LC-7.

La excavadora Hyundai, también es de tipo oruga como la anterior, con la diferencia de que tiene menos capacidad de motor y de cucharón. Su precio también es menor, pero el salario del operador se mantiene igual ya que se debe tener el mismo grado de experiencia para este tipo de maquinaria.

Tabla 39: Costo horario excavadora Hyundai 210 LC-7

<b>COSTO HORARIO DE MAQUINARIA</b>	
Vc=Valor de compra	\$ 170.000,00
Ea=Equipo adicional	
Vn=Valor neumáticos (llantas)	\$ 5.500,00
Va=Valor adquisición=Vc+Ea-Vn	\$ 170.000,00
%Vr=%Valor de rescate	20%
Vr=Valor de rescate=(%Vr)(Va)	\$ 70.000,00
Ve=Vida económica en horas	15000
Ha=Horas trabajadas al año (horas)	1920
i=Tasa de interés anual	10%
s=Prima anual de seguro	1%
Q=Coeficiente para mantenimiento	1,45
HP=Potencia del motor	112
Cc=Capacidad del cárter en litros	25
Tipo de combustible	Diesel
Pc=Precio del combustible	0,926
Ce=Consumo p/comb.(g/h)	4,63
Tipo de lubricante	Aceite 15w40
Pa=Precio del lubricante	\$ 3,84
tc=Tiempp/cambio de aceite (hrs)	250
Ca=Consumo p/lub. (g/h)	0,38
He=Vida económica neumáticos (h)	1000
h=Horas efectivas por turno	8
Salario del operador	\$ 800,00

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

El costo horario obtenido para la excavadora Hyundai 210 Lc-7 es de \$ 44.91.

Tabla 40: Análisis de costo horario Excavadora Hyundai 210 LC-7

EXCAVADORA							
ANÁLISIS DEL COSTO UNITARIO EN DÓLARES							
<b>DATOS GENERALES:</b>		<b>EXCAVADORA</b>					
MODELO/MARCA						HYUNDAI 210 LC-7	
PERIODO ESTIMADO DE POSESIÓN (AÑOS)						7,5	
USO ESTIMADO (HORAS/AÑO)						1920	
POTENCIA DEL EQUIPO (HP)						112	
<b>COSTO DE POSESIÓN:</b>							
					<b>Costo Parcial</b>	<b>Hora Total</b>	
1.	PRECIO DE COMPRA				\$170.000,00		
2.	COSTO DE NEUMÁTICOS Y/O PIEZAS DE RECAMBIO				\$ 5.500,00		
3.	VALOR RESIDUAL		20%		\$32.900,00		
4.	DEPRECIACIÓN					\$9,52	
5.	COSTO DE INVERSIÓN MEDIA ANUAL				\$77.690,00		
6.	INTERÉS $I = (IMA * \% TIIC * N) / Ve$		10%			\$4,13	
7.	SEGURO E IMPUESTO $I = (IMA * \% ISEI * N) / Ve$		1%			\$0,32	
8.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN					<b>\$13,98</b>	
<b>COSTO DE OPERACIÓN:</b>							
			PRECIO UNIT.	CONSUMO			
9.	COMBUSTIBLE:		0,926	5,00		\$4,63	
10.	LUBRICANTES, GRASA Y FILTROS		\$ 3,84	0,38		\$1,47	
	Datos que provienen del acuerdo de mantenimiento preventivo e incluye: Motor Modelo Cummins B5.9-C						
			PRECIO UNIT.	CONSUMO	COSTO PARCIAL		
11.	NEUMÁTICOS			1000	0,00	\$ 0,00	
12.	REPARACIONES EN GUAYAQUIL:						
13.	ARTÍCULOS DE DESGASTE ESPECIAL-HERRAMIENTAS DE CORTE						
	DESCRIPCIÓN						
14.	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (9+10+11+12+13)						<b>\$20,08</b>
15.	POSESIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA (8+14)						<b>\$34,06</b>
16.	SALARIO POR HORA DEL OPERADOR						<b>\$ 5,00</b>
17.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN Y OPERACIÓN						<b>\$39,06</b>
18.	GASTOS ADMINISTRATIVOS Y UTILIDADES : 15%(17)						<b>\$5,86</b>
19.	TOTAL						
<b>COSTO TOTAL HORA-MÁQUINA</b>						<b>\$44,91</b>	
<b>(CUARENTA Y CUATRO DÓLARES 91/100)</b>							

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

### 7.8.3 COSTO HORARIO PARA RODILLOS INGERSOLL RAND-AMMANN-VOLVO.

Los compactadores de rodillo vibratorio liso tienen casi las mismas características siendo de diferentes marcas de fabricantes, es por eso que se el costo horario no varía. Para este caso se utilizo el rodillo compactador Ingersoll Rand, el operador tiene un salario mensual de \$500, es menor al del tractor y al de la excavadora ya que su trabajo no es de tan dificultoso como los demás. En la tabla de salarios de la Contraloria , también es considerado como grupo 2 con un calor de \$389.93.

*Tabla 41: Costo horario Rodillo Ingersoll Rand*

<b>COSTO HORARIO DE MAQUINARIA</b>	
Vc=Valor de compra	\$ 70.000,00
Ea=Equipo adicional	
Vn=Valor neumáticos (llantas)	\$ 5.500,00
Va=Valor adquisición=Vc+Ea-Vn	\$ 70.000,00
%Vr=%Valor de rescate	20%
Vr=Valor de rescate=(%Vr)(Va)	\$ 24.500,00
Ve=Vida económica en horas	15000
Ha=Horas trabajadas al año (horas)	1920
i=Tasa de interés anual	10%
s=Prima anual de seguro	1%
Q=Coficiente para mantenimiento	1,45
HP=Potencia del motor	180
Cc=Capacidad del cárter en litros	15
Tipo de combustible	Diesel
Pc=Precio del combustible	0,926
Ce=Consumo p/comb.(g/h)	3,704
Tipo de lubricante	Aceite 15w40
Pa=Precio del lubricante	\$ 3,84
tc=Tiempp/cambio de aceite (hrs)	250
Ca=Consumo p/lub. (g/h)	0,23
He=Vida económica neumáticos (h)	1000
h=Horas efectivas por turno	8
Salario del operador	\$ 500,00

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

Tabla 42: Análisis de costo horario de rodillo vibratorio compactador Ingersoll Rand

RODILLO VIBRATORIO COMPACTADOR ANÁLISIS DEL COSTO UNITARIO EN DÓLARES							
<b>DATOS GENERALES:</b>		<b>RODILLO VIBRATORIO COMPACTADOR</b>					
MODELO/MARCA					<b>INGERSOLL RAND sd 100</b>		
PERIODO ESTIMADO DE POSESIÓN (AÑOS)					7,5		
USO ESTIMADO (HORAS/AÑO)					1920		
POTENCIA DEL EQUIPO (HP)					180		
<b>COSTO DE POSESIÓN:</b>					<b>Costo Parcial</b>	<b>Hora Total</b>	
1.	PRECIO DE COMPRA				<b>\$70.000,00</b>		
2.	COSTO DE NEUMÁTICOS Y/O PIEZAS DE RECAMBIO				\$ 5.500,00		
3.	VALOR RESIDUAL		20%		\$12.900,00		
4.	DEPRECIACIÓN					\$3,97	
5.	COSTO DE INVERSIÓN MEDIA ANUAL				\$32.356,67		
6.	INTERÉS $I=(IMA*\%TIIC*N)/Ve$		10%			\$1,72	
7.	SEGURO E IMPUESTO $I = (IMA*\%ISEI*N)/Ve$		1%			\$0,13	
8.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN						<b>\$5,82</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN:</b>		PRECIO UNIT.	CONSUMO				
9.	COMBUSTIBLE:	0,926	4,00			\$3,70	
10.	LUBRICANTES, GRASA Y FILTROS	\$ 3,84	0,23			\$0,88	
	Datos que provienen del acuerdo de mantenimiento preventivo e incluye: Motor Modelo Cummins B3.9						
		PRECIO UNIT.	CONSUMO	COSTO PARCIAL			
11.	NEUMÁTICOS	4500,00	1000	4,50		\$ 4,50	
12.	REPARACIONES EN GUAYAQUIL:						
13.	ARTÍCULOS DE DESGASTE ESPECIAL-HERRAMIENTAS DE CORTE						
	DESCRIPCIÓN						
14.	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (9+10+11+12+13)						<b>\$14,91</b>
15.	POSESIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA (8+14)						<b>\$20,73</b>
16.	SALARIO POR HORA DEL OPERADOR						<b>\$ 3,13</b>
17.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN Y OPERACIÓN						<b>\$23,86</b>
18.	GASTOS ADMINISTRATIVOS Y UTILIDADES : 15%(17)		15%			<b>\$3,58</b>	
19.	TOTAL						<b>\$27,43</b>
<b>COSTO TOTAL HORA-MÁQUINA</b>						<b>\$27,43</b>	
<b>(VEINTE Y SIETE DÓLARES 43/100)</b>							

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

#### 7.8.4 HORARIO PARA VOLQUETES MERCEDES BENZ, SINOTRUCK, MACGRANITE

Los volquetes tienen otro tipo valores, ya que son más utilizados que las otras maquinarias. Debido a este uso, tienen una prima anual de seguro de un 4% y menos vida económica, en este caso 10.000 horas. El salario para el chofer del volquete real es de \$600, que es un poco más cercano al valor de la Contraloría del Estado que es de \$544.94.

Tabla 43: Costo horario Volquete Mercedes Benz

COSTO HORARIO DE MAQUINARIA	
Vc=Valor de compra	\$ 95.000,00
Ea=Equipo adicional	
Vn=Valor neumáticos (llantas)	\$ 7.500,00
Va=Valor adquisición=Vc+Ea-Vn	\$ 95.000,00
%Vr=%Valor de rescate	20%
Vr=Valor de rescate=(%Vr)(Va)	\$ 33.250,00
Ve=Vida económica en horas	10000
Ha=Horas trabajadas al año (horas)	2000
i=Tasa de interés anual	10%
s=Prima anual de seguro	4%
Q=Coefficiente para mantenimiento	1,45
HP=Potencia del motor	320
Cc=Capacidad del cárter en litros	20
Tipo de combustible	Diesel
Pc=Precio del combustible	0,926
Ce=Consumo p/comb.(l/h)	2,778
Tipo de lubricante	Aceite 15w40
Pa=Precio del lubricante	\$ 3,84
tc=Tiempo p/cambio de aceite (hrs)	200
Ca=Consumo p/lub. (l/h)	0,38
He=Vida económica neumáticos (h)	1000
h=Horas efectivas por turno	8
Salario del operador	\$ 600,00

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

El costo horario del volquete Mercedes Benz es similar al de los otros volquetes mencionados en el título de este punto, ya que son de tipo Mula. Este costo es de \$ 38.08.

Tabla 44: Análisis de costo horario para volquete mula Mercedes Benz 14 m3

VOLQUETE TIPO MULA MERCEDEZ BENZ 14 m3						
ANÁLISIS DEL COSTO UNITARIO EN DÓLARES						
<b>DATOS GENERALES:</b>		<b>VOLQUETE TIPO MULA MERCEDEZ BENZ 14 m3</b>				
MODELO/MARCA				<b>MERCEDES BENZ</b>		
PERIODO ESTIMADO DE POSESIÓN (AÑOS)						<b>5</b>
USO ESTIMADO (HORAS/AÑO)						<b>2000</b>
POTENCIA DEL EQUIPO (HP)						<b>320</b>
<b>COSTO DE POSESIÓN:</b>					<b>Costo Parcial</b>	<b>Hora Total</b>
1.	PRECIO DE COMPRA				<b>\$95.000,00</b>	
2.	COSTO DE NEUMÁTICOS Y/O PIEZAS DE RECAMBIO				\$ 7.500,00	
3.	VALOR RESIDUAL		20%		\$17.500,00	
4.	DEPRECIACIÓN					\$7,75
5.	COSTO DE INVERSIÓN MEDIA ANUAL				\$46.500,00	
6.	INTERÉS $I=(IMA*\%TIIC*N)/Ve$		10%			\$2,37
7.	SEGURO E IMPUESTO $I = (IMA*\%ISEI*N)/Ve$		4%			\$0,93
8.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN					<b>\$11,05</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN:</b>						
9.	COMBUSTIBLE:		PRECIO UNIT. CONSUMO			
			0,926 3,00			\$2,78
10.	LUBRICANTES, GRASA Y FILTROS		\$ 3,84 0,38			\$1,47
	Datos que provienen del acuerdo de mantenimiento preventivo e incluye: Motor Modelo 3116T					
11.	NEUMÁTICOS		PRECIO UNIT. CONSUMO COSTO PARCIAL			
			3000,00 1000 3,00			\$ 3,00
12.	REPARACIONES EN GUAYAQUIL:					
13.	ARTÍCULOS DE DESGASTE ESPECIAL-HERRAMIENTAS DE CORTE					
	DESCRIPCIÓN					
14.	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (9+10+11+12+13)					<b>\$18,31</b>
15.	POSESIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA (8+14)					<b>\$29,36</b>
16.	SALARIO POR HORA DEL OPERADOR					<b>\$ 3,75</b>
17.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN Y OPERACIÓN					<b>\$33,11</b>
18.	GASTOS ADMINISTRATIVOS Y UTILIDADES : 15%(17)		15%			<b>\$4,97</b>
19.	TOTAL					<b>\$38,08</b>
<b>COSTO TOTAL HORA-MÁQUINA</b>						<b>\$38,08</b>
<i>(TREINTA Y OCHO DÓLARES 08/100)</i>						

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

### 7.8.5 COSTO HORARIO PARA VOLQUETES KENWORTH W900

El volquete Kenworth es de tipo bañera, eso quiere decir que tiene más capacidad que los otros volquetes de tipo Mula. Pero sigue teniendo la misma prima anual y vida económica, aunque el salario aumenta debido a que el volquete es más pesado y necesita de ser maniobrado de forma adecuada.

Tabla 45: Costo horario Volquete Kenworth

COSTO HORARIO DE MAQUINARIA	
Vc=Valor de compra	\$ 100.000,00
Ea=Equipo adicional	
Vn=Valor neumáticos (llantas)	\$ 11.000,00
Va=Valor adquisición=Vc+Ea-Vn	\$ 100.000,00
%Vr=%Valor de rescate	20%
Vr=Valor de rescate=(%Vr)(Va)	\$ 35.000,00
Ve=Vida económica en horas	10000
Ha=Horas trabajadas al año (horas)	2000
i=Tasa de interés anual	10%
s=Prima anual de seguro	4%
Q=Coeficiente para mantenimiento	1,45
Ka=Coeficiente para almacenaje	0
HP=Potencia del motor	500
Cc=Capacidad del cárter en litros	25
Tipo de combustible	Diesel
Pc=Precio del combustible	0,926
Ce=Consumo p/comb.(g/h)	3,704
Tipo de lubricante	Aceite 15w40
Pa=Precio del lubricante	\$ 3,84
tc=Tiempo p/cambio de aceite (hrs)	200
Ca=Consumo p/lub. (g/h)	0,48
He=Vida económica neumáticos (h)	1000
h=Horas efectivas por turno	8
Salario del operador	\$ 750,00

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

Se ha obtenido para el volquete Kenworth, un costo horario de \$44.10 como se observa en la Tabla 46.

Tabla 46: Análisis de costo horario para Volquete bañera Kenworth 30 m3

VOLQUETE KENWORTH BAÑERA 30 m3							
ANÁLISIS DEL COSTO UNITARIO EN DÓLARES							
<b>DATOS GENERALES:</b>		<b>VOLQUETE KENWORTH BAÑERA 30 m3</b>					
MODELO/MARCA					<b>Kenworth w900</b>		
PERIODO ESTIMADO DE POSESIÓN (AÑOS)					<b>5</b>		
USO ESTIMADO (HORAS/AÑO)					<b>2000</b>		
POTENCIA DEL EQUIPO (HP)					<b>500</b>		
<b>COSTO DE POSESIÓN:</b>							
1.	PRECIO DE COMPRA				<b>\$100.000,00</b>		
2.	COSTO DE NEUMÁTICOS Y/O PIEZAS DE RECAMBIO				\$ 11.000,00		
3.	VALOR RESIDUAL		20%		\$17.800,00		
4.	DEPRECIACIÓN					\$8,22	
5.	COSTO DE INVERSIÓN MEDIA ANUAL				\$49.320,00		
6.	INTERÉS $I=(IMA*\%TIIC*N)/Ve$		10%			\$2,52	
7.	SEGURO E IMPUESTO $I = (IMA*\%ISEI*N)/Ve$		4%			\$0,99	
8.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN					<b>\$11,72</b>	
<b>COSTO DE OPERACIÓN:</b>							
9.	COMBUSTIBLE:	PRECIO UNIT.	CONSUMO				
		0,926	4,00			\$3,70	
10.	LUBRICANTES, GRASA Y FILTROS	\$ 3,84	0,48			\$1,84	
	Datos que provienen del acuerdo de mantenimiento preventivo e incluye:						
	Motor Modelo 3116T						
11.	NEUMÁTICOS	PRECIO UNIT.	CONSUMO	COSTO PARCIAL			
		7000,00	1500	4,67		\$ 4,67	
12.	REPARACIONES EN GUAYAQUIL:						
13.	ARTÍCULOS DE DESGASTE ESPECIAL-HERRAMIENTAS DE CORTE						
	DESCRIPCIÓN						
14.	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (9+10+11+12+13)						<b>\$21,94</b>
15.	POSESIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA (8+14)						<b>\$33,66</b>
16.	SALARIO POR HORA DEL OPERADOR						<b>\$ 4,69</b>
17.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN Y OPERACIÓN						<b>\$38,35</b>
18.	GASTOS ADMINISTRATIVOS Y UTILIDADES : 15%(17)						<b>\$5,75</b>
19.	TOTAL						<b>\$44,10</b>
<b>COSTO TOTAL HORA-MÁQUINA</b>						<b>\$44,10</b>	
<i>(CUARENTA Y CUATRO DÓLARES 10/100)</i>							

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

### 7.8.6 COSTO HORARIO PARA TANQUEROS DE AGUA HINO RANGER Y FORD 600

El camión tanquero de agua, así como los volquetes usa el mismo porcentaje de prima anual del 4%, ya que es un vehículo que debe recorrer grandes distancias en algunos casos. El costo horario se utiliza en los dos camiones utilizados en obra ya sean de distintas marcas, porque tienen la misma capacidad de cargar agua en su tanque. Esta vez el salario que presenta la Contraloría del estado, supera al salario real de pago mensual para el operador, siendo este de \$500.

Tabla 47: Costo horario Tanquero de agua Hino

<b>COSTO HORARIO DE MAQUINARIA</b>	
Vc=Valor de compra	\$ 55.000,00
Ea=Equipo adicional	
Vn=Valor neumáticos (llantas)	\$ 4.000,00
Va=Valor adquisición=Vc+Ea-Vn	\$ 55.000,00
%Vr=%Valor de rescate	20%
Vr=Valor de rescate=(%Vr)(Va)	\$ 19.250,00
Ve=Vida económica en horas	10000
Ha=Horas trabajadas al año (horas)	2000
i=Tasa de interés anual	10%
s=Prima anual de seguro	4%
Q=Coeficiente para mantenimiento	1,45
HP=Potencia del motor	220
Cc=Capacidad del cárter en litros	15
Tipo de combustible	Diesel
Pc=Precio del combustible	0,926
Ce=Consumo p/comb.(g/h)	2.315
Tipo de lubricante	Aceite 15w40
Pa=Precio del lubricante	\$ 3,84
tc=Tiempo p/cambio de aceite (hrs)	200
Ca=Consumo p/lub. (g/h)	0,29
He=Vida económica neumáticos (h)	1000
h=Horas efectivas por turno	8
Salario del operador	\$ 500,00

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

El costo horario del tanquero de agua Hino es de \$25.35.

Tabla 48: Análisis de costo horario para Tanquero de Agua Hino Ranger

TANQUERO DE AGUA HINO							
ANÁLISIS DEL COSTO UNITARIO EN DÓLARES							
<b>DATOS GENERALES:</b>		<b>TANQUERO DE AGUA HINO</b>					
MODELO/MARCA							fd176b RANGER
PERIODO ESTIMADO DE POSESIÓN (AÑOS)							5
USO ESTIMADO (HORAS/AÑO)							2000
POTENCIA DEL EQUIPO (HP)							220
<b>COSTO DE POSESIÓN:</b>							Costo Parcial
1.	PRECIO DE COMPRA						\$55.000,00
2.	COSTO DE NEUMÁTICOS Y/O PIEZAS DE RECAMBIO						\$ 4.000,00
3.	VALOR RESIDUAL		20%				\$10.200,00
4.	DEPRECIACIÓN						\$4,48
5.	COSTO DE INVERSIÓN MEDIA ANUAL						\$26.880,00
6.	INTERÉS $I = (IMA * \% TIIC * N) / Ve$		10%				\$1,37
7.	SEGURO E IMPUESTO $I = (IMA * \% ISEI * N) / Ve$		4%				\$0,54
8.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN						\$6,39
<b>COSTO DE OPERACIÓN:</b>			PRECIO UNIT.	CONSUMO			
9.	COMBUSTIBLE:		0,926	2,50			\$2,32
10.	LUBRICANTES, GRASA Y FILTROS		\$ 3,84	0,29			\$1,11
	Datos que provienen del acuerdo de mantenimiento preventivo e incluye: Motor Modelo J05E - TY						
			PRECIO UNIT.	CONSUMO	COSTO PARCIAL		
11.	NEUMÁTICOS		3000,00	1000	3,00		\$ 3,00
12.	REPARACIONES EN GUAYAQUIL:						
13.	ARTÍCULOS DE DESGASTE ESPECIAL-HERRAMIENTAS DE CORTE						
	DESCRIPCIÓN						
14.	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (9+10+11+12+13)						
							\$12,81
15.	POSESIÓN Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA (8+14)						
							\$19,20
16.	SALARIO POR HORA DEL OPERADOR						
							\$ 2,84
17.	COSTO TOTAL POR HORA DE POSESIÓN Y OPERACIÓN						
							\$22,04
18.	GASTOS ADMINISTRATIVOS Y UTILIDADES : 15%(17)						
				15%			\$3,31
19.	TOTAL						
							\$25,35
<b>COSTO TOTAL HORA-MÁQUINA</b>							<b>\$25,35</b>
<i>(VEINTE Y CINCO DÓLARES 35/100)</i>							

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

## 7.9 OPTIMIZACIÓN PARA USO DE VOLQUETES.

Cuando se trabaja en campo se debe de tomar decisiones de acuerdo al tipo de máquinas y la cantidad necesaria de ellas para lograr resultados óptimos en el transcurso del trabajo. Para tomar este tipo de decisiones, debemos tener en cuenta el costo y la productividad de la alternativa que se está dispuesta a tomar, en otras palabras hacer lo conveniente.

Pero ¿cómo se puede saber que alternativa, respecto al número y tipo de volquetes se debe escoger para obtener resultados positivos?. Para tal efecto se ha elaborado la siguiente tabla, con valores previamente obtenidos en cuanto a número de ciclos, tiempos de ciclos, rendimientos y se ha calculado el número de viajes por hora, el volumen transportado por hora y costo total horario del volquete. El valor del costo total horario nos permite comparar entre diversas alternativas de empleo de volquetes a sus capacidades.

Este análisis se aplicará para la etapa de excavación de la obra, pues en la etapa de relleno el uso de volquetes se reduce solo a transporte y descarga del material de préstamo.

Tabla 49: Cálculo de volquetes Alternativa 1

<b>CÁLCULO DE VOLQUETES A UTILIZAR</b>		
<b>CAPACIDAD:</b> 14 M <sup>3</sup>	<b>MARCA:</b>	Mercedes Benz
<b>MODELO:</b>	<b>MOTOR:</b>	320 HP
<b>NÚMERO DE CICLOS</b>	5,43	u
<b>TIEMPO DE CICLO EXCAVADORA</b>	0,3	min
<b>TIEMPO DE LLENADO DE VOLQUETE</b>	1,63	min
<b>TIEMPO DE DESCARGA DE MATERIAL</b>	0,5	min
<b>TIEMPO DE CICLO</b>	12,88	min
<b>NÚMERO TOTAL DE VIAJES POR HORA</b>	2,61	u
<b>VOLUMEN POR HORA</b>	36,53	m <sup>3</sup>
<b>COSTO POR M3 EN BANCO</b>	\$ 1,21	
<b>RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA</b>	101,23	m <sup>3</sup> /h

NÚMERO DE VOLQUETES	5	u
VOLQUETES EN ESPERA	1,00	u
COSTO DE ACARREO	\$ 1,21	\$/M <sup>3</sup>
COSTO DE CARGA	\$ 0,60	\$/M <sup>3</sup>
COSTO TOTAL	\$ 1,81	\$/M <sup>3</sup>

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

En la tabla #49 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de los volquetes de 14 m<sup>3</sup>.

Se observa que se obtienen los siguientes resultados:

- Número total de viajes (que cubren la distancia especificada) es aproximadamente 3.
- Número de volquetes necesarios para cubrir el rendimiento de la excavadora es 5.

*Tabla 50: Cálculo de volquetes Alternativa 2*

<b>CÁLCULO DE VOLQUETES A UTILIZAR</b>		
<b>CAPACIDAD:</b> 15 M3	<b>MARCA:</b> Mac granite 2010	
<b>MODELO:</b>	<b>MOTOR:</b> 350 HP	
<b>NÚMERO DE CICLOS</b>	5,81	u
<b>TIEMPO DE CICLO EXCAVADORA</b>	0,5	min
<b>TIEMPO DE LLENADO DE VOLQUETE</b>	2,91	min
<b>TIEMPO DE DESCARGA DE MATERIAL</b>	0,5	min
<b>TIEMPO DE CICLO</b>	13,35	min
<b>NÚMERO TOTAL DE VIAJES POR HORA</b>	2,52	u
<b>VOLUMEN POR HORA</b>	37,76	m3
<b>COSTO POR M3 EN BANCO</b>	\$ 1,17	
<b>RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA</b>	101,23	m3/h
<b>NÚMERO DE VOLQUETES</b>	5	u
<b>VOLQUETES EN ESPERA</b>	1,53	u
<b>COSTO DE ACARREO</b>	\$ 1,80	\$/M3
<b>COSTO DE CARGA</b>	\$ 0,60	\$/M3
<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 2,40	\$/M3

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

En la tabla #50 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de los volquetes de 15 m<sup>3</sup>.

Se observa que se obtienen los siguientes resultados:

- Número total de viajes (que cubren la distancia especificada) es aproximadamente 3.
- Número de volquetes necesarios para cubrir el rendimiento de la excavadora es 5.

Tabla 51: Cálculo de volquetes Alternativa 3

<b>CÁLCULO DE VOLQUETES A UTILIZAR</b>		
<b>CAPACIDAD:</b>	20 M <sup>3</sup>	<b>MARCA:</b> Sinotruk WD615.47
<b>MODELO:</b>	WD615.47	<b>MOTOR:</b> 371 HP
<b>NÚMERO DE CICLOS</b>	7,75	u
<b>TIEMPO DE CICLO EXCAVADORA</b>	0,5	min
<b>TIEMPO DE LLENADO DE VOLQUETE</b>	3,88	min
<b>TIEMPO DE DESCARGA DE MATERIAL</b>	0,5	min
<b>TIEMPO DE CICLO</b>	25,68	min
<b>NÚMERO TOTAL DE VIAJES POR HORA</b>	1,31	u
<b>VOLUMEN POR HORA</b>	26,17	m <sup>3</sup>
<b>COSTO POR M3 EN BANCO</b>	\$ 1,69	
<b>RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA</b>	101,23	m <sup>3</sup> /h
<b>NÚMERO DE VOLQUETES</b>	7	u
<b>VOLQUETES EN ESPERA</b>	1,00	u
<b>COSTO DE ACARREO</b>	\$ 1,69	\$/M <sup>3</sup>
<b>COSTO DE CARGA</b>	\$ 0,60	\$/M <sup>3</sup>
<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 2,29	\$/M <sup>3</sup>

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

En la tabla #51 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de los volquetes de 20 m<sup>3</sup>.

Se observa que se obtienen los siguientes resultados:

- Número total de viajes (que cubren la distancia especificada) es aproximadamente 2.

- Número de volquetes necesarios para cubrir el rendimiento de la excavadora es 7.

Tabla 52: Cálculo de volquetes Alternativa 4

<b>CÁLCULO DE VOLQUETES A UTILIZAR</b>			
<b>CAPACIDAD:</b>	30 M3	<b>MARCA:</b>	Kenworth
<b>MODELO:</b>	w900	<b>MOTOR:</b>	
<b>NÚMERO DE CICLOS</b>	11,63	u	
<b>TIEMPO DE CICLO EXCAVADORA</b>	0,5	min	
<b>TIEMPO DE LLENADO DE VOLQUETE</b>	5,81	min	
<b>TIEMPO DE DESCARGA DE MATERIAL</b>	0,5	min	
<b>TIEMPO DE CICLO</b>	16,19	min	
<b>NÚMERO TOTAL DE VIAJES POR HORA</b>	2,08	u	
<b>VOLUMEN POR HORA</b>	62,27	m3	
<b>COSTO POR M3 EN BANCO</b>	\$ 0,82		
<b>RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA</b>	101,23	m3/h	
<b>NÚMERO DE VOLQUETES</b>	2,90	u	
<b>VOLQUETES EN ESPERA</b>	1,00	u	
<b>COSTO DE ACARREO</b>	\$ 0,82		\$/M3
<b>COSTO DE CARGA</b>	\$ 0,60		\$/M3
<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 1,42		\$/M3

Fuente: Guadamud Moreno (2015)

En la tabla #52 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de los volquetes de 30 m<sup>3</sup>.

Se observa que se obtienen los siguientes resultados:

- Número total de viajes (que cubren la distancia especificada) es aproximadamente 2.
- Número de volquetes necesarios para cubrir el rendimiento de la excavadora es 3.

De los resultados obtenidos de los análisis se presenta el siguiente resumen de costos horarios.

*Tabla 53: Resumen de costos horarios de maquinarias utilizadas en obra*

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>VOLQUETE</b>	<b>NÚMERO DE VOLQUETES</b>	<b>COSTO HORARIO</b>
1	14 m <sup>3</sup>	5	\$ 1.81
2	15 m <sup>3</sup>	5	\$ 2.40
3	20 m <sup>3</sup>	7	\$ 2.29
4	30 m <sup>3</sup>	3	\$ 1.42

*Fuente: Guadamud Moreno (2015)*

Se aprecia que por costo la alternativa más rentable es utilizar es la #4, que hace referencia a las bañeras de 30 m<sup>3</sup>.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### 8.1 CONCLUSIONES.

- Se debe tomar en cuenta los factores de eficiencia y de suelo en el cálculo de rendimiento de maquinarias, pues estos afectan directamente en el resultado final.
- No se debe de tomar estándares otorgados por fabricantes de maquinarias pesadas, ya que estos valores son calculados bajo condiciones muy favorables que podían llamarse "de laboratorio". Tanto para condiciones propias de la obra, la eficiencia del operador y el estado de la maquinaria.
- La experiencia tanto del profesional como la del operador son de vital importancia para su desarrollo operacional.
- Debido a una planificación mal controlada, no se pudo llegar a un uso óptimo de las máquinas en la Etapa 1 de la obra PIADY.
- Los cálculos permiten verificar los costos de acuerdo al tipo de máquina, además de hacer una toma de decisiones acertada de acuerdo a los volquetes necesarios para el movimiento de tierras. Como en el caso de los volquetes, que haciendo el análisis respectivo, el de mayor capacidad permite un costo horario más rentable para la obra, pese a que el costo de maquinaria es mayor con respecto a los demás.

## 8.2 RECOMENDACIONES.

- Realizar un previo análisis de rendimientos, costos y cantidad de equipos a usar en la obra a ejecutar.
- Se debe tomar en cuenta las condiciones que afecten directamente a la maquinaria, así como al operador y condiciones de obra para obtener resultados eficientes.
- Usar las tablas utilizadas en la presente tesis para cálculos rápidos y toma de decisiones futuras en obra.
- Se recomienda realizar las pruebas de suelo necesarias durante las actividades de compactación, habiendo observado durante esta etapa que se llegó a obtener el porcentaje de humedad óptima y densidad seca máxima, solo por la experiencia del operador en cuanto a infiltración del suelo. Cuando lo aconsejable es realizar la toma de muestras para la determinación de estos valores especificados en el ensayo proctor.
- El profesional a cargo de la obra debe tener experiencia previa en trabajos de movimientos de tierras. Esto quiere decir que debe tener conocimiento en identificación de maquinaria pesada, sus usos adecuados y especificaciones.
- Además el personal encargado debe tener conocimiento previo sobre aspectos constructivos en cuanto a etapas de excavación y compactación.

### 8.3 BIBLIOGRAFÍA

- Baldiviezo, L. A. (Marzo de 2008). *promonegocios.net*. Obtenido de <http://www.promonegocios.net/costos/costos-fijos.html>
- Banco Central del Ecuador. (Agosto de 2015). Obtenido de <http://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- Botero, L. F. (2002). Análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universitaria EAFIT No. 128*.
- Caterpillar Inc. (2000). *MANUAL DE RENDIMIENTO CATERPILLAR®*. Illinois,.
- Cherné, J., & González, A. (2010). *Movimiento de Tierras*. España.
- Contraloría General del Estado. (Enero de 2015). Obtenido de [http://www.contraloria.gob.ec/informativo.asp?id\\_SubSeccion=33](http://www.contraloria.gob.ec/informativo.asp?id_SubSeccion=33)
- Dominguez, M. (5 de Mayo de 2013). *construccionmexcavaionesmariagonzalez.blogspot*. Obtenido de <http://construccionmexcavaionesmariagonzalez.blogspot.com/>
- El Universo. (8 de Diciembre de 2013). *Complejo industrial apunta a desarrollar área yaguachense*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/12/08/nota/1885301/complejo-industrial-apunta-desarrollar-area-yaguachense>
- Emopyc S.L. (2012). *Emopyc*. Obtenido de <http://www.emopyc.com/emopyc/maquinaria/List/listing/pesada-126/1.html>
- es.scribd.com*. (30 de Abril de 2014). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/221117702/02Indice-Indice>
- FUNDEC, A.C. (1990). *Maquinaria para Construcción*. Mexico D.F: U.N.A.M.
- Goldsack, P. L. (2011). *El Suelo*. Chile: Universidad de Chile.
- Hidraulicamanse. (2011). Obtenido de <http://hidraulicamanse.com/retroaranas>
- Komatsu. (1994). *Manual de especificaciones y aplicaciones*. Japón.
- Lloret, P. B. (2009). *Máquinas de Obras Públicas II*. San Vicente: Club Universitario.
- Mamani. (8 de septiembre de 2010). *www.scribd.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/37073122/maquinaria-equipo-construccion>
- Muelas Rodríguez, Á. (2010). *Manual de mecánica del suelo y cimentaciones*. Madrid: UNED.
- Naveda, V. (Junio de 2013). *Clave! Bienes Raíces*. Obtenido de [http://www.clave.com.ec/956-El\\_sector\\_de\\_la\\_construccion\\_Ecuador\\_Colombia\\_y\\_Peru.html](http://www.clave.com.ec/956-El_sector_de_la_construccion_Ecuador_Colombia_y_Peru.html)
- PATIOTuerca.com. (Agosto de 2015). *PATIOTuerca*. Obtenido de [www.ecuador.patiotuerca.com](http://www.ecuador.patiotuerca.com)
- PIADY. (2014). Obtenido de <http://www.piady.com/ubicacion.html>

- Ritchiewiki. (2010). Obtenido de <http://www.es.ritchiewiki.com/wikies/index.php/Construcci%C3%B3n>
- Tiktin, J. (1997). *Movimiento de Tierras*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- UCSG. (2006). *Apuntes curso Movimiento de tierra para Maestría en Ingeniería de la construcción*. Guayaquil.
- Universidad Nacional de Ingeniería Perú. (2006). *Mecánica de Suelos*. Perú.
- Wikipedia. (10 de Junio de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Gu%C3%ADa\\_del\\_usuario](https://es.wikipedia.org/wiki/Gu%C3%ADa_del_usuario)
- www.parro.com.ar/. (s.f.). *Diccionario de Arquitectura y Construcción*. Obtenido de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-presi%C3%ADa+admisible+del+terreno>
- Zapata, I. E. (2013). *Maquinaria para construcción de carreteras*. Medellín: UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE MEDELLIN.

## **ANEXOS**

---

***SOPORTE DOCUMENTADO***

**ANEXO #1**  
**PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA PRIMERA ETAPA DEL**  
**PROYECTO PIADY.**

**ANEXO #2**  
**ANÁLISIS GRANULORMÉTRICO DEL MATERIAL**  
**"GRAVA FINA CON FINOS" PARA RELLENO DE LA OBRA**  
**PIADY.**

**ANEXO #3**  
**ENSAYO PROCTOR- PRUEBA DE COMPACTACIÓN DEL**  
**MATERIAL "GRAVA FINA CON FINOS" PARA RELLENO**  
**DE LA OBRA PIADY.**

**ANEXO #4**  
**SALARIOS MINIMOS POR LEY - CONTRALORIA**  
**GENERAL DEL ESTADO**