



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Trabajo de graduación elaborado de manera
independiente previo a la obtención del Título de:**

INGENIERO CIVIL

TEMA: “ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCTIVIDAD Y
SU INFLUENCIA EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS POR
MÉTODOS MECÁNICOS”

AUTOR: Víctor Mauricio Cadena Paucar

TUTORA: Ing. Msc. Lorena Pérez.

AMBATO-ECUADOR

2013

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del trabajo de investigación sobre el tema:
“ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCTIVIDAD Y SU INFLUENCIA EN
EL MOVIMIENTO DE TIERRAS POR MÉTODOS MECÁNICOS.”, del
estudiante Víctor Mauricio Cadena Paucar, egresado de la carrera de Ingeniería
Civil, considero que dicho Informe investigativo reúne los requisitos y méritos
suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que el H.
Consejo Directivo designe

Ambato, Julio de 2013

LA TUTORA

.....
Ing. Msc. Lorena Pérez

DECLARACIÓN

Yo, Víctor Mauricio Cadena Paucar, declaro que el presente trabajo es de mi autoría y no ha sido presentado previamente, para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluye en este documento.

La UTA, puede hacer uso de los derechos correspondientes al mismo según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normalidad Institucional vigente en el año 2013.

.....

Sr. Víctor Mauricio Cadena Paucar

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia que con su apoyo lograron sembrar la fuerza necesaria para acabar este largo camino, que hoy veo forjado, a ti Señor de los Cielos por no cerrar nunca las puertas y brindarme la oportunidad de vida y esperanza cada día, a mi Facultad que con sus profesores lograron implantar el conocimiento necesario para emprender la vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi madre por confiar firmemente en mis capacidades y nunca dejar que desmaye, a mis hermanos por estar presentes en los momentos que más lo necesite a todas las personas maravillosas que conocí y por supuesto los docentes que compartieron su conocimiento en las aulas les estaré eternamente agradecido.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO.

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

	Paginas.
1.1 TEMA.	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	1
1.2.1 Contextualización.	1
1.2.2 Análisis crítico.	4
Árbol del problema	5
1.2.3 Prognosis.	6
1.2.4 Formulación del problema.	6
1.2.5 Interrogantes	6
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación.	7
1.3 JUSTIFICACIÓN.	7
1.4 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.	6
1.4.1 General.	8
1.4.2 Específicos	8

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.	9
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.	14
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.	15
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	16
2.4.1 Supraordinación de variables.	16
2.4.2 Conceptos básicos.	16
2.4.2.1 Productividad.	16
2.4.2.2 Factores que intervienen en el rendimiento.	19
2.4.2.3 Ciclo de trabajo.	22
2.4.2.4 Factor de abundamiento.	23
2.4.2.5 Movimiento de tierras.	24
Excavación general en suelos	25
Transporte de los suelos.	25
Construcción de rellenos y terraplenes.	25
2.4.2.6 Maquinaria para movimientos de tierras	26
Bulldozer sobre orugas.	26
Moto traílla	32
Excavadoras	34
Cargador Frontal	39

Cargadores sobre ruedas	40
Transportes.	42
Rodillos	47
Rodillo pata de cabra	48
Rodillo con ruedas neumáticas	49
Motoniveladoras	51
2.5 HIPÓTESIS	54
2.6 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES	54
2.6.1 Variable independiente	54
2.6.2 Variable dependiente	54

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.	55
3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	56
3.2.1 Nivel de Investigación	
Investigación exploratoria	56
Descriptiva	56
Explicativa	56
3.2.2 Tipo de investigación	57
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	57
3.3.1 población	57
3.3.2 muestra	58
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	58
VARIABLE INDEPENDIENTE:	59
VARIABLE DEPENDIENTE:	60
3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	61
3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	61

CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	62
RENDIMIENTOS DE LAS PRINCIPALES MÁQUINAS.	63
A.-Rendimiento del bulldozer	63
B.- Rendimiento de las cargadoras frontales	70
C.- Rendimientos de las excavadoras.	75
D.- Rendimientos de los transportes.	79
E.- Rendimiento de las motoniveladora.	82
F.- Rendimiento de los compactadores.	85

G.- Rendimiento del tanquero.	87
4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS	89
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	90

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.	96
5.2 RECOMENDACIONES.	98

CAPÍTULO VI PROPUESTA

6.1.- DATOS INFORMATIVOS.	100
6.2.- ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.	102
6.3.- JUSTIFICACIÓN.	103
6.4.- OBJETIVOS.	104
6.4.1 objetivo general	104
6.4.2 objetivos específicos	104
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.	104
6.6 FUNDAMENTACIÓN.	105
6.6.1. Incidencia de los tipos de suelos y rocas.	105
6.6.2. Incidencia de los plazos	106
6.6.3. Incidencia de aspectos ambientales	107
6.6.4. Incidencia de las especificaciones	108
6.6.5. Incidencia de condiciones climáticas	109
6.6.6. Incidencia de los volúmenes de obra	111
6.6.7. Incidencia del monto del presupuesto	112
6.6.8. Factores de riesgo seguridad industrial.	112
6.6.9. Consideraciones sobre la seguridad	113
6.7 METODOLOGÍA.	113
6.7.1 Perforación y voladura	121
6.7.2 Arranque o escarificado	122
6.7.3 Excavación	123
6.7.4 Transporte	124
DATOS DE CASOS REALES.	
Caso nº1 Variante de la Mota del Cuervo	133
Caso nº2 Autovía Rambuchar Castalla	136
Caso nº3 Autovía Rambuchar Castalla	137
Caso nº4 Autovía Rambuchar Castalla	139
Caso nº5 Urb. polígono el Pastoret (monovar)	141

Caso nº6 Variante de Ibi Castalla	143
Caso nº7 Variante de Ibi Castalla	145
Caso nº8 Urban Polígono Lacy en Elda	147
Caso nº9 Edar en Benidorm	148
Caso nº10 Edar en Benidorm	150
Caso nº11 Adecuación de la Presa De Bellús	151
Caso nº12 Autovía Sax Castalla	153
Caso nº13 Ampliación Puerto de Alicante	155
Caso nº14 Accesos a Nueva Condomina (Murcia)	156
Caso nº15 Vía Parque Torrellano Elche	159
Caso nº16 Vía Parque Torrellano Elche	159
Caso nº17 Autovía de Cocentaina A Muro	162
Caso nº18 Autovía de la Plana Cv-10 (Castellón)	163
Caso nº19 Aeropuerto de Castellón	165
Caso nº20 Autovía A-33 Jumilla	167
Caso nº21 Lav S. Martín-Venta Baños (Valladolid)	170
Caso nº22 Autovía Zeneta San Javier	171
6.7.5 Precios de la maquinaria	174
6.7.6 Ejemplo de aplicación del documento.	176
6.8 ADMINISTRACIÓN.	180
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.	180

Índice de Gráficos.

Nº	Descripción	Página
Figura 1	Hoja universal A	27
Figura 2	Hoja universal P	28
Figura 3	Hoja universal U	28
Figura 4	Tractor sobre oruga.	32
Figura 5	Mototraílla	34
Figura 6	Excavadora de oruga.	38
Figura 7	Cargadora Frontal	41
Figura 8	Volqueta Mack	47
Figura 9	Rodillo Pata de Cabra	48
Figura 10	Rodillo Compactador	50
Figura 11	Motoniveladora	53
Figura 12	Rendimiento de Bulldozer D8R.	68
Figura 13	Distancia Promedio de Empuje.	69
Figura 14	Rendimientos de cargadoras Caterpillar.	74
Figura 15	Producción Horaria Motoniveladora	84
Figura 16	Foto excavación Vía Cahuaji-Pillate-Cotaló.	101
Figura 17	Desbroce, desbosque y limpieza.	Anexo gráfico
Figura 18	Excavación en suelo.	Anexo gráfico
Figura 19	Excavación Marginal	Anexo gráfico
Figura 20	Relleno y Compactación	Anexo gráfico
Figura 21	Topografía del terreno	Anexo gráfico
Figura 22	Relleno y compactación	Anexo gráfico
Figura 23	Mantenimiento permanente	Anexo gráfico
Figura 24	Camión Centurión	Anexo gráfico
Figura 25	Camión Bañera	Anexo gráfico
Figura 26	Dumper	Anexo gráfico

ÍNDICE DE LAS TABLAS

Nº	Descripción	Página
Tabla 1	Factores de eficiencia E por condiciones de obra	20
Tabla 2	Eficiencia Horaria.	21
Tabla 3	Pérdidas de Tiempo	22
Tabla 4	Porcentajes de Abundamiento.	24
Tabla 5	Proyectos que se encuentran en ejecución	57
Tabla 6	Características generales de la maquinaria.	58
Tabla 7	Técnicas e instrumentos	61
Tabla 8	Maquinaria Analizada	62
Tabla 9	Bulldozer	64
Tabla 10	Capacidades de Hojas topadoras.	64
Tabla 11	Tiempo de Ciclo del Bulldozer	65
Tabla 12	Promedio del tiempo de Ciclo de bulldozer	66
Tabla 13	Características de las cuchillas	67
Tabla 14	Eficiencia utilizada del bulldozer	67
Tabla 15	Factores de corrección aplicables.	69
Tabla 16	Características Cargadora Frontal.	70
Tabla 17	Capacidades de los cucharones Cargador de Ruedas 950H	70
Tabla 18	Tiempo de ciclo de la cargadora.	71
Tabla 19	Característica de la Excavadora	75
Tabla 20	Capacidades de cucharones de Excavadora 320	76
Tabla 21	Tiempo de ciclo de la excavadora	77
Tabla 22	Promedio de tiempo de ciclo de excavadora 320	77
Tabla 23	Calculo de la producción para excavadoras según manual Caterpillar.	79
Tabla 24	Tiempo de ciclo de los transportes	80
Tabla 25	Promedio de tiempo de Ida y Vuelta	81
Tabla 26	Capacidades de Volquetas.	81
Tabla 27	Longitudes de hoja Motoniveladoras Caterpillar 140H	82
Tabla 28	Producción de los compactadores 815F/825G.	86
Tabla 29	Tabla de resumen de rendimiento del equipo caminero	88
Tabla 30	Rendimientos según Caterpillar	91
Tabla 31	Cálculo de t student para Bulldozer	92
Tabla 32	Cálculo de t student para cargadora frontal	93
Tabla 33	Cálculo de t student para excavadoras	94
Tabla 34	Cálculo de t student para transportes	95
Tabla 35	Ubicación del proyecto	100
Tabla 36	Cuadrante correspondiente a las horas de trabajo	115
Tabla 37	Tabulación de datos de la propuesta.	116
Tabla 38	Excavadora volvo ec-360	116

Tabla 39	c/centauro 4 ejes	116
Tabla 40	Tipos de Excavación.	117
Tabla 41	Transportes de la excavación.	119
Tabla 42	Cuadro de rendimientos de arranque o escarificado.	122
Tabla 43	Cuadro de rendimientos y precios de las excavadoras	123
Tabla 44	Cuadro de costos de maquinaria utilizada en excavaciones.	123
Tabla 45	Cuadro de cargas, velocidades y precios de los medios de transporte.	124
Tabla 46	Distancia de transporte entre (1-2)Km	124
Tabla 47	Distancia de transporte entre (2-3)Km	126
Tabla 48	Distancia de transporte entre (4-5)Km	126
Tabla 49	Distancia de transporte entre (6-7)Km	127
Tabla 50	Distancia de transporte entre (1-2)Km	127
Tabla 51	Distancia de transporte entre (3-4)Km	128
Tabla 52	Distancia de transporte entre (4-5)Km	128
Tabla 53	Distancia de transporte entre (5-6)Km	129
Tabla 54	Distancia de transporte entre (7-8)Km	129
Tabla 55	Distancia de transporte entre (1-2)Km	129
Tabla 56	Distancia de transporte entre (2-3)Km	130
Tabla 57	Distancia de transporte entre (4-5) Km	130
Tabla 58	Distancia de transporte entre (1-2)Km	131
Tabla 59	Calculo para el transporte.	132
Tabla 60	Caso nº1 Variante de la Mota del Cuervo	134
Tabla 61	Rendimientos de excavación Excavadora guria 545	134
Tabla 62	Rendimientos de transporte C/ Centauro O 3 Ejes	135
Tabla 63	C/ Bañera	135
Tabla 64	C/Dumper 35 Tm	135
Tabla 65	Caso nº2 Autovía Rambuchar Castalla	136
Tabla 66	Rendimientos de excavación Excavadora Cat 330 B	136
Tabla 67	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	137
Tabla 68	c/ bañera	137
Tabla 69	c/ dumper 35 tm	137
Tabla 70	Caso nº3 Autovía Rambuchar Castalla	138
Tabla 71	Rendimientos de excavación Bulldozer Cat d/9h	138
Tabla 72	Excavadora Cat 330 me	138
Tabla 73	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	138
Tabla 74	c/ bañera	139
Tabla 75	c/ dumper 35 tm	139
Tabla 76	Caso nº4 Autovía Rambuchar Castalla	140
Tabla 77	Rendimientos de excavación Bulldozer Cat d/9h	140
Tabla 78	Excavadora guria 516	140

Tabla 79	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	141
Tabla 80	c/ bañera	141
Tabla 81	Caso nº5 Urb. polígono el Pastoret (monovar)	142
Tabla 82	Rendimientos de excavación Excavadora CAT 330 B	142
Tabla 83	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	142
Tabla 84	c/ bañera	143
Tabla 85	c/ dumper 35 tm	143
Tabla 86	Caso nº6 Variante de Ibi Castalla	144
Tabla 87	Rendimientos de excavación Excavadora CAT 345	144
Tabla 88	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	144
Tabla 89	c/ bañera	145
Tabla 90	Caso nº7 Variante de Ibi Castalla	146
Tabla 91	Rendimientos de excavación Excavadora CAT 330	146
Tabla 92	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	146
Tabla 93	c/ bañera	147
Tabla 94	c/ dumper 35 tm	147
Tabla 95	Caso nº8 Urban Polígono Lacy en Elda	148
Tabla 96	Rendimientos de excavación Excavadora volvo 460	148
Tabla 97	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	148
Tabla 98	c/ dumper 35 tm	148
Tabla 99	Caso nº9 Edar en Benidorm	149
Tabla 100	Rendimientos de Excavación Excavadora Cat 345	149
Tabla 101	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	149
Tabla 102	c/ dumper 35 tm	150
Tabla 103	Caso nº10 Edar en Benidorm	150
Tabla 104	Rendimientos de excavación Excavadora Cat 345	151
Tabla 105	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	151
Tabla 106	c/ dumper 35 tm	151
Tabla 107	Caso nº11 Adecuación de la Presa De Bellús	152
Tabla 108	Rendimientos de excavación Excavadora Cat 330	152
Tabla 109	Rendimientos de excavación Excavadora Cat 330	152
Tabla 110	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	153
Tabla 111	c/ dumper 35 tm	153
Tabla 112	Caso nº12 Autovía Sax Castalla	154
Tabla 113	Rendimientos de excavación: Excavadora Cat 318	154
Tabla 114	Rendimientos de transporte: c/ centauro o 3 ejes	154
Tabla 115	c/ bañera	155
Tabla 116	Caso nº13 Ampliación Puerto de Alicante	155
Tabla 117	Rendimientos de excavación Excavadora volvo ec-460	156
Tabla 118	Rendimientos de transporte c/ bañera	156

Tabla 119	Caso nº14 Accesos a Nueva Condomina (Murcia)	157
Tabla 120	Rendimientos de excavación Bulldozer Cat d/9h	157
Tabla 121	Excavadora volvo 210	157
Tabla 122	Excavadora volvo 240	158
Tabla 123	Excavadora Cat 330	158
Tabla 124	Rendimientos de transporte c/ bañera	158
Tabla 125	c/ dumper 35 tm	159
Tabla 126	Caso nº15 Vía Parque Torrellano Elche	159
Tabla 127	Rendimientos de excavación Excavadora Cat 318	160
Tabla 128	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	160
Tabla 129	c/ bañera	160
Tabla 130	Caso nº16 Vía Parque Torrellano Elche	160
Tabla 131	Rendimientos de excavación Bulldozer Cat d/9h	161
Tabla 132	Excavadora volvo ec-360	161
Tabla 133	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	161
Tabla 134	c/ bañera	161
Tabla 135	c/ dumper 35 tm	162
	Caso nº17 Autovía de Cocentaina A Muro	
Tabla 136	Rendimientos de excavación Excavadora volvo ec-360	162
Tabla 137	Excavadora volvo ec-290	163
Tabla 138	Excavadora Cat 318	163
Tabla 139	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	163
Tabla 140	c/ dumper 35 tm	163
Tabla 141	Caso nº18 Autovía de la Plana Cv-10 (Castellón)	164
Tabla 142	Rendimientos de excavación Excavadora daewoo 340	164
Tabla 143	Excavadora volvo ec-210	164
Tabla 144	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	165
Tabla 145	c/ bañera	165
Tabla 146	Caso nº19 Aeropuerto de Castellón	166
Tabla 147	Rendimientos de excavación Excavadora volvo ec-360	166
Tabla 148	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	166
Tabla 149	C/ centauro 4 ejes	167
Tabla 150	c/ bañera	167
Tabla 151	Caso nº20 Autovía A-33 Jumilla	168
Tabla 152	Rendimientos de excavación Excavadora Cat 365 c	168
Tabla 153	Excavadora Cat 345 c	168
Tabla 154	Excavadora volvo ec 290	169
Tabla 155	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	169
Tabla 156	c/ bañera	169
Tabla 157	c/ dumper 35 tm	169

Tabla 158	c/ dumper 40 tm	170
Tabla 159	Caso nº21 Lav S. Martín-Venta Baños (Valladolid)	170
Tabla 160	Rendimientos de excavación Excavadora Cat 345 c	170
Tabla 161	Rendimientos de transporte c/ dumper 40 tm	171
Tabla 162	Caso nº22 Autovía Zeneta San Javier	171
Tabla 163	Rendimientos de excavación Excavadora Cat 345 c	172
Tabla 164	Excavadora volvo ec-460	172
Tabla 165	Excavadora Cat 345 b	172
Tabla 166	Excavadora Cat 330	173
Tabla 167	Excavadora volvo ec-290	173
Tabla 168	Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes	173
Tabla 169	c/ bañera	174
Tabla 170	c/ dumper 35 tm	174
Tabla 171	Precios de la maquinaria	175
Tabla 172	Cuadro de rendimientos de arranque o escarificado	176
Tabla 173	Costos de las diferentes maquinarias por hora	177
Tabla 174	Tabla de rendimientos de transportes.	178
Tabla 175	Cálculo del coste del transporte.	178
Tabla 176	Costos y Rendimientos de las maquinarias.	179

RESUMEN EJECUTIVO.

TEMA.

“ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCTIVIDAD Y SU INFLUENCIA EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS POR MÉTODOS MECÁNICOS.”

Este trabajo explica el tipo de maquinaria involucrada en trabajos de movimiento de tierra, indicando para cada caso los aspectos que se deben considerar en una maquinaria para trabajar con un material en particular. En el caso de los movimientos de tierra, la maquinaria se detalla de tal forma que el enfoque de su funcionalidad sea exclusivamente aplicado al tipo de material involucrado, nombrando las limitaciones y las características que inciden en la elección de ella, según sean las propiedades del suelo en que se trabaja.

Para continuar con el proceso se indica aquellos factores que se deben tomar en consideración, debido a la complejidad que presentan en cuanto al criterio que corresponde usar al aplicar dichos factores en los costos. Así, se explica la incidencia de aquellos agentes y la forma adecuada de emplearlos en las estimaciones de costos unitarios.

Luego, se muestra el modo más recurrente de cálculo de costos unitarios para movimientos de tierra y roca, mostrando diferentes casos y formas de afrontar dichas estimaciones. Además, se conjugan, dentro de cada caso, diferentes opciones y situaciones que afectan el precio final, indicando la correcta aplicación de los factores estudiados.

Con esta información se podrá enfrentar un trabajo de estimación de costos para movimientos de tierra, además de encarar dichos problemas de una forma eficiente y fácil de manejar, consiguiendo finalmente modelar los casos más representativos.

Concluyendo que será una gran herramienta para aquellos ingenieros que se inicien en el área de la construcción que impliquen grandes movimientos de tierras. Esto debido a que se presenta no solo teoría, sino que también ejemplos ilustrativos de los tipos de movimientos antes mencionados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCTIVIDAD Y SU INFLUENCIA EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS POR MÉTODOS MECÁNICOS.”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

Cuando una actividad industrial en su proceso de desarrollo impacta la esfera económica de la sociedad, en forma permanente y con varias manifestaciones en su seno, estamos frente a un sector productivo que al identificarse con los propósitos del Estado, a corto, mediano y largo plazo, está promoviendo el bien común. Este es el caso de la industria de la construcción.

Así como es lógico que en tiempos de recesión, al frenarse la construcción, se reduce la inversión y se detiene el desarrollo, de parecida manera el dinamismo de la economía ha de traducirse en dinamismo de la industria constructora, esto redundando en fuente de generación de empleos que canaliza favorablemente la migración del campo a las ciudades y el subempleo urbano.

La industria de la construcción, columna de apoyo de la estructura del desarrollo del país, se ha visto sujeta a grandes fuerzas de desequilibrio, provocadas principalmente por la situación económica mundial y por la que está pasando

nuestro país, consecuencias gravosas para la industria, la cual ha soportado la carga mayor, que está poniendo a prueba su fuerza.

Dentro del oscuro panorama que se nos presenta en el país creemos que es posible salir adelante, siempre y cuando las máximas autoridades ocurran en su auxilio, dándole el apoyo necesario que le permita resistir, con lo cual contribuirá en gran medida a la solidez de nuestra estructura nacional.

La situación económica mundial y la nuestra en particular exigen ahora una organización perfecta para triunfar; es necesario que las empresas no solamente ejecuten la obra sino también que actualicen y desarrollen una tecnología cada vez más avanzada, que les permita sortear todas las condiciones que actualmente se presentan.

La proporción más importante del capital fijo de una empresa constructora está constituida por la maquinaria y equipo en poder de éstas. La utilización adecuada de este recurso es determinante de la eficiencia con la que la propia constructora realiza la obra industrial, componentes básicos de la infraestructura para el desarrollo.

La participación del trabajo mecánico en la construcción pesada es superior al 60% y en la urbanización es del orden del 40%. La importancia que adquieren maquinaria y equipo en la construcción y, por ende, en la economía del país resulta así de evidente.

No es posible esperar utilidades cuando se descuida la utilización adecuada de la maquinaria; es indispensable llevar un control adecuado de los avances, parciales y generales, por maquinaria y frentes de trabajo. Es necesario corregir oportunamente las desviaciones y garantizar hasta donde sea posible el apoyo a los programas.

Una maquinaria siempre tiene que tener una disponibilidad en obra que no baje del 70% y debe dedicársele toda la atención necesaria para que su eficiencia este muy cerca al 80%.

Esto se maneja desde el punto de vista de un mantenimiento oportuno y eficaz; así como el abastecimiento de refacciones, combustible, lubricantes y el cuidado constante del personal mecánico para la prevención y programación de reparaciones mayores como del necesario mantenimiento para que sigan trabajando.

Es innegable el valor que representa para la obra, la intendencia de maquinaria y talleres; aunque frecuentemente y por desgracia en la mayor parte de los casos no se toma en cuenta su importancia ni el valor de este grupo humano.

Esta maquinaria disponible durante los tiempos programados requiere también órdenes precisas para su aplicación y máxima eficiencia, evitando desperdicios de tiempo y gastos prematuros de equipo.

La construcción pesada se ocupa de las obras cuyos volúmenes son los más considerables y como consecuencia, requiere maquinaria de mayor costo unitario; con su apoyo se ejecutan las grandes obras, que son los elementos de desarrollo. Un receso de la construcción pesada se refleja en una desaceleración del ritmo de la evolución del país.

Hay que definir correctamente, los conceptos tanto de maquinaria como de equipo. Maquinaria son aquellas unidades que tienen determinado valor y cierta autonomía en cuanto a su movimiento, el equipo no tiene esta autonomía y su valor atribuible es menor.

Ecuador va a crecer durante los próximos años en una forma extraordinaria. El desarrollo de diversas industrias como la petrolera, la siderúrgica, la minera, entre otras, generara un auge que a su vez se reflejará en la industria de la construcción que requiere maquinaria en volumen creciente.

La creciente necesidad de hacer cada vez cosas más grandes y más fuertes en cuestión de ingenio y remembranza, pero también la necesidad de crear caminos y así de esa manera unir fronteras y naciones. Es así como nace el movimiento de tierras. Pero no fue un camino fácil para esta rama de la ingeniería el abrirse paso.

Es por ello la gran importancia de tener un conocimiento profundo del proyecto vial antes de su materialización en el terreno: su ubicación, características, tipo de suelo, facilidad de acceso a obra, entre otros. El desconocimiento o poca familiarización con el proyecto puede generar problemas de ejecución que conllevan necesariamente a un incremento de los costos. Es por ello que, al ser el movimiento de tierras una actividad que encierra sumas elevadas de dinero, se debe tener cuidado al determinar el diseño para esta etapa constructiva. (Análisis de Rendimientos en Caminos. Cimadevilla.A., 2008)

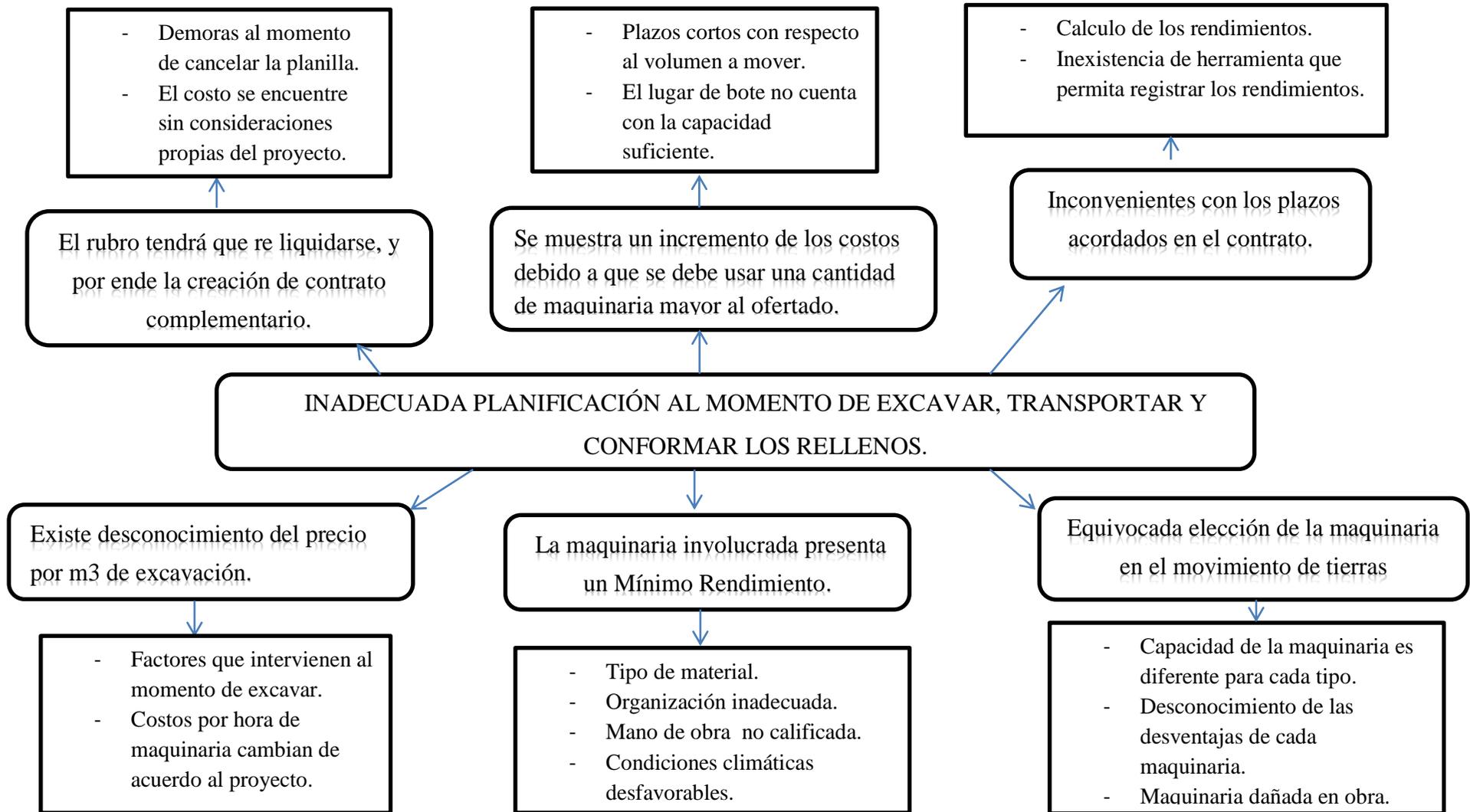
1.2.2 Análisis crítico

El trabajo en Obras Civiles, ya sea de pequeña o gran envergadura, trae consigo un sin número de rubros, donde los movimientos de tierra en obras viales, pueden ser en muchos casos de un costo muy importante en el total de la obra, siendo en consecuencia su planteamiento de una importancia mayor.

En Ecuador, con el correr de los últimos años, el sector de la construcción ha tenido un incremento sostenido en relación al crecimiento global del país, lo que hace imprescindible que los ingenieros efectúen análisis complicados en los cuales abarcan situaciones en donde solamente un grupo de rubros como son la excavación transporte y conformación de relleno se llevan el mayor monto presupuestario, es decir, si una de ellas llega a estar mal estimada, la obra completa puede verse afectada y así generar graves problemas de solvencia económica.

En trabajos donde la evaluación de costos unitarios de rubros importantes dependen básicamente de la experiencia del investigador, para ingenieros recién titulados resulta ser realmente un problema, ya que puede estar en sus manos entregar resultados erróneos y además presentar costos que estén alejados de la realidad. Es por este motivo, que a través del presente estudio se pretende dar una solución a dicho problema, la cual no tiene pretensiones de ser definitiva, sino entregar una base que ayudará a los futuros ingenieros.

Árbol del problema:



1.2.3 Prognosis

La determinación de los factores que influyen en la productividad en el movimiento de tierras tiene gran importancia debido a que si no se conoce completamente del trabajo a realizarse se podría tomar decisiones equivocadas acerca del precio a licitar, encontrándose de esta forma sin posibilidades de concluir la obra.

Cuando los rendimientos de la maquinaria están documentados, desarrollarlos e implementarlos no se convertiría en una actividad imposible de ejecutarlo con fiabilidad y llevarlo a cabo, así como medir el rendimiento actual y establecerlos conforme se desarrollan en el campo.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo reducir los costos de productividad en el movimiento de tierras por métodos mecánicos?

1.2.5 Interrogantes

1. ¿Cuáles son los parámetros utilizados para la selección de la maquinaria correcta en el movimiento de tierras?
2. ¿Qué métodos de organización permitirán obtener mejores resultados en el rendimiento?
3. ¿Qué procedimiento debe seguirse para realizar una correcta extracción de escombros, acarreo del material, constitución o sitios de botaderos?

1.2.6 Delimitación del objeto de investigación

- **Contenido.-** La presente tesis se desarrolla dentro del campo de Ingeniería Civil y abarca el tema de rendimiento de maquinarias en la construcción de vías y que está dentro del área de precios unitarios
- **Espacial.-** El estudio fue realizado en la construcción de la vía Cahuaji-Pillate-Cotalo ubicado entre las provincias de Tungurahua y Cotopaxi.
- **Temporal.-** El presente trabajo se realizó entre los meses de diciembre de 2012 a mayo de 2013.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es movida por la curiosidad de entender mejor el funcionamiento del rendimiento de la maquinarias que son utilizadas en obra, así como el mejoramiento o incremento de la productividad de las mismas para generar así un tiempo menor de construcción, y a su vez, ésta misma traducirla en mayores ingresos a la compañía constructora. La ejecución de los movimientos de tierras no es en un principio un trabajo difícil, pero se complicará en muchos casos por diversos problemas como climáticos, recursos, geológicos, etc...

Al proyectarse un movimiento de tierras, ya sea para la construcción de una carretera o para labores mineras, transporte de materiales de relleno o corte, destronque o acarreo, se piensa en maquinaria pesada. Al utilizar dicha maquinaria se tiene que hacer un trabajo previo de cálculo para obtener un rendimiento óptimo utilizando herramientas de cálculo como son los cuadros en los que se encuentra documentado los rendimientos así como que factores de eficiencia se pueden utilizar para el escogimiento de esta clase de equipos que son necesarios para desempeñar trabajos de excavación, efectuando el trabajo en un tiempo corto con las técnicas adecuadas y tratando de que el riesgo sea menor para el personal que está trabajando en la obra.

De igual forma tratando de que el factor ambiental de cubra en la medida de las posibilidades de trabajos a presentarse ya que el riesgo en las excavaciones de gran magnitud pueden verse paralizadas por incumplimientos en temas ambientales así como el de seguridad.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Analizar los costos de producción y su influencia en los movimientos de tierras por métodos mecánicos.

1.4.2 Específicos

1. Determinar los tipos de maquinaria que se utilizan para los movimientos de tierra.
2. Determinar los factores que tienen un efecto negativo sobre la productividad en el movimiento de tierras.
3. Entender otros aspectos de los movimientos de tierras para entregar ayudas fundamentales para el cálculo de costos unitarios y características generales.
4. Evaluar diversos factores que afectan los costos unitarios explicando condiciones que se manejan intrínsecamente por expertos; luego, llevarlos a un plano donde el profesional lo entienda y pueda plasmarlo en una herramienta de cálculo.
5. Considerar los factores de riesgo y su incidencia en la seguridad de los operadores y usuarios de las vías.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Edgar Palencia de la Universidad de Guatemala en su tesis “CONSIDERACIONES SOBRE LA SELECCIÓN Y CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE MAQUINARIA PESADA PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS” dice: Cuando se hacen cálculos para un proyecto de movimiento de tierras debe tenerse en cuenta que primero se tienen que conocer las condiciones del lugar antes de proceder a la selección de maquinaria, abarcando el clima y la clase de material de que se compone el suelo ya que en función de estos factores está el tipo de maquinaria a usar.

Al trabajar en proyectos de movimientos de tierras, el renglón más importante con relación a costos es el de ejecución, el cual está influido por dos factores que son: El rendimiento de la maquinaria y el mantenimiento. Un mal mantenimiento produce pérdida de tiempo aumentando así los costos, por lo tanto se debe contar, en el proyecto, con un buen taller de reparación y un buen equipo personal. Si el rendimiento de una maquinaria es bajo, debido a que no trabaja la totalidad de tiempo o de horas adecuadas al día, produce un alza en los costos de ejecución pues llevará más tiempo en terminar la labor asignada, además se debe emplear el equipo adecuado.

Los costos de reparación se deben mantener al mínimo contando para ello con un operador que cuide su máquina, ya que el operador debe revisar su máquina

diariamente y avise de cualquier desperfecto en el momento de detectarlo. Llevando un control de horas trabajadas, se puede saber cuándo se reemplazará una pieza o cuando se deben chequear cada uno de los sistemas. Lo más importante al trabajar con diferentes tipos de maquinaria, en las diferentes fases del movimiento de tierras, es lograr la mejor sincronización entre ellas para obtener así una mayor eficiencia, ahorrando tiempo y obteniendo un mejor rendimiento debido a que cada una posee un tiempo de ciclo diferente.

Rosa Osses y Alejandro Vera de la Universidad de Santiago de Chile en su tesis “FACTORES INCIDENTES EN LA DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS Y ROCAS” expone:

Es necesario analizar las operaciones de manera detallada con el fin de detectar todos los factores que afectan positiva y negativamente. Este análisis no debe regirse al aspecto técnico únicamente sino debe ser global, con el fin de poder identificar errores o fallas en todos los aspectos relacionados con la operación, como puede ser el manejo de la administración, las condiciones laborales del personal, el apoyo logístico, el departamento de equipos, etc..

En el trabajo de movimiento de tierras, los recursos determinantes son los equipos que se utilizan, por lo que hubo que adecuar un método que permita medir la productividad de la operación en función de estos.

El método aplicado se basa en la medición de las operaciones de los equipos, divididas en fases que tienen como parámetro el tiempo en minutos. Este método puede ser aplicado a cualquier proyecto que tenga una partida de movimientos de tierras que incluya la carga y transporte de cualquier tipo de material.

El estudio de movimientos de tierra fue enfocado de tal manera que explica los tipos de maquinaria usados comúnmente dentro de obras de este tipo, para concluir con ejemplos prácticos que abarcan las posibilidades más importantes en cuanto a la inclusión de factores incidentes dentro de los costos unitarios.

De acuerdo al análisis realizado sobre los factores incidentes dentro de los movimientos de tierras se hizo necesario clasificarlos según la forma que afectarán

sobre los costos unitarios finales. Así, al enfrentar un problema de estimación de precios para las partidas estudiadas se consideró que muchos de estos factores están sujetos al conocimiento del estimador.

Al investigar acerca de cada uno de estos factores, sólo fuera posible incluir dentro del análisis de precios unitarios aquellos que están sujetos a experiencias previas o a datos estadísticos acerca de cómo los precios se ven afectados de acuerdo a los posibles cambios que estos experimenten dentro de la obra, como es el caso de la calidad o dureza del terreno involucrado.

Andrés González Aguilar y Juan Cherné Tarilonte. Publicación del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1997 exponen:

El impacto ambiental en las obras de movimiento de tierras. Protección de la geomorfología del terreno.

Las principales alteraciones geomorfológicas están provocadas por los movimientos de tierra, desmontes y terraplenes, que pueden producir en algunas zonas impactos más importantes que en otras. Las medidas preventivas corresponden al proyecto, que es donde se deben minorar las actuaciones geomorfológicas (Estudio de la forma de la tierra) que originan la nueva carretera.

También entran en este apartado la estabilidad de taludes, que a veces está reñida con la ocupación espacial, y que puede requerir soluciones estructurales como muros de contención, en las cuales hay que tener presente el impacto paisajístico cuya medida correctora es el muro revegetado. Las medidas paliativas al movimiento de tierras, son la restauración revegetalizada de las superficies afectadas, la cual independientemente del efecto paisajístico tiene otro más importante, que es la contención de la erosión producida por las lluvias. La compensación de masas para conseguir unos costes reducidos, puede llevar en algunos casos a cortes del terreno demasiado fuertes, grandes trincheras o terraplenes muy altos, con el consiguiente impacto paisajístico, por eso actualmente los volúmenes de movimiento de tierras son menores, y aumenta la construcción de túneles (menores desmontes y trincheras).

El impacto ambiental repercute en la compensación de volúmenes en el sentido de que no debe ser automática el programa informático del trazado, es decir, que las tierras de un desmonte vayan a la sección más próxima del terraplén, sin analizar el valor ocupacional en función del valor del terreno ocupado, pudiendo ser más necesario ecológicamente llevarlos a vertedero. Esto quiere decir, que en principio hay que modificar el terreno lo menos posible, porque siempre se pueden encontrar préstamos que su extracción no cause impacto.

Por otra parte, para disminuir el impacto ambiental de préstamos y vertederos es necesario optimizar el movimiento de tierras en el trazado, encajando el diagrama de masas para no recurrir a préstamos ni llevar a vertederos, aprovechando los materiales in situ, incluso estabilizándolos para convertir los suelos inadecuados en tolerables. Se elimina así el impacto acústico y las molestias ocasionadas por el tráfico de camiones al pasar por los núcleos periurbanos.

Otra minimización del impacto geomorfológico es aprovechar los huecos de la extracción de materiales de préstamo como vertederos para el material excedente de excavación. En algunos casos el material a vertedero se deposita en ciertos lugares de la traza para formar diques de tierra anti ruido a zonas periurbanas, evitando así las molestias ocasionadas por el tráfico de camiones y reduciendo los costes de transporte y adecuación de vertederos.

Alteraciones temporales durante la fase de obra.

La protección hidrológica constituye quizás la parte principal de las medidas correctoras, porque una alteración correspondiente puede llegar más lejos que las restantes, al estar más desfasada en el tiempo. En los casos de túneles las afecciones hidrogeológicas pueden ser más importantes que las superficiales.

Las medidas correctoras son las siguientes:

- En el caso de que los planos de las zonas excluidas no existiesen, controlar que los acopios, vertederos, instalaciones y vertidos no afecten a la libre circulación del agua superficial y freática.
- Desvío provisional de arroyos para evitar las aportaciones de sólidos producidas por el movimiento de tierras, y posterior restitución y encauzamiento.
- Controlar que los vertidos de aceites y grasas de la maquinaria de obra sean a contenedores especiales o a balsas específicas, igual que el lavado de las máquinas. Posteriormente un camión cisterna con aspiración lleva los aceites a instalaciones específicas de recuperación o se transportan en contenedores.
- Colocar balsas de decantación para las aguas de lavado de las plantas de tratamiento de áridos, instalaciones de lodos, con objeto de evitar que los sedimentos vayan a los cauces naturales, y también, para recuperar estas aguas reciclándolas, si la situación de sequía lo exige.
- Prohibir el vertido de las lechadas del lavado de los autos hormigoneras a los cauces naturales o sus proximidades. En los hormigonados próximos a cauces hay que tomar disposiciones para evitar fugas, como ataduras, cercos, etc.
- Control de afecciones a las aguas subterráneas, en la perforación de túneles, caso de que existan.
- Las aguas procedentes de túneles excavados con escudos o topes deben tratarse en balsas con desengrasadores de aceite e instalaciones de filtrado para evitar que estas aguas que contienen aceites vayan por cauces naturales sin tratamiento.

- Tomar muestras de agua en los cursos interceptados aguas arriba y abajo de los puentes y realizar los análisis comparativos de determinados parámetros como temperatura, oxígeno disuelto, DBO, pH, turbidez, etc.
- Colocar fosas sépticas en los servicios sanitarios, para evitar la contaminación por las aguas residuales. Aunque esta obligatoriedad pertenece a Seguridad e Higiene, es una medida correctora ambiental. Las fosas deben quitarse terminada la obra.

La degradación de las aguas afecta seriamente a la fauna acuática, anfibia e ictícola. En la construcción de las pilas de los puentes se acentúa también la contaminación con la construcción de islotes y desvíos, que alteran el hábitat de la fauna local ictícola, obligándola a desplazarse a otros lugares, lo cual aboca en la desaparición de algunas de ellas, y sugiere programar dichas construcciones fuera de las épocas reproductoras.

Por ello antes y después de la construcción del puente han de cuantificar las especies acuáticas y, si procede, realizar una repoblación cuando se haga la restitución forestal. Las pistas de acceso al lugar del puente deben anularse terminada la obra, y restituirse a la situación original para evitar la contaminación del río por lavado de coches, vertido de residuos, excursiones, etc.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El presente trabajo de investigación está dentro del paradigma neo-positivista ya que predominan los métodos cuantitativos, por la aplicación de leyes y principios ya establecidos es decir no podemos cambiar el procedimiento y el presente está direccionado a la verificación y comparación de resultados.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

- Ministerio de Transportes Obras Públicas. (Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes). MOP - 001-F 2002.

SECCIÓN 303. EXCAVACIÓN Y RELLENO

303-1. Generalidades.

303-1.01. Descripción.- Estos trabajos consistirán en excavación, transporte, desecho, colocación, manipuleo, humedecimiento y compactación del material necesario a remover en zonas de corte y a colocar en zonas de relleno para lograr la construcción de la obra básica, estructuras de drenaje y todo trabajo de movimiento de tierras que no sea incluido en la subsección 301-2 y que sea requerido en la construcción del camino, de acuerdo con los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador.

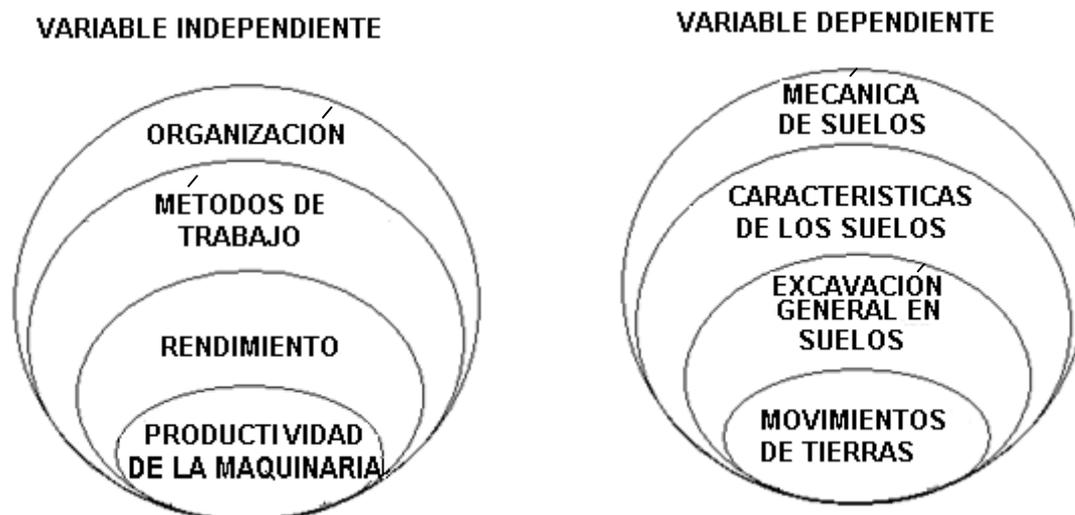
Todo el material aprovechable de las excavaciones será utilizado en la construcción de terraplenes, diques y otros rellenos, conforme se estipule en los documentos contractuales o indique el Fiscalizador. Cualquier material excedente y material inadecuado que hubiese, serán utilizados o desechados de acuerdo a lo estipulado en los numerales 303-2.02.4 y 303-2.02.5 respectivamente.

La remoción de cualquier capa existente de subbase, base o superficie de rodadura, excepto pavimento de hormigón, será considerado como parte de la se dichas capas, y no excavación correspondiente al sector en que encuentran.

- Ley de caminos. Decreto Supremo 1351, Registro Oficial 285 de 7 de Julio de 1964.
- Ley Orgánica de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial. Agosto de 2008.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.4.1 Supraordinación de variables.



2.4.2 CONCEPTOS BÁSICOS

2.4.2.1 Productividad

“Facultad de producir. Calidad de lo que es productivo. Incremento simultáneo de lo que es producción y del rendimiento debido a la modernización del material y a la mejora de los métodos de trabajo” (Pequeño Larousse Ilustrado - Diccionario).

Conjugando esta definición con las descripciones que manejaremos en el presente entendemos que productividad es el rendimiento de una actividad productiva y la podemos expresar en cantidad de producción obtenida por una unidad de factor, generalmente, de trabajo; y los elementos que la determinan son fundamentalmente la organización del trabajo, el grado de mecanización del mismo así como la disposición del trabajador (experiencia, estado físico y psicológico.).

La productividad también puede definirse como una medición de la eficiencia con la que los recursos se administran para completar un trabajo específico, dentro del tiempo establecido y con la calidad acordada. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve generar y transportar volúmenes de gran tamaño y que la maquinaria se vea afectada por mal uso de la misma.

Es necesario que las empresas o los proyectos de construcción se ubiquen en el cuadrante de alta eficiencia y alta efectividad ya que así se logrará una alta productividad.

Productividad es el cociente de la división de la producción entre los recursos empleados para lograr dicha producción.

$$\text{Productividad} = \text{Cantidad producida} / \text{Recursos empleados.}$$

La organización de la obra no solo implica el escoger correctamente la maquinaria para llevar a cabo un trabajo, se debe también, organizar a uno o varios grupos de trabajo en cada obra, que ésta cuente con el personal capacitado depende del proyectista y del tipo de trabajo a realizar.

Para que se logre llegar a un trabajo productivo deben estar comprometidos todos los niveles de la organización, tanto en su accionar interno como en su interacción con el entorno. Ya que ésta debe dar las condiciones y recursos para que los grupos de trabajo funcionen de manera eficiente y a su vez productiva. A la vez los grupos de trabajo deben apoyar a cada individuo que conforma el grupo tanto en condiciones como en recursos para que finalmente éstos aporten sus habilidades y actitudes obteniendo así una alta producción en las tareas específicas que se desempeñan. En esta parte ya se involucra al trabajador y éste presenta un punto determinante en la productividad de un trabajo.

También, los grupos de trabajo, deben contar con una adecuada dirección (que dependerá principalmente del ingeniero) y que éste cuente con el personal apropiado para cumplir con sus tareas. Se deben tener bien conformados y balanceados sobre la base de las capacidades requeridas y deben contar con los recursos necesarios, entre otras cosas. Finalmente, los trabajos se desempeñarán de forma productiva, si cuenta con la capacidad necesaria, están debidamente motivados y no están restringidos por factores externos en la ejecución de sus tareas.

La productividad sufre constantemente un proceso de transformación, en este proceso ingresan recursos para dar un servicio o producir un bien y luego a través de

este mismo obtener un producto o servicio cumplido. En una obra civil, para el caso de movimiento de tierras los principales recursos son los siguientes:

- Los materiales (repuestos, combustibles, etc.)
- La mano de obra
- La maquinaria y equipos.

Cuando se han considerado los recursos, podemos definir las siguientes productividades.

1. Productividad de los materiales: Planificar adecuadamente las cantidades de los diversos materiales que se utilizarán y contar con ellos en el momento oportuno pero sin aumentar el “stock” (suministro).
2. Productividad de la mano de obra: La mano de obra en esta operación la conforman básicamente los choferes y operadores de los equipos. De la habilidad depende en gran medida, su producción y rendimiento.
3. Productividad de la maquinaria: Es un factor crítico, de ellas depende la producción y en gran medida la productividad de otros recursos.

Existen diversos factores que afectan la producción del equipo, el rendimiento de la mano de obra (tanto en los operadores como en el personal que trabaja en campo), la utilización de los materiales. Es decir, estos factores influyen sobre la productividad de la obra tanto positiva como negativamente. La función de la administración de la obra es lograr identificar los factores con mayor eficiencia sobre la productividad de la misma para luego incrementar las incidencias de los factores positivos y disminuir los negativos.

Es importante comprender que la productividad posee gran cantidad de elementos, los cuales la hacen extremadamente compleja. Para lograr una buena productividad es necesario que todos los involucrados aporten, es decir, todos aquellos que tengan que ver con la ejecución del trabajo. Los más importantes son: cliente, contratista, mano de obra y proveedores (Pequeño Larousse Ilustrado - Diccionario).

2.4.2.2 Factores que intervienen en el rendimiento

Esta cifra no es una constante del modelo de máquina, sino que depende de una serie de factores particulares de cada aplicación:

a) Condiciones de trabajo de la obra en cuestión

a.1.- Naturaleza, disposición y grado de humedad del terreno.

Los materiales en estado seco tienen un volumen aparente que es el que ocupa la capacidad de la máquina, pero en estado húmedo presentan una adherencia que hace aumentar la capacidad. Si la humedad es excesiva, entonces no aumenta. En el caso de margas y arcillas húmedas el rendimiento de excavación puede bajar considerablemente por adherirse el material a las paredes.

a.2.- Accesos (pendiente, estado del firme). Repercusión de los accesos en el coste final de una obra. Tiene gran importancia el trazado y conservación de las pistas y caminos interiores de la obra, porque repercuten:

- En la potencia necesaria de los vehículos y por consiguiente, en el consumo de combustible.
- En el tiempo de transporte, al conseguirse menores velocidades si están en mal estado.
- En la capacidad de transporte al ser mayores las cargas si están bien conservadas.
- En la propia logística, si se producen averías y no hay zona de estacionamiento.

Una falsa economía inicial o de proyecto puede ocasionar llevar mayor repercusión a lo largo de la obra, incluso en el plazo de ejecución si hay que variar el trazado de las vías durante la obra.

a.3.- Climatología (visibilidad, pluviometría, heladas) La climatología no sólo afecta a las interrupciones de trabajo sino al estado del firme pues el barro y la humedad reducen la tracción de las máquinas (tradicabilidad). Cuando la

temperatura es inferior a 20°C en la sombra.

a.4 .- Altitud, que puede reducir la potencia de las máquinas.

b) Organización de la obra

b.1.- Planificación: Afecta a la producción de la máquina: esperas, maniobras,...

Hay que cuidar el orden de los trabajos para reducir al mínimo el número de máquinas necesarias y evitar embotellamientos y retrasos.

b.2.- Incentivos a la producción.

c) Habilidad y experiencia del operador

Estos factores no son de aplicación total y cada uno deberá emplearse sólo cuando lo requieran las circunstancias

d) Eficiencia Horaria.

Se denomina **Producción óptima** o “Pop” de punta a la mejor producción alcanzable trabajando los 60' de cada hora. En la práctica se trabaja sólo 45' ó 50' a la hora por lo que la **producción normal** “Pn” será:

$$Pn = 50/60 \times Pop = 0,83 Pop = E \times Pop$$

En lo sucesivo P se referirá siempre a la Producción normal Pn.

La relación (E) entre los minutos trabajados y los 60' de una hora es lo que se denomina **eficiencia horaria**, tiempo productivo o factor operacional (operating factor). Los factores de los que depende la producción determinan la eficiencia horaria, como muestra la tabla 1.

Tabla N° 1. Factores de eficiencia E por condiciones de obra

CONDICIONES DE TRABAJO	Organización de obra		
	Buena	Promedio	Mala
Buena	0,9	0,75	0,6
Promedio	0,8	0,65	0,5
Mala	0,7	0,6	0,45

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Si se consideran incentivos a la producción, sobre todo con buenos factores de organización, estos coeficientes se verán incrementados, pero en cualquier caso será difícil que alcancen valores superiores a 0,90. Por otro lado, en condiciones adversas de trabajo y organización, el tiempo real puede llegar solamente a ser el 50% del tiempo disponible.

Tabla N° 2. Eficiencia Horaria.

Incentivo	Organización	Min/hora	E
SI	BUENA	50	0,83
SI	MALA	42	0,70
NO	MALA	30	0,50

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Naturalmente una máquina no trabaja sólo una hora sino varias al día durante el período que dure la obra, que puede ser de muchos meses. Esto hay que tenerlo presente al calcular la *eficiencia media*, y que las condiciones y la organización pueden ir cambiando con el transcurso de la obra.

También es necesario tener en cuenta las pérdidas de tiempo que se ocasionan, ya que el tiempo de trabajo continuo anual de una máquina (sin traslados ni esperas) sería de:

$$52 \text{ (semanas/año)} \times 40 \text{ (horas/semana)} - 8 \text{ fiestas oficiales} \times 8 \text{ (horas/día)} = 2.016 \text{ h}$$

Y en la práctica es difícil superar las 1.600 horas, principalmente debido a:

- Averías de la máquina.
- Mantenimiento o conservación cada cierto número de horas de trabajo, aunque no se incluirán en las pérdidas por realizarse normalmente en horas no laborables para la máquina durante las de espera.
- Condiciones atmosféricas locales, que además de afectar a la producción de la máquina entorpecen la marcha general de la obra. La Tabla N° 3 expone algunos de los conceptos más comunes y ejemplos de sus valores en condiciones medias, expresado como porcentaje.

Tabla N° 3. Pérdidas de Tiempo

Meteorología	9 %
Maniobras	8 %
Esperas	11 %
Averías mecánicas	6 %
Habilidad del operador	15 %
Total máximo	60 %

Fuente: Palencia, E. Universidad de Guatemala.

Se llama disponibilidad de una máquina (availability) a:

$$\text{Disponibilidad} = \text{horas de trabajo} / (\text{horas de trabajo} + \text{horas de reparaciones})$$

Es conveniente antes de comenzar la obra hacer un estudio de las posibles condiciones climatológicas que se puedan presentar durante su desarrollo.

Las averías en máquinas pueden llegar a ser importante y para disminuirlo hay que prestar atención a:

- Fiabilidad de la máquina.
- Rapidez en los repuestos y atención del suministrador.
- Cuidados y mantenimientos a cargo del propietario.
- Habilidad del operador.
- Dureza del trabajo (material, accesos).

Todo lo anterior lleva en determinados casos a la compra de maquinaria nueva para una obra, o a la adquisición de unidades de repuesto si se emplean muchas iguales, con objeto de asegurar la continuidad de la misma y no interrumpir otras unidades de obra

2.4.2.3 Ciclo de trabajo

Se denomina Ciclo de Trabajo a la serie de operaciones que se repiten una y otra vez para llevar a cabo dicho trabajo. **Tiempo del Ciclo** será el invertido en realizar toda la serie hasta volver a la posición inicial del ciclo.

Por ejemplo, en las máquinas de movimiento de tierras el tiempo de un ciclo de trabajo es el tiempo total invertido por una máquina en cargar, trasladarse y/o girar, descargar y volver a la posición inicial.

La suma de los tiempos empleados en cada una de estas operaciones por separado determina el tiempo del ciclo. En los capítulos posteriores correspondientes a las máquinas más importantes se llevará a cabo un análisis de las operaciones o fases características de cada una de ellas.

El tiempo de un ciclo puede descomponerse en fijo y variable. El primero (fijo para cada caso) es el invertido en cargar, descargar, girar y acelerar o frenar para conseguir las velocidades requeridas en cada viaje, que es relativamente constante. El segundo es el transcurrido en el acarreo y depende de la distancia, la pendiente, etc. Es importante considerar separadamente la ida y la vuelta, debido al efecto del peso de la carga (vacío a la vuelta) y la pendiente.

Para un resultado más preciso de la duración de un ciclo suele tomarse un valor medio, obtenido de la medición de un gran número de ciclos, mientras que un número insuficiente puede llevar a resultados erróneos, debido al cambio en las condiciones externas (material, climatología, ...)

2.4.2.4 Factor de abundamiento

Al excavar el material en banco, resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen. Este hecho ha de ser tenido en cuenta para calcular la producción de excavación y dimensionar adecuadamente los medios de transporte necesarios. En todo momento se debe saber si los volúmenes de material que se manejan corresponden al material en banco (Banco) o al material ya excavado (Suelto).

Se denomina factor de abundamiento a la relación de volúmenes antes y después de la excavación. El factor de abundamiento será tomado de acuerdo al promedio de lo siguiente:

Tabla N° 4. Porcentajes de Abundamiento.

CLASES DE TIERRA.	PORCENTAJE DE ABUNDAMIENTO
ARENA O GRAVA LIMPIA	de 5 a 15%
SUELO ARTIFICIAL	de 10 a 25%
MATERIAL SUELTO	de 10 a 35%
TIERRA COMÚN	de 20 a 45%
ARCILLA	de 30 a 60%
ROCA SOLIDA	de 50 a 80%

Fuente: Mecánica de suelos. FICM. 1999-2000

2.4.2.5 Movimiento de Tierras

El movimiento de tierras es muy importante, tanto en las edificaciones como en el trazado de vías de comunicación y en las conducciones de agua.

Antes de realizar cualquier obra, tanto arquitectónica como de ingeniería, es necesario preparar el terreno; excavaciones, explanaciones, formación de terraplenes del mismo.

En esencia el movimiento de tierras se reduce a dos polos opuestos: desmonte y terraplén. El desmonte consiste en quitar tierras hasta llegar a un límite previamente establecido. El terraplén, a la inversa, consiste en rellenar los huecos o crear explanaciones hasta lograr también una altura determinada. (Edgar Palencia, 1984)

Esta altura, en cualquier caso, toma el nombre de rasante o cota, y se establece estudiando detenidamente el plano, con vistas a que el material procedente de las excavaciones o desmontes sea suficiente para la construcción de los terraplenes.

El movimiento de tierra contempla un conjunto de actividades que deben desarrollarse para lograr de una mejor forma el objetivo final solicitado.

- Excavación general en suelos
- Transporte de los suelos
- Construcción de rellenos o terraplenes

Excavación general en suelos

Este rubro constituye el movimiento de cualquier tipo de suelo, independientemente de las características propias del lugar donde se encuentre. Es por ello, que en la mayoría de las veces se hace necesario realizar previo a la excavación propiamente tal, algunas actividades como despeje y desbroce del terreno, con el fin de limpiar y liberar de materiales inadecuados al lugar en donde se comenzará a trabajar. Estos materiales normalmente no son utilizables para confección de terrenos y terraplenes.

Además, será necesario efectuar estudios previos al terreno con el fin de manejar las propiedades mecánicas iniciales que presenta el lugar, ya que características como la cohesión, densidad, compacidad, entre otras, afectan el rendimiento de la maquinaria. Por lo tanto, un correcto análisis del terreno y de lo que se quiera hacer en él, permitirá determinar el tipo y cantidad de maquinaria que se deberá emplear en la faena para obtener el resultado esperado en los plazos estimados.

Transporte de los suelos

Luego del proceso de excavación continúa el de transporte de suelos, convirtiéndose en un rubro importante debido a los grandes volúmenes de material que se mueven dentro de las obras de infraestructura.

Para llevar a cabo esta actividad, es imprescindible conocer aquellos aspectos que afectarán la elección de capacidad y cantidad de medios de transporte que finalmente se designarán para este rubro. Dentro de estos puntos se encuentra la cantidad de m^3 que se deben transportar en una jornada y la distancia de acarreo, es decir, la distancia existente entre el sector de excavación y el de botadero o de relleno; siendo el primero el incidente en la capacidad y el segundo en la cantidad de máquinas que se deben tener disponibles y de este modo, cumplir con los horarios y plazos diarios considerados.

Construcción de rellenos y terraplenes

El material obtenido en la excavación puede ser: llevado a botadero, destinado a relleno o usado en terraplén. Es por ello que para seleccionar la maquinaria más adecuada para la construcción de relleno o terraplén, se deberá considerar aspectos

de tipos de materiales a ser excavados y luego transportarlos hasta el lugar destinado para la conformación del terraplén o relleno.

Por lo general, las maquinarias usadas para la construcción de rellenos o terraplenes son: unidades de transporte, motoniveladora, rodillos, compactadoras u otro sistema de compactación y camiones aljibe, donde todas sus características serán elegidas según lo descrito en el párrafo anterior.

2.4.2.6 Maquinaria para movimientos de tierras

Las características propias de cada excavación hacen necesaria la optimización de todos los recursos, lo que incide fundamentalmente en la obtención y adecuada utilización de maquinarias dentro de una excavación. Es por ello que se hace indispensable conocer cada uno de los equipos que actualmente se utilizan además las principales características y funciones de cada maquinaria que será utilizada en obra.

Bulldozer sobre orugas

Es una máquina compuesta por dos secciones: la primera, es una estructura de base constituida por un armazón soldado y robusto donde van los dispositivos de sujeción para la hoja, sistemas de rodado y tracción, rodillos para las orugas y los soportes para la estructura superior; la segunda, es la superestructura, y comprende el motor, la transmisión, el sistema hidráulico, la cabina y los controles. Una barra estabilizadora de gran resistencia mantiene la separación de las orugas y permite su movimiento independiente para una mejor distribución del peso y mejor tracción, cuando la máquina trabaja en suelos de superficie irregular. (Manual Caterpillar).

El Bulldozer posee una hoja, la cual es rígida y de acero soldado fijada al tractor por medio de dos brazos inferiores, denominados brazos de empuje, de longitud no regulable y unida además a los brazos de empuje por medio de dos tirantes de longitud regulable. La hoja puede subir o bajar mediante un dispositivo de mando hidráulico (caso más corriente), o mecánico (caso más particular).

También la hoja se puede levantar de un lado o del otro a una altura determinada, movimiento denominado *tilt* o de inclinación transversal. Otra opción es colocar su borde superior hacia adelante o hacia atrás, girándose con respecto a su eje longitudinal con el objeto de atacar el terreno con el ángulo más apropiado dependiendo del trabajo a realizar; este movimiento también es llamado *pith o tip*.

Por otra parte, la marcha del tractor hacia adelante en combinación con el movimiento de subida o bajada de la hoja del dozer proporciona una acción de cavar y empujar que es la característica de este equipo.

De construcción similar al Bulldozer se encuentra el *Angledozer*. Su hoja de empuje es soportada por un arcón que permite a la hoja adoptar sobre un plano horizontal diversos ángulos respecto al eje longitudinal del tractor; es decir, la hoja puede estar perpendicular a la dirección de marcha o inclinada, en general, 25° a la derecha y a la izquierda. En este equipo son también posibles todas las regulaciones principales del Bulldozer. Por otra parte el *angledozer*, por su estructura y constitución, no representa un conjunto rígido, compacto y equilibrado como el Bulldozer.

Siendo la función principal de la hoja empujar el material removido hacia delante, las características de las hojas empleadas en el movimiento de tierra son:

- Hoja A. Este tipo de hoja tiene la particularidad de ser orientable en, aproximadamente, 25 grados por cada lado, diseñado especialmente para prevenir los derrames laterales. Se usa para: cortes iniciales de caminos, rellenos, apertura de zanjas, desmonte de tierra, retirada de nieve.

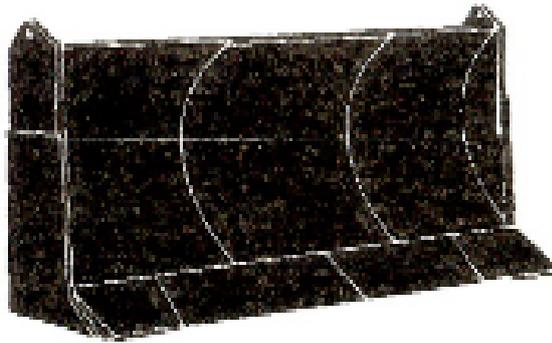
Figura N° 1 - Hoja universal A



Fuente: www.monografias.com/tractores empujadores

- Hoja P. Este tipo de hoja es inclinable y orientable a potencia; se usa para trabajos nivelación de acabado, relleno de zanjas, corte de zanjas en V, formación de terraplenes, extendido de terrenos, desmonte ligero y trabajos de empuje ligero.

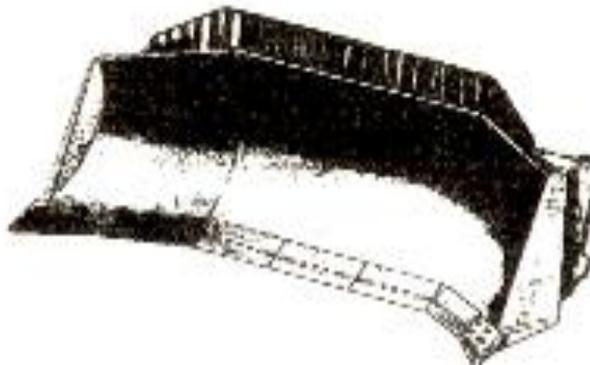
Figura N° 2 - Hoja universal P



Fuente: www.monografias.com/tractores empujadores

- Hoja universal U. Sus flancos son de 25 grados aproximadamente, para aumentar su capacidad y disminuir derrames. Se usa para empujar grandes cargas a distancias mayores, trabajos de restauración de terrenos, apilamiento para su posterior carga con maquinarias y alimentación de tolvas. Adecuada para manejar materiales ligeros y sueltos. Sin embargo es inferior en cuanto a producción de las hojas estándar o semiuniversales.

Figura N° 3 - Hoja universal U



Fuente: www.monografias.com/tractores empujadores

Con el fin de obtener mayores rendimientos la hoja del dozer se hizo desmontable del bastidor, así como también se introdujeron pernos de ajuste entre la lámina y el

bastidor lo que permitió cambiar el ángulo de la lámina con el terreno a fin de poder dar a la hoja el ángulo más apropiado a las distintas clases de terreno a excavar.

Para usar el Bulldozer como empujador de traíllas y/o mototraíllas se puede, durante la carga, desmontar la hoja y colocar en el bastidor una pieza en forma de copa, la que se adapta a una esfera que llevan con dicho objeto las máquinas a impulsar.

Características Incidentes en la Elección de la Máquina

El Bulldozer es elegido por la economía que presenta en su trabajo principal, o sea, la excavación y el transporte de materiales sobre la marcha durante su ciclo de ida y vuelta. Además, el rendimiento es un factor importante al momento de elegir una máquina; por ello a continuación se describen los factores que inciden durante el trabajo de excavación, estos son:

- ✓ El tiempo empleado en el ciclo de trabajo. Depende del estado de conservación del equipo, de la distancia de acarreo, de la velocidad de cambio de marcha, de la velocidad de retroceso y principalmente de la pericia del operador.
- ✓ Cantidad de tierra que pueda empujar. Depende del tamaño de la hoja y del estado de conservación del motor del tractor.
- ✓ Naturaleza del terreno. Estos pueden ser: dureza, facilidad a la rodadura, esponjamiento, densidad, humedad.
- ✓ De los tiempos perdidos o empleados en otras actividades que no sean excavar.
- ✓ Cabe mencionar que los volúmenes de tierra movidos por el Bulldozer son m³ de tierra suelta; luego, si se quiere obtener los m³ de excavación a que se refieren las especificaciones del proyecto, volumen en sitio, se debe considerar el esponjamiento.

El rendimiento (R) de excavación por hora del Bulldozer se obtiene de:

$$R = \frac{60 * E * Q * K}{T * FV} : \left(\frac{m^3}{Hr} \right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en m³/hora (medidos en banco)

E= Eficiencia general

Q=capacidad de carga de la cuchilla en m³

K= coeficiente de carga

FV= factor de abundamiento

T= Tiempo de un ciclo.

El coeficiente de eficiencia es el porcentaje de tiempo efectivo de trabajo de cada jornada. E valor debe ser un promedio obtenido en meses de trabajo en condiciones semejantes. Los factores que intervienen en la determinación de este coeficiente dependen de las condicione personales (como organización de la faena, eficiencia y responsabilidad del operador, etc.), factores imprevisibles (cambios en la calidad del terreno, deterioro del equipo).

Los Bulldozer también son elegidos por su versatilidad, usándose frecuentemente en desmonte de la capa superficial del suelo, eliminación de la vegetación, excavación de capa poco profunda, mantenimiento de caminos, abrir caminos de acceso, extensión y nivelación, escarificado, entre otras actividades.

Las descripciones de algunas de las actividades antes mencionadas son:

Desmonte de la capa superficial del suelo

Consiste en despejar, de árboles y raíces, los terrenos en que se ejecutarán las obras. Para realizar este trabajo se usa de preferencia un Bulldozer o angledozer. El Bulldozer puede cortar fácilmente los árboles delgados o derribar los más gruesos empujándolos con la hoja (dentada en su parte inferior), levantada a cierta altura. De la misma forma se puede hacer la faena de destronque. El retiro de los troncos del

terreno se efectúa también con un tractor, ya sea arrastrándolos por el suelo amarrados con cadenas o bien, colgados de un camarón (dispositivo que abraza y engancha el tronco, pudiéndose levantar éste de forma completa) si el transporte es por un camino. Dentro de esta partida, se debe considerar en los costos la reforestación en una proporción igual o mayor a las hectáreas afectadas.

Excavación con transporte

Por su forma de trabajar el Bulldozer es el equipo más apropiado para efectuar excavaciones de poca profundidad en que los desmontes deben ser transportados a distancias no mayores de 90 m, siendo la distancia económica entre los 60 y 70 m. Cuando las distancias de transporte son mayores, otros equipos resultan más económicos, salvo que se presenten condiciones muy favorables en la calidad del terreno y trabajo a favor de la pendiente. El trabajo se dispondrá de tal forma que el Bulldozer excave en el sentido de la mayor pendiente aumentando así su fuerza de empuje.

Excavación de cortes en ladera

Uno de los trabajos en que más se ha usado y se usa el bulldozer es la construcción de caminos de penetración en laderas, por ser el equipo de más rendimiento en relación a su costo. Sin embargo, es específicamente el angledozer el que más se presta para este trabajo, ya que su hoja es más curva que la del bulldozer, facilitando que el material movido no se acumule demasiado delante de la hoja, voltee mejor y sea empujado más cómodamente de lado. Para ello la hoja de angledozer se coloca inclinada de modo que la esquina que se adelanta con respecto al tractor quede hacia el lado del cerro.

Al avanzar el tractor, la hoja penetra en el cerro excavándolo. El material suelto se va acumulando delante de la hoja. Una vez que ha completado su carga el tractor, avanza en un círculo hacia el barranco para arrojar su carga por la ladera.

Actividades varias

Además de los trabajos de excavación el bulldozer puede, bajo ciertas condiciones, ser utilizado en: relleno de zanjas, esparcimiento de material, nivelaciones de terrenos, extracción de los derrumbes de los cortes en camino, construcción de diques bajos, extraer capas superficiales de suelos o depósitos, excavar pozos para almacenar agua.

Figura. 4 Tractor sobre oruga



Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Mototraílla

Con la finalidad de mejorar la producción desarrollada por la traílla es que se comenzó a fabricar su versión motorizada, la Mototraílla. Este tipo de maquinaria que excava y carga, requiere la ayuda de un empuje suplementario durante la fase de carga, ya que se pierde tracción por el uso de neumáticos en vez de orugas. Por lo general, se debe utilizar el bulldozer para generar el empuje y proporcionar la tracción necesaria.

La Mototraílla es una máquina con gran capacidad de carga y posee un diseño que permite su tránsito por terrenos difíciles. Son utilizados para excavar, cargar, descargar o transportar materiales como tierra, arcillas no húmedas, arena, gravilla; sin embargo, no se recomiendan para suelos duros o rocas gruesas.

Su diseño permite que vaya cargando de forma inmediata el material dentro de su gran tolva central. Una vez llena, se cierra un elevador de paletas que está ubicado en la zona de carga, lo que permite subir la tolva y transitar con gran agilidad a pesar de estar cargada. Para descargar el contenido, se eleva la trampilla de carga y la elevación del eje central determinará la cantidad de material que irá cayendo; a su vez una cuchilla hidráulica posterior va empujando el contenido hacia el exterior.

Existen mototraíllas bimotores, la que poseen menos dificultades en relación a la tracción y empuje. Este equipo está compuesto por una caja montada sobre un eje trasero simple. La parte delantera va unida al eje tractor por medio del cuello de cisne, que es un elemento de suspensión. La altura de la caja se controla a través de un balancín de fijación al cuello de cisne, mediante unos cilindros hidráulicos.

El funcionamiento de la Mototraílla bimotor es similar a la que posee un solo motor. La diferencia tiene relación con que la tracción necesaria, para suelos con coeficiente de rodadura importante y/o rampas de altos gradientes, se suele alcanzar con tracción en las cuatro ruedas, para utilizar toda la tracción disponible. En este caso se coloca un segundo motor sobre el eje trasero.

Características Incidentes en la Elección de la Máquina

Por su capacidad de cargar el material en sí misma son habitualmente empleadas en recorridos cortos, ejecutando taludes, zanjas y las primeras labores de obras de explanación. También son empleadas en la minería de cielo abierto.

Sin embargo, su elección se limita según las características del camino por donde deberá circular. Es decir, se tendrá que considerar las siguientes condiciones:

- Deben ser lo suficientemente ancho para permitir el adelantamiento de vehículos.
- Deben estar bien conservados (mediante uso de motoniveladoras), carecer de rodadas y estar bien drenados
- En lo posible, deberán ser construidos con pendientes inferiores al 5% y no superior al 12%
- Los caminos de arrastre deben preverse de forma que se eviten los cuellos de botella, las pendientes acusadas y las curvas
- Debe tratarse de mantener la resistencia a la rodadura tan baja como sea posible.

Por otra parte, cabe mencionar que las mototraíllas estándares de un solo motor, son adecuadas para suelos sueltos y para bajas resistencias a la rodadura; pero como se mencionó con anterioridad, requieren de la ayuda de empujadores, resultando económicas sólo hasta una distancia de transporte de unos 4 km.

Figura 5. Mototraílla



Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Excavadoras

Bajo este nombre genérico se conocen o agrupan varias maquinarias empleadas en excavación: pala excavadora frontal, retroexcavadora, clamshell y draga.

Pala excavadora frontal

Es una máquina que comprende un chasis rígido y una cuchara excavadora. Puede estar montada sobre orugas o sobre ruedas.

Su funcionamiento consiste en estirar el brazo de la cuchara hacia delante hasta que los dientes se claven en el terreno, dándose el inicio de la excavación en el momento de levante de la pluma (con sistema de cables o hidráulico). En el momento en que ya está llena, se gira la superestructura hasta el punto de vaciado, que puede ser un camión, o botadero, luego se abre la tapa inferior de la cuchara efectuándose el descargue. Finalmente gira la superestructura hasta su posición de excavación, comenzando nuevamente el ciclo.

Estos equipos pueden girar hasta en 360° en planta y la altura de excavación dependerá del alcance de la pluma, que en equipos empleados en obras civiles puede llegar a unos 5 metros por sobre el nivel del piso. Cuando el equipo está montado sobre ruedas, será necesario estabilizar la máquina mediante gatos o soportes estabilizadores, con el fin de evitar excesivos movimientos y esfuerzos en los ejes, debido al tamaño de las ruedas traseras.

Retroexcavadora

La operación de esta máquina es similar a la anterior, la pluma está invertida con respecto a la de la pala, de este modo puede excavar hacia el cuerpo de la máquina bajo el nivel de piso.

Su funcionamiento consiste en estirar el brazo de la cuchara hacia delante bajando la pluma hasta que los dientes se claven en el terreno, dándose el inicio de la excavación en el momento de recogimiento de la cuchara. En el momento en que ya está llena, se levanta la pluma y se gira la superestructura hasta el punto de vaciado, lo demás es similar a la pala.

Dentro de sus aplicaciones está excavar bajo el nivel del piso de los sustento de la pala o de las orugas, es por ello que se usa principalmente en excavación de zanjas y fundaciones; también corta verticalmente los costados de las excavaciones, rebaja terrenos de cualquier altura o hace nivelaciones.

Sus ventajas son:

Trabaja en cualquier terreno, aunque sea duro. Comparado con el dragline, su trabajo es más preciso y puede hacerlo en espacios reducidos. Al trabajar en excavación de subterráneos de grandes edificios, puede trabajar desde la superficie sin la necesidad de rampa, además no será preocupante la aparición de agua en el subterráneo.

Sus desventajas y/o limitaciones:

Posee un bajo alcance tanto para excavar como para vaciar el material excavado, esto hace que su aplicación vaya dirigida a materiales duros y con poco alcance.

Características Incidentes en la Elección de la Máquina

Es conveniente conocer la dureza o consolidación del material a excavar o extraer para poder realizar una adecuada elección. Las dimensiones de la cuchara a elegir dependerán de diversos factores, siendo los más trascendentales:

- Si se trabaja haciendo zanjas el tamaño dependerá del ancho de la zanja que deberá ser igual al ancho de la cuchara; de la profundidad de la zanja que debe ser igual o menor que la máxima profundidad de excavación y, por último, la longitud de la zanja ya que por programación corresponderá cumplir con un metraje diario.
- En otros trabajos dependerá de la producción que tenga por hora.
- El límite del tamaño será aquel que no aumente el tiempo del ciclo de trabajo.
- La cuchara posee dos cortadores laterales los que no influyen en el rendimiento,

ya que sólo sirven para excavar una zanja más ancha.

- Al ser la pala retroexcavadora un accesorio, su rendimiento se verá afectada por:
- El rendimiento de la pala varía con la calidad del terreno, siendo la variación más notoria en las palas pequeñas que en las de mayor tamaño. La variación fluctúa dentro de amplios márgenes según el tipo de material a excavar y cargar. Sin embargo, es válido otorgar una regla básica como la siguiente: por cada m³ de capacidad de cuchara, una pala carga por hora 100 m³ de material blando y 70 m³ de material duro o rocoso (Manual de Maquinaria de Construcción, Manuel Díaz del Río).
- Altura óptima de corte. Dependerá del tamaño de la pala y de la clase del material. Se entiende por “profundidad de corte” u “óptima cota de excavación” a aquella con la que se consigue un máximo de rendimiento en volumen excavado y la posibilidad de llenar completa y de una sola vez la cuchara.
- Influencia del ángulo de giro horizontal. La producción con respecto a un ángulo de 90° puede disminuir en un 30% si se cambia el ángulo a 180° o aumentar en un 20% al reducir el giro a 45°. Se recomienda no bajar de los 70° ni aumentar de los 90°.
- El espacio disponible. La capacidad puede quedar limitada por el espacio en que pueda moverse.
- Distancia de transporte. Como las distancias de transporte son variables dentro de una misma obra, se trata de hacer las combinaciones que dejen la menor cantidad de tiempo ocioso.
- Volumen de trabajo. Considerar el trabajo presente y el futuro, porque según la capacidad serán los años de vida útil que tenga la pala.

- Costo de producción. Es usado como última instancia en caso de no haber determinado el tamaño de la pala con los factores anteriores.

Otra forma de determinar el rendimiento es basándose en la duración del ciclo de trabajo y fijar un coeficiente de eficiencia según condiciones de cada faena. Luego, el volumen excavado por hora será:

$$R = \frac{(3600) * Q * E * K}{T * FV} \left(\frac{m^3}{hora} \right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en m³/hora (medidos en banco)

Q=capacidad o volumen del cucharón en m³

K= factor de llenado del cucharón (depende de las dimensiones y capacidad del Cucharón).

E= factor de rendimiento de la máquina.

T= Tiempo de un ciclo (minutos).

FV= factor de abundamiento.

3600=Factor de convergencia de unidades a horas.

Otras tablas, específicamente de eficiencia en el trabajo y factores de llenado del cucharón en palas y dragas, se podrán encontrar en los manuales Caterpillar.

Figura 6. Excavadora de oruga.



Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Cargador Frontal

Conocido también como pala cargadora, existe sobre orugas o ruedas y sólo está diseñado para excavar material desde acopio y cargar a unidades de transporte. Puede ser empleado para la excavación de posición fija y con transporte a pequeñas distancias (10 a 20 m.) en suelos relativamente sueltos.

Características Incidentes en la Elección de la Máquina

Las características que marcarán la elección de una cargadora con orugas, se presentarán como ventajas y desventajas de la misma. Estas son:

Ventajas:

- Es considerada como una verdadera excavadora. De hecho está diseñada para hacerlo.
- Ofrece mayor potencia de tracción, por lo tanto, se desenvuelven mejor en condiciones más duras.
- Es estable en superficies blandas y fangosas, lo que se transforma en un mejoramiento de la producción y rendimiento.

Desventajas o limitaciones:

- Es considerada como una verdadera excavadora. De hecho está diseñada para hacerlo.
- Ofrece mayor potencia de tracción, por lo tanto, se desenvuelven mejor en condiciones más duras.
- Es estable en superficies blandas y fangosas, lo que se transforma en un mejoramiento de la producción y rendimiento.
- Poseen capacidades de cucharas hasta de 7 m³.
- Son antieconómicas cuando la distancia entre los puntos de excavación y descarga es mayor a 80 metros.
- Posee una baja velocidad de desplazamiento.

Cargadores sobre ruedas

Son muy distintos a los cargadores sobre orugas, ya que su diseño proviene del tractor agrícola. Este diseño ha evolucionado a una forma que consiste en un chasis articulado con el motor montado sobre las ruedas traseras y la cabina sobre el chasis delantero o sobre el trasero, según lo prefiera el fabricante. Este tipo de máquina posee un dispositivo articulado que otorga a la cargadora buenas condiciones de maniobrabilidad; lo anterior facilita el giro en planta de 40° del chasis con respecto a la dirección de avance, lo que permite el trabajo de la máquina con un radio de giro relativamente pequeño.

La potencia de este equipo es entregada por el motor diesel a través de un convertidor de torsión y sistema de transmisión para el movimiento de las ruedas. Normalmente se manejan con tracción en las cuatro ruedas, para ello éstas deben ser del mismo tamaño; sin embargo, la mayoría de los modelos trabaja con dos ruedas tractoras. La tracción trasera es apta para cuando se esté excavando (situaciones muy esporádicas); así mismo, la delantera es más adecuada para cuando se esté transportando material a cucharón lleno.

La mayoría de estas máquinas tiene el eje delantero fijo, y el eje trasero tiene la posibilidad de oscilar $\pm 15^\circ$ respecto a la horizontal, es decir, tiene un total de 30° que permiten sortear de mejor forma los accidentes que pueda presentar el suelo. Tanto los cargadores con orugas o ruedas pueden realizar similares tareas. Son usadas básicamente para cargar material suelto o para excavar a nivel de las orugas o de las ruedas en suelos relativamente sueltos.

Algunos de los métodos para cargar son:

- Carga en V. Es un método eficaz adoptado corrientemente cuando camiones o dumpers son capaces de adoptar posiciones adecuadas.
- Carga lateral. No se requiere el giro de la cargadora y se usa principalmente para rellenar zanjas o para descargar en zonas muy próximas. Este tipo de carga no es usada frecuentemente en obras de construcción en general.

- Carga en cruz. Se necesita de una maniobra más compleja que la carga en V. Por ello es menos eficaz.
- Carga directa. Es empleado cuando es posible ubicar el camión en la línea de excavación; aparentemente este procedimiento parece eficaz; sin embargo, la necesidad de coordinar las dos máquinas hace el procedimiento más tedioso y por ende se utiliza poco.
- Carga por elevación. Es empleada principalmente en trabajos de túneles.

Características Incidentes en la Elección de la Máquina

Las características que marcarán la elección de una cargadora con ruedas, se presentarán como ventajas y desventajas de la misma. Estas son ventajas:

- Adecuadas para entregar servicios de acopios y para excavar en suelos sueltos.
- Puede tolerar capacidades de cucharas mayores a 30 m³.
- Desarrolla velocidades más altas que los cargadores sobre orugas, por lo que puede transportar hasta distancias de 200 metros.
- Se desplaza sobre carreteras pavimentadas sin causar daños.
- Es más móvil y manejable.

Figura 7. Cargadora Frontal



Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

El rendimiento es calculado con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{60 * Q * K * E}{T * FV} : \left(\frac{m^3}{Hr} \right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en m3/hora (medidos en banco)

Q=capacidad nominal del cucharón en m3

K= factor de llenado del cucharón.

E= factor de rendimiento de trabajo.

T= Tiempo de un ciclo (minutos).

FV= factor de abundamiento.

Transportes.

Es el equipo más utilizado en las obras por su facilidad de adaptación a las variadas condiciones de trabajo y carga.

Se caracteriza por desarrollar las más altas velocidades, por transitar en caminos de mayor pendiente, malas condiciones o fuera de ellos, es por eso que todas sus ruedas son motrices.

Sus costos de transporte son relativamente bajos.

Según los requerimientos de trabajo se pueden clasificar según los siguientes factores:

- Camión de dos o más ejes según su capacidad de carga
- Camión de tracción en uno o más ejes
- Camiones para trabajos livianos y de altas velocidades en caminos o para trabajos pesados y de poca velocidad
- Camiones según sistema de vaciado, que puede ser por atrás, por el lado o por el fondo
- Camiones para transporte de tierra y roca

Camiones tipo de motor

Además, según la capacidad de tonelaje transportado se puede clasificar en camiones para carreteras y para fuera de carreteras.

Una adecuada combinación de los factores mencionados ayudará a seleccionar al equipo que más se adecue a las condiciones de una faena en específico.

Los camiones que transitan por los caminos tienen velocidades mayores a los 70 km/h, pero los destinados a trabajos pesados en faena de hasta 60 km/h. Los camiones utilizados para el transporte de la tierra excavada, son normalmente del tipo de vertido trasero. Sin embargo, son tres los sistemas de volteo de material.

- Volteo posterior. Se adaptan a cualquier tipo o tamaño de camión, cargando cualquier tipo de material. Los que cargan roca están implementados con una caja más reforzada o de doble fondo y no cuentan con puerta posterior; el fondo se levanta en la última parte para que suelte el material. Puede trabajar en áreas pequeñas y vaciar fácilmente al borde de botaderos o en tolvas. El mecanismo de volteo consiste en un pistón accionado por una presión de aceite, la que es suministrada por una bomba conectada a una toma fuerza que traen los camiones en la caja de cambio. Su única limitación es que no puede vaciar al borde de caminos angostos por no poder estacionarse.
- Volteo lateral. Tiene las mismas aplicaciones que el volteo posterior más la posibilidad de vaciar material en caminos angostos. Uno de los problemas que se presentan es que al vaciar en terrenos planos, el material se escurre bajo las ruedas y las traseras deben transitar sobre él produciendo su deterioro. Su capacidad de acomodarse para vaciar y la descarga propiamente tal, son más rápidas que con el volteo posterior.
- Volcamiento por el fondo (vagones). Utilizado para el carguío de cualquier terreno que no contenga piedras de gran tamaño; no sirven para cargar roca

partida, porque el impacto es recibido directamente por el mecanismo de puertas que forman el fondo de la tolva. Se caracterizan porque su vaciamiento es rápido y sobre la marcha.

Los camiones preferiblemente deben poseer tracción en las cuatro ruedas, para que sean capaces de vencer condiciones difíciles del terreno y circular con cierta rapidez sobre carreteras pavimentadas.

Los camiones sustentados sobre dos ejes son más aceptados, ya que permiten una mejora en el manejo y reducción el círculo de giro; la carga del eje trasero, cuando la carga es importante, tiende a ser más alta que en los camiones de tres ejes. Sin embargo, en la actualidad, los neumáticos de gran tamaño montados sobre ruedas gemelas son capaces de soportar esas grandes cargas, lo que hace al camión de dos ejes un vehículo versátil en cualquier circunstancia, excepto cuando el suelo es muy blando.

Los vehículos de tres ejes solamente resultan indispensables cuando la capacidad del suelo es limitada, tal como ocurre en arcillas y suelos de grano fino. Estos camiones son más costosos que los de dos ejes, debido a la dificultad de acoplar las ruedas de un gran diámetro en un chasis relativamente corto.

Características Incidentes en la Elección de la Máquina

La elección del sistema de transporte, depende de muchos factores, entre ellos se pueden nombrar:

Clase de material a transportar.

Volumen del material a transportar.

Tiempo disponible.

Tipo y capacidad del equipo de carguío.

Forma y amplitud de lugares de carga y descarga.

Condiciones de operación, ya sea distancia de transporte, calidad y gradientes del camino.

Los camiones representan la unidad de transporte que puede llegar a mayor distancia, sin embargo, en general cada kilómetro adicional a una distancia de 10 km, significa un costo importante en el movimiento y transporte de tierras. Con respecto a la elección del tamaño del camión, se puede decir que este suele estar entre 3 a 10 veces el tamaño de la cuchara cargadora, siendo 5 un valor medio. Pero la elección final del tamaño del camión a utilizar dependerá de la experiencia adquirida de otras obras u obras anteriores, con suelos de características diversas y con distintos tipos de equipos de maquinarias.

Como ya se mencionó, existen distintos tipos de tamaños de camiones, pudiéndose dividir en unidades pequeñas y unidades de gran tamaño. Las unidades pequeñas presentan ventajas y desventajas, las que pueden influir al momento de su elección:

Ventajas:

Fáciles de maniobrar.

Desarrollan mayores velocidades.

Existe una menor pérdida de producción cuando una unidad queda fuera de servicio.

Facilitan el ajuste del número de vehículos con la producción del equipo de carguío, lo que implica menos cantidad de tiempo ocioso entre equipos de carguío y transporte.

Desventajas:

- Hay más dificultad para cargar unidades pequeñas que grandes, lo que se traduce en un menor rendimiento del equipo de carga.
- Se necesitará un mayor número de operadores.
- Habrá más unidades trabajando, lo que produciría una mayor congestión en lugares de carga y descarga. Además de significar un mayor capital invertido.

- Se incrementarán los gastos de mantenimiento y reparación, así como los gastos por stock de repuestos.

Ventajas:

- Mejor relación de peso transportado por potencia disponible.

Desventajas:

- Produce un mayor deterioro en los caminos.
- Dificultad para obtener las piezas de repuestos.
- Problemas para transitar en caminos públicos o en puentes que tengan limitación de carga.

El rendimiento de un camión será igual a la cifra promedio resultante de m³/hrs transportado en un largo período y depende de: la capacidad del camión, esponjamiento del suelo, tiempo empleado en el ciclo de trabajo y de la eficiencia de la administración de la faena. Sera calculado con la siguiente formula.

$$R = \frac{Q*60*E}{T}; \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Dónde:

R= Rendimiento en m³/hora (medidos en banco)

Q=capacidad de la máquina en m³

E= factor de rendimiento de Trabajo.

T= Tiempo empleado en un ciclo completo (minutos).

El tiempo de un ciclo completo será.

$$T=T1+T2+T3+T4$$

Dónde:

T1.- Tiempo empleado en maniobras de acomodo.

T2.- Tiempo de Carga.

T3.- Tiempo Empleado en acarrear el material.

T4.- Tiempo empleado por la maquina vacía durante el regreso.

Las etapas del ciclo de trabajo son: carguío del camión, viaje de ida, descarga, viaje de regreso, colocación.

Figura 8. Volqueta Mack



Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Rodillos

A pesar de la gran variedad de rodillos que se encuentran hoy en el mercado, en este capítulo sólo se incluirán tres de ellos, ya que son los más empleados en estas faenas.

Estos son:

- Rodillo pata de cabra
- Rodillo con ruedas neumáticas
- Rodillo vibratorio

Rodillo pata de cabra

Es un rodillo cilíndrico de acero que tiene dispuesto en su superficie unos elementos salientes que dan el nombre al equipo, ya que tienen forma similar a las patas de cabra. Estas patas van soldadas en hileras, perimetrales al cilindro, que contienen entre 10 a 20 elementos que distan entre sí entre 100 a 200 mm en el sentido del eje del tambor.

La potencia del motor dependerá de: el tamaño y cantidad de rodillos a remolcar, velocidad de marcha, tipo de terreno a compactar, contenido de humedad, entre otros. Debido a que estos factores no se pueden calcular, en obras de gran importancia es necesario hacer una prueba en terreno para determinar el esfuerzo necesario. El peso de los rodillos de pata de cabra oscila entre 1.000 y 10.000 kg, y pueden emplearse en paralelo.

Debido a que el área de contacto con el suelo es pequeña, el equipo transmite una elevada presión, lo que produce un efecto de amasado en las partículas de suelo; de este modo, con repetidas pasadas, las patas van subiendo gradualmente por el terreno. Es muy apropiado para suelos finos. Además, por su sistema de compactación de amasado, es preferido para compactar suelos cohesivos que no posean piedras.

Figura 9. Rodillo Pata de Cabra



Fuente: Archivos fotográficos Hidalgo e Hidalgo.

Rodillo con ruedas neumáticas

Consiste en un cajón metálico apoyado sobre ruedas neumáticas. El objetivo del cajón es aumentar el peso del rodillo con lastre, - para lo cual se usa preferentemente, arena seca o mojada o bolones- aumentando su peso al doble, aproximadamente.

Las ruedas deben tener acoplamientos independientes combinados con un sistema articulado que distribuya el peso por igual sobre cada rueda, en las superficies irregulares onduladas. Existen compactadoras de arrastre de un solo eje en los que se procura que los neumáticos estén cercanos entre sí, con el fin que no quede ningún lugar sin estar eficazmente compactado.

Los más comunes son autopropulsados y que se construyen con dos ejes, con un total de siete ruedas (tres delanteras y cuatro traseras) o de nueve ruedas (cuatro delanteras y cinco traseras), de tal forma que, como se dijo anteriormente, las ruedas traseras cubran total o parcialmente las huellas delanteras para evitar ondulaciones.

Son utilizados en la compactación de terrenos en que la capacidad de soporte exigida varía entre 2,8 y 7 kg/cm². Los compactadores autopropulsados son empleados con frecuencia en la compactación de suelos cohesivos de grano fino, y arenas y gravas de granulometría cerrada.

Rodillos vibratorios

Los rodillos vibratorios, que están basados en sistemas de vibración o aplicación de energía cinética, están constituidos por una unidad vibratoria; su frecuencia puede variar para aumentar el poder de compactación y hacer que el método se adopte a la mayoría de los casos, incluso la compactación de roca fragmentada. En los modelos modernos se puede variar la frecuencia y amplitud de la vibración desde los comandos de cabina.

La vibración se obtiene al hacer girar un contrapeso excéntrico ubicado en el interior del tambor. A diferencia de las máquinas estáticas, no se puede aumentar su peso con balasto y solamente pueden utilizarse pesos externos que van colgados del chasis de sustentación. Sin embargo, el efecto de la vibración aumenta significativamente la acción ejercida por el compactador.

Al poner en vibración al rodillo, las vibraciones se transmiten a las partículas de suelo, mejorando de esta forma la compacidad.

Cabe mencionar que la compactación vibratoria es más eficiente y económica cuando se hace a velocidades bajas, ya que permiten un mayor flujo de la energía vibratoria al suelo. En cuanto a los rodillos vibratorios, son elegidos por su alta adecuación a trabajos en suelos granulares, como arena, gravas y piedras relativamente grandes, ya que el material se acomoda mejor, aumentando la densidad de masa.

Figura 10. Rodillo Compactador.



Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Su rendimiento se calcula de la siguiente formula.

$$R = \frac{A*V*E*C*1000}{N}$$

Dónde:

R= Rendimiento en m³/hrs

A=Ancho compacto por la maquina en Mts.

V=Velocidad en km/hrs.

E=Espesor de la capa a compactar en mts.

C= Coeficiente de reducción (0.6 a 0.8)

N=Numero de pasadas hasta obtener la compactación requerida.

Motoniveladoras

La motoniveladora se creó con la finalidad de perfilar explanadas, superficies de la subbase y bases de las carreteras, así como los desmontes y rellenos, para igualar los taludes de las presas de tierra y conservar los caminos de arrastre de las obras.

Últimamente, se está empleando con mayor frecuencia motoniveladoras de tres ejes, ya que se ha demostrado la necesidad de máquinas más robustas y pesadas, debido a que deben soportar un potente motor y proporcionar una mayor tracción.

Las motoniveladoras están compuestas por un bastidor, el cual lleva el motor, la transmisión, la cabina del operario y los controles. En la parte delantera del bastidor, las ruedas soportan una viga puente de donde cuelga la cuchilla. En algunos casos la viga va unida mediante un pivote al chasis trasero, lo que permite girar en un círculo reducido, tener mayor manejabilidad y avanzar con el bastidor en ángulo en relación con el sentido de la marcha. En otros casos, la unión es rígida y el control de dirección sólo es posible en el eje delantero. El diseño de este tipo de máquinas permite dos posiciones de las ruedas delanteras: una en donde ellas se inclinan hasta unos 15° a cada lado de la vertical para resistir los empujes laterales cuando, por ejemplo, la hoja vertedera trabaja en posición inclinada; otra, en que trabajen en

diferentes niveles para re perfilar pequeños taludes, excavar cunetas, establecer peraltes, y otras tareas análogas. La combinación de ambas posiciones permite que la dirección pueda controlarse sin necesidad de una concentración excesiva por parte del conductor, liberando así su atención a favor del manejo de la hoja vertedera.

Su función es básicamente nivelar y perfilar ya sea un plano horizontal, un talud o una cara vertical; por otra parte es también es utilizado en la construcción de cunetas y relleno de zanjas y desniveles. La nivelación y re perfilado, en un plano horizontal, se hace con la hoja centrada o girada hacia un lado u otro. Si la hoja se coloca horizontal pero con un cierto ángulo respecto a la marcha, el material se amasará hacia el extremo de la hoja y formará un cordón continuo de acopio de material. Por el contrario, con la hoja perpendicular a la marcha sólo se obtiene la extensión o re perfilado del material.

La construcción de cunetas se logra cuando la hoja vertedera se inclina, tanto en planta como respecto a la vertical, y se coloca de forma que sobresalga un poco de las ruedas, por el lado de la cuneta a excavar. Con esto se logra un caballón o cordón a lo largo del borde de la cuneta. En cuanto a la operación de relleno de zanjas o desniveles se logra de forma similar a la confección de un cordón.

Características Incidentes en la Elección de la Máquina

Es característica en las obras viales ya que es muy eficaz por su rapidez y maniobrabilidad. También por la cuchilla que posee, porque corta el terreno y luego lo nivela, ya sea por capas o pasadas. Por otra parte, al existir la posibilidad de agregar otros dispositivos, es viable el desarrollo de otras actividades. Los aditamentos y las respectivas actividades son

Figura 11. Motoniveladora



Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Calculo del rendimiento de la Motoniveladora es:

$$T = \frac{D * N}{V * E}$$

Dónde:

T.- Tiempo requerido para efectuar el trabajo

D.- Distancia recorrida en cada pasada.

N.- Número de pasadas que se requiere para realizar el trabajo.

V.- velocidad de operación (Km/hr)

E.- factor de rendimiento de trabajo.

2.5 HIPÓTESIS

El análisis de costos de productividad permitirá optimizar el movimiento de tierras por métodos mecánicos.

2.6 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES

2.6.1 Variable independiente

Productividad.

2.6.2 Variable dependiente

Movimiento de tierras por métodos mecánicos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación predominó lo cuantitativo y estuvo dado por la preferente utilización de los datos numéricos, con un enfoque normativo.

Para un correcto análisis de todos los factores que influyen en los costos de los movimientos de tierras, se debe, en primer lugar conocer los tipos de maquinarias que se pueden ver involucradas en este tipo de trabajos, así como sus funciones y limitaciones.

Consecuentemente, se analizan diferentes factores que tienen gran importancia en la asignación de costos en rubros de movimientos de tierras, como: el tipo de suelo donde se va a trabajar, influyendo directamente en el tipo de maquinaria que se debe utilizar para ese trabajo y por lo tanto, en la producción que dicha maquinaria tendrá en el proyecto; necesitará, además de una elección adecuada de ésta para que presente el mayor rendimiento posible: aspectos ambientales, siendo éste uno de los factores más importantes en el desarrollo de una obra, ya que puede llegar a condicionar el proceso de los movimientos de tierra según la reglamentación ambiental; las condiciones climáticas, al igual que las mencionadas anteriormente, pueden llegar a ser determinante en los costos finales en un trabajo de esta envergadura, ya que, por su naturaleza imprescindible, puede retrasar una obra y así aumentar la brecha entre los costos estimados y los costos finales.

Los factores de riesgo se consideran determinantes dependiendo de las condiciones en las cuales se realizara la obra, sujeto, entre otras cosas, a la topografía del sector o las condiciones de seguridad que se requieran, lo que trae consigo, un costo asociado. En una tercera etapa se realizará el trabajo de recopilar la información de cada uno de los rubros, para luego asignar los costos asociados, analizando y desglosando para que el lector tenga un conocimiento aproximado de la incidencia de distintos factores dentro de los costos finales de una obra de movimientos de tierras.

Finalmente, se presentará en el capítulo VI de la propuesta en el cual se resume los aspectos importantes del trabajo, señalando y explicando los factores más incidentes en los costos de movimiento de tierras.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Nivel de investigación.

Investigación exploratoria.- Se aplica con el fin de obtener un conocimiento de la situación actual y después hacer un análisis relacionado con un estudio de lo general a lo particular de maquinaria involucrada y los rendimientos específicos

Descriptiva.- Se hace necesario estudiar los distintos aspectos que afectan el desarrollo de las partidas involucradas en los movimientos de tierra específicamente los factores que son ajenos a aquellos directamente involucrados con la maquinaria su funcionamiento y limitaciones.

Explicativa.- La incidencia de los volúmenes de la obra es decisiva en sus costos, ya que dependiendo del volumen total a mover y el rendimiento requerido, será la cantidad de maquinaria que se necesite emplear. Sin embargo, el monto del presupuesto suele ser un limitante en la elección de la maquinaria ya que se debe procurar cumplir con plazos y volúmenes totales en función del número y tipo de maquinaria que es factible usar.

3.2.2 Tipo de investigación

Los tipos de investigación que se tomaron en cuenta para la presente tesis fueron de campo y bibliográfica.

La *investigación de campo* que es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en el que se producen los acontecimientos, ya que la toma de los tiempos de ciclo en condiciones muy adversas al trabajo que se estuvo ejecutando mostrará casos reales.

La *investigación Bibliográfica* tuvo el propósito de conocer diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos y en libros y otras publicaciones que nos permitieron dar una solución al problema.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población.

La población que será considerada para el estudio son las obras viales que se encuentran en construcción dentro del país, a continuación se presentara una lista de obras que se encuentran en construcción de las mismas que se tomó la muestra para el estudio.

Tabla N° 5. Proyectos que se encuentran en ejecución

Descripción de obras	Tipo de excavación
Ampliación Jambelí Latacunga Ambato	Cielo abierto
Ampliación Ibarra - Bolívar	Cielo abierto
Ampliación Acceso Sur de Quito	Cielo abierto
Ampliación Autovía Otavalo Ibarra	Cielo abierto
Ampliación Calderón Guayllabamba	Cielo abierto
Construcción de la vía "CAHUAJI-PILLATE-COTALO EMPATE VÍA BAÑOS AMBATO"	Cielo abierto
Construcción de la Vía La Maná-Latacunga	Cielo abierto

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

3.3.2 Muestra.

La muestra que se tomó para realizar la investigación del presente trabajo será el Proyecto “CAHUAJI-PILLATE-COTALÓ EMPATE VÍA BAÑOS AMBATO ABSCISA (0+000-6+390)” debido a que presenta un gran volumen a mover de material.

Tabla N° 6 Características Generales de las Maquinarias

N° Equipo	Maquinaria	Características
6	Bulldozer	Cat D8
4	Cargador Frontal	Cat 950H C7 con capacidad de 3,5 m ³
5	Excavadora	Cat 420E con capacidad de 0,96 m ³
12	Volquete	Diesel 12 m ³
2	Motoniveladora	Cat 140M
1	Rodillo Compactador	10 ton
2	Tanquero	5000 lts.

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

El proyecto es construido por la empresa constructora HIDALGO e HIDALGO la misma que cuenta con la maquinaria respectiva para realizar este trabajo, la forma en cómo se consideró el procedimiento consta de 2 partes. El primer ciclo se considera que se llevó a cabo de manera correcta, ya que se hicieron una serie de análisis de tiempos tomando de la muestra un camión y sacando así un promedio de los tiempos que tarda la maquina en realizar los pasos con los que consta el ciclo.

Para obtener los ciclos en un lapso de tiempo promedio, se necesitaron realizar tablas que se muestran en los anexos A (ficha de campo), donde se hace el estudio de los diferentes tiempos que tomaba en llevarse a cabo cada paso, obteniendo una media para así obtener un promedio general.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE: Productividad

V.I Productividad.				
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La productividad puede definirse como una medición de la eficiencia con la que los recursos se administran para completar un trabajo específico, dentro del tiempo establecido y con la calidad acordada. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve generar y transportar volúmenes de gran tamaño a la maquinaria que se esté usando y que esta se vea afectada y genere atrasos en los transportes en el flujo de camiones hacia la misma y hacia la obra.	Eficiencia para completar un trabajo con la maquinaria específica.	Cantidad consumida de los insumos.	¿Qué cantidad consumida de los insumos existe?	Tablas de toma de tiempos y observación directa
		Procedimientos empleados en el trabajo.	¿Cuáles son los procedimientos empleados en el trabajo?	Tablas de toma de tiempos y observación directa
	Efectividad en el cumplimiento de la tarea encomendada con la maquinaria recomendada.	Capacidad de lograr un trabajo.	¿Cuál es la capacidad de lograr un trabajo?	Observación directa Hoja de cálculos
		Rendimiento de una actividad productiva.	¿Qué rendimientos existen en las actividades?	Tablas para toma de tiempos y observación directa

VARIABLE DEPENDIENTE: Movimiento de tierras por métodos mecánico

V.I Movimiento de tierras por métodos mecánicos				
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
El termino movimiento de tierras con ayuda de maquinaria se refiere a una gama de actividades múltiples que van desde la nivelación para la construcción de un edificio, hasta las operaciones de corte y relleno en la construcción de una carretera, autopista, pasos a desnivel o en la explotación de una cantera; incluso también en la construcción de una presa de grandes dimensiones.	Corte.	Excavación general en suelos.	¿Qué estudios previos se realizan al terreno con el fin de manejar las propiedades físicas de los suelos?	Observación directa. Hoja de cálculos
		Transporte de los suelos.	¿Qué cantidad se va a transportar y qué distancia de acarreo existirá?	Observación directa. Hoja de cálculos
	Relleno	Construcción de rellenos o terraplenes.	¿Qué destino tendrá el material: relleno o un botadero y que altura tendrá el mismo?	Observación directa.

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La técnica aplicada fue la observación directa y datos obtenidos en el campo, el instrumento utilizado fue la Ficha de Campo.

Tabla N° 07 Técnicas e instrumentos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación directa y la toma de datos obtenidos en el campo.	Tablas para toma de tiempos de ciclo.
	Cuaderno de Notas (Libro de Obra)
	Registro fotográfico.

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Obtenidos los datos generales se realizaron los cálculos que reflejan los resultados del estudio.

3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

- ✓ Visita y recorrido respectivo al sector en estudio.
- ✓ Investigación de campo con fichas de observación y fotografías.
- ✓ Tabulación de los datos de tiempo de procesos constructivos de las maquinarias en estudio y determinación del tiempo de ciclo.
- ✓ Análisis e interpretación de resultados relacionados con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y la hipótesis.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 .- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de este proceso constructivo está enfocado específicamente al análisis de los tiempos que le lleva a cabo a la maquinaria realizar los trabajos encomendados para los cual tenemos el siguiente listado de maquinaria en obra.

Tabla N° 08. Maquinaria Analizada.

N° Equipo	Maquinaria	Características
1	Bulldozer	Cat D8R
1	Cargador Frontal	Cat 950H C7 con capacidad de 3,5 m ³
1	Excavadora	Cat 320C con capacidad de 1.3 m ³
1	Volquete	Diesel 15 m ³
1	Motoniveladora	Cat 140H
1	Rodillo Compactador	825G
1	Tanquero	Capacidad 5000 lts

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

La suma total de los promedios de tiempo que hace la cargadora frontal para realizar su ciclo completo, es de 22.50 segundos este tiempo se debe multiplicar por los 13 ciclos, que son los 13 botes con los que se llena la volqueta de 15 m³, a este resultado se le suma el tiempo promedio que hace cada volqueta en realizar la maniobra para colocarse en posición de carga, el cual es de 52 segundos.

Rendimientos de las principales máquinas

A.-Rendimiento del bulldozer.- Básicamente el rendimiento de estas máquinas está en función del tipo de hoja y de su capacidad, así como de la eficiencia del operador y de la clase de material en que trabaja la máquina. Su cálculo se efectúa de la siguiente forma.

$$R = \frac{60 * E * Q * K}{T * FV} : \left(\frac{m^3}{Hr} \right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en m³/hora.

E= Eficiencia general.

Q=capacidad de carga de la cuchilla en m³.

K= coeficiente de carga

FV= factor de abundamiento

T= Tiempo de un ciclo.

Eficiencia: Se toma el valor de 50 min/hr en condiciones de obra regular. Entonces:

$$E = 50 \text{ min} / 60 \text{ min}$$

$$E=0.83$$

Tabla N° 2. Eficiencia Horaria.

Incentivo	Organización	Min/hora	E
SI	BUENA	50	0,83
SI	MALA	42	0,70
NO	MALA	30	0,50

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Capacidad de carga de la cuchilla Tipo 8U en m³. Será tomada del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar. Ver anexo B.

Tabla N° 09 Bulldozer

N° Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad de la hoja.(m3)
1	Bulldozer	Cat D8R	11.7

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

A continuación se muestra una tabla con la capacidad de las hojas del tractor.

Tabla N° 10. Capacidades de Hojas topadoras.

Hojas de Tractor de cadenas D8R	
Tipo	Capacidades m ³
8SU	8,7
8U	11,7
8A	4,7

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Coefficiente de carga.- el valor (K) será considerado debido al material en este caso el material es un conglomerado. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma:

$$K = \frac{1}{1 + \%Abundamiento}$$

$$K = \frac{1}{1 + 0.20}$$

$$K = 0.83$$

Pero al ser un tractor sobre oruga con especificaciones distintas de trabajo se toma este valor como K=1 debido a que no se está cargando el material sino rypiando entonces tenemos:

$$K = 1$$

Por lo tanto las maquinarias que no poseen coeficiente de carga para el presente estudio son: Bulldozer, Motoniveladora.

El factor de abundamiento será tomado de acuerdo al promedio de lo siguiente:

Tabla N° 4. Porcentaje de abundamiento.

CLASES DE TIERRA	PORCENTAJE DE ABUNDAMIENTO
ARENA O GRAVA LIMPIA	de 5 a 15%
SUELO ARTIFICIAL	de 10 a 25%
MATERIAL SUELTO	de 10 a 35%
TIERRA COMÚN	de 20 a 45%
ARCILLA	de 30 a 60%
ROCA SOLIDA	de 50 a 80%

Autor: Mecánica de Suelos. Pág. (31). Año (2000)

Despejando de la fórmula del coeficiente de carga y utilizando un factor de abundamiento de 20% de la tabla anterior se llega al siguiente valor:

$$K = \frac{1}{1 + \%Abundamiento}$$

$$\%Abundamiento = \frac{1}{K} - 1$$

$$\%Abundamiento = \frac{1}{0.83} - 1$$

Entonces: FV= 1.18

Tiempo de ciclo.- El tiempo de ciclo contempla los tiempos que se ocupan en maniobras, carga, descarga, espera, retorno, acarreo, etc. Los datos fueron tomados desde el 7 de julio hasta 12 de julio del año 2013.

Tabla N°11 Tiempo de ciclo del Bulldozer

N° Datos	Tiempo de ciclo (mín)
1,00	1,50
2,00	1,65
3,00	1,75
4,00	1,45
5,00	2,50
6,00	3,50

N° Datos	Tiempo de ciclo(mín)
7,00	3,10
8,00	4,54
9,00	5,00
10,00	1,89
11,00	2,50
12,00	2,00
13,00	2,30
14,00	2,45
15,00	2,70
16,00	1,70
17,00	2,10
18,00	2,40
19,00	2,30
20,00	2,17
21,00	2,17
Promedio=	2.50

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

El trabajo en la Abs. 0+270 que realiza un tractor (Bulldozer) marca CaterpillarD8T es el desgarre de material con característica de conglomerado. La maquinaria presenta el siguiente ciclo de trabajo medido en promedio de mediciones diarias en minutos.

Tabla N° 12. Promedio del tiempo de Ciclo de bulldozer

Equipo	Distancia alcance por ciclo (m)	Prom. Tiempo de ciclo.(min)
Tractor	65	2.5

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Una vez que se conoce los datos para la utilización de la fórmula se procede a verificar que rendimiento “R” está presentando la maquinaria en obra.

$$R = \frac{60 * E * Q * K}{T * FV} : \left(\frac{m^3}{Hr} \right)$$

E=0.83; Q=11.70 m³; K=0.83; T=2.5 min; FV=18%.

$$R = \frac{60 * 0.83 * 11.7 * 0.83}{2.5 * 1.18} : \left(\frac{m^3}{Hr} \right) = 163.93 : \left(\frac{m^3}{Hr} \right)$$

Según el manual Caterpillar.- Utilizaremos los datos de la investigación para generar las curvas características de igual manera utilizaremos las gráficas de los fabricantes para realizar la comparación respectiva.

Tabla N° 13 Características de las cuchillas de Bulldozer

CUCHILLAS	8SU	8U	8A
Q(m3)	8,7	11,7	4,7
Tc(min)	R	R	R
0,5	624,19	839,43	337,21
1	312,09	419,71	168,60
1,5	208,06	279,81	112,40
2	156,05	209,86	84,30
2,5	124,84	167,89	67,44
3	104,03	139,90	56,20
3,5	89,17	119,92	48,17
4	78,02	104,93	42,15
4,5	69,35	93,27	37,47
5	62,42	83,94	33,72

R.- Rendimiento.

Tc.- Tiempo de ciclo.

Como antes ya fue mencionada la eficiencia será tomada de 50 min/hr.

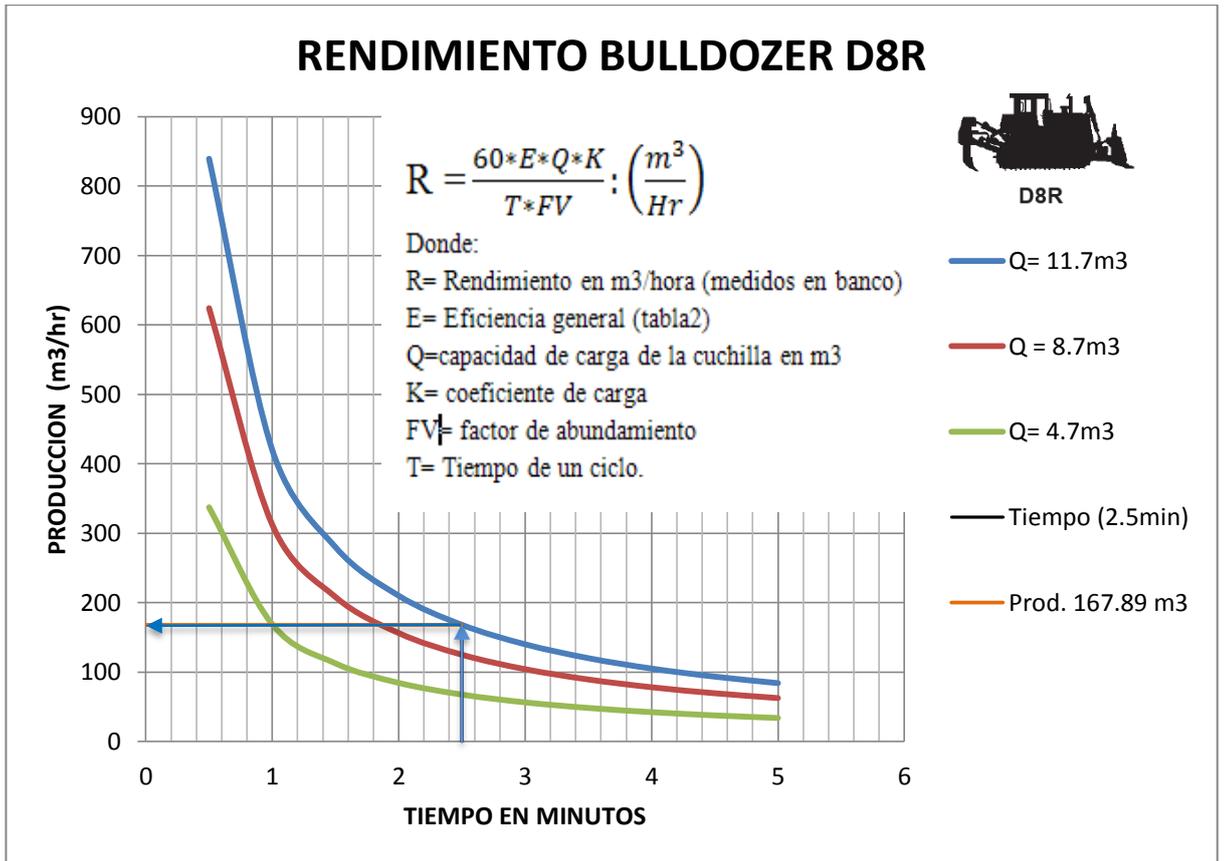
Tabla N° 14 Eficiencia utilizada del Bulldozer

	50 min	40 min	30 min
E=	0,83	0,67	0,50

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

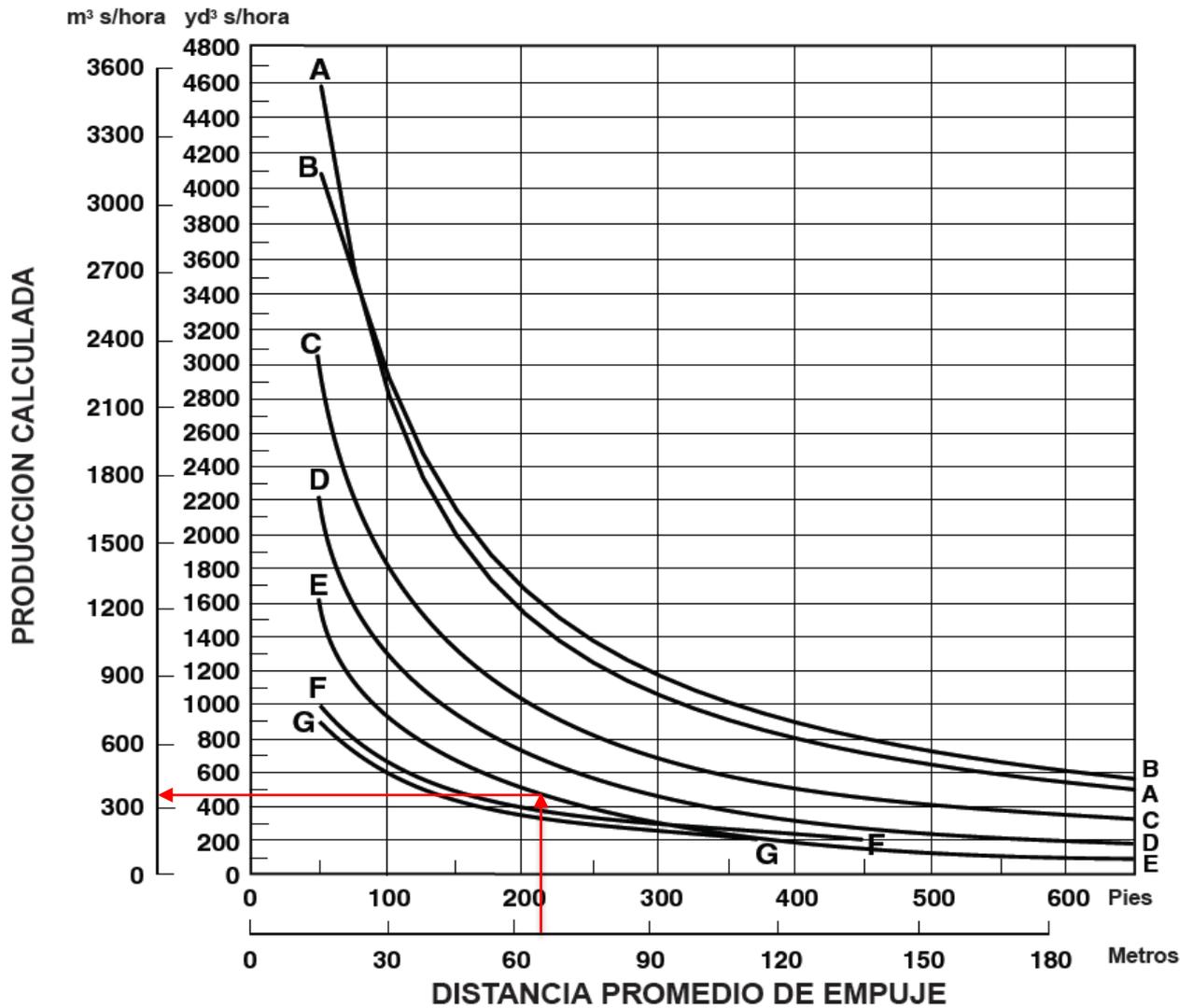
Las gráficas muestran el rendimiento del Bulldozer.

Figura N° 12 Rendimiento del Bulldozer D8R



Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Figura N° 13. Especificaciones de fabricante.



Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

$$R_{max} = 366,67$$

$$R = R_{max} * \text{Factores de corrección}$$

Factores de corrección aplicables:	
Difícil de empujar; (seco no cohesivo)	0,8
Corrección por pendiente	1,2
Empuje por método de la zanja	1,2
Operador mediano	0,75
Eficiencia del trabajo (50 min/hr)	0,83
Corrección de la densidad	0,87

TIPO DE TRACTORES
A-D11R-11U
B-D11R CD
C-D10R-10U
D9R-9U
E-D8R-8U
F-D7R-7U
G-D7G-7U

$$R = 366,67 * (0,80 * 1,20 * 1,20 * 0,75 * 0,83 * 0,87)$$

$$R = 228,76 (\text{m}^3/\text{hora}) \quad \text{Tabla N}^\circ 15$$

B.- Rendimiento de las cargadoras frontales.- En función de la siguiente fórmula, el rendimiento de los diferentes tipos de cargadoras utilizados en la obra es:

$$R = \frac{60 * Q * K * E}{T * FV} : \left(\frac{m^3}{Hr} \right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en m3/hora (medidos en banco)

Q=capacidad nominal del cucharón en m3

K= factor de llenado del cucharón.

E= factor de rendimiento de trabajo.

T= Tiempo de un ciclo (minutos).

FV= factor de abundamiento.

Capacidad nominal de cucharón.- Será tomada del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar.

Tabla N° 16 Características de la cargadora frontal.

N° Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad del cucharón m3
1	Cargador Frontal	Cat 950H C7	3.5

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Capacidades de los cucharones.

Tabla N° 17 Capacidades de cucharones de cargadora frontal

Cucharones Cargador de Ruedas 950H	
Capacidad de los cucharones	2,5-3,5 m ³
Capacidad máxima	3,5 m ³

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Factor de Llenado.- El valor (K) será considerado debido al material que en este caso es un conglomerado. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma.

$$K = \frac{1}{1 + \%Abundamiento}$$

$$K = \frac{1}{1 + 0.10}$$

$$K = 0.90$$

Eficiencia: Se toma el valor de 50 min/hora debido a las condiciones de la obra entonces E=0.83

El factor de abundamiento es FV=10%.

Tiempo de ciclo.- Ya obtenidos los promedios generales se procedió a realizar los cálculos que reflejan los resultados del estudio.

Los datos fueron tomados desde el 13 de julio hasta 16 de julio del año 2013.

Tabla N° 18 Tiempo de ciclo de la cargadora.

N° Datos	Tiempo de ciclo (mín.)
1	2,00
2	1,19
3	3,50
4	1,54
5	1,56
6	1,79
7	1,80
8	1,50
9	2,50
10	3,50
11	3,00
12	3,20
13	3,10
14	2,13

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

N° Datos	Tiempo de ciclo (mín.)
15	1,45
16	1,23
17	1,56
18	2,00
Promedio=	2.10

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Para el cálculo del rendimiento se necesita pasar el plazo medio de segundos a minutos, dividiendo entre 60 segundos.

Plazo medio =2.10 minutos.

Entonces el rendimiento de una cargadora va ser de:

$$R = \frac{60*Q*K*E}{T*FV} : \left(\frac{m^3}{Hr}\right)$$

E=0.83; Q= 3.5 m3; K=0.90; T=2.10 min; FV=10%

$$R = \frac{60*3.5*0.83*0.90}{2.10*1.10} : \left(\frac{m^3}{Hr}\right)$$

$$R = 67.91 : \left(\frac{m^3}{Hr}\right)$$

Según el manual Caterpillar.- El tipo de cargadora frontal es 950 H con una capacidad del cucharón de 3.5 m3, para conocer el valor de productividad utilizaremos el gráfico N°12 para el cual ingresaremos con el valor de capacidad del cucharón y el número de ciclos por hora especificado en la gráfica columna E, A respectivamente. Con el valor del tiempo promedio en ciclo se calculara los ciclos por hora de la siguiente forma:

Ciclos/hora a 83% de eficiencia=Ciclos por hora at 100% eficiencia*(Eficiencia).

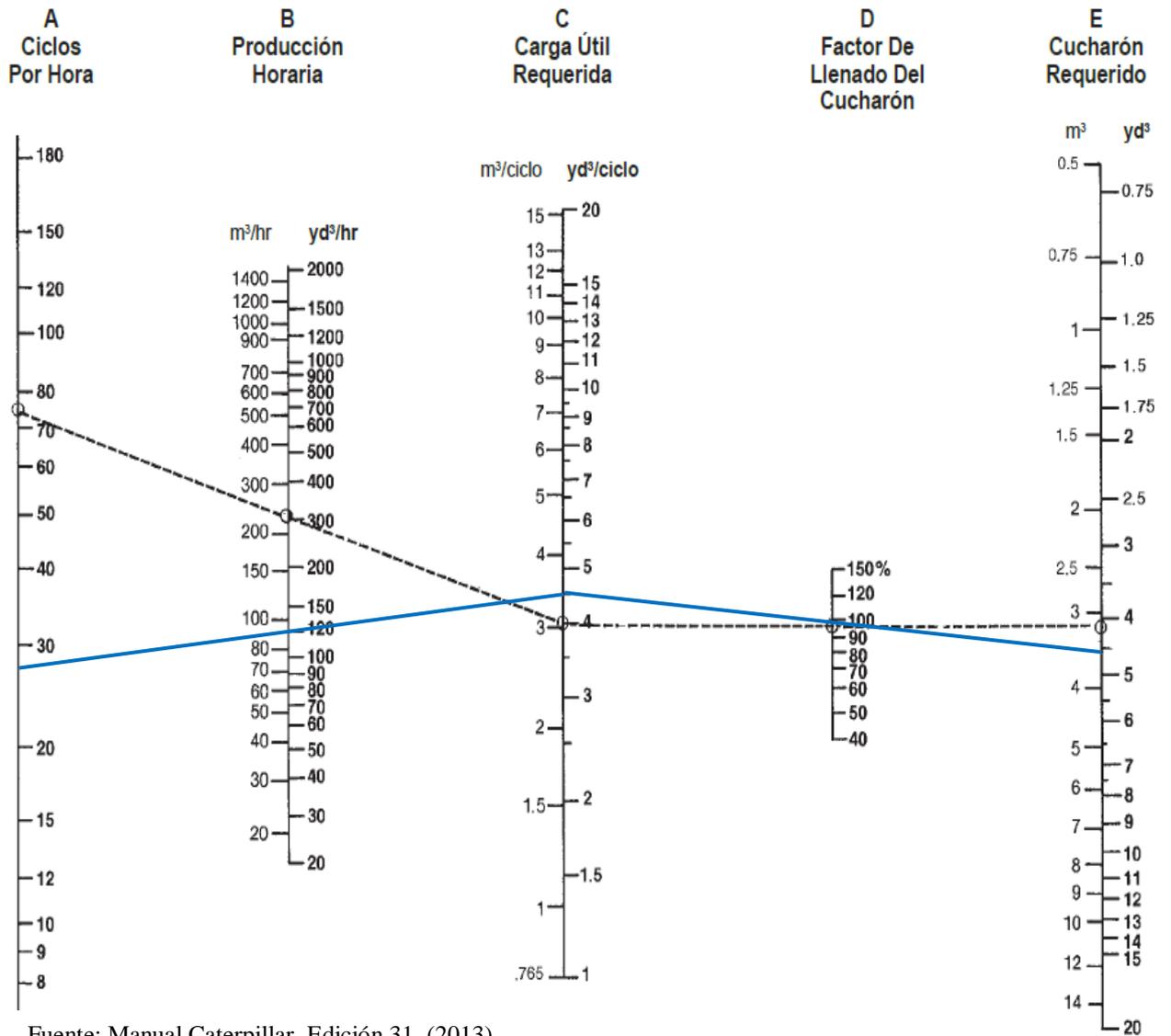
Lo que presenta un valor de 28 ciclos/hr. El factor de llenado del cucharón será del 95%.

Pasos para obtener el rendimiento.

1.- Ubicar el valor del cucharón requerido columna E, ubicar el valor del factor de llenado del cucharón columna D, trazar una línea que llegue a la columna C (carga útil Requerida).

2.- Ubicar el valor en la columna A (ciclos por Hora) y unir los puntos C (Carga Útil Requerida) y A (Ciclos por hora), con ello encontraremos la producción horaria o rendimiento.

Figura 14. Rendimiento de Cargadora.



Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Una vez realizadas las indicaciones pertinentes tenemos:

Cargadora sobre ruedas Caterpillar 950H

- Rendimiento Requerido= 93 m³/hr
- Tiempo del ciclo= 2.10 min
- Ciclos por hora = 28 ciclos/hr
- Carga Útil requerida= 3.5 m³/ciclo
- Factor de llenado del cucharón= 0.95
- Capacidad del cucharón= 3.5 m³

C.- Rendimientos de las excavadoras.

Únicamente se le incluyen para este estudio a los equipos que trabajan con cucharón ya que en la obra se cuenta accesorios de taladros pero como se mencionó anteriormente se trabajará solo con cucharones. Los factores que se toman en cuenta para el cálculo del rendimiento son el tipo de material, altura del corte, ángulos de giro, dimensiones del equipo, experiencia del operador.

Por lo tanto la fórmula con que se calcula el rendimiento de estas máquinas es:

$$R = \frac{(3600) * Q * E * K}{T * FV}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en m³/hora (medidos en banco)

Q=capacidad o volumen del cucharón en m³

K= factor de llenado del cucharón (depende de las dimensiones y capacidad del Cucharón).

E= factor de rendimiento de la máquina.

T= Tiempo de un ciclo (segundos).

FV= factor de abundamiento.

3600=Factor de convergencia de unidades a horas.

Capacidad o Volumen del Cucharón (Q).-Será tomada del manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar.

Tabla N°19 Característica de la excavadora.

N° Equipo	Maquinaria	Características	Capacidad del cucharón.(m³)
1	Excavadora	Cat 320 C	1,3

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

A continuación se muestra las capacidades de los cucharones:

Tabla N° 20. Capacidades de los cucharones de Excavadora 320C

Cucharones de Excavadora Hidráulica 320C/320C L	
Profundidad máxima de excavación	Capacidad de la excavación.
7,66 m	1,00 m ³
5,84 m	1,30 m ³
11,88 m	0,45 m ³

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Factor de llenado del cucharón (K).-Será considerado debido al material que en este caso es un conglomerado. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma:

$$K = \frac{1}{1 + \%Abundamiento}$$

$$K = \frac{1}{1 + 0.20}$$

$$K = 0.83$$

Eficiencia: tomaremos el valor regular debido a las condiciones de la obra entonces

$$E=50 \text{ mín. } /60 \text{ mín.}$$

$$E=0.83$$

El factor de abundamiento es $FV=20\%$.

Tiempo de Ciclo en minutos (T).- Se tomaron tiempos del ciclo de la excavadora para cuando ésta explota el terreno y a la vez llena las volquetas (tiempo de carga con maniobra):

A continuación se muestra los tiempos recolectados desde el 17 de julio hasta 20 de julio del año 2013.

Tabla N° 21 Tiempo de ciclo de la excavadora

N° Datos	Tiempo de ciclo (mín.)
1	35,23
2	34,45
3	33,45
4	30,34
5	40,5
6	35,67
7	32,56
8	25,96
9	34,67
10	42,9
11	23,95
12	34,67
13	45,5
14	43,96
15	20,89
16	21,98
17	31,2
18	23
Promedio=	32,83

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 22 Promedio tiempo de ciclo de la excavadora

TIEMPO PROMEDIO DE CARGA CON TIEMPO DE MANIOBRA
Tiempo (seg)
32,83

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Con este tiempo se calcula el rendimiento de la excavadora.

$$R = \frac{(3600) * Q * E * K}{T * FV}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

$$R = \frac{(3600) * 1.3 * 0.83 * 0.83}{32.83 * 1.20}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

$$R = 81.83 \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

Según el manual Caterpillar.- Las zonas de trabajo que hay en las tablas de cálculo de producción muestran las capacidades productivas de las excavadoras hidráulicas en las categorías de tamaños de la 307 a la 5230 ME. El límite superior de cada una de estas categorías corresponde a los tiempos de ciclo más rápidos y prácticos de las máquinas, y el ancho de cada zona indica la escala de capacidades (carga útil) de los cucharones que se pueden utilizar con cada una de las máquinas.

Los valores óptimos de rendimiento en la zona sombreada de arriba, se basan en condiciones favorables de trabajo: facilidad de excavación, zanjas de poco fondo, buen operador, etc.

Para ingresar a la tabla siguiente tomaremos el valor del tiempo de ciclo= 32.83 seg y la carga útil del cucharón con lo cual obtenemos:

Tabla N°23 Calculo de la producción para excavadoras según manual Caterpillar.

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA UTIL CALCULADA DEL CUCHARON** — METROS CUBICOS SUELTOS																		
Tiempo en																				
Seg.	Min.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0
10,0	0,17																			
11,0	0,18																			
12,0	0,20	60	90	150	210	270														
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312
50,0	0,83																			

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

El valor de rendimiento máximo es: $R_{max} = 156 \text{ m}^3/\text{hr}$

La eficiencia de trabajo es 50 min/hrs por lo tanto: $E = 0.83$

Entonces:

$$\text{Rendimiento} = R_{max} * E$$

$$\text{Rendimiento} = 156 \text{ m}^3/\text{hr} * 0.83$$

$$\text{Rendimiento} = 129.48 \text{ m}^3/\text{hr}$$

D.- Rendimientos de los transportes.

El rendimiento de los transportes, incluye en forma general a los camiones dentro y fuera de las carreteras, pueden ser calculados de la siguiente forma:

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T}; \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Dónde:

R= Rendimiento en m³/hora (medidos en banco)

Q=capacidad de la máquina en m³

E= factor de rendimiento de trabajo.

T= Tiempo empleado en un ciclo completo (minutos).

El tiempo de un ciclo completo será.

$$T = T1 + T2 + T3 + T4$$

Dónde:

T1.- Tiempo empleado en maniobras de acomodo.

T2.- Tiempo de carga.

T3.- Tiempo empleado en acarrear el material.

T4.- Tiempo empleado por la máquina vacía durante el regreso.

La capacidad de la máquina está dada por las dimensiones del balde en donde se transporta el material excavado para nuestro estudio se tomó como referencia el grupo de volquetas MACK que transportan el material, al sitio de bote. Con una capacidad de 16 m³. El factor de rendimiento de trabajo está especificado de acuerdo al chofer y las condiciones que presenta la obra se tomará E=0.85.

Los tiempos recolectados desde el 21 de julio hasta 25 de julio del año 2013.

Tabla N° 24 Tiempo de ciclo de los transportes

N° Datos	Tiempo de ciclo (mín.)
1	14
2	15,4
3	15,6
4	14,3
5	12,5
6	13,4

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

N° Datos	Tiempo de ciclo (mín.)
7	17,9
8	16
9	15,7
10	15,86
11	16,75
12	16,34
13	15,18
14	16,39
15	15,45
16	14,56
17	15,38
18	16,39
Promedio=	15,39

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N°25 Promedio tiempo de ida y vuelta de las volquetas.

TIEMPO DE IDA Y VUELTA	
Volqueta	Tiempo (min: seg)
Mack	15,39

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 26. Capacidades de Volquetas.

VOLQUETAS	
MARCA	Capacidad del Baldé m³
Ford 600	6
Isuzo	8
Chevrolet	10
Hino	12
Mack	15
Kenworth	25

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Con este tiempo se calcula el rendimiento.

$$R = \frac{Q * 60 * E}{T}; \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$R = \frac{16 * 60 * 0.85}{15.39}; \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$R = 53,02 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

E.- Rendimiento de las motoniveladora

El trabajo a realizar es conformación de la plataforma y mantenimiento de la vía. La forma general de calcular el rendimiento de estas máquinas se realiza en base al tiempo de trabajo y de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T = \frac{D * N}{V * E}; \text{ (1)}$$

Dónde:

T.- Tiempo requerido para efectuar el trabajo

D.- Distancia recorrida en cada pasada.

N.- Número de pasadas que se requiere para realizar el trabajo.

V.- velocidad de operación (Km/hr)

E.- factor de rendimiento de trabajo.

A continuación se muestra una tabla con las longitudes de hojas.

Tabla N° 27 Longitudes de hojas de la motoniveladora Caterpillar 140H

Motoniveladoras Caterpillar 140H
Longitud de la Hoja
3,60 m
4,27 m
4,88 m
7,32 m

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Se necesita rastrear y nivelar 2 km. de carretera mediante una motoniveladora Caterpillar de 3.60 mts de longitud de cuchilla. Se precisan seis pasadas para completar la operación de rastreo y nivelado. La clase de material permite efectuar las pasadas primera y segunda a 4.5 km/hr, las pasadas tercera y cuarta a 5.4 km/hr y la quinta y sexta a 8.6 km/hr, el factor de eficiencia E=0.60. 4.5 km/hr)

Sustituyendo en la fórmula (1)

$$T = \frac{(2)(2km)}{(4.5 \text{ km/hr})(0.60)} + \frac{(2)(2km)}{(5.4 \text{ km/hr})(0.60)} + \frac{(2)(2km)}{(8.6 \text{ km/hr})(0.60)}$$

Tiempo requerido = 3.49 hrs.

Cálculo en hectáreas de producción.

Área de trabajo.

$$A = (2000\text{m}) * 3.6 \text{ m} = 7200 \text{ m}^2$$

$$A = 0.72 \text{ Ha}$$

Promedio de las velocidades.

$$V = (4.5 + 5.4 + 8.6) \text{ Km/hr} / 3$$

$$V = 6.17 \text{ Km/hrs}$$

Entonces el rendimiento es:

$$R = \left(\frac{A}{T} \right); (\text{Há/hrs})$$

$$R = (0.72/3.49)$$

$$R = 0.21 \text{ Ha/hrs}$$

Según el manual Caterpillar.- A continuación mostraremos los resultados de la gráfica, con un 50% de eficiencia.

$$R_{\text{max}} = 0.64$$

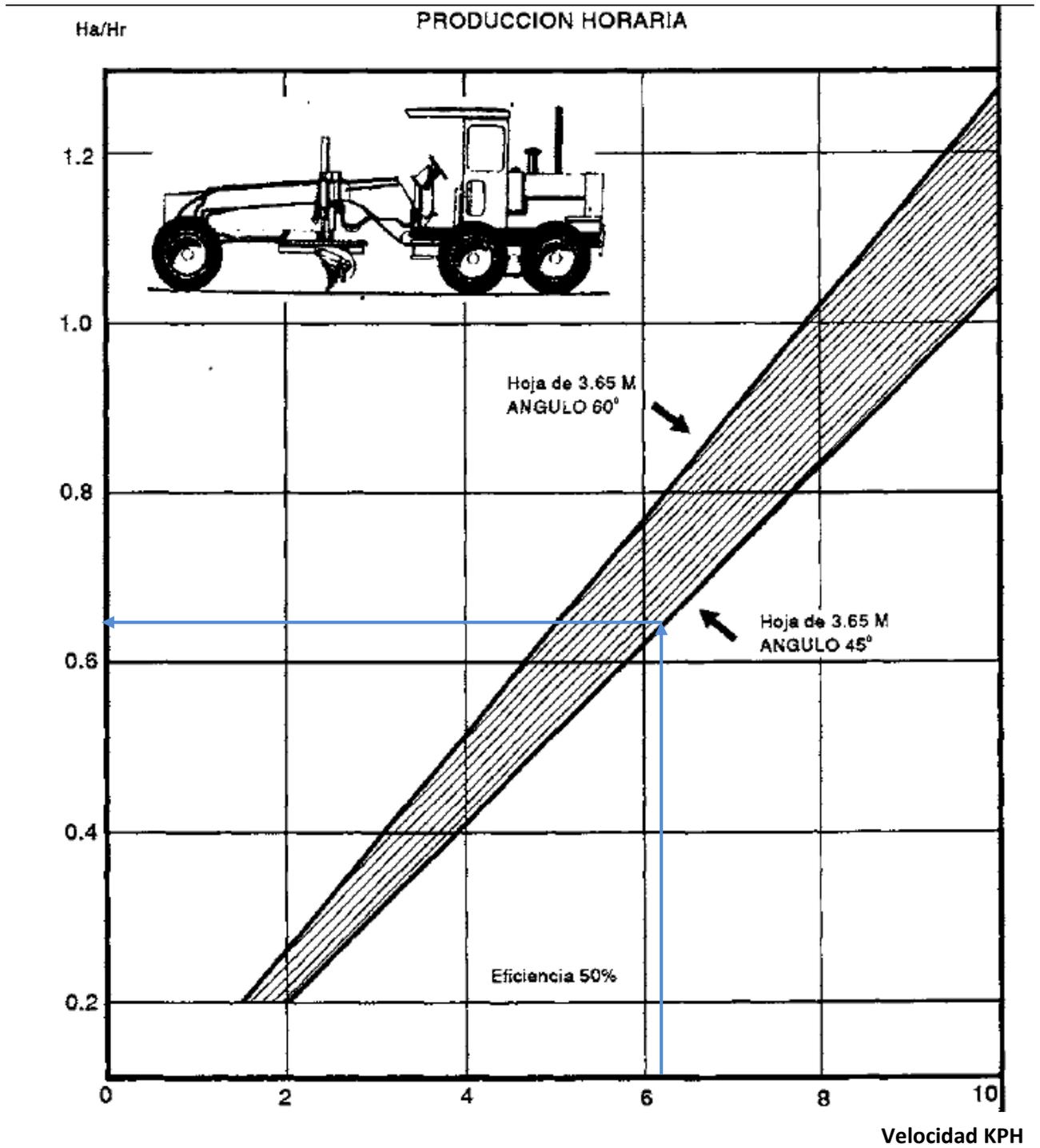
$$\text{Eficiencia} = 50\%$$

$$R = R_{\text{max}} * E; \text{ (Ha/hrs)}$$

$$R = 0.64 * 0.5; \text{ (Ha/hrs)}$$

$$R = 0.32 \text{ Ha/hrs}$$

Figura 15. Producción Horaria de motoniveladora.



Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

F.- Rendimiento de los compactadores

La obtención del rendimiento de estas máquinas en general, se mide a través de un promedio en el que se considera de un promedio el número de pasadas que necesita hacer una máquina, para obtener la compactación deseada.

La fórmula que se utiliza para determinar el rendimiento es:

$$R = \frac{A*V*E*C}{N}$$

Dónde:

R= Rendimiento en m³/hr

A=Ancho compactado por la máquina en Mts.

V=Velocidad en km/hr.

E=Espesor de la capa a compactar en mm.

C= Coeficiente de reducción (0.6 a 0.8)

N=Número de pasadas hasta obtener la compactación requerida.

Se trata de un compactador Caterpillar 825 B cuyas características son:

A= Dos unidades x 1.13 m/unidad= 2x1.13 m = 2.26 m.

V= 8 mills/h = 8x1.609 km/hrs = 12.87 km/hrs

E= 8 pulgadas = 8x0.024 ms. = 0.203 ms.

N= 4 pasadas por hora.

$$R = \frac{2.26m*12.87km/hr*20mm*0.8}{4}$$

$$R=1180.89 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Según el Manual Caterpillar.- Se determinará la producción de un 825G que trabaja en estas condiciones: P=4, V=12.87≈13 Km/h, C= 200 mm.

De acuerdo a la tabla que se muestra a continuación según los valores que corresponden al compactador 825G y el valor de 4 pasadas en la siguiente columna se puede encontrar la velocidad media. Se avanza por esta línea hasta la capa apisonada cuyo espesor es de 200 mm.

Tabla N° 28 Producción de los compactadores 815F/825G.

TABLA DE PRODUCCION

MODELO Y PASADAS DE LA MAQUINA*	VELOCIDAD MEDIA km/h mph		ESPESOR DE LA CAPA COMPACTADA							
			100 mm m³/h	4 pulg yd³/hr	150 mm m³/h	6 pulg yd³/hr	200 mm m³/h	8 pulg yd³/hr	250 mm m³/h	
815F	3	6,5	4	419	548	628	822	837	1095	
		9,5	6	628	822	942	1232	1256	1643	
		13,0	8	837	1095	1256	1643	1675	2191	
	4	6,5	4	314	411	471	616	628	822	
		9,5	6	471	616	706	924	942	1232	
		13,0	8	628	822	942	1232	1256	1643	
	5	6,5	4	251	329	377	493	502	657	
		9,5	6	377	493	565	739	754	986	
		13,0	8	502	657	754	986	1005	1314	
	6	6,5	4	286	274	314	411	419	548	
		9,5	6	314	411	471	616	628	822	
		13,0	8	419	548	628	822	837	1095	
825G	3	6,5	4	488	642	731	962	975	1283	1219
		9,5	6	713	962	1069	1444	1425	1925	1781
		13,0	8	975	1283	1463	1925	1950	2566	2438
	4	6,5	4	366	481	534	722	731	962	914
		9,5	6	534	722	802	1083	1069	1444	1336
		13,0	8	731	962	1097	1444	1463	1925	1828
	5	6,5	4	293	385	439	577	585	770	731
		9,5	6	428	577	641	866	855	1155	1069
		13,0	8	585	770	878	1155	1170	1540	1463
	6	6,5	4	244	321	366	481	488	642	609
		9,5	6	356	481	534	722	713	962	891
		13,0	8	488	642	731	962	975	1283	1219

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

El valor de rendimiento máximo es: Rmax=1463 m3/hr

$$R (m^3 c) = R_{max} * E$$

$$R (m^3 c) = (1463 \text{ m}^3/\text{hr}) * 0.83$$

$$R (m^3 c) = 1214.30 \text{ m}^3/\text{hr}$$

G.- Rendimiento del tanquero.

Para nuestro estudio se toma como referencia un tanquero de 5000 lts de capacidad el mismo que transporta el líquido necesario para hidratar la capa que se compacta como proceso de construcción de la carretera, su rendimiento se calculara de acuerdo a la distancia que irriga el material tendido entonces:

$$R = \frac{A * E}{T}; m^2/hrs$$

Dónde:

R.- Rendimiento del tanquero en (m²/hrs).

A.- Se calcula de la siguiente forma (Longitud de material hidratado por en ancho compactado).

T.- Tiempo que demora en realizar carga e irrigación del material compactado.

La Eficiencia será calculada de 50 min útiles de la siguiente forma:

$$E = 50 \text{ min} / 60 \text{ min}$$

$$E = 0.83$$

El tiempo que tarda el tanquero marca Chevrolet en llenarse de agua es de 25 mín, para transportar en líquido hacia donde se está realizando la compactación el tanquero se tarda 12mín y el tiempo que demora en regar el material es de 48.5min entonces el tiempo total que tarda el tanquero es:

$$T = 85.5 \text{ min}$$

$$T = 1.425 \text{ hrs.}$$

Continuando tenemos la distancia de riego que es de (1 km) y el ancho de la flauta que irrigara el material es 2.26m entonces tenemos:

$$L = 1000 \text{ mts}$$

$$Ac \text{ (irrigado)} = 2.26 \text{ m}$$

$$A=L*Ac; (m^2)$$

$$A=1000*2.26$$

$$A=2260 m^2$$

Entonces su rendimiento es:

$$R = \frac{A*E}{T}; m^2/hrs$$

$$R = \frac{2260m*0.83}{1.425}; m^2/hrs$$

$$R = 1316.35; m^2/hrs$$

Tabla N° 29 Resumen rendimientos del equipo caminero.

EQUIPO	Dista. por ciclo (m)	U	Tiempo de ciclo (min)	e	R1 (u/h)	R2 (u/h)	% R
BULLDOZER	65	m3/hrs	2.5	0.83	163.93	228.76	71.66
CARGADORA	20	m3/hrs	2.10	0.83	67.91	93	73,02
EXCAVADORA	20	m3/hrs	0.55	0.83	81.83	129.48	63.20
VOLQUETA	6413	m3/hrs . Km	15.39	0.85	53,02	-	
MOTONIVELADORA	6000	Ha/hrs	229	0.6	0.21	0.32	62.5
RODILLO COMPACTADOR	6000	m3/hrs	15	-	1180.89	1214.30	97.25
TANQUERO 5000lt	2000	m2/hrs	85.5	0.83	1316.35	---	100

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

e.- Eficiencia de cada maquinaria.

R1.- Rendimiento Calculado.

R2.- Rendimiento según Caterpillar.

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

1. Para cada caso en particular existe un rendimiento distinto, ya que la combinación de equipos difiere para cada obra. Por ejemplo, para una conformación de Taludes se puede alquilar una excavadora de 1 m³ de capacidad y un volquete de 10 m³, mientras que para otra obra de excavación existe una excavadora de 1.50 m³ con el mismo volquete, en ambos casos el tipo de maquinaria es el mismo, pero las capacidades son distintas, por ello los rendimientos varían.
2. Como referencia para el presente estudio se analizará el Grupo de maquinarias mostradas. De cada grupo de maquinarias existe un “eje de grupo”, el cual se podría catalogar como el más importante de todos los equipos, pues de no cumplir sus funciones, los demás equipos no pueden trabajar.
3. Al finalizar la investigación y analizar los resultados obtenidos se pudo demostrar que los rendimientos que presenta el tractor Caterpillar es 167.89 m³/hrs. El cual refleja que la maquinaria se encuentra trabajando al 71,66% de eficiencia y deben ser tomadas las correcciones del caso.
4. Continuando con el análisis en la lista tenemos la cargadora frontal marca Caterpillar la cual muestra un rendimiento de 67,91 m³/hrs. Debido a la peligrosidad del trabajo disminuye el rendimiento considerablemente, y se encuentra trabajando al 73,02% de su capacidad total.
5. La excavadora presenta un rendimiento 81.83 m³/hrs. debido a la dificultad de la excavación y la presencia de aguas subterráneas se encuentra realizando los trabajos al 63.20% del rendimiento en condiciones óptimas de la maquinaria.
6. Las volquetas presentan un rendimiento de 53,02 m³/hrs. El rendimiento en este tipo de equipos dependerá en gran medida de las condiciones de la vía y de la distancia de transporte.

7. Otra de las dificultades y razones para que no se realicen más viajes es por el proceso de maniobras que tiene que realizar para proceder al transporte del material excavado presentándose de esta forma retrasos que al final del día se pueden tornar en la principal razón de la demora de los trabajos.
8. La motoniveladora es uno de los equipos que mejora las condiciones de la vía por la cual transitan las volquetas con el material hacia los sitios de bote presenta un rendimiento de 0.21 Ha/hrs, el cual presenta el 62.50% de condiciones óptimas de trabajo.
9. El rodillo compactador presenta un rendimiento de 1180.89 m³/hrs. El cual presenta un 97.25% del rendimiento total, el mismo que se encuentra dentro del rango aceptable para las condiciones de trabajo de la obra.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Al finalizar este estudio se puede decir que la estimación de rendimientos para movimientos de tierras es una de las que está más sujeta al criterio del profesional, debido a la gran cantidad de factores incidentes y a las distintas posibilidades de enfrentar un mismo trabajo. Así, el estudio de movimientos de tierra fue enfocado de tal manera que explica el tipo de maquinaria usado comúnmente dentro de las excavaciones que pueden presentarse al construir carreteras.

De la misma forma se puede observar del análisis del equipo caminero realizado en campo y comparado con uno de los fabricantes (Caterpillar) los rendimientos no se encuentran dentro de rangos de máxima producción, de igual forma con el estudio realizado se puede observar que si disminuimos los tiempos de ciclos de trabajo en cada una de las maquinarias el rendimiento será mayor y por lo tanto los costos de construcción serán menores, lo cual será rentable para él contratista.

1.- Hipótesis:

Ho. El análisis de costos de productividad no permitirá optimizar el movimiento de tierras por métodos mecánicos.

H₁. El análisis de costos de productividad permitirá optimizar el movimiento de tierras por métodos mecánicos.

2. Nivel de error tipo I:

El nivel de significancia será 0.1 con lo cual será no aceptada la hipótesis.

3. Estadístico de prueba:

Se utiliza el estadígrafo (T-STUDENT)

$$t = \frac{(X_{med} - M)}{S/Raiz(n)}$$

Datos calculados graficas del fabricante para valores correspondientes a (M).

Tabla N° 30. Rendimientos según Caterpillar

DESCRIPCIÓN	PRODUCCIÓN (M3/HORA)	
	R1	R2
MOV. TIERRAS		
Bulldozer	167,89	228,76
Cargadora frontal	60,15	93,00
Excavadora	81,83	129,48
Volqueta	49,70	49,70

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

R1.- Rendimiento calculado con datos de obra.

R2.- Rendimiento calculado con tablas del fabricante.

Calculando los valores para cada una de los equipos.

Bulldozer.

Tabla N° 31 Cálculo de t student para Bulldozer

N° Datos	Tiempo de ciclo	Rendimiento	Xmed-Xi	(Xmed-Xi) ²
1,00	1,50	268,67	-87,47	7650,20
2,00	1,65	244,25	-63,04	3974,14
3,00	1,75	230,29	-49,08	2409,23
4,00	1,45	277,94	-96,73	9356,68
5,00	2,50	161,20	20,00	400,12
6,00	3,50	115,14	66,06	4364,04
7,00	3,10	130,00	51,20	2621,79
8,00	4,54	88,77	92,44	8544,71
9,00	5,00	80,60	100,60	10121,22
10,00	1,89	213,23	-32,03	1025,63
11,00	2,50	161,20	20,00	400,12
12,00	2,00	201,50	-20,30	412,00
13,00	2,30	175,22	5,99	35,82
14,00	2,45	164,49	16,71	279,33
15,00	2,70	149,26	31,94	1020,41
16,00	1,70	237,06	-55,86	3120,01
17,00	2,10	191,91	-10,70	114,54
18,00	2,40	167,92	13,29	176,52
19,00	2,30	175,22	5,99	35,82
20,00	2,17	185,72	-4,51	20,36
21,00	2,17	185,72	-4,51	20,36
	$\Sigma=$	3805,32		56103,05

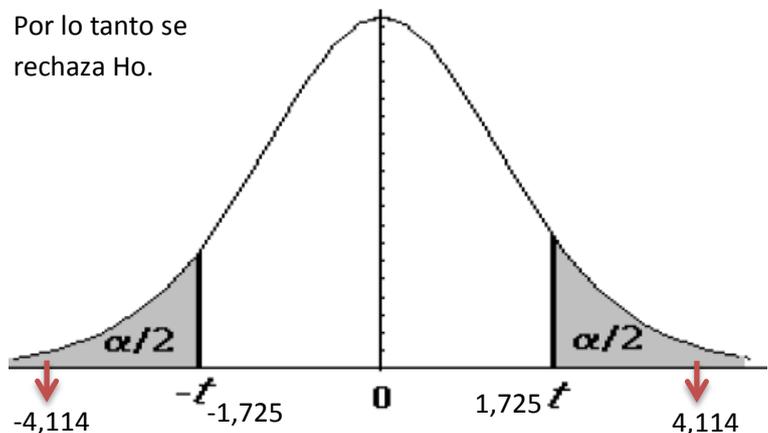
Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Calculando los valores para la utilización de (t-student).

R=	228,76
Xmed=	181,206
S2=	2805,153
S=	52,960
t=	-4,114
$\alpha=$	0,100
gl=	20,000
Tabla de t de student.	
t critico	1,725

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Por lo tanto se rechaza Ho.



Cargadora Frontal.

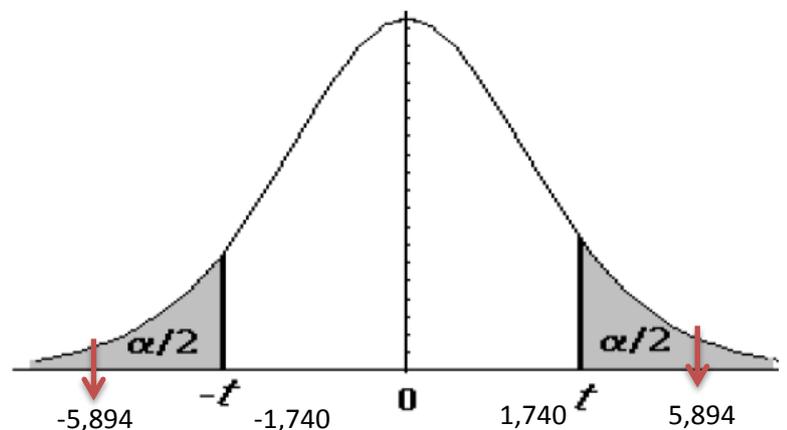
Tabla N° 32 Cálculo de t student para cargadora frontal

N° Datos	Tiempo de ciclo	Rendimiento	Xmed-Xi	(Xmed-Xi) ²
1	2,00	60,28	3,11	9,68
2	1,19	101,31	-37,92	1437,80
3	3,50	34,45	28,95	837,84
4	1,54	78,28	-14,89	221,82
5	1,56	77,28	-13,89	192,93
6	1,79	67,35	-3,96	15,68
7	1,80	66,98	-3,59	12,86
8	1,50	80,37	-16,98	288,36
9	2,50	48,22	15,17	230,05
10	3,50	34,45	28,95	837,84
11	3,00	40,19	23,20	538,46
12	3,20	37,67	25,72	661,33
13	3,10	38,89	24,50	600,30
14	2,13	56,60	6,79	46,11
15	1,45	83,14	-19,75	390,16
16	1,23	98,01	-34,62	1198,80
17	1,56	77,28	-13,89	192,93
18	2,00	60,28	3,11	9,68
	$\Sigma=$	1141,03		7722,65

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

R=	93,000
Xmed=	63,391
S2=	454,273
S=	21,314
t=	-5,894
$\alpha=$	0,100
$\alpha/2=$	0,050
gl=	17,000
Tabla de t de student.	
T critico	1,740

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)



Por lo tanto podemos descartar H_0 ya que se encuentra en la zona de rechazo.

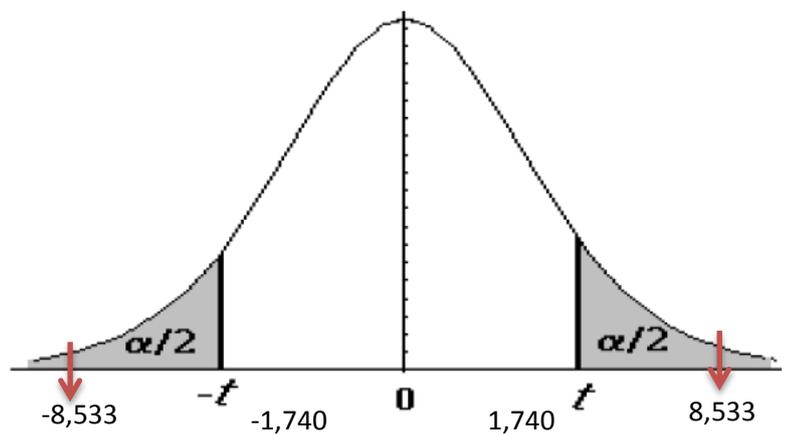
Excavadora.

Tabla N° 33 Cálculo de t student para excavadoras

N° Datos	Tiempo de ciclo	Rendimiento	Xmed-Xi	(Xmed-Xi) ²
1	35,23	76,26	10,10	102,02
2	34,45	77,99	8,37	70,12
3	33,45	80,32	6,04	36,51
4	30,34	88,55	-2,19	4,80
5	40,5	66,34	20,02	400,96
6	35,67	75,32	11,04	121,91
7	32,56	82,52	3,85	14,80
8	25,96	103,49	-17,13	293,49
9	34,67	77,49	8,87	78,66
10	42,9	62,63	23,74	563,37
11	23,95	112,18	-25,82	666,54
12	34,67	77,49	8,87	78,66
13	45,5	59,05	27,31	746,06
14	43,96	61,12	25,25	637,33
15	20,89	128,61	-42,25	1785,03
16	21,98	122,23	-35,87	1286,78
17	31,2	86,11	0,25	0,06
18	23	116,81	-30,45	927,26
	$\Sigma=$	1554,53		7814,35

R=	129,48
Xmed=	86,36261205
S2=	459,668
S=	21,440
t=	-8,533
$\alpha=$	0,100
gl=	17,000
Tabla de t de student.	
T crítico	1,740

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)



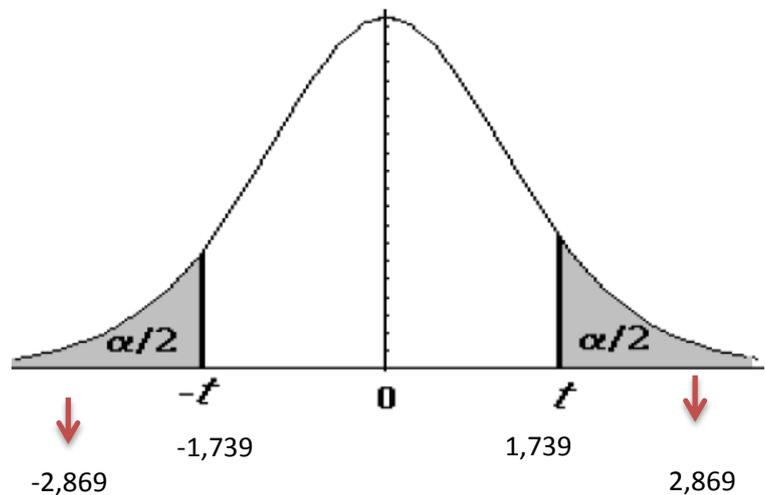
Transporte

Tabla N° 34 Cálculo de t student para transportes

N° Datos	Tiempo de ciclo (mín.)	Rendimiento	Xmed-Xi	(Xmed-Xi) ²
1	14	54,64	-4,60	21,21
2	15,4	49,68	0,36	0,13
3	15,6	49,04	1,00	1,00
4	14,3	53,50	-3,46	11,96
5	12,5	61,20	-11,16	124,59
6	13,4	57,09	-7,05	49,73
7	17,9	42,74	7,30	53,30
8	16	47,81	2,23	4,95
9	15,7	48,73	1,31	1,72
10	15,86	48,23	1,80	3,25
11	16,75	45,67	4,37	19,06
12	16,34	46,82	3,22	10,37
13	15,18	50,40	-0,36	0,13
14	16,39	46,67	3,36	11,31
15	15,45	49,51	0,52	0,27
16	14,56	52,54	-2,50	6,27
17	15,38	49,74	0,30	0,09
18	16,39	46,67	3,36	11,31
	$\Sigma=$	900,68		330,65

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

R=	53,02
Xmed=	50,04
S2=	19,450
S=	4,410
t=	-2,869
$\alpha=$	0,100
$\alpha/2=$	0,050
gl=	17,000
Tabla de t de student.	
T critico	1,740



4.- Decisión y Conclusión.

Como todos los valores se encuentran dentro de la zona de rechazo procedemos a descartar la hipótesis H_0 , y se toma para la investigación la hipótesis alternativa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1- CONCLUSIONES

- Hay que estar en una constante actualización de toda esta modernidad ya que se ha efectuado una revolución total en la maquinaria, los métodos y volúmenes, la rapidez y desarrollo así como la variedad de máquinas, y con ello evitar pérdidas por una mala selección del equipo, daños a la maquinaria debido a la ignorancia de sus funciones y de sus puntos débiles, a la pérdida de tiempo, material y dinero.
- Cuando los volúmenes son bajos la cantidad de maquinaria usada pareciera ser alta, poco adecuada y los costos altos; con volúmenes grandes, la cantidad de maquinaria pareciera ser la apropiada y los costos bajos y ajustados. En resumen, cuando los volúmenes son menores, los costos tienden a subir; cuando son mayores, tienden a disminuir.
- El presupuesto de una obra afecta principalmente a la duración de esta de manera indirecta; en otras palabras, cuando existe un mayor presupuesto, es posible el uso de un sistema más eficiente, lo que significa además un mayor gasto, sin embargo, al usar un sistema más eficiente los plazos se reducen, lo que puede significar a largo plazo una ganancia en el tiempo de la obra, lo que implica menor tiempo de uso de las maquinarias y por lo tanto menores costos.

- El rendimiento (m³/h) de una máquina debe medirse como el costo por unidad de material movido (\$/m³), una medida que incluye tanto producción como costo ya que influye directamente en la productividad, factores tales como las dimensiones de los accesorios de excavación, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades y los costos de operación.
- Los tiempos de ejecución de cada ciclo que contemplan cada uno de los trabajos de excavación son el eje principal para aumentar o reducir la producción de cada una de las maquinarias involucradas en la excavación.
- El contar con operadores eficientes que cuenten con los certificados que avalen su conocimiento y además de ello cuenten con un alto grado de experiencia en trabajos similares ayuda en gran medida a que la excavación no se paralice, lo cual se ve reflejado en la producción al final del día.
- Debido al tipo de material a ser excavado se elegirá la maquinaria ya que para ciertos tipos de material (arcillas) la maquinaria que cuenta con neumáticos presenta serios problemas de adherencia lo cual influye directamente en el rendimiento ya que se tarda más en realizar el ciclo de trabajo.
- Una contabilidad adecuada es una necesidad básica, tanto para presupuestar inteligentemente, como para efectuar una operación provechosa; así pues esta herramienta es importante para conocer si se han hecho las cosas convenientemente, ya que la mayoría de los contratistas saben hacer el trabajo, pero muy pocos llevar la cuenta de lo que se está haciendo.
- Otro punto importante es saber si conviene comprar una máquina nueva o usada esto debe hacerse con base al tipo y cantidad de trabajo del que se dispone y el que se espera, el precio y disponibilidad de los modelos adecuados, así como la experiencia de los operadores, hábitos en el trabajo y preferencias personales.

- Con todo esto urge una adecuada formación de profesionales en todos los ámbitos de la construcción, así como técnicos de nivel medio, siendo esto uno de los problemas más críticos a los que se enfrenta hoy en día la industria de la construcción, lo que requiere de una adecuada planeación de los recursos humanos.

5.2.- RECOMENDACIONES

- La aplicación de los aspectos que inciden en los costos de movimientos de tierra deben ser aplicados con mucho criterio por parte del ingeniero, asegurando en mayor medida el correcto desempeño de las excavaciones por encima de los ingresos netos propios de una obra, cuidando por supuesto, que se logre solvencia económica.
- Si se trata sólo de excavación el control topográfico para la cubicación del terreno natural será el aspecto más importante dentro de los trabajos, el cual debe estar controlado siempre ya que de éste dependerá la planilla de pago.
- El sitio de bote del material excavado en lo posible debe ubicarse en lugares bajos para así optimizar el transporte ya que las volquetas cargadas no tendrán que sufrir al ser bajada, mientras que tendrían que subir descargadas lo cual presentara un menor tiempo de transporte.
- Contar con un taller adecuado para la reparación de la maquinaria por que no se puede paralizar la obra por maquinaria dañada.
- Ejecutar los trabajos de una forma organizada cumpliendo con las cláusulas del contrato y previniendo cualquier clase de accidentes que puedan ocurrir dentro de las excavaciones.
- Al trabajar por las noches debe verificarse que no exista ningún problema con el terreno como puede ser ojos de agua de alguna laguna ubicada aguas arriba

ya que podría provocarse un deslizamiento debido a que no se tomó las precauciones del caso.

- Siguiendo este análisis, los aspectos a considerar en diferentes obras van variando en importancia dependiendo de las condiciones que presenta el contrato, ya que muchas veces la empresa portadora de la maquinaria pertenece a los mismos dueños encargados de la obra. Al mismo tiempo, se debe procurar que las condiciones en donde se va a trabajar sean las adecuadas para la maquinaria elegida.
- Finalmente, se puede decir que todas las estimaciones logradas en esta memoria fueron realizadas de acuerdo al supuesto de ser las primeras dentro de un proceso de evaluación, siendo esta la primera de muchas que anteceden la estimación de los costos de los costos finales. Es por este motivo que todos los supuestos acerca de los factores incidentes en los costos de movimientos de tierra pueden variar según el avance de la obra, pudiendo influir de gran manera en los costos iniciales. Así, es deber del ingeniero estimador actualizar sus cálculos de acuerdo a las exigencias o eventualidades surgidas durante las excavaciones, teniendo suficiente criterio como para replantear sus supuestos y no considerarlos como absoluto ya que del mismo saldrá el presupuesto.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1.- DATOS INFORMATIVOS

El proyecto en estudio, se localiza en las provincias de Chimborazo y Tungurahua; al Sur este de Riobamba y al Sur de la ciudad de Ambato; y está enmarcado dentro de las siguientes coordenadas:

Tabla N° 35. Ubicación del proyecto

Localización	Latitud N	Longitud E	Altitud m.s.n.m.
Inicio del Proyecto: Km 00+000 (Carretera Riobamba – Baños, sector de Cahuají)	9833.554	776.042	2348.62
Fin del Proyecto 25+110: (Carretera: Ambato – Baños, sector el Chaupi)	9849.212	776.850	2357.81

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

De manera general el proyecto se desarrolla en sentido oeste-este, sobre un terreno montañoso difícil.

Se establece que el diseño se adecúe a las necesidades del área usuaria de la vía, en base a una serie de datos recopilados en campo. Una vez definido el proyecto bajo todos los parámetros necesarios, y previo a la construcción, se procede a la

determinación de volúmenes de material que serán removidos o reubicados con el fin de ajustar el nivel de sub rasante del terreno al diseño establecido. Este paso se conoce como “Movimiento de Tierras”, y es de vital importancia, pues de su correcta planificación depende la pérdida o ganancia de tiempo y dinero.

Este tipo de trabajos se ejecutan mediante el empleo de excavadoras de muy distintas dimensiones y capacidades de carga y arranque, las cuales depositan las tierras a extraer en vehículos de transporte que trasladan éstas desde el lugar de extracción a su lugar de empleo o vertedero. En función de la dureza del terreno en el que se va a excavar se empleará determinada maquinaria con características de potencia y capacidad de carga, llegando incluso, en el caso de que la dureza del terreno sea considerable, a emplear tractores de cadenas o Bulldozer para su arranque o escarificado.

Figura 16. Foto excavación Vía Cahuaji-Pillate-Cotaló.



Autor: Mauricio Cadena

A partir de una recopilación de información se obtienen rendimientos de trabajos y precios de los que se calcula el coste de la unidad de obra. Estos datos se obtendrán a partir de 22 casos prácticos de distintas excavaciones que se han realizado en el proceso de construcción de la vía una de las cuales se analizará de tal forma que exista el ejemplo de utilización del documento.

6.2.- ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Durante el desarrollo del trabajo del Ingeniero Civil se presenta en la mayoría de las construcciones el movimiento de materiales pétreos más aún cuando existen empresas que construyen carreteras y realizan el movimiento de tierras, en numerosas ocasiones surge, la necesidad de conocer el precio que tiene una excavación a cielo abierto para una determinada obra que se desea ejecutar u ofertar.

Ante esta situación se suelen hacer números usando la experiencia de otros casos parecidos por lo que se hace necesario acceder a información especializada sobre los rendimientos que se van aplicar para cada circunstancia.

En algunos trabajos anteriores sobre el tema, se pueden observar que para el cálculo del coste de la unidad de obra de excavación se aportan datos orientativos.

“Se habla de valores medios de adquisición para la maquinaria, en otros casos se tienen rendimientos en función del tipo de excavación, de la longitud del brazo de la excavadora elegida, y de las circunstancias de operación”. (Caterpillar, edición 31).

Otras publicaciones analizan los ciclos teóricos de recorrido de los vehículos que transporta el material excavado y las velocidades de los mismos, pero, de igual forma, no están avalados con datos certificados.

“También existen publicaciones donde se aportan tiempos de ciclo orientativos y coeficientes de corrección para aplicar al cálculo de los rendimientos, según las condiciones de trabajo y del terreno”. (López Jimeno; 1995).

Sin embargo, a la hora de dar a conocer los rendimientos de los distintos vehículos que intervienen en la operación de excavación, no son tan concretos, sino que emplean largas fórmulas de cálculo.

Por otro lado, las empresas constructoras utilizan herramientas informáticas y programas propios que no son conocidos públicamente. Se tratan de sistemas de cálculo para su uso interno.

Ante esta falta de estudios de rendimientos, de donde se puedan extraer datos experimentales, surgió la idea de realizar este trabajo, con el que se pretende crear

cuadros de rendimientos basados en casos reales sobre los cuales basar la propuesta del coste de una excavación.

Se consideró la necesidad de disponer de una herramienta que facilitará la elección del tipo de excavadora o vehículo de transporte a utilizar.

Es también difícil encontrar una publicación que nos indique en qué basarnos a la hora de seleccionar el equipo con el que se debe afrontar una excavación determinada. Se puede acudir a los manuales de rendimientos de las distintas marcas comerciales, pero no se dispone de datos claros. Habría que realizar un curso para poder interpretar la inmensa cantidad de datos que se presentan.

A la hora de elegir los datos que se necesitan, pueden presentarse numerosas dudas y se precisa tener amplios conocimientos en cuanto a: composición de las distintas partes que consta la excavadora, tipos de casos, tipos de brazos, etc. De manera más directa, se pretenden evitar dudas sobre los datos que se desean conocer con la información recopilada. Se pueden valorar las posibilidades con las que se puede realizar la excavación y elegir la más rentable desde el punto de vista económico o de producción, según convenga.

6.3.- JUSTIFICACIÓN

Toda meta que el Ingeniero Civil a cargo de una excavación va encontrar un cierto grado de dificultad, y uno de los problemas es la falta de documentación respecto a rendimientos de maquinaria pesada se refiere. La finalidad de este documento, es contribuir a la escasa bibliografía existente en cuanto a rendimientos de maquinaria pesada utilizada en la industria del movimiento de tierra, la que debe emplearse para la ejecución específica de una excavación.

Cuando los rendimientos de la maquinaria están documentados, desarrollados e implantados, es posible ejecutarlos confiadamente y llevarlos a cabo, así como medir el rendimiento actual y establecerlos conforme se desarrollan en el campo.

De esta manera cada empresa constructora establecerá de acuerdo a sus necesidades y prioridades el tipo, marca, capacidad, tamaño etc., para un mejor rendimiento y ejecución de los trabajos.

6.4.- OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo general

Crear una herramienta de cálculo documentada mediante la cual se obtenga el costo de la excavación al elegir la maquinaria a emplear y el tipo de excavación.

6.4.2 Objetivos específicos

1. Obtener tablas de rendimientos de acuerdo a la realidad que se presenta en obra.
2. Optimizar la excavación mejorando los tiempos de ciclos y de esta forma reducir los períodos improductivos.
3. Conservar la experiencia práctica, organizando los datos obtenidos para examinarlos.
4. Permitir que los estudiantes y profesionales de la rama de ingeniería civil cuenten con la ayuda necesaria para obtener los rendimientos reales de la maquinaria que se utilizara en obra.

6.5.- ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Las excavaciones tienen distintos tratamientos, en cuanto a costes de ejecución, según el volumen de tierras a excavar. En el caso de excavaciones de pequeñas dimensiones el precio por metro cúbico es más elevado, debido a la importante repercusión que tienen sobre éste los gastos de traslados de la maquinaria a utilizar, el coste del perfilado de taludes y fondo de la excavación, la precisión en el acabado con la consiguiente disminución en los rendimientos, etc. La herramienta de cálculo desarrollada en el presente trabajo, tan sólo es aplicable a las excavaciones de un volumen igual o superior a 10.000 m³.

El problema en movimiento de tierras radica en la falta de planificación *previa ejecución*, de qué equipos utilizar para los trabajos de excavación, relleno y transporte, y el poco conocimiento de las condiciones en que se encuentra el terreno.

Los ingenieros constructores suelen cometer el error de alquilar la maquinaria sin determinar previamente las necesidades de la misma. Por ello, es común ver en una obra que los equipos se encuentren paralizados, sin poder avanzar, lo cual representa pérdida para el contratista. Por ello, el presente trabajo busca establecer claramente el procedimiento idóneo para reducir al máximo los tiempos improductivos y pérdidas de dinero.

6.6.- FUNDAMENTACIÓN

A través de esta sección se desarrolla de manera general los factores más importantes que se deben considerar al estimar costos unitarios y cómo cada uno de estos factores impacta en dichas estimaciones. Así, se explica la incidencia de los tipos de suelo y rocas, la incidencia de los plazos, aspectos ambientales, especificaciones, condiciones climáticas, volúmenes de obra, el monto del presupuesto, además de exponer los factores de riesgo que se deben apreciar y, finalmente, el costo de las consideraciones de seguridad propias de la obra.

6.6.1. Incidencia de los tipos de suelos y rocas

El tipo de suelo y roca es el primer aspecto que se debe considerar cuando se desea estimar los costos dentro de un trabajo de movimientos de material, ya que de sus propiedades mecánicas dependerán principalmente los rendimientos de las maquinarias.

De esta manera, un estudio del tipo de suelo donde se trabajará puede llegar a ser la herramienta más importante en la estimación de rendimientos en la obra, ya que, si el estudio es acabado, las propiedades del suelo se verán reflejadas de una manera ajustada en los rendimientos de las maquinarias a utilizar.

En lo que se refiere a la incidencia del tipo de suelo en movimientos de tierra, dependiendo de la compacidad y dureza del terreno, el rendimiento de la maquinaria variará, alcanzando altos rendimientos cuando se trabaja con suelos blandos o

sueltos, como es el caso de los suelos no cohesivos; los rendimientos bajan paulatinamente a medida que el terreno aumenta en dureza, alcanzando un bajo desempeño cuando se trabaja con suelos como arcillas secas.

En cuanto a la incidencia del tipo de roca que se requiera mover, la dureza es la propiedad que influirá al rendimiento final ya que no solo depende de la maquinaria, sino que también depende de la cantidad de barrenos necesarios para conseguir el tamaño de roca deseado, además de la cantidad de explosivo que requiera.

En ambos casos, tierra y roca, el transporte también se verá afectado por el tipo de material, debido a que la maquinaria de transporte verá afectados sus procesos de descarga por la calidad del material y su cohesividad en el caso de las tierras o los tamaños que transporta en el caso de la roca.

6.6.2. Incidencia de los plazos

Dependiendo del contrato, los plazos pueden ser determinantes y un factor importante en el desarrollo de un proyecto. Esto se ve reflejado cuando la obra está limitada por un plazo relativamente corto respecto a su magnitud.

Dicho de otro modo, cuando los contratistas requieren que un trabajo se lleve a cabo dentro de un período corto de tiempo, es necesario utilizar una gran cantidad de recursos para lograr este objetivo. Así, en los casos de movimientos de tierra, poner a disposición una gran cantidad de maquinaria implica aumentar la producción y, por lo tanto, lograr terminar en los plazos especificados.

Sin embargo, este aumento en la cantidad de maquinaria involucrada afecta directamente a los costos unitarios si no se hace un balance adecuado de la maquinaria, y en todo caso los gastos generales se verán fuertemente afectados.

Cuando esto ocurre, el costo asociado a los movimientos de tierra se ve aumentado, llegando entre 10 a 20% del costo final por sobre el total, siendo realmente considerable cuando se trabajan con volúmenes grandes.

No obstante, cuando se analiza el costo unitario correctamente, el cambio no es considerable, o sea, la diferencia entre usar una cantidad de maquinaria normal a un número mayor, la programación de los frentes de trabajo es el punto clave.

6.6.3. Incidencia de aspectos ambientales

Uno de los requisitos que se necesita para obtener los permisos ambientales que darán inicio a las excavaciones, es el estudio de impacto ambiental de la obra. Este informe debe señalar en qué forma, positiva y negativa, afectará la construcción dentro del sector físico destinado para este fin.

Luego es imprescindible, una vez obtenido los permisos, cumplir con toda la normativa establecida por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, y así dañar lo menos posible la calidad del aire, calidad acústica, flora y fauna, geomorfología, hidrología, etc., para que obra y sociedad puedan compatibilizar de mejor manera.

Es por ello que el aspecto ambiental incide en los costos de una obra a medida que se desarrollen buenas prácticas dentro de ella. Es decir, que se invierta en capacitación de obreros, compra o arriendo de maquinaria más avanzada y hasta más silenciosa que la antigua, efectuar controles sobre los equipos y excavaciones fuertemente contaminantes, realizar constante mantenimiento a la maquinaria con el fin de que no emitan gases o ruidos contaminantes al medio, reforestación cuando se afectan bosques, entre otros.

Otro tipo de inversión, en caso de encontrarse el lugar de construcción dentro de una ciudad o zona poblada, es implementar equipos más sofisticados que complementen las buenas prácticas descritas anteriormente, como: barreras acústicas, cápsulas y túneles para equipos y herramientas de alta emisión.

En el caso del análisis de la influencia del aspecto ambiental en obras de movimiento de tierra o roca, adicionado a los aspectos a cuidar antes descritos, es importante poseer un lugar de botadero para el material que se obtendrá de dichos movimientos, que cumpla con todas las especificaciones ambientales existentes al respecto y así no afecte negativamente al lugar en donde se ubicará.

Generalmente, las prescripciones ambientales establecen varios requisitos sobre la ubicación de los botaderos y la forma de disponerlos, lo que naturalmente puede ser incidente en los costos, ya que será necesario ocupar horas-máquinas adicionales a las previstas.

En consecuencia, la influencia del aspecto ambiental puede o no aumentar significativamente el costo de una obra, dependiendo si los aspectos anteriores fueron o no considerados en el estudio del proyecto.

6.6.4. Incidencia de las especificaciones

Las especificaciones técnicas influirán en una mayor o menor cantidad al costo unitario del movimiento de tierra o roca, dependiendo del nivel de exigencia aplicado a los requisitos que allí se soliciten.

En el caso del movimiento de tierra, si se especifica que la zona excavada debe quedar con un determinado talud, además de su protección con vegetación de forma tal que no ocurran erosiones ni deslizamientos de tierra, o en el caso que el botadero deba quedar compactado, nivelado, etc., el costo del precio unitario aumentará de manera importante.

En caso de que el lugar en donde se esté trabajando no sea necesario dejar taludes especificados o protecciones ya que es un terreno que solo servirá, por ejemplo, para la extracción de material, el costo unitario no se vería mayormente afectado por este factor.

Por otra parte, en el caso de movimientos de roca, el costo unitario se verá afectado según el producto rocoso que se quiera extraer, esto debido a que del producto requerido será el tipo y cantidad de explosivo que se deba emplear.

De ahí que se sufrirá un alza del costo unitario si el producto final solicitado es muy específico, o una caída del mismo, si sólo se necesita extraer el material para despejar el lugar.

Además, tanto para el movimiento de tierra como para el de roca, podría limitarse el uso de maquinaria a aquellas que cumplan con características tales como el año de fabricación, equipamiento avanzado, entre otras, lo que afectará aumentando el costo unitario de estos movimientos.

En síntesis, las especificaciones técnicas afectarán el costo unitario del movimiento de tierra o roca, dependiendo de los medios solicitados para desarrollar los trabajos y el producto final que se quiera obtener en cada uno de los casos.

Finalmente, otro aspecto importante es la forma de medición para pago de los movimientos efectuados:

- Si se trata de excavar para llevar a terraplén o relleno, también para terraplenes o enrocados, lo normal es pagar la cubicación geométrica de los rellenos compactados según perfiles del proyecto, por lo que el control de densidades en banco, sueltas y compactadas es clave para la excavación, transporte y compactación
- Si se trata sólo de excavación, el control topográfico para la cubicación del terreno natural será el aspecto más importante

6.6.5. Incidencia de condiciones climáticas

En el desarrollo de una obra y dependiendo de la duración de ésta, el factor climático es de gran importancia, debido a que puede afectar los plazos estimados de las

partidas o cambiar las propiedades del suelo con el que se trabajará, entendiendo que se habla de zonas con clima variado.

Así, el caso más sencillo de analizar es cuando la duración de los trabajos es relativamente corta. En este caso se debe considerar que el comienzo de las faenas no sea en momentos críticos respecto al posible estado climático, es decir, se debiera tomar en cuenta un inicio que coincida con períodos no lluviosos o de bajas temperaturas.

Sin embargo, hay que señalar que el inicio de un contrato es definido por los mandantes, de modo que el constructor deberá hacer debida consideración de los casos mencionados debido a que su plazo efectivo no será menor al plazo contractual.

El segundo caso corresponde a una obra de larga duración, donde no se puedan evitar condiciones climáticas desfavorables para el desarrollo de los trabajos y partidas relacionadas con el movimiento de tierra y roca.

En estos casos y dependiendo del lugar geográfico donde se realizará la obra, la estimación de períodos lluviosos o desfavorables se hace mediante un estudio estadístico de este tipo de eventos, considerando un margen de error desfavorable para el estimador.

De esta forma, se está considerando el tiempo no trabajado, el que debe reflejarse en los costos unitarios de manera de no tener pérdidas por este factor. Un período largo permite hacer ajustes más certeros.

Un tercer caso corresponde a la influencia de los factores climáticos sobre las propiedades físicas de los suelos. Este caso es el más difícil de modelar para incluirlo dentro de los costos, ya que los rendimientos en un material alterado pueden tener altas variaciones respecto al material en estado normal, según lo considerado en los estudios y estimaciones. Sin embargo, ensayos de suelo pueden ser muy útiles para

estos efectos, logrando muchas veces acercarse a un rendimiento estimado cercano al rendimiento real conocido en terreno.

Tomando en cuenta estos tres casos, la incidencia del clima no debería presentar un mayor problema a la hora de considerar rendimientos y evaluar producción dentro de una obra con movimientos de tierra y roca. La experiencia acumulada de las empresas constructoras en casos similares es de gran utilidad, considerando que los rendimientos reales solo se determinan al final de la excavación.

6.6.6. Incidencia de los volúmenes de obra

Dependiendo de los volúmenes que se desee mover, los costos unitarios se verán afectados, ya sea en los costos de excavación como en los costos de transporte.

En efecto, cuando los volúmenes que se desea mover no son considerables, los costos se verán aumentados debido a que se debe usar una cantidad de maquinaria cuyo costo será alto en comparación al tiempo total en que se usará.

En caso contrario, al tener altos volúmenes de terreno a mover los costos se hacen menores, pese a tener que usar una mayor cantidad de maquinaria. Esto se explica como el efecto de usar una cantidad de maquinaria que pareciera no ser excesiva cuando se compara con los volúmenes totales.

Dicho en otras palabras, cuando los volúmenes son bajos, la cantidad de maquinaria usada pareciera ser alta, poco adecuada y los costos altos; con volúmenes grandes, la cantidad de maquinaria pareciera ser la apropiada y los costos, bajos y ajustados. En resumen, cuando los volúmenes son menores, los costos tienden a subir; cuando son mayores, tienden a disminuir.

6.6.7. Incidencia del monto del presupuesto

Cuando se analizan trabajos de movimientos de tierra y roca, por lo general se elige el sistema de maquinaria cuyo rendimiento sea mejor. Sin embargo, cuando el presupuesto es limitado se debe considerar el sistema que sea más económico.

Debido a lo anterior, es que el presupuesto puede llegar a ser importante en la determinación de costos, ya que, en caso de ser una limitante dentro de los movimientos de tierra y roca, puede afectar en forma negativa el rendimiento y la producción en estas excavaciones. En caso contrario, al ser el presupuesto un factor favorable, puede elegirse un sistema que entregue mejores rendimientos y producciones.

En resumen, el presupuesto en una obra afecta principalmente a la duración de esta de manera indirecta; en otras palabras, cuando existe un mayor presupuesto, es posible el uso de un sistema más eficiente, lo que significa además un mayor gasto; sin embargo, al usar un sistema más eficiente los plazos se reducen, lo que puede significar a largo plazo una ganancia en el tiempo de la obra, lo que implica menor tiempo de uso de maquinarias y, por lo tanto, menores costos en este ítem.

6.6.8. Factores de riesgo seguridad industrial

Se debe considerar el riesgo que existe el haber hecho estimaciones que están sujetas a cambios que escapan al criterio y a las predicciones del ingeniero a cargo. Este factor es uno de los más difíciles de aplicar, ya que depende mucho de la experiencia y el riesgo que está dispuesto a asumir el estimador.

Debe señalarse que los riesgos son evaluables, sin embargo, aplicar la teoría de riesgos resultaría demasiado extenso para los propósitos del presente trabajo.

6.6.9. Consideraciones sobre la seguridad

Este ítem dentro de los costos no tiene gran relevancia, ya que no precisa de un análisis complejo. Sin embargo, en la ejecución de la obra surge su importancia, a que de esto depende el bienestar dentro de ésta. Normalmente son cargados a los gastos generales de la excavación.

El cálculo se basará en analizar todas las medidas y consideraciones sobre seguridad que, tanto el cliente como la normativa, requieran, y evaluar los costos que tendrá durante los trabajos de movimientos de tierra y roca. Así, se debe estudiar el costo que tiene la seguridad dentro de la obra y luego deben incluirse en los costos unitarios finales.

6.7 METODOLOGÍA

El proceso que se ha seguido hasta llegar a conseguir cuadros de rendimientos para la distinta maquinaria que intervienen en la operación de desmonte, las mismas que presentan distintas etapas:

- 1.** Elección de casos prácticos, es decir, de los trabajos realizados sobre los que se tienen datos en obra. Estos se seleccionan mediante el análisis de un número determinado de obras de los que se ha podido conseguir información, de donde se seleccionan determinados excavaciones sobre los que se tienen datos claros y concretos, para disponer de un abanico suficiente de circunstancias de excavación.
- 2.** Elaboración de cuadrantes mensuales de coste y rendimiento por desmonte a controlar en cada obra. En ellos se refleja diariamente las horas empleadas de cada vehículo y la producción, en m³ sobre banco (m³b) que se realiza, así como a la distancia a la que se transportan los materiales excavados.

3. Elaboración de las fichas que incluyen los resúmenes mensuales de cada caso estudiado, obteniendo la producción y el rendimiento de excavación por excavadora y mes, la producción y el rendimiento de transporte y la distancia a la que se transporta por vehículo y mes, así como los precios horarios de cada vehículo para esa obra.

4. Cuadros de resúmenes de las distintas fichas, en los que se relacionan todos los datos necesarios para la elaboración de los definitivos cuadrantes de rendimientos y precios. Estos resúmenes se han dividido en dos apartados: separados por un lado las excavaciones y por otro el transporte.

Ejemplo de aplicación para obtener las horas de trabajo realizadas por la maquinaria.

Tabla N° 36. Cuadrante correspondiente a las horas de trabajo.

EXCAVACIÓN	DÍAS DE OCTUBRE 2008					DÍAS DE NOVIEMBRE DE 2008															HORAS	PRECIO POR HORA	TOTAL		
	21	22	23	27	28	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	17	18	19	20				21	
RETRO-EXCAV. VOLVO EC-360	H	9	12	12	10	5	8	11	11	12	11		3	11	11	11	8	10	11	11	11	10	198	80	15840,00
RETRO-EXCAV. LIEBHERR 934	H	8	12	12	10	5	7	11	11	11	11		10	11	11	10	8	10	11	11	11	10	201	80	16080,00
TRANSPORTE	H							12	11	22	22		20	11	11	10							119	42	4998,00
VOLQUETE MACK (MULA)	H	9	12	12	20	15	16	22	22	22	22		4	22	11	22	16	20	22	22	22	20	353	39	13767,00
VOLQUETE MACK (MULA)	H	15	12	12	7	4	15	13	16	11	11		11	11	12	10	15	12	8	3	13	16	227	36	8172,00
Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)																							Σ=	58857,00	

El tiempo de demora total de funcionamiento de la maquinaria, son todas las operaciones necesarias para realizar el trabajo correspondiente, por una vez, por ejemplo, en el caso de la moto traílla: excavación, carga, acarreo, descarga y retorno al lugar original. Entonces, el ciclo es el tiempo invertido por la máquina en realizar todas estas operaciones completas cada vez.

Tabla N° 37 Tabulación de datos de la propuesta.

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	
OBRA:	
EMPRESA CONSTRUCTORA:	
AÑO:	
UNIDAD DE OBRA:	
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	
TIPO DE EXCAVACIÓN:	
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	
TIPO DE TRANSPORTE:	

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 38 Excavadora volvo ec-360

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	364,00	48.300,00	132,69		
sep-08	667,00	91.115,00	136,60		
oct-08	354,00	44.340,00	125,25		
nov-08	399,00	51.574,00	129,26		
dic-08	62,00	8.460,00	136,45		
TOTAL	1.846,00	243.789,00	132,06	80,00 \$	0,61 \$

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Rendimientos de transporte

Tabla N° 39 c/ centauro 4 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08					
sep-08	322,00	12.188,00	1,70		
oct-08	306,00	8.943,00	3,05		
nov-08	353,00	9.196,00	3,50		
TOTAL	981,00	30.327,00	30,91	39,00 \$	1,26 \$

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 40 Tipos de Excavación

N* FICHA	TIPO DE EXCAVACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	MAQUINA	POT TM	POTENCIA [hp]	M3/H MAX	PRECIO (\$/H)	AÑO
1	EXCAVACIÓN EN ROCA	CALIZAS	EXCAVADORA GURIA 545	45		111,9	60,00	1998/1999
2	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILLO LIMOSO	EXCAVADORA CAT 330 B	35,28	243	218,49	60,00	1999
3	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO	ARCILLO ARENOSO	BULLDOZER CAT D/9H EXCAVADORA CAT 330 ME	48,7	410	152,25	66,00	1999
	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO			35,28	243	127,35	60,00	
4	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO	CONGLOMERADO ARCILLOSO	BULLDOZER CAT D/9H EXCAVADORA GURIA 516	48,7	410	154,8	66,00	1999
	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO			17,35	134	58	36,00	
5	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILLO ARENOSO	EXCAVADORA CAT 330 B	35,28	243	134,99	60,00	1999
6	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARENO GRAVOSO	EXCAVADORA CAT 345	46,2	321	156	90,00	2000
7	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILLO LIMOSO	EXCAVADORA CAT 330	35,28	243	201,03	60,00	2000/2001
8	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILLAS	EXCAVADORA VOLVO 460	46,6	316	228,01	90,00	2001
9	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILLAS CON ROCAS SUELTAS	EXCAVADORA CAT 345	46,2	321	284,15	90,00	2002
10	EXCAVACIÓN EN ROCA	CALIZAS	EXCAVADORA CAT 345	46,2	321	151,53	90,00	2002
11	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILLAS CON ROCAS SUELTAS	EXCAVADORA CAT 330	35,28	243	173,19	78,00	2002
12	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILLAS	EXCAVADORA CAT 318	18,85	149	101,28	45,00	2003
13	EXCAVACIÓN EN ROCA	MARGAS DURAS	EXCAVADORA VOLVO EC-460	46,6	316	127,34	90,00	2005/2006
14	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO	CONGLOMERADO DE GRAVAS Y ARENISCAS	BULLDOZER CAT D/9H	48,7	410	152,84	78,00	2005/2006
	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO		EXCAVADORA VOLVO 210	22,3	143	122,79	54,00	
	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO		EXCAVADORA VOLVO 240	26,1	168	133,43	63,00	
	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO		EXCAVADORA CAT 330	35,28	243	159,11	78,00	
15	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILLO LIMOSO	EXCAVADORA CAT 318	18,85	149	82,03	48,00	2004
16	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO	CONGLOMERADO DE GRAVAS	BULLDOZER CAT D/9H	48,7	410	159,12	75,00	2004
	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO		EXCAVADORA VOLVO EC-360	39,2	247	162,47	78,00	
17	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	MARGAS	EXCAVADORA VOLVO EC-360	39,2	247	2643	80,00	2008
	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO		EXCAVADORA VOLVO EC-290	30	192	187,26	72,00	
	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO		EXCAVADORA CAT 318	18,85	149	113,09	49,00	
18	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO	CONGLOMERADO DE GRAVAS	EXCAVADORA DAEWOO 340	34,1	248	151,91	80,00	2008
	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO		EXCAVADORA VOLVO EC-210	22,3	143	88,7	53,00	

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

N* FICHA	TIPO DE EXCAVACIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	MAQUINA	POT™	POTENCIA (hp)	M3/H MAX	PRECIO (\$/H)	AÑO
19	EXCAVACIÓN EN ROCA	CALIZAS	EXCAVADORA VOLVO EC-360	39,2	247	136,6	80,00	2008
20	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARCILO GRAVOSO	EXCAVADORA CAT 365 C	68,67	411	392,09	130,00	2009
	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO		EXCAVADORA CAT 345 C	49,8	345	302,79	100,00	
	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO		EXCAVADORA VOLVO EC 290	30	192	144,64	75,00	
21	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO	ARENO GRAVOSO	EXCAVADORA CAT 345 C	49,8	345	286,42	100,00	2010
22	EXCAVACIÓN EN ROCA	MARGAS DURAS	EXCAVADORA CAT 345 C	49,8	345	210,5	100,00	2008/2009
	EXCAVACIÓN EN ROCA		EXCAVADORA VOLVO EC-460	46,6	316	169,6	90,00	
	EXCAVACIÓN EN ROCA		EXCAVADORA CAT 345 B	46,2	321	184,85	90,00	
	EXCAVACIÓN EN ROCA		EXCAVADORA CAT 330	35,28	243	135,59	78,00	
	EXCAVACIÓN EN ROCA		EXCAVADORA VOLVO EC-290	30	192	108,8	72,00	

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

En el cuadro resumen relativo al transporte, que puede verse se recogen en columnas los siguientes datos:

- El número de ficha
- Año que se realizó el trabajo
- El tipo de transporte
- El tipo de vehículo.
- La distancia de transporte el precio de cada vehículo
- El rendimiento medio por vehículo en m3b/h y en m3b/viaje.
- El tiempo de carga, en función de la excavadora que ha cargado ese camión (en algunos casos la carga ha sido efectuada por excavadoras de distintas características a la vez, por lo que no ha sido posible conocer este dato).
- El tiempo de maniobra, el tiempo de ida y vuelta (T i+v) por diferencia para entrar a cargar y en la descarga (se ha podido comprobar en numerosas ocasiones que son de 1,5 minutos para camiones bañera en ambos casos y de 1 minuto)

Tabla N° 41 Transporte de excavación.

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	AÑO	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
1	EXTRAVIAL	1998/1999	CENTAURO 3 EJES	2,67	25,20	14,25	7,00	29,47	3,75	1,00	1,00	23,72	13,51
	EXTRAVIAL		BAÑERA	3,03	30,00	16,68	9,00	32,37	4,83	1,50	1,50	24,54	14,82
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	2,99	51,00	31,01	15,00	29,02	8,04	1,00	1,00	18,98	18,90
2	EXTRAVIAL	1999	CENTAURO 3 EJES	1,00	25,20	35,54	10,00	16,88	2,75	1,00	1,00	12,13	9,89
	EXTRAVIAL		BAÑERA	1,00	30,00	48,55	14,00	17,30	3,84	1,50	1,50	10,46	11,47
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,00	51,00	82,10	18,00	13,15	4,94	1,00	1,00	6,21	19,32
3	EXTRAVIAL	1999	CENTAURO 3 EJES	1,00	25,20	29,52	10,00	20,33	4,71	1,00	1,00	13,62	8,81
	EXTRAVIAL		BAÑERA	1,00	30,00	38,82	14,00	21,64	6,60	1,50	1,50	12,04	9,97
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,00	51,00	53,26	18,00	20,28	8,48	1,00	1,00	9,80	12,24
4	VIAL	1999	CENTAURO 3 EJES	3,00	25,20	14,90	8,00	32,21	8,28	1,00	1,00	21,93	16,42
	VIAL		BAÑERA	3,00	30,00	19,66	11,00	33,57	11,38	1,50	1,50	19,19	18,76
5	EXTRAVIAL	1999	CENTAURO 3 EJES	1,00	25,20	35,43	10,00	16,93	4,44	1,00	1,00	10,49	11,44
	EXTRAVIAL		BAÑERA	1,00	30,00	39,44	14,00	21,30	6,22	1,50	1,50	12,08	9,93
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,00	51,00	87,24	18,00	12,38	8,00	1,00	1,00	2,38	50,42
6	VIAL	2000	CENTAURO 3 EJES	6,06	26,40	17,84	9,00	30,27	3,46	1,00	1,00	24,81	29,31
	VIAL		BAÑERA	5,78	34,20	21,52	13,00	36,25	5,00	1,50	1,50	28,25	24,55
7	EXTRAVIAL	2000/2001	CENTAURO 3 EJES	1,02	26,40	44,04	10,00	13,62	2,98	1,00	1,00	8,64	14,17
	EXTRAVIAL		BAÑERA	1,46	34,20	46,98	14,00	17,88	4,18	1,50	1,50	10,70	16,37
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,06	54,00	102,24	18,00	10,56	5,37	1,00	1,00	3,19	39,87
8	EXTRAVIAL	2001	CENTAURO 3 EJES	1,00	27,00	57,00	11,00	11,58	2,89	1,00	1,00	6,69	17,94
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,00	60,00	102,71	19,00	11,10	5,00	1,00	1,00	4,10	29,27
9	EXTRAVIAL	2002	CENTAURO 3 EJES	1,00	30,00	47,03	10,00	12,76	2,11	1,00	1,00	8,65	13,87
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,00	66,00	99,73	18,00	10,83	3,80	1,00	1,00	5,03	23,86
10	EXTRAVIAL	2002	CENTAURO 3 EJES	1,00	30,00	33,77	7,00	12,44	2,77	1,00	1,00	7,67	15,65
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,00	66,00	67,74	15,00	13,29	5,94	1,00	1,00	5,35	22,43
11	EXTRAVIAL	2002	CENTAURO 3 EJES	2,00	30,00	30,66	10,00	19,57	3,46	1,00	1,00	14,11	17,01
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	2,00	66,00	55,29	18,00	19,53	6,24	1,00	1,00	11,29	21,26

Nº FICHA	TIPO DE TRANS.	AÑO	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
12	VIAL	2003	CENTAURO 3 EJES	2,49	27,05	27,82	9,00	19,41	5,33	1,00	1,00	12,08	24,74
	VIAL		BAÑERA	3,44	33,06	27,66	13,00	28,20	7,70	1,50	1,50	17,50	23,59
13	VIAL	2005/2006	BAÑERA	8,00	36,00	13,77	10,38	45,23	4,89	1,50	1,50	37,34	25,71
14	EXTRAVIAL	2005/2006	BAÑERA	4,10	36,00	21,87	13,00	35,67				35,67	
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	6,35	72,00	33,14	17,00	30,78				30,78	
15	EXTRAVIAL	2004	CENTAURO 3 EJES	1,00	30,00	36,58	11,00	18,04	8,05	1,00	1,00	7,99	15,02
	EXTRAVIAL		BAÑERA	1,00	36,00	42,16	16,00	22,77	11,70	1,50	1,50	8,07	14,87
16	EXTRAVIAL	2004	CENTAURO 3 EJES	4,60	30,00	18,14	10,00	33,08	3,69	1,00	1,00	27,39	20,15
	EXTRAVIAL		BAÑERA	4,60	36,00	20,63	13,00	37,81	4,80	1,50	1,50	30,01	18,39
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	4,60	72,00	30,02	17,00	33,98	6,28	1,00	1,00	25,70	21,48
17	EXTRAVIAL	2008	CENTAURO 3 EJES	1,00	34,00	37,57	10,00	15,97				15,97	
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,00	75,00	121,86	18,00	8,86				8,86	
18	VIAL	2008	CENTAURO 3 EJES	8,00	36,00	15,58	8,00	30,81				30,81	
	VIAL		BAÑERA	8,00	42,00	20,06	11,00	32,90				32,90	
19	EXTRAVIAL	2008	CENTAURO 3 EJES	2,45	36,00	26,37	9,00	20,48	3,95	1,00	1,00	14,53	20,23
	EXTRAVIAL		CENTAURO 3 EJES	2,64	39,00	30,91	11,00	21,35	4,83	1,00	1,00	14,52	21,82
	EXTRAVIAL		BAÑERA	1,91	42,00	31,79	12,00	22,65	5,27	1,50	1,50	14,38	15,94
20	EXTRAVIAL	2009	CENTAURO 3 EJES	2,10	33,00	28,28	9,00	19,09				19,09	
	EXTRAVIAL		BAÑERA	2,20	40,00	34,51	13,00	22,60				22,60	
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,58	72,00	66,63	17,00	15,31				15,31	
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,60	81,00	75,09	19,00	15,18				15,18	
21	EXTRAVIAL	2010	DUMPER 35 TON	1,00	81,00	75,09	19,00	15,18	3,98	1,00	1,00	9,20	13,00
22	VIAL	2008/2009	CENTAURO 3 EJES	5,03	33,00	19,17	7,00	21,91				21,91	
	VIAL		BAÑERA	4,39	40,00	24,91	10,00	24,09				24,09	
	EXTRAVIAL		DUMPER 35 TON	1,00	72,00	62,92	15,00	14,30				14,30	

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

a) Obtención de los cuadros de rendimientos (de volumen en banco), de las distintas maquinarias utilizadas. A partir de los cuadros de resúmenes anteriores se obtiene:

- ✓ Los precios de la voladura, promedios de las distintas ofertas recibidas por empresas dedicadas a los trabajos de perforación y voladura en las distintas obras de las cuales se tiene datos. Se toma como referencia válida actual para este precio, el valor medio de transporte de los costes de voladuras del año (2013). El valor es de 6,10 \$/m³b, que se tomó como referencia, cabe señalar que no se hace un análisis más detallado en este apartado debido al sin número de posibilidades que se pueden hallar al momento de excavar y se tomó en lo posible de que el valor obtenido sea lo más cercano a la realidad.

6.7.1 Perforación y voladura

- ✓ Cuadro de rendimientos y precio de la maquinaria de arranque o escarificado. En nuestro caso se ha extraído el rendimiento medio de todos los casos estudiados. Para el tractor CAT D/9H el promedio de todos los rendimientos es de 126,35 m³b/h. El precio que se aplica es el de 2010, cuyo valor es de 78,00 \$/h. En el caso del Tractor D/10 T se ha estimado un rendimiento de 175 m³b/h y un precio de 130 \$/h, valores procedentes de unos datos obtenidos en distintas excavaciones en la obra de construcción de la Autovía A-33 en Jumilla, realizadas a primeros de año en terrenos de tránsito compuesto por conglomerados granulares cementados.

6.7.2 Arranque o escarificado

Tabla N° 42. Cuadro de rendimientos de arranque o escarificado.

VEHÍCULO	(M3b/H)	PRECIO(\$)
	RENDIMIENTO	
TRACTOR D/9H 410 HP	126,35	78,00
TRACTOR D/10T 580 HP	175,00	130,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

- ✓ Cuadro de rendimientos y precios de las excavadoras y otros equipos utilizados en estos procesos. (Tabla N°35). Obtenido a partir de la máxima producción mensual de todas las obtenidas en los casos estudiados. Se parte de la máxima producción porque se trata de un dato mensual, con lo que al escoger el máximo en un mes, se entiende que ha habido una corrección de los posibles picos de rendimientos que se hubieran producido. De esta forma, se han conseguido para cada tipo de excavadora, y en cada tipo de terreno, el máximo rendimiento en m3b/h, obtenido en los casos estudiados y el precio vigente para las excavadoras de las distintas categorías en el año 2010. Para excavaciones en tipo de terreno roca, no se considera rentable el uso de excavadoras de 25 ton, o menos.

6.7.3 Excavación

Tabla N° 43. Cuadro de rendimientos y precios de las excavadoras.

TIPO DE EXCAVADORA	RENDIMIENTO (M3b/H)			PRECIO (\$)
	TERRENO COMPACTO	TERRENO SUELTO	ROCA	
EXCAVADORA 320C	113,09	58,00	--	49,00
EXCAVADORA 322 B L	153,49	122,79	--	53,00
EXCAVADORA 330B L	187,26	133,43	108,80	72,00
EXCAVADORA 330B L	218,49	159,11	135,59	78,00
EXCAVADORA 345B	264,28	162,47	136,60	80,00
EXCAVADORA 345B L – FIX	284,15	198,91	184,85	90,00
EXCAVADORA 345B L – VG	302,79	242,23	210,50	100,00
EXCAVADORA 375	392,09	294,07	273,48	130,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 44. Cuadro de costos de maquinaria utilizada en excavaciones.

Maquinaria	Características	RENDIMIENTO m3b/hrs.	Costo Horario \$
Cargadora Frontal	Cat 950 con capacidad de 3,5 m3	93,00	50,00
Camión Tolva	Diésel de 15 m3	49,70	28,00
Motoniveladora	Cat 140M	120,00	45,00
Rodillo Compactador	10 ton	180,89	20,00
Camión Cisterna	5000 lt	85,00	3000/mes

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

- ✓ Cuadro de cargas, velocidades y precios de los distintos vehículos de transporte. Para la obtención de estos, partimos de los cuadros resumen de las fichas de los casos estudiados. Así, conseguimos la carga de los distintos vehículos en m3b/h según sea transporte vial o extravial (fuera de carreteras) y en función del tipo de terreno que sea el que se carga. Extraemos el promedio de las velocidades, del cuadro resumen de transporte para cada tipo de camión y para cada tipo de transporte.

6.7.4 Transporte

Tabla N° 45. Cuadro de cargas, velocidades y precios de los medios de transporte.

TIPO DE VEHÍCULO		(M3b/viaje)				V (KM/H)	PRECIO \$
		TERRENO ARENOSO	TERRENO ARCILLOSO	TERRENO GRAVOSO	TERRENO ROCOSO		
CAMIÓN CENTURIÓN 16 TM	EXTRAVIAL	11,00	10,00	10,00	7,00	15,20	33,00
	VIAL	9,00	8,00	8,00	7,00	23,49	33,00
CAMIÓN BAÑERA 22 TM	EXTRAVIAL	16,00	14,00	13,00	10,00	13,97	40,00
	VIAL	13,00	12,00	11,00	10,00	23,15	40,00
CAMIÓN DUMPER 35 TM	EXTRAVIAL	19,00	18,00	17,00	15,00	25,91	72,00
CAMIÓN DUMPER 40 TM	EXTRAVIAL	22,00	21,00	19,00	17,00	25,91	81,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Herramienta de cálculo.

Distancia de transporte para centauro

Tabla N° 46 Distancia de Transporte

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIA JE	T (MIN/V)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
2	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,00	25,20	35,54	10,00	16,88	2,75	1,00	1,00	12,13	9,89
3	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,00	25,20	29,52	10,00	20,33	4,71	1,00	1,00	13,62	8,81

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIA JE	T (MIN/V)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
5	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,00	25,20	35,43	10,00	16,93	4,44	1,00	1,00	10,49	11,44
7	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,02	26,40	44,04	10,00	13,62	2,98	1,00	1,00	8,64	14,17
8	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,00	27,00	57,00	11,00	11,58	2,89	1,00	1,00	6,69	17,94
9	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,00	30,00	47,03	10,00	12,76	2,11	1,00	1,00	8,65	13,87
10	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,00	30,00	33,77	7,00	12,44	2,77	1,00	1,00	7,67	15,65
11	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	2,00	30,00	30,66	10,00	19,57	3,46	1,00	1,00	14,11	17,01
15	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,00	30,00	36,58	11,00	18,04	8,05	1,00	1,00	7,99	15,02
17	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	1,00	34,00	37,57	10,00	15,97					
Σ=				249,00	349,57	--	142,15	34,16	9,00	9,00	89,99	123,80
Prom=				28,00	39,00	--	15,79	3,80	1,00	1,00	10,00	13,76

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 47.- Distancia de transporte entre (2-3) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIA J	T (MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
1	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	2,67	25,20	14,25	7,00	29,47	3,75	1,00	1,00	23,72	13,51
4	VIAL	CENTAURO 3 EJES	3,00	25,20	14,90	8,00	32,21	8,28	1,00	1,00	21,93	16,42
12	VIAL	CENTAURO 3 EJES	2,49	27,05	27,82	9,00	19,41	5,33	1,00	1,00	12,08	24,74
19	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	2,45	36,00	26,37	9,00	20,48	3,95	1,00	1,00	14,53	20,23
	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	2,64	39,00	30,91	11,00	21,35	4,83	1,00	1,00	14,52	21,82
20	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	2,10	33,00	28,28	9,00	19,09				19,09	
Sumatoria:				152,45	114,25		122,92	26,14	5,00	5,00	86,78	76,49
Promedio=				30,00	23,00		25,00	5,00	1,00	1,00	17,00	15,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 48.- Distancia de transporte entre (4-5) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJ E	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
16	EXTRAVIAL	CENTAURO 3 EJES	4,60	30,00	18,14	10,00	33,08	3,69	1,00	1,00	27,39	20,15

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 49.- Distancia de transporte entre (6-7) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
6	VIAL	CENTAURO 3 EJES	6,06	26,40	17,84	9,00	30,27	3,46	1,00	1,00	24,81	29,31

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Distancia de transporte Bañera

Tabla N° 50.- Distancia de transporte entre (1-2) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE E	T-MIN/VJ	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V-KM/H
	EXTRAVIAL	BAÑERA	1,00	30,00	48,55	14,00	17,30	3,84	1,50	1,50	10,46	11,47
	EXTRAVIAL	BAÑERA	1,00	30,00	38,82	14,00	21,64	6,60	1,50	1,50	12,04	9,97
	EXTRAVIAL	BAÑERA	1,00	30,00	39,44	14,00	21,30	6,22	1,50	1,50	12,08	9,93
	EXTRAVIAL	BAÑERA	1,46	34,20	46,98	14,00	17,88	4,18	1,50	1,50	10,70	16,37
	EXTRAVIAL	BAÑERA	1,00	36,00	42,16	16,00	22,77	11,70	1,50	1,50	8,07	14,87
	EXTRAVIAL	BAÑERA	1,91	42,00	31,79	12,00	22,65	5,27	1,50	1,50	14,38	15,94
		$\Sigma=$		202,20	247,74	84,00	123,54	37,81	9,00	9,00	67,73	78,55
		Prom =		34,00	41,00	14,00	21,00	6,00	2,00	2,00	11,00	13,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 51.- Distancia de transporte entre (3-4) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
	EXTRAVIAL	BAÑERA	3,03	30,00	16,68	9,00	32,37	4,83	1,50	1,50	24,54	14,82
	VIAL	BAÑERA	3,00	30,00	19,66	11,00	33,57	11,38	1,50	1,50	19,19	18,76
	VIAL	BAÑERA	3,44	33,06	27,66	13,00	28,20	7,70	1,50	1,50	17,50	23,59
			Σ=	93,06	64,00	33,00	94,14	23,91	4,50	4,50	61,23	57,17
			Prom=	31,00	21,00	11,00	31,00	8,00	2,00	2,00	20,00	19,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 52.- Distancia de transporte entre (4-5) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
14	EXTRAVIAL	BAÑERA	4,10	36,00	21,87	13,00	35,67				35,67	
	EXTRAVIAL	BAÑERA	4,60	36,00	20,63	13,00	37,81	4,80	1,50	1,50	30,01	18,39
	VIAL	BAÑERA	4,39	40,00	24,91	10,00	24,09				24,09	
			Sumatoria:	112,00	67,41	36,00	97,57	4,80	1,50	1,50	89,77	18,39
			Promedio=	37,00	22,00	12,00	33,00	2,00	1,00	1,00	30,00	6,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 53.- Distancia de transporte entre (5-6) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
	VIAL	BAÑERA	5,78	34,20	21,52	13,00	36,25	5,00	1,50	1,50	28,25	24,55

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 54.- Distancia de transporte entre (7-8) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
13	VIAL	BAÑERA	8,00	36,00	13,77	10,38	45,23	4,89	1,50	1,50	37,34	25,71
	VIAL	BAÑERA	8,00	42,00	20,06	11,00	32,90				32,90	

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Distancia de transporte DUMPER 35 Ton.

Tabla N° 55.-Distancia de transporte entre (1-2) Km

TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	51,00	82,10	18,00	13,15	4,94	1,00	1,00	6,21	19,32
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	51,00	53,26	18,00	20,28	8,48	1,00	1,00	9,80	12,24
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	51,00	87,24	18,00	12,38	8,00	1,00	1,00	2,38	50,42
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,06	54,00	102,24	18,00	10,56	5,37	1,00	1,00	3,19	39,87

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	60,00	102,71	19,00	11,10	5,00	1,00	1,00	4,10	29,27
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	66,00	99,73	18,00	10,83	3,80	1,00	1,00	5,03	23,86
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	66,00	67,74	15,00	13,29	5,94	1,00	1,00	5,35	22,43
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	2,00	66,00	55,29	18,00	19,53	6,24	1,00	1,00	11,29	21,26
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	75,00	121,86	18,00	8,86				8,86	
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,58	72,00	66,63	17,00	15,31				15,31	
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,60	81,00	75,09	19,00	15,18				15,18	
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	81,00	75,09	19,00	15,18	3,98	1,00	1,00	9,20	13,00
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	1,00	72,00	62,92	15,00	14,30				14,30	
	Sumatoria:		546,00	725,40	161,00	126,30	51,75	9,00	9,00	56,55	231,67
	Promedio=		61,00	81,00	18,00	14,00	6,00	1,00	1,00	6,00	26,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 56.- Distancia de transporte entre (2-3) Km

TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	2,99	51,00	31,01	15,00	29,02	8,04	1,00	1,00	18,98	18,90

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Tabla N° 57.- Distancia de transporte entre (4-5) Km

TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJE	T(MIN/VJ)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
EXTRAVIAL	DUMPER 35 TON	4,60	72,00	30,02	17,00	33,98	6,28	1,00	1,00	25,70	21,48

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Distancia de transporte DUMPER 40 Ton.

Tabla N° 58.- Distancia de transporte entre (1-2) Km

N° FICHA	TIPO DE TRANS.	VEHÍCULO	KM	PRECIO (\$/H)	M3/H med	M3/VIAJ E	T-MIN/VJ	T CARGA	T DESCARGA	T MANIOBRA	T I+V	V(KM/H)
	EXTRAVIAL	DUMPER 40 TON	1,60	81,00	75,09	19,00	15,18				15,18	
21	EXTRAVIAL	DUMPER 40 TON	1,00	81,00	75,09	19,00	15,18	3,98	1,00	1,00	9,20	13,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Los datos de color azul son datos tomados de cada una de las tablas anteriores para transportes, mientras que los rojos son datos que se debe ingresar manualmente y la parte blanca son cálculos propios de la herramienta.

TABLA N° 59.- Cálculo para cada caso de los mostrados anteriormente tablas de transporte.

Cálculo del costo del transporte	
Tiempo carga	
Tiempo ida	
Tiempo descarga	
Tiempo vuelta	
Tiempo maniobra	
Tiempo total (min)	
Rendimiento de (excavación)=	
Capacidad del transporte (M3/viaje)	
Numero de ciclos realizados en 1 hora. (60min/Tiempo total)	
Dato de Tablas de acuerdo a la distancia de transporte (M3/H med)	
Datos de tablas costo por hora promedio (\$/H)	
Número de Camiones necesarios.	
Horas de trabajo al día (H/trabajo)	
Número de Viajes/día	
Costo del transporte (\$/m3)	

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Casos de excavaciones recopiladas reales.

Se han analizado 22 casos concretos de diferentes tipos de excavación en desmonte. Estos se han calificado en función de la excavabilidad del terreno: excavación en roca, en terreno de tránsito y en terreno compacto. Son trabajos desarrollados en el período que abarca desde el año 1998 hasta el año 2013.

En cada uno de ellos se indica el tipo de transporte: vial, en caso de que se realice por carreteras de distinto rango, o extravial, donde el transporte discurre por pistas donde sólo transitan los vehículos de obra. A continuación se van a relacionar cada uno de los casos estudiados y cuyos datos aparecen resumidos en las fichas.

En el **caso n°1** se ha analizado la excavación en desmonte en la traza de la carretera Variante de la Mota del Cuervo, la excavación es en roca caliza.

El transporte se realiza por el interior de la obra, es extravial. Para la excavación se emplea voladura y se realiza la carga con excavadora Guria 545 de 40 ton, de peso en orden de trabajo (POT). Los rendimientos de esta excavación son aproximadamente constantes a lo largo de la duración de la misma.

El último mes hay una ligera mejoría pasando de los 86,64 m³b/h a los 111,90 m³b/h. Este incremento en el rendimiento es debido a que se aumentó el número de vehículos de transporte. En los meses anteriores esta excavación estuvo falta de transporte, es decir, faltaban camiones, y la excavadora estaba parte del tiempo sin camión sobre el que realizar la carga.

El transporte se realizó con la mezcla de camiones centauros, volquetes y bañeras. Generalmente siempre había volquetes, y se iban añadiendo centauros o bañeras en función de la distancia a la que se transportaba en cada caso.

Las distancias de transporte variaban entre 2 y 4 km.

TABLA N° 60. VARIANTE DE LA MOTA DEL CUERVO

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	1
OBRA:	VARIANTE DE LA MOTA DEL CUERVO
EMPRESA CONSTRUCTORA:	ELSAN CONSTRUCCIONES
AÑO:	1998/1999
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA CON VOLADURA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	137.232,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN ROCA
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	CALIZAS
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

TABLA N°61 Rendimientos de excavación Excavadora guria 545

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jun-98	488,5	42.089,00	86,16		
jul-98	377	31.943,00	84,73		
ago-98	289	23.538,00	81,45		
sep-98	317	27.465,00	86,64		
oct-98	109	12.197,00	111,9		
TOTAL	1.580,50	137.232,00	86,83	60,00	0,69

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

TABLA N°62 Rendimientos de transporte C/ Centauro O 3 Ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jun-98	1.391,50	23.072,00	1,95	25,2	1,52
jul-98	1.011,50	14.588,00	2,21	25,2	1,75
ago-98	782,5	8.610,00	4,7	25,2	2,29
sep-98	869	11.193,00	2,91	25,2	1,96
oct-98	143	2.366,00	4,06	25,2	1,52
TOTAL	4.197,50	59.829,00	14,25	25,2	1,77

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

TABLA N°63 C/ Bañera

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jun-98	425	8.262,00	1,95	30	1,54
jul-98	623	10.035,00	2,21	30	1,86
ago-98	580,5	8.433,00	4,7	30	2,07
sep-98	359	6.102,00	2,91	30	1,76
oct-98	194	3.546,00	4,06	30	1,64
TOTAL	2.181,50	36.378,00	16,68	30	1,8

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

TABLA N°64 C/Dumper 35 Tm

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jun-98	284	10.755,00	1,95	51	1,35
jul-98	229	7.320,00	2,21	51	1,6
ago-98	265	6.495,00	4,7	51	2,08
sep-98	389	10.170,00	2,91	51	1,95
oct-98	156	6.285,00	4,06	51	1,27
TOTAL	1.323,00	41.025,00	31,01	51	1,64

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

El caso n°2 es una excavación en traza en terreno compacto. El terreno es arcillo limoso. Se trata de uno de los desmontes realizados en la construcción de la Autovía Rambuchar-Castalla. Este desmonte se ejecutó en 1999 y el volumen en banco excavado fue de 41.296 m³b. La excavadora empleada fue la CAT 330B de 35,28 tm. Tiene dos periodos bien diferenciados, el primero donde el rendimiento es de 218,49 m³b/h y el segundo de 180,27 m³/b. El primero es mejor debido a que el equipo de excavadora y transporte estaba perfectamente equilibrado, mientras que en el segundo caso no, debido a que se le quitaban camiones para otros menesteres que precisaba la obra. El transporte fue de tipo extravial y la distancia no superaba el kilómetro. Para el transporte se empleó camiones volquetes, bañeras y centauros.

TABLA N° 65 AUTOVÍA RAMBUCHAR CASTALLA

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	2
OBRA:	AUTOVÍA RAMBUCHAR CASTALLA
EMPRESA CONSTRUCTORA:	NECSO-AGROMAN UTE
AÑO:	1999
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	41.296,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLO LIMOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

TABLA N°66 Rendimientos de excavación Excavadora Cat 330 B

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	90	19.664,00	218,49		
abr-99	120	21.632,00	180,27		
TOTAL	210	41.296,00	196,65	60,00	0,31

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

TABLA N°67 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	60,5	2.150,00	35,54		
TOTAL	60,5	2.150,00	35,54	25,2	0,71

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

TABLA N°68 c/ bañera

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	47	2.282,00	48,55		
TOTAL	47	2.282,00	48,55	30	0,62

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

TABLA N°69 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	449,00	36864,00	82,10		
TOTAL	449,00	36864,00	82,10	51,00	0,62

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

El **caso n°3** corresponde a otra excavación perteneciente a la obra anterior, pero en este caso se trata de un desmonte en terreno de tránsito debido al grado de cementación en el que se encontraba el terreno. El volumen en banco fue de 30.564 m³ y el equipo permaneció perfectamente equilibrado durante el periodo que duró la excavación (Abril de 1999).

En esta excavación se necesitó escarificar parte del terreno con el empleo de un tractor CAT D/10H. La excavación se realizó con una excavadora CAT 330 ME de 35,28 tm de POT. El transporte no superó el kilómetro de distancia y se ejecutó con camiones dumpers, centauros y bañeras.

Tabla N° 70. AUTOVÍA RAMBUCHAR CASTALLA

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	3
OBRA:	AUTOVÍA RAMBUCHAR CASTALLA
EMPRESA CONSTRUCTORA:	NECSO-AGROMAN UTE
AÑO:	1999
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	30.564,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLO ARENOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°71 Rendimientos de excavación Bulldozer Cat d/9h

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	34	5.176,50	152,25		
TOTAL	34	5.176,50	152,25	66	0,43

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°72 Excavadora Cat 330 me

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	240,00	30564,00	127,35		
TOTAL	240,00	30564,00	127,35	60,00	0,47

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°73 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	662,5	19.560,00	29,52		
TOTAL	662,5	19.560,00	29,52	25,2	0,85

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°74 c/ bañera

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	66	2.562,00	38,82		
TOTAL	66	2.562,00	38,82	30	0,77

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°75 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-99	158,5	8.442,00	53,26		
TOTAL	158,5	8.442,00	53,26	51	0,96

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

El **caso n°4** también se refiere a la obra de construcción de la Autovía de Rambuchar Castalla. En este caso el tipo de material excavado es un conglomerado arcilloso con algo de gravas. El volumen excavado es de 31.764 m³ en banco y la excavación tiene lugar en la traza. La excavación se califica como de tránsito.

Se realizó un arranque mediante el empleo de un tractor CAT D/9H, el cual tuvo periodos donde realmente encontró dificultades para el escarificado del desmote. En este caso el material requería el empleo de un tractor más potente tipo CAT D/10 T o similar debido a la resistencia que presentaba el material.

Tan sólo en el último mes de excavación se consiguió un rendimiento óptimo de escarificado. Esto ocurrió en el año 1999 y en esos momentos no se disponía en la empresa de un tractor más potente, por lo que se trabajó en esas condiciones. Esto no influyó en el rendimiento de carga con excavadora ya que en este caso se dimensionó para adaptarse al rendimiento del tractor. Se empleó una excavadora Guria 516 de 17,35 tm. de POT de ruedas. El transporte fue vial y se utilizó camiones centauros y bañeras. La distancia de transporte fue de 3 km.

Tabla N° 76. AUTOVÍA RAMBUCHAR CASTALLA

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	4
OBRA:	AUTOVÍA RAMBUCHAR CASTALLA
EMPRESA CONSTRUCTORA:	NECSO-AGROMAN UTE
AÑO:	1999
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	31.764,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	CONGLOMERADO ARCILLOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	VIAL

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°77 Rendimientos de excavación Bulldozer Cat d/9h

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-99	146,00	8700,00	59,59		
sep-99	92,00	10929,00	118,79		
oct-99	79,00	5556,00	70,33		
nov-99	42,50	6579,00	154,80		
TOTAL	359,50	31764,00	88,36	66,00	0,75

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°78 Excavadora guria 516

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-99	150,00	8700,00	58,00		
sep-99	199,00	10929,00	54,92		
oct-99	110,50	5556,00	50,28		
nov-99	119,00	6579,00	55,29		
TOTAL	578,50	31764,00	54,91	36,00	0,66

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°79 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-99	353,00	5928,00	16,79		
sep-99	543,00	8168,00	15,04		
oct-99	173,00	2256,00	13,04		
nov-99	286,50	3840,00	13,40		
TOTAL	1355,50	20192,00	14,90	25,20	1,69

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

Tabla N°80 c/ bañera

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-99	114,00	2772,00	24,32		
sep-99	133,00	2761,00	20,76		
oct-99	191,50	3300,00	17,23		
nov-99	150,00	2739,00	18,26		
TOTAL	588,50	11572,00	19,66	30,00	1,53

Fuente: NECSO-AGROMAN UTE

El **caso n° 5** corresponde a un desmante en terreno compacto, formado por un material arcillo limoso, realizado durante los trabajos de construcción de Urbanización del Polígono Industrial El Pastoret en Monovar (Alicante). Se trata de una excavación de 146.416 m³ en banco ejecutada con una excavadora CAT 330 B de 35,28 tm de POT desde febrero a mayo de 1999 con transporte extravial. La distancia de transporte no superó el kilómetro de distancia.

En este desmante el equipo de excavación se dimensionó en función de la distancia más corta, dentro del kilómetro. Se puede observar una variación similar en los rendimientos de la excavadora y del transporte. Esto es debido a que cuando se transporta a una distancia más corta, dentro del kilómetro, los rendimientos son mayores y cuando se va más lejos son menores.

Si el equipo se hubiera adaptado con el número de camiones necesarios en cada caso, el rendimiento de la excavadora no hubiera variado. Pero al mantener fijo el número de camiones, cuando se transporta a mayor distancia, el rendimiento de excavación baja.

Tabla N° 81 URB. POLÍGONO EL PASTORET (MONOVAR)

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	5
OBRA:	URB. POLÍGONO EL PASTORET (MONOVAR)
EMPRESA CONSTRUCTORA:	ELSAN CONSTRUCCIONES
AÑO:	1999
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN PARCELA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	146.416,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLO ARENOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

Tabla N° 82 Rendimientos de excavación Excavadora CAT 330 B

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-99	630,50	79620,00	126,28		
mar-99	172,50	23286,00	134,99		
abr-99	309,00	32772,00	106,06		
may-99	95,00	10738,00	113,03		
TOTAL	1207,00	146416,00	121,31	60,00	0,49

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

Tabla N°83 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-99	673,50	24870,00	36,93		
mar-99	128,00	4240,00	33,13		
abr-99	130,00	3890,00	29,92		
TOTAL	931,50	33000,00	35,43	25,20	0,71

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

Tabla N°84 c/ bañera

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-99	179,00	7392,00	41,30		
mar-99	186,00	7868,00	42,30		
abr-99	764,50	28882,00	37,78		
may-99	262,00	10738,00	40,98		
TOTAL	1391,50	54880,00	39,44	30,00	0,76

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

Tabla N°85 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-99	671,00	47358,00	70,58		
mar-99	155,00	11178,00	72,12		
abr-99					
TOTAL	826,00	58536,00	71,35	51,00	0,58

Fuente: ELSAN CONSTRUCCIONES

El **caso n° 6** se desarrolla en la obra de construcción de la Variante de Ibi – Castalla. Consiste en una excavación en terreno compacto, formado por material areno gravoso, ejecutada de agosto a diciembre del año 2000. Tiene un volumen de excavación en banco de 109.718 m³ y fue excavada con una excavadora CAT 345B de 46,20 tm de POT y transportados los productos resultantes a distintas distancias, variando ésta desde 5 a 6,68 km. El transporte fue vial y casi en su totalidad fue realizado con camiones bañera, aunque en momentos puntuales se apoyó con camiones centauros. Los rendimientos fueron bastante uniformes, entre 132,96 y 156 m³/h, siendo el más óptimo el registrado en el primer mes. Esto fue como consecuencia de que el equipo estaba compensado y la distancia de transporte fue uniforme a lo largo de ese mes. Posteriormente se alargaron las distancias de transporte y empeoraron sensiblemente los rendimientos.

Tabla N°86 VARIANTE DE IBI CASTALLA

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	6
OBRA:	VARIANTE DE IBI CASTALLA
EMPRESA CONSTRUCTORA:	FCC, S.A.
AÑO:	2000
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN PRÉSTAMO
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	109.718,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARENO GRAVOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	VIAL

Fuente: FCC, S.A.

Tabla N°87 Rendimientos de excavación Excavadora CAT 345

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-00	71,00	11076,00	156,00		
sep-00	255,00	35163,00	137,89		
oct-00	156,00	21840,00	140,00		
nov-00	158,00	21008,00	132,96		
dic-00	142,00	20631,00	145,29		
TOTAL	782,00	109718,00	140,30	90,00	0,64

Fuente: FCC, S.A.

Tabla N°88 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-00					
sep-00	113	2.403,00	5,73		
dic-00	107	1.521,00	6,57		
TOTAL	220	3.924,00	17,84	26,4	1,48

Fuente: FCC, S.A.

Tabla N°89 c/ bañera

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-00	406	11.076,00	5		
sep-00	1.395,00	32.760,00	5,59		
oct-00	1.058,50	21.840,00	5,65		
nov-00	1.056,50	21.008,00	5,82		
dic-00	1.000,00	19.110,00	6,68		
TOTAL	4.916,00	105.794,00	21,52	34,20	1,59

Fuente: FCC, S.A.

El **caso n° 7** está localizado en la misma obra que en el caso anterior. Se trata de una excavación en terreno compacto, con un tipo de material arcillo arenoso, realizado durante el periodo comprendido entre el mes de noviembre de 2000 y el mes de marzo de 2001. El volumen excavado fue de 221.754 m³ en banco en la traza de la carretera, siendo transportado el producto de la excavación a distintas distancias, entre 1 y 1,46 km.

El transporte discurrió por el interior de la obra, tipo extravial. La excavadora utilizada para la excavación fue una CAT 330 y se utilizó para el transporte camiones centauros, camiones dumpers y camiones bañera.

Los rendimientos de excavación fueron bastante homogéneos, salvo en el primer mes. Esto fue como consecuencia de que, al inicio de los trabajos y durante algunos días, no se puso el transporte necesario para el tipo de máquina que estaba excavando.

Los precios de los vehículos, tanto en este como en los demás casos, son los que en cada obra están en contrato para posibles trabajos por administración por parte de la empresa contratista.

Tabla N° 90. VARIANTE DE IBI CASTALLA

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	7
OBRA:	VARIANTE DE IBI CASTALLA
EMPRESA CONSTRUCTORA:	FCC, S.A.
AÑO:	2000/2001
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	221.754,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLO LIMOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: FCC, S.A.

Tabla N° 91 Rendimientos de excavación Excavadora CAT 330

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-00	176,00	26992,00	153,36		
dic-00	326,00	65536,00	201,03		
ene-01	415,00	81202,00	195,67		
feb-01	181,00	32752,00	180,95		
mar-00	183,00	15272,00	184,00		
TOTAL	1181,00	221754,00	187,77	60,00	0,32

Fuente: FCC, S.A.

Tabla N°92 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-00	399,00	12690,00	1,04		
dic-00	478,50	24100,00	1,03		
ene-01	532,00	24600,00	1,00		
feb-01	131,00	6400,00	1,04		
mar-00	113,00	620,00	1,00		
TOTAL	1553,50	68410,00	44,04	26,40	0,60

Fuente: FCC, S.A.

Tabla N°93 c/ bañera

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-00	53,50	2296,00	1,16		
dic-00	90,00	4788,00	1,53		
ene-01	48,00	2422,00	1,00		
feb-01	102,00	4284,00	1,78		
mar-01					
TOTAL	293,50	13790,00	46,98	34,20	0,73

Fuente: FCC, S.A.

Tabla N°94 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-00	92	12.006,00	1		
dic-00	359	36.648,00	1,2		
ene-01	537	54.180,00	1		
feb-01	225	22.068,00	1,04		
mar-01	152	14.652,00	1		
TOTAL	1.365,00	139.554,00	102,24	54	0,53

Fuente: FCC, S.A.

En el **caso n° 8** la excavación se realizó en la obra de Urbanización del Polígono Lacy en Elda. Se trata de una excavación en desmonte en terreno compacto de 25.081 m³ en banco de volumen, ejecutada en septiembre de 2001 con una excavadora VOLVO EC460 de 46,60 tm de POT.

El transporte de la excavación se realizó mediante camiones dumpers de 35 tm y centauros a una distancia máxima de 1 km.

Tabla N° 95. URBAN POLÍGONO LACY EN ELDA

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	8
OBRA:	URBAN POLÍGONO LACY EN ELDA
EMPRESA CONSTRUCTORA:	VÍAS Y CONSTRUCCIONES, S.A.
AÑO:	2001
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	25.081,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLAS
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: VÍAS Y CONSTRUCCIONES, S.A.

Tabla N°96 Rendimientos de excavación Excavadora volvo 460

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
sep-01	110	25.081,00	228,01		
TOTAL	110	25.081,00	228,01	90	0,39

Fuente: VÍAS Y CONSTRUCCIONES, S.A.

Tabla N°97 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
sep-01	258	14.707,00	57		
TOTAL	258	14.707,00	57	27	0,47

Fuente: VÍAS Y CONSTRUCCIONES, S.A.

Tabla N°98 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
sep-01	101	10.374,00	102,71		
TOTAL	101	10.374,00	102,71	60	0,58

Fuente: VÍAS Y CONSTRUCCIONES, S.A.

El caso n° 9 resume la excavación en terreno compacto realizada en la construcción de la Edar de Benidorm en el año 2002. El volumen en banco excavado es de 99.640 m3. La máquina empleada en la excavación fue una excavadora CAT 345B el transporte

fue de tipo extravial empleándose camiones centauros y dumpers de 35 t.

El rendimiento de excavación más alto se consiguió en el mes de mayo de 2002, con 284,15 m3/h, como consecuencia de la dotación necesaria de vehículos de transporte.

En los demás meses faltó algún camión más para el transporte.

Tabla N° 99 EDAR EN BENIDORM

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	9
OBRA:	EDAR EN BENIDORM
EMPRESA CONSTRUCTORA:	FERROVIAL AGROMAN
AÑO:	2002
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	99.640,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLAS CON ROCAS SUELTAS
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: FERROVIAL AGROMAN

Tabla N° 100. Rendimientos de Excavación Excavadora Cat 345

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-02	122	29.292,00	240,1		
may-02	228	64.786,00	284,15		
jun-02	24	5.562,00	231,75		
TOTAL	374	99.640,00	266,42	90	0,34

Fuente: FERROVIAL AGROMAN

Tabla N°101 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-02	108	5.190,00	48,06		
may-02	30	1.300,00	43,33		
TOTAL	138	6490	47,03	30	0,64

Fuente: FERROVIAL AGROMAN

Tabla N°102 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
abr-02	258	24.102,00	93,42		
may-02	628	63.486,00	101,09		
jun-02	48	5.562,00	115,88		
TOTAL	934	93.150,00	99,73	66	0,66

Fuente: FERROVIAL AGROMAN

En el **caso n° 10** se recopila la información sobre la misma excavación del caso anterior, pero en este caso es roca caliza el material a excavar. Este material aparece debajo del material excavado en el caso anterior.

Se empleó en este caso voladura para el arranque de la roca y se excavó con el mismo equipo que en el caso anterior. En este caso el rendimiento más bajo se obtuvo en el mes de julio de 2002, con 129,05 m³/h cuando el mejor rendimiento fue de 151,53 m³/h, debido a problemas con una voladura que no rompió la roca de forma adecuada para su carga. El resto de periodos de excavación discurrió de manera similar, obteniendo unos rendimientos de excavación muy similares.

Tabla N° 103. EDAR EN BENIDORM

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	10
OBRA:	EDAR EN BENIDORM
EMPRESA CONSTRUCTORA:	FERROVIAL AGROMAN
AÑO:	2002
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	101.574,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN ROCA
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	CALIZAS
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: FERROVIAL AGROMAN

Tabla N°104 Rendimientos de excavación Excavadora Cat 345

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jun-02	213,5	32.154,00	150,6		
jul-02	282	41.850,00	148,4		
ago-02	179	23.100,00	129,05		
sep-02	29,5	4.470,00	151,53		
TOTAL	704	101.574,00	144,28	90	0,62

Fuente: FERROVIAL AGROMAN

Tabla N°105 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jun-02	74	2.499,00	33,77		
TOTAL	74	2.499,00	33,77	30	0,89

Fuente: FERROVIAL AGROMAN

Tabla N°106 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jun-02	502,5	29.655,00	59,01		
jul-02	547	41.850,00	76,51		
ago-02	354	23.100,00	65,25		
sep-00	259	4.470,00	75,76		
TOTAL	1.462,50	99.075,00	67,74	66	0,97

Fuente: FERROVIAL AGROMAN

El **caso n° 11** recoge la información del desmote en terreno compacto, arcillas con rocas sueltas, realizado en la obra de Adecuación de la Presa de Bellús en 2002. La excavación se realizó con una excavadora CAT 330 y el transporte con extraviales, camiones dumpers de 35 tm y centauros.

En cuanto a los rendimientos de excavación se puede observar que en el mes inicial y final los rendimientos bajaron. Esto fue debido a que al inicio se tuvo que preparar el acceso al desmote y al final se tuvo de acondicionar la zona de desmote y hacer algunas modificaciones del proyecto.

Tabla N° 107. ADECUACIÓN DE LA PRESA DE BELLÚS

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	11
OBRA:	ADECUACIÓN DE LA PRESA DE BELLÚS
EMPRESA CONSTRUCTORA:	OHL, S.A.
AÑO:	2002
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	108.014,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLAS CON ROCAS SUeltas
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: OHL, S.A.

Tabla N° 108 Rendimientos de excavación Excavadora Cat 330

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
may-02	32	4.454,00	139,19		
jun-02	273	47.280,00	173,19		
jul-02	215	33.056,00	153,75		
ago-02	168	23.224,00	138,24		
TOTAL	688	108.014,00	157	72	0,46

Fuente: OHL, S.A.

Tabla N°109 Rendimientos de excavación Excavadora Cat 330

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
may-02	32	4.454,00	139,19		
jun-02	273	47.280,00	173,19		
jul-02	215	33.056,00	153,75		
ago-02	168	23.224,00	138,24		
TOTAL	688	108.014,00	157	72	0,46

Fuente: OHL, S.A.

Tabla N°110 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
may-00	210	350	35		
jun-02	891	27.930,00	31,35		
jul-02	612	18.350,00	29,98		
ago-02	344	10.300,00	29,94		
TOTAL	1.857,00	56.930,00	30,66	30	0,98

Fuente: OHL, S.A.

Tabla N°111 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
may-02	64	4.104,00	64,13		
jun-02	374	19.350,00	51,74		
jul-02	254	14.706,00	57,9		
ago-02	232	12.924,00	55,71		
TOTAL	924	51.084,00	55,29	66	1,19

Fuente: OHL, S.A.

En el **caso n° 12** la excavación se desarrolla en la obra de construcción de la Autovía Sax – Castalla. Se trata de un desmonte en terreno compacto para un volumen en banco de 133.057,50 m3 en arcillas.

La excavación fue realizada con excavadoras CAT 318 de 18,85 tm de POT durante el periodo comprendido entre febrero y julio de 2003. Los rendimientos de excavación varían de un mes a otro como consecuencia de la falta de ajuste de transporte. El tipo de transporte es vial.

Tabla N° 112 AUTOVÍA SAX CASTALLA

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	12
OBRA:	AUTOVÍA SAX CASTALLA
EMPRESA CONSTRUCTORA:	DRAGADOS
AÑO:	2003
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	133.057,50
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLAS
TIPO DE TRANSPORTE:	VIAL

Fuente: DRAGADOS

Tabla N°113 Rendimientos de excavación: Excavadora Cat 318

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-03	255,00	19978,00	78,35		
mar-03	169,00	10273,00	60,79		
abr-03	325,00	27946,00	85,99		
may-00	351,50	4369,00	84,83		
jun-03	445,00	41778,50	93,88		
jul-03	283,50	28713,00	101,28		
TOTAL	1529,00	133057,50	87,02	45,00	0,52

Fuente: DRAGADOS

Tabla N°114 Rendimientos de transporte: c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-03	160	5.184,00	2,02		
mar-03	130,00	4.995,00	2,47		
abr-03	621,00	16.740,00	2,2		
may-03	71,50	1.782,00	3,09		
jun-03	526,50	14.004,00	2,42		
jul-03	563,00	14.940,00	2,98		
TOTAL	2.072,00	57.645,00	27,82	27,05	0,97

Fuente: DRAGADOS

Tabla N°115 c/ bañera

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-03	429	14.794,00	2,07		
mar-03	136	5.278,00	4,5		
abr-03	312	11.206,00	2,15		
may-03	103,5	2.587,00	4,64		
jun-03	1.039,50	27.774,50	3,9		
jul-03	706,5	13.773,00	4,42		
TOTAL	2.726,50	75.412,50	27,66	33,06	1,2

Fuente: DRAGADOS

El **caso n° 13** resumen, la excavación en desmonte en roca en una cantera. De esta se transportaba todo a una distancia de 8 km. para la obra de Ampliación del Puerto de Alicante. Los trabajos se realizaron desde febrero de 2005 hasta febrero de 2006. La roca era marga dura.

El volumen excavado fue de 141.639,73 m3 en banco. Se utilizó una excavadora VOLVO EC460 y el transporte se realizó con camiones bañeras. En este caso el rendimiento en excavación fue más bajo de lo normal, debido a que no se dispuso de los camiones necesarios y tan solo en el mes de enero de 2006 estuvo el equipo compensado. El transporte se hizo por carretera y tan sólo se tienen datos del transporte de los primeros meses, ya que se subcontrató el transporte por viajes a partir de mayo de 2006.

Tabla N° 116. AMPLIACIÓN PUERTO DE ALICANTE

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	13
OBRA:	AMPLIACIÓN PUERTO DE ALICANTE
EMPRESA CONSTRUCTORA:	SATO
AÑO:	2005 /2006
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN CANTERA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	141.639,73
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN ROCA
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	MARGAS DURAS
TIPO DE TRANSPORTE:	VIAL

Fuente: SATO

Tabla N°117 Rendimientos de excavación Excavadora volvo ec-460

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-05	80	6.571,15	82,14		
mar-05	237	21.735,34	91,71		
abr-05	261	20.048,73	76,82		
may-05	305	23.889,70	78,33		
oct-05	122	10.038,90	82,29		
nov-05	259	22.465,13	86,74		
ene-06	181	23.048,22	127,34		
feb-06	146	13.842,56	94,81		
TOTAL	1.591,00	141.639,73	89,03	90	1,01

Fuente: SATO

Tabla N°118 Rendimientos de transporte c/ bañera

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-05	435	6.571,15	15,11		
mar-05	1.557,50	21.735,34	13,96		
abr-05	1.519,50	20.048,73	13,19		
TOTAL	3.512,00	48.355,22	13,77	36	2,61

Fuente: SATO

El **caso n° 14** hace referencia a la excavación en un desmonte de conglomerados de gravas y areniscas, utilizado como préstamo para la construcción de los Accesos a Nueva Condomina en Murcia. La excavación se considera de tránsito y se necesitó emplear tractores tipo CAT D/9H para escarificar el terreno.

Los rendimientos del tractor variaron a lo largo del tiempo debido a la dureza que presentaba el material que se estaba excavando. Debido a la heterogeneidad del terreno, en unas zonas la dureza era mayor que en otras. Los rendimientos de excavación y carga con las distintas excavadoras empleadas fueron más uniformes. El transporte fue de tipo extravial y las distancias de transporte variaron desde los 4,1 a los 6,35 km. Había dos zonas de descarga, y debido a la dificultad de descarga en la zona con transporte menor, los camiones dumpers descargarón en la zona más lejana.

Tabla N° 119 ACCESOS A NUEVA CONDOMINA (MURCIA)

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	14
OBRA:	ACCESOS A NUEVA CONDOMINA (MURCIA)
EMPRESA CONSTRUCTORA:	ORTIZ E HIJOS
AÑO:	2005/2006
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN PRÉSTAMO
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	129.997,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	CONGLOMERADO DE GRAVAS Y ARENISCAS
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: ORTIZ E HIJOS

Tabla N°120 Rendimientos de excavación Bulldozer Cat d/9h

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
dic-05					
ene-06	67,5	10.317,00	152,84		
feb-06	230	20.083,00	87,32		
mar-06	407	48.650,00	119,53		
abr-06	406	36.595,00	90,14		
may-06	56	7.618,00	136,04		
TOTAL	1.166,50	123.263,00	105,67	78	0,74

Fuente: ORTIZ E HIJOS

Tabla N°121 Excavadora volvo 210

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
dic-05	57	6.734,00	118,14		
ene-06	93	10.317,00	110,94		
feb-06	171	20.083,00	117,44		
mar-06	81	9.946,00	122,79		
abr-06					
may-06					
TOTAL	402	47080	117,11	54	0,46

Fuente: ORTIZ E HIJOS

Tabla N°122 Excavadora volvo 240

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
dic-05					
ene-06					
feb-06					
mar-06	290	38694	133,43		
abr-06					
may-06					
TOTAL	290	38694	133,43	63	0,47

Fuente: ORTIZ E HIJOS

Tabla N°123 Excavadora Cat 330

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
dic-05					
ene-06					
feb-06					
mar-06					
abr-06	230	36.595,00	159,11		
may-06	55	7.618,00	138,51		
TOTAL	285	44.213,00	155,13	78	0,5

Fuente: ORTIZ E HIJOS

Tabla N°124 Rendimientos de transporte c/ bañera

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
dic-05	250,5	6.734,00	26,88		
ene-06	429,5	8.294,00	19,31		
feb-06	598	15.340,00	25,65		
mar-06	2.283,00	47.528,00	20,82		
abr-06	1.686,00	36.595,00	21,71		
may-06	336	7.618,00	22,67		
TOTAL	5.583,00	122.109,00	21,87	36	1,65

Fuente: ORTIZ E HIJOS

Tabla N°125 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
dic-05					
ene-06	60	2.023,00	33,72		
feb-06	146	4.743,00	32,49		
mar-06	32	1.122,00	35,06		
may-06					
TOTAL	238	7.888,00	33,14	72	2,17

Fuente: ORTIZ E HIJOS

En los **casos n° 15 y 16** se detallan datos relativos a la obra de construcción de la Vía Parque Torrellano - Elche. El primero trata de una excavación en terreno compacto sin dificultad ninguna, aunque estaba un tanto desequilibrada en cuanto al transporte. Faltaba algún camión durante la excavación y por eso los rendimientos de la excavadora fueron un poco bajos.

En el segundo caso se trata de una excavación en terreno tránsito de conglomerado con gravas. El escarificado fue fácil y tuvo un rendimiento muy alto. En este caso se podría haber excavado con una excavadora de mayor tamaño y se podría haber suprimido el uso del tractor CAT D/9H, utilizado en esta ocasión. El transporte fue de tipo extravial y la distancia de transporte fue de hasta 4,6 km.

Tabla N° 126 VÍA PARQUE TORRELLANO ELCHE

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	15
OBRA:	VÍA PARQUE TORRELLANO ELCHE
EMPRESA CONSTRUCTORA:	FCC CONSTRUCCIONES
AÑO:	2004
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	29.065,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLO LIMOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: FCC CONSTRUCCIONES

Tabla N°127 Rendimientos de excavación Excavadora Cat 318

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-04	202	16.433,00	81,35		
mar-04	154	12.632,00	82,03		
TOTAL	356	29.065,00	81,64	48	0,59

Fuente: FCC CONSTRUCCIONES

Tabla N°128 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-04	327	12.881,00	39,39		
mar-04	297	9.944,00	33,48		
TOTAL	624	22.825,00	36,58	30	0,82

Fuente: FCC CONSTRUCCIONES

Tabla N°129 c/ bañera

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
feb-04	86	3.552,00	41,3		
mar-04	62	2.688,00	43,35		
TOTAL	148	6.240,00	42,16	36	0,85

Fuente: FCC CONSTRUCCIONES

Caso 16

Tabla N° 130. VÍA PARQUE TORRELLANO ELCHE

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	16
OBRA:	VÍA PARQUE TORRELLANO ELCHE
EMPRESA CONSTRUCTORA:	FCC CONSTRUCCIONES
AÑO:	2004
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN PRÉSTAMO
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	45.349,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	CONGLOMERADO DE GRAVAS
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°131 Rendimientos de excavación Bulldozer Cat d/9h

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-04	285,00	38993,00	159,12		
dic-04		6356,00			
TOTAL	285,00	45349,00	159,12	75,00	0,47

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°132 Excavadora volvo ec-360

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-04	240	38.993,00	162,47		
dic-04	47	6.356,00	135,23		
TOTAL	287	45.349,00	158,01	78	0,49

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°133 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-04	275	4.560,00	16,58		
dic-04	48	1.300,00	27,08		
TOTAL	323	5.860,00	18,14	30	1,65

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°134 c/ bañera

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-04	1.455,00	28.483,00	19,58		
dic-04	136	4.342,00	31,93		
TOTAL	1.591,00	32.825,00	20,63	36	1,74

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°135 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
nov-04	206	5.950,00	28,88		
dic-04	16	714	44,63		
TOTAL	222	6.664,00	30,02	72	2,4

Fuente: FCC CONSTRUCCIONES

El **caso n° 17** es un desmante ejecutado en la obra de construcción de la Autovía de Cocentaina a Muro. Se trata de un desmante en terreno compacto formado por margas que son transportadas a vertedero, a una distancia máxima de 1 km. Se emplean en la excavación tres tipos de excavadora, las VOLVO EC360 y EC290 y la CAT 318.

La primera se empleó durante dos meses y en el primero de ellos se consiguió un buen rendimiento. En ese primer mes el equipo estuvo bien equilibrado y con el número de camiones necesarios para la distancia a transportar. En el segundo bajo el rendimiento a consecuencia de una semana de lluvias que dificultaba el transporte y la descarga. En el último mes, septiembre de 2008, se utilizaron dos excavadoras distintas, ya que se montaron dos equipos de excavación.

Tabla N°136 Rendimientos de excavación Excavadora volvo ec-360

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jul-08	144	38.056,00	264,28		
ago-08	165	35.952,00	217,89		
sep-08					
TOTAL	309	74.008,00	239,51	80	0,33

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°137 Excavadora volvo ec-290

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
sep-08	175	32.770,00	187,26		
TOTAL	175	32.770,00	187,26	72	0,38

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°138 Excavadora Cat 318

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
sep-08	111,5	12.610,00	113,09		
TOTAL	111,5	12.610,00	113,09	49	0,43

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°139 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jul-08	23	1.030,00	44,78		
ago-08	82	3.030,00	36,95		
sep-08	1.211,00	45.380,00	37,47		
TOTAL	1.316,00	49.440,00	37,57	34	0,91

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°140 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jul-08	273	37.026,00	135,63		
ago-08	301	32.922,00	109,38		
sep-08					
TOTAL	574	69948	121,86	75	0,62

Fuente: FCC CONSTRUCCIONES

El caso n° 18 trata de una excavación de un préstamo en terreno de tránsito, formado por un conglomerado de gravas, para la construcción de la Autovía de la Plana CV-10 en Castellón. En este caso se precisó de un tractor tipo CAT D/9H pero no se dispone de datos sobre los rendimientos del mismo.

La excavación fue de 244.842 m³ en banco y el transporte fue vial la distancia de transporte es de hasta 8 km. Los rendimientos de excavación inicial y final son más bajos como consecuencia del déficit de camiones al iniciar los trabajos y al final de los mismos.

TABLA N° 141 AUTOVÍA DE LA PLANA CV-10 (CASTELLÓN)

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	18
OBRA:	AUTOVÍA DE LA PLANA CV-10 (CASTELLÓN)
EMPRESA CONSTRUCTORA:	UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA
AÑO:	2008
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN PRÉSTAMOS
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	244.842,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO TRÁNSITO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	CONGLOMERADO DE GRAVAS
TIPO DE TRANSPORTE:	VIAL

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

TABLA N° 142 Rendimientos de excavación Excavadora daewoo 340

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
mar-08	240	30.384,00	126,6		
abr-08	502	76.258,00	151,91		
may-08	284	42.838,00	150,84		
jul-08	379,5	50.993,00	134,37		
ago-08	117	13.476,00	115,18		
TOTAL	1.522,50	213.949,00	140,52	80	0,57

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

TABLA N° 143 Excavadora volvo ec-210

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	47	4.169,00	88,7		
sep-08	250	19.079,00	76,32		
oct-08	93	7.645,00	82,2		
TOTAL	390	30.893,00	79,21	53	0,67

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

TABLA N° 144 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
mar-08	23	288	12,52		
abr-08	34,5	496	14,38		
jul-08	16,5	224	13,58		
sep-08	40	720	18		
oct-08	172	2.728,00	15,86		
TOTAL	286	4.456,00	15,58	36	2,31

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

TABLA N°145 c/ bañera

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
mar-08	1.815,00	30.096,00	16,58		
abr-08	3.689,00	75.762,00	20,54		
may-08	2.095,00	42.838,00	20,45		
jul-08	2.475,50	50.769,00	20,51		
ago-08	905	17.645,00	19,5		
sep-08	779	18.359,00	23,57		
oct-08	227	4.917,00	21,66		
TOTAL	11.985,50	240.386,00	20,06	42	2,09

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

En el **caso n° 19** la excavación en roca estudiada se realizó en la obra de construcción del Aeropuerto de Castellón. Se trata de un desmonte de roca caliza con empleo de voladuras para su extracción. Esta roca una vez volada se excavaba y era cargada en camiones bañera, centauro e incluso centauros 4 ejes, para su transporte a pedraplén en dos zonas distintas, a 1,7 y a 3,5 km.

Tabla N° 146. AEROPUERTO DE CASTELLÓN

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	19
OBRA:	AEROPUERTO DE CASTELLÓN
EMPRESA CONSTRUCTORA:	UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA
AÑO:	2008
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	243.789,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN ROCA
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	CALIZAS
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°147 Rendimientos de excavación Excavadora volvo ec-360

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	364	48.300,00	132,69		
sep-08	667	91.115,00	136,6		
oct-08	354	44.340,00	125,25		
nov-08	399	51.574,00	129,26		
dic-08	62	8.460,00	136,45		
TOTAL	1.846,00	243.789,00	132,06	80	0,61

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°148 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	788	22.968,00	1,7		
sep-08	2.262,00	70.515,00	1,7		
oct-08	1.376,00	33.021,00	3,05		
nov-08	1.861,00	39.618,00	3,5		
dic-08	334	8.460,00	3,5		
TOTAL	6.621,00	174.582,00	26,37	36	1,37

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°149 C/ centauro 4 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	-		-		
sep-08	322	12.188,00	1,7		
oct-08	306	8.943,00	3,05		
nov-08	353	9.196,00	3,5		
dic-08	-		-		
TOTAL	981	30.327,00	30,91	39	1,26

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

Tabla N°150 c/ bañera

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	767	25.332,00	1,7		
sep-08	246	8.412,00	1,7		
oct-08	91	2.376,00	3,05		
nov-08	119	2.760,00	3,5		
dic-08	-		-		
TOTAL	1.223,00	38.880,00	31,79	42	1,32

Fuente: UTE FCC CONSTRUCCIÓN-LUBASA

El **caso n° 20** recoge los datos correspondientes a la excavación en desmonte en préstamos en la obra de construcción de la Autovía A-33 de Jumilla. El material excavado, mediante el uso de varias excavadoras, fue utilizado en la construcción de la carretera. Las excavadoras empleadas fueron la CAT 365 C de 68,67 tm de POT, la CAT 345 C de 49,80 tm de POT y la VOLVO EC290 de 30,00 tm de POT. Los rendimientos de excavación de las mismas variaban en función de que tuvieran los camiones necesarios en cada caso. Las distancias de transporte variaban bastante, incluso en un mismo día.

El transporte fue extravial se utilizaba la traza de la autovía para transitar. En este desmonte se utilizaron también dumpers articulados de 40 tm de capacidad de carga como los VOLVO A40 y los CAT 740.

Tabla N° 151 AUTOVÍA A-33 JUMILLA

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	20
OBRA:	AUTOVÍA A-33 JUMILLA
EMPRESA CONSTRUCTORA:	UTE CHM - BRUESA
AÑO:	2009
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN PRÉSTAMO
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	829.393,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARCILLO GRAVOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: UTE CHM – BRUESA

Tabla N°152 Rendimientos de excavación Excavadora Cat 365 c

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-09	49	18.853,00	384,76		
sep-09	235	92.140,00	392,09		
oct-09	262	96.726,00	369,18		
nov-09	314	109.221,00	347,84		
dic-09	166	48.944,00	294,84		
TOTAL	1.026,00	365.884,00	356,61	130	0,36

Fuente: UTE CHM – BRUESA

Tabla N°153 Excavadora Cat 345 c

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-09	263	71.510,00	271,9		
sep-09	235	71.155,00	302,79		
oct-09	353	95.566,00	270,73		
nov-09	297	84.322,00	283,91		
dic-09	152	39.126,00	257,41		
TOTAL	1.300,00	361.679,00	278,21	100	0,36

Fuente: UTE CHM – BRUESA

Tabla N°154 Excavadora volvo ec 290

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-09	172	24.544,00	142,7		
oct-09	312	44.083,00	141,29		
nov-09	305	44.115,00	144,64		
TOTAL	789	112.742,00	142,89	75	0,52

Fuente: UTE CHM – BRUESA

Tabla N°155 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
sep-09	63	1.494,00	2,07		
oct-09	1.892,00	55.566,00	1,98		
nov-09	1.571,00	42.642,00	2,25		
TOTAL	3.526,00	99.702,00	28,28	33	1,17

Fuente: UTE CHM – BRUESA

Tabla N°156 c/ bañera

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-09	.474,00	46.566,00	1,94		
sep-09	2.330,00	79.469,00	2,02		
oct-09	2.092,00	77.311,00	2,15		
nov-09	3.072,50	103.402,00	2,43		
dic-09	1.357,00	49.608,00	2,32		
TOTAL	10.325,50	356.356,00	34,51	40	1,16

Fuente: UTE CHM – BRUESA

Tabla N°157 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
oct-09	732	56.151,00	1,27		
nov-09	772	46.767,00	2,11		
dic-09	442	25.466,00	2,03		
TOTAL	3.107,00	207.009,00	66,63	72	1,08

Fuente: UTE CHM – BRUESA

Tabla N°158 c/ dumper 40 tm

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-09	412	35.701,00	1,2		
sep-09	482	36.347,00	1,37		
oct-09	536	41.173,00	1,48		
nov-09	607	40.109,00	2,2		
dic-09	178	12.996,00	1,9		
TOTAL	2.215,00	166.326,00	75,09	81	1,08

Fuente: UTE CHM – BRUESA

El **caso n° 21** es el más reciente de todos. Este desmonte en terreno compacto se inició en julio de 2010. Se trata de la excavación de material areno gravoso para el terraplenado de la plataforma para la construcción de la Línea de Alta Velocidad de San Martín a Venta de Baños en Valladolid. El transporte se realizó con camiones extraviales. Los camiones empleados fueron los dumpers articulados CAT 740 y VOLVO A40 de 40 tm de capacidad de carga.

Tabla N° 159. LAV S.MARTÍN-VENTA BAÑOS (VALLADOLID)

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	21
OBRA:	LAV S.MARTÍN-VENTA BAÑOS (VALLADOLID)
EMPRESA CONSTRUCTORA:	CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS S.A.
AÑO:	2010
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA Y PRÉSTAMO
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	84.208,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTO
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	ARENO GRAVOSO
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS S.A.

Tabla N° 160 Rendimientos de excavación Excavadora Cat 345 c

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jul-10	294	84.208,00	286,42		
TOTAL	294	84.208,00	286,42	100	0,35

Fuente: CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS S.A.

Tabla N°161 Rendimientos de transporte c/ dumper 40 tm

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
jul-10	792	84.208,00	106,32		
TOTAL	792	84.208,00	106,32	81	0,76

Fuente: CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS S.A.

El **caso n° 22** sintetiza los datos obtenidos durante la ejecución del desmonte en roca en la construcción de la Autovía de Zeneta a San Javier en Murcia. Se emplearon varios tipos de excavadoras. Se montaron varios equipos de desmonte simultáneamente. En esta excavación de 405.204 m3 en banco, se consiguieron rendimientos muy homogéneos debido a que se dimensionaron adecuadamente sin grandes variaciones en el número de camiones en obra, ni en la distancias a transportar.

Normalmente el transporte más largo (entre 4 y 5 km.) se realizó con camiones bañeras y centauros, utilizándose los camiones dumpers de 35 tm en las distancias de hasta 1 km. Los trabajos duraron desde agosto de 2008 hasta junio de 2009. La excavación tuvo dos fases: una desde el inicio hasta noviembre de 2008 y otra que se inicia en abril de 2009.

Con motivo de esta parada, entre noviembre de 2008 y abril de 2009, el mes de noviembre presenta un rendimiento inferior a los demás meses porque se tuvo que acondicionar el desmonte para su cierre temporal.

Tabla N° 162 AUTOVÍA ZENETA SAN JAVIER

CASO DE EXCAV. DESMONTE N°:	22
OBRA:	AUTOVÍA ZENETA SAN JAVIER
EMPRESA CONSTRUCTORA:	UTE CHM - PLODER
AÑO:	2008/2009
UNIDAD DE OBRA:	DESMONTE EN TRAZA
VOLUMEN DE DESMONTE (M3):	405.204,00
TIPO DE EXCAVACIÓN:	EXCAVACIÓN EN ROCA
CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:	MARGAS DURAS
TIPO DE TRANSPORTE:	EXTRAVIAL

Fuente: UTE CHM - PLODER

Tabla N°163 Rendimientos de excavación Excavadora Cat 345 c

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	-	-	-		
sep-08	-	-	-		
oct-08	131	27.575,00	210,5		
nov-08	-	-	-		
abr-09	43	8.434,00	196,14		
may-09	-	-	-		
jun-09	-	-	-		
TOTAL	174	36.009,00	206,95	100	0,48

Fuente: UTE CHM - PLODER

Tabla N°164 Excavadora volvo ec-460

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	-	-	-		
sep-08	-	-	-		
oct-08	171	29.002,00	169,6		
nov-08	255	36.220,00	142,04		
abr-09	-	-	-		
may-09	-	-	-		
jun-09	-	-	-		
TOTAL	426	65.222,00	153,1	90	0,59

Fuente: UTE CHM - PLODER

Tabla N°165 Excavadora Cat 345 b

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	47	7.965,00	169,47		
sep-08	217	40.113,00	184,85		
oct-08	169	29.190,00	172,72		
nov-08	230	33.289,00	144,73		
may-09	108	18.490,00	171,2		
jun-09	188	33.780,00	179,68		
TOTAL	959	162.827,00	169,79	90	0,53

Fuente: UTE CHM - PLODER

Tabla N°166 Excavadora Cat 330

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	44	5.580,00	126,82		
sep-08	258	34.982,00	135,59		
oct-08	131	17.065,00	130,27		
nov-08	250	30.527,00	122,11		
abr-09	43	5.586,00	129,91		
may-09	22	2.890,00	131,36		
TOTAL	748	96.630,00	129,18	78	0,6

Fuente: UTE CHM - PLODER

Tabla N°167 Excavadora volvo ec-290

MES	HORAS	M3	M3/H	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
oct-08	139	15.123,00	108,8		
nov-08	289	29.393,00	101,71		
abr-09	-	-	-		
may-09	-	-	-		
jun-09	-	-	-		
TOTAL	428	44.516,00	104,01	72	0,69

Fuente: UTE CHM - PLODER

Tabla N°168 Rendimientos de transporte c/ centauro o 3 ejes

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	-	-	-		
sep-08	-	-	-		
oct-08	-	-	-		
nov-08	103	1.974,00	5,03		
abr-09	-	-	-		
may-09	-	-	-		
jun-09	-	-	-		
TOTAL	103	1.974,00	19,17	33	1,72

Fuente: UTE CHM - PLODER

Tabla N°169 c/ bañera

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	-	-	-		
sep-08	661	14.450,00	3,99		
oct-08	1.926,00	60.715,00	4,28		
nov-08	3.430,00	68.310,00	5,34		
abr-09	152	6.430,00	1		
may-09	190	8.060,00	1		
jun-09	24	1.020,00	1		
TOTAL	6.383,00	158.985,00	24,91	40	1,61

Fuente: UTE CHM - PLODER

Tabla N°170 c/ dumper 35 tm

MES	HORAS	M3	KM	PRECIOS	
				\$/H	\$/M3
ago-08	171	13.545,00	1		
sep-08	955	60.645,00	1		
oct-08	883	57.240,00	1		
nov-08	1.152,00	59.145,00	1		
abr-09	85	7.590,00	1		
may-09	185	13.320,00	1		
jun-09	451	32.760,00	1		
TOTAL	3.882,00	244.245,00	62,92	72	1,14

Fuente: UTE CHM - PLODER

En todos los casos estudiados y en los casos de transporte extravial, las pistas por donde se transita están en todo momento acondicionadas mediante el empleo de motoniveladora y tanqueros de agua.

6.7.5 Precios De La Maquinaria

Para poder valorar el coste de la excavación en desmonte se precisa conocer el precio de las distintas máquinas que intervienen en su ejecución. Estos precios son variables como consecuencia de varios factores: el IPC, el precio del combustible y sobre todo la situación económica en la que se desarrolla cada caso. La variación del precio de la

maquinaria como consecuencia del IPC se produciría anualmente. El precio del combustible varia de forma menos regular.

El combustible es el componente del precio con mayor variabilidad y más difícil de estimar a largo plazo. El peso del combustible en el total del precio de la maquinaria gira en torno al 30%. Por tanto, la situación económica que se viva, en el momento en el que se desarrollan los trabajos, tiene una marcada influencia. Cuando la situación económica es pésima, como pueda ocurrir en la actualidad, los precios van a la baja sin ningún tipo de criterio objetivo. Esta variación es totalmente subjetiva en función de la necesidad de trabajo, por motivos financieros, de quien dispone de maquinaria. La composición del precio por hora de una maquina cualquiera mantiene el esquema siguiente:

Excavadora Cat 345 c

Tabla N° 171. Precios de la maquinaria

COSTES	\$/H
AMORTIZACIÓN	\$ 46,76
MAQUINISTA	\$ 11,36
COMBUSTIBLE	\$ 10,80
MANTENIMIENTO (5%)	\$ 4,21
GASTOS GENERALES (13%)	\$ 11,49
PRECIO FINAL	\$ 84,70

	PRECIO DE COMPRA	AÑOS DE AMORTIZ	HORAS AÑO	\$/H
AMORTIZACIÓN	395000,00	4,00	2112,00	46,76

	\$/MES	H/MES	\$/H
MAQUINISTA	2000,00	176,00	11,36

	L/H	PRECIO	\$/H
COMBUSTIBLE	40,00	0,27	10,80

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

En la estructura del coste intervienen: la amortización del desembolso para la compra de la máquina, el salario del maquinista, el consumo del combustible (40 litros/hora en el caso descrito), los gastos de mantenimiento y por último los gastos generales que cada empresa tenga.

6.7.6 Ejemplo de aplicación del documento.

Excavación con transporte a relleno compactado.

En tierra común (rendimiento medio).

Excavación llevada a un relleno compactado empleando el sistema de Bulldozer-cargador frontal – camión, para un suelo compuesto por tierra común y en donde el rendimiento de la maquinaria comprendida se obtendrá de los cuadros anteriormente mostrados. Para el cálculo del costo de llevar el material excavado a terraplén, se consideran: para la partida de excavación, 1 Bulldozer y 2 cargadoras frontales y para el transporte, 4 camiones. Para la confección del relleno con el material excavado, se consideran 2 motoniveladoras, 2 rodillos compactadores. Para realizar las comparaciones necesarias en el anexo D se encuentra la guía del programa realizado para calcular los rendimientos y costos de la excavación y el transporte.

Rendimiento TRACTOR D/9 410 hp.

Cuadro de rendimientos de arranque o escarificado.

Tabla N°172 Cuadro de rendimientos de arranque o escarificado

VEHÍCULO	(M3b/H)	PRECIO(\$)
	RENDIMIENTO CALCULADO	
TRACTOR D/9H 410 HP	126,35	78,00
TRACTOR D/10T 580 HP	175,00	130,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

$R = 126,35 \text{ M3b/H.}$

$P = 78,00 \text{ \$/H.}$

Entonces el precio unitario de ARRANQUE O ESCARIFICADO será.

$$\text{Costo} = \frac{78,00 \text{ \$/H}}{126,35 \text{ M3b/H}}$$

$$\text{Costo} = 0,62 \text{ \$/M3}$$

La maquinaria restante será tomada de los cuadros.

Tabla N° 173 Costos de las diferentes maquinarias por hora

Maquinaria	Características	RENDIMIENTO CALCULADO m3b/hrs.	Costo Horario \$
Cargadora Frontal	Cat 950 con capacidad de 3,5 m3	93,00	50,00
Camión Tolva	Diésel de 15 m3	49,70	28,00
Motoniveladora	Cat 140M	120,00	45,00
Rodillo Compactador	10 ton	180,89	20,00
Camión Cisterna	5000 lt	85,00	3000/mes

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Cargadora frontal:

$$R=93\text{m3b/h}$$

$$P=50,00 \text{ \$/h}$$

Entonces tenemos el costo:

$$\text{Costo} = \frac{50,00 \text{ \$/H}}{93,00 \text{ M3b/H}}$$

$$\text{Costo} = 2 * 0,54 \text{ \$/H}$$

$$\text{Costo} = 1,08 \text{ \$/H}$$

Transporte

Se utiliza el camión centurión 16 ton terreno arenoso.

Tabla N° 174 Tabla de rendimientos de transportes.

TIPO DE VEHÍCULO		(M3b/viaje)				V (KM/H)	PRECIO \$
		TERRENO ARENOSO	TERRENO ARCILLOSO	TERRENO GRAVOSO	TERRENO ROCOSO		
CENTURIÓN 16 T	EXTRAVIAL	11,00	10,00	10,00	7,00	15,20	33,00
	VIAL	9,00	8,00	8,00	7,00	23,49	33,00
BAÑERA 22 TM	EXTRAVIAL	16,00	14,00	13,00	10,00	13,97	40,00
	VIAL	13,00	12,00	11,00	10,00	23,15	40,00
DUMPER 35 TM	EXTRAVIAL	19,00	18,00	17,00	15,00	25,91	72,00

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Rendimiento de excavación necesitamos como datos para dimensionar el transporte.

Tabla N° 175 Cálculo del coste del transporte.

Cálculo del costo del transporte	
Tiempo carga	3,80
Tiempo ida	5,00
Tiempo descarga	1,00
Tiempo vuelta	5,00
Tiempo maniobra	1,00
Tiempo total (min)	15,80
Rendimiento de (excavación)=	126,35
Capacidad del transporte (M3/viaje)	15,00
Numero de ciclos realizados en 1 hora. (60min/Tiempo total)	3,80
Dato de Tablas de acuerdo a la distancia de transporte (M3/H med)	39,00
Datos de tablas costo por hora promedio (\$/H)	28,00
Número de Camiones necesarios.	3,00
Horas de trabajo al día (H/trabajo)	10,00
Viajes/día	38,00
Costo del transporte (\$/m3)	0,72

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

$$R = 126,35 \text{ M3b/H.}$$

Entonces el costo del transporte será:

$$\text{Costo del transporte} = 3 * 0,72 \text{ \$/m}^3$$

Costo del transporte = 2,16 \$/m³

El costo por hora de la maquinaria restante lo tomaremos del siguiente cuadro.

Entonces:

Tabla N° 176 Costos y Rendimientos de las maquinarias.

Maquinaria	Características	RENDIMIENTO m³b/hrs.	Costo Horario \$
Camión Tolva	Diésel de 15 m ³	49,70	28,00
Motoniveladora	Cat 140M	120,00	45,00
Rodillo Compactador	10 ton	80,89	80,00
Camión Cisterna	5000 lt	85,00	3000/mes

Autor: Cadena V. Ingeniería Civil. (2013)

Compactador.

$$\text{Costo compactación} = \frac{2 \cdot 80 \$/h}{80,89 \text{ m}^3/h}$$

$$\text{Costo compactación} = 1,98 \$/m^3$$

Motoniveladora.

$$\text{Costo conformación} = \frac{2 \cdot 45 \$/h}{120 \text{ m}^3/h}$$

$$\text{Costo conformación} = 0,75 \$/m^3$$

Una vez que se ha terminado con el cálculo de cada una de las maquinas que realizan el trabajo se procederá a sumar cada uno de los costos obtenidos.

$$\text{Costo de escarificado} = 1,62 \$/m^3$$

$$\text{Costo de carga} = 1,08 \$/m^3$$

$$\text{Costo del transporte} = 2,16 \$/m^3$$

$$\text{Costo compactación} = 1,98 \$/m^3$$

$$\text{Costo conformación} = 0,75 \$/m^3$$

$$\text{Costo Total} = 7,59 \$/m^3$$

6.8 ADMINISTRACIÓN

El proyecto contempla la facilidad de que el usuario encuentre información relevante al proceso con la participación de sus comentarios y ayudas sobre nuevos procesos que ayuden a mejorar el proyecto.

En caso de tratarse de una empresa encargada de realizar los trabajos el aporte es importante debido a que se calculará de manera acertada el Movimiento de Tierras, para lo cual el profesional tendrá el conocimiento previo y administrará el proyecto con las debidas precauciones.

La herramienta está enfocada para que el residente de obra la pueda ir utilizando de tal forma que controle los rendimientos que cada proceso constructivo.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Con lo dicho anteriormente se puede decir que del personal encargado del movimiento de tierras será la responsabilidad que cada una de las actividades destinadas se cumpla con las características de las especificaciones del contrato, así como tomar muy en cuenta las sugerencias del personal con años de experiencia de ser el caso, de lo contrario buscar la solución al inconveniente que se pueda presentar en torno a la excavación.

Finalmente cabe señalar que para cada excavación existen varias formas de comenzar pero lo importante es empezar antes que los plazos concluyan y encontrarnos en aprietos por no tomar las decisiones correctas.

BIBLIOGRAFÍA

Cámara de la Construcción de Quito. Revista Construcción. No. 171. Septiembre 2001.

Díaz R. M. (1996) Maquinaria de Construcción. Publicación de la E.U. Ingeniería Técnica de Obras Públicas de Madrid.

González A. A, Cherné J. T. El impacto ambiental en las obras de movimientos de tierras.

Kraemer C, Mac G. H. Volumen I. (2009) Ingeniería en Carreteras, Volumen I Rendimiento de equipo caminero.

Osses R.M. (2008). Factores incidentes en la determinación de costos de Movimiento de Tierras. Tesis de la Universidad de Chile.

Palencia E., (1984). Consideraciones sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para el movimiento de tierras.

Peurifoy R. L. (1971). Planeamiento y Equipos de Construcción.

Tiktin J., (1997). Medidas correctoras del impacto ambiental en las infraestructuras lineales. Publicación del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Linkografía

[Manual-rendimiento-maquinaria-pesada-caterpillar.pdf](#)

[Maquinarias y Rendimientos.pdf](#)

[Rendimiento-tractores.pdf](#)

[Tractor Calculo Del Rendimiento.pdf](#)

[Vargas_Sanchez_Roberto_44683.pdf](#)

ANEXOS

ANEXO A

Tabla de tiempo de ciclos

Fecha: 07 de Julio hasta 25 de Julio del 2013

Maquinaria: Equipo caminero necesario para tomar los tiempos.

Horometro/kilometraje: Dependerá de cada maquinaria ya que algunas no cuentan con horometros

Trabajo a realizarse: en cada una de las excavaciones se presentan los equipos que se muestran a continuación en la tabla los mismos que cumplen con las funciones de excavación para cada frente de trabajo el cual es la conformación de taludes con bermas.

Los datos tomados deben reflejar sus medidas en segundos para el caso de excavación utilizando excavadoras y los demás equipos muestran las unidades necesarias.

VEHÍCULO	KM	T (MIN/V)	T CARGA	T DESCARGA	T MANIO BRA	T I+V	V(KM/H)
Mack 234	1	15,4	2	2,5	1	9,9	25
Mack 235	1	15,5	2	2,5	1	10	25
Mack 236	1	15	2	3	1	9	20
Mack 237	1	15,4	2	1,5	1	10,9	25
Mack 238	1	15,4	2	3	1	9,4	20
International	2	15,45	2	3	1	9,45	40
International	2	15,5	2	3	1	9,5	40
International	2	15,3	2	4	1	8,3	45
International	2	15,4	2	3	1,5	8,9	45
International	2	15,4	2	4	1,5	7,9	45
Bulldozer		2,5					10
Cargadora		2,1					20
Excavadora		32,83seg					0
Transportes		15,39					30
Motoniveladora		3,49hrs.					6
Compactador		15					12,87
Tanquero		85,5					30

Observaciones: Ninguna.

ANEXO C

Manual de utilización de la herramienta de cálculo

Introducción:

El presente manual explica la forma como ingresar datos a la herramienta para el cálculo de rendimiento, costo de la maquinaria involucrada en la excavación para la conformación de subrasantes que a continuación se muestra, se debe señalar que los rendimientos se calculan tanto para cuando se utiliza la maquinaria de las tablas de la hoja de cálculo y de igual forma si no se encuentran en las tablas el usuario podrá ingresarlas en los casilleros respectivos considerando que el documento fue realizado para ingresar los datos manualmente y ser modificado para su mejora.

Pasos para ingresar los datos:

- 1.- Todos los datos de los casilleros azules son ingresados manualmente.
- 2.- Actualice los costos por hora de alquiler de maquinaria (Casillero azul).

Tabla A. ACTUALICE LOS PRECIOS

COSTOS (\$/hrs)	
DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
ARRANQUE O ESCARIFICADO	78,00
CARGADORA FRONTAL	50,00
EXCAVACIÓN Y CARGA	60,00
TRANSPORTE	28,00

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

- 3.- Click en la hoja de cálculo (Detalle excavación N° 1).

CÁLCULO DE COSTOS DE EXCAVACIÓN Y TRANSPORTE.

VOLADURA.

Tabla B. Precio de la Voladura.

DESCRIPCIÓN	TERRENO ROCA
PRECIO (\$/M3b)	\$ 5,20

Fuente: Cámara de la Construcción de Ambato

2.- ARRANQUE O ESCARIFICADO.

Rto (m³/h)

Precio (\$/h)

TABLA N°1 Rendimiento y costo del Bulldozer

VEHÍCULO	(M ³ b/H)	PRECIO (\$)
	RENDIMIENTO	
TRACTOR D/9H 410 HP	126,35	78,00
TRACTOR D/10T 580 HP	175,00	130,00

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil.

CÁLCULO DEL COSTO

En caso de tratarse de algún TRACTOR que no conste en la Tabla N° 1, el rendimiento será calculado y se ingresará datos en los casilleros azules, VERIFICAR las unidades que se indican.

Tabla N°2 Cálculo de costo y rendimiento.

RENDIMIENTO (m³/h) =	163,93
CAPACIDAD DE LA CUCHILLA (m ³)=	11,70
FACTOR DE ABUNDAMIENTO=	1,18
TIEMPO DE CICLO (mín.)=	2,50
COSTO (\$/M³) =	0,48

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil.

Los valores que se ingresan a continuación son tomados de la Tabla N° 1

INGRESE EL VALOR DE RENDIMIENTO TABLA N° 1 =	126,35
COSTO POR HORA DE MAQUINARIA (\$/h)=	78,00
COSTO (\$/M³) =	0,62

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil.

3.- CARGADORA FRONTAL

Tabla N°3 Características de la maquinaria

Maquinaria	Características	Capacidad cucharón m3	PRECIO \$
Cargador Frontal	Cat 950H C7	3,5	50,00

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil.

Cucharones Cargador de Ruedas 950H	
Capacidad de los cucharones	2,5-3,5 m ³
Capacidad máxima	3,5 m ³

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

COSTO DE LA CARGADORA

El rendimiento de esta maquinaria será calculado de la siguiente forma:

Tabla N°4 Calculo de costo y rendimiento

RENDIMIENTO (m3/h) =	67,91
FACTOR DE ABUNDAMIENTO=	1,10
TIEMPO DE CICLO (mín.)=	2,10
COSTO (\$/M3) =	0,74

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil.

4.- Click en la hoja de cálculo (Detalle excavación N° 2)

4.- EXCAVACIÓN Y CARGA

Tabla N° 5 Rendimientos y Precios por hora

TIPO DE EXCAVADORA	RENDIMIENTO (M3b/H)			PRECIO (\$)
	TERRENO COMPACTO	TERRENO SUELTO	ROCA	
EXCAVADORA 320C	113,09	58,00	--	49,00
EXCAVADORA 322 B L	153,49	122,79	--	53,00
EXCAVADORA 330B L	187,26	133,43	108,80	72,00
EXCAVADORA 330B L	218,49	159,11	135,59	78,00
EXCAVADORA 345B	264,28	162,47	136,60	80,00
EXCAVADORA 345B L – FIX	284,15	198,91	184,85	90,00
EXCAVADORA 345B L – VG	302,79	242,23	210,50	100,00
EXCAVADORA 375	392,09	294,07	273,48	130,00

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil.

CÁLCULO DEL COSTO

En caso de tratarse de otro tipo de excavadora el rendimiento tendrá que ser calculado

Tabla N° 6 Rendimiento y costo

RENDIMIENTO (m³/h) =	81,84
CAPACIDAD DEL CUCHARON (m ³)=	1,30
FACTOR DE ABUNDAMIENTO=	1,20
TIEMPO DE CICLO (seg)=	32,83
COSTO (\$/M3) =	0,73

Autor: Cadena V. Estudiante de

Ingeniería Civil.

Los valores que se ingresan a continuación son tomados de la Tabla N°5

INGRESE EL VALOR DE RENDIMIENTO TABLA N° 2 =	113,09
COSTO POR HORA DE MAQUINARIA (\$/h)=	49,00
COSTO (\$/M3) =	0,43

Autor: Cadena V. Estudiante de

Ingeniería Civil.

5.- TRANSPORTE

En caso de que las tablas no cuenten con el tipo de transporte que será utilizado el rendimiento será calculado de la siguiente forma:

Tabla N°7 Rendimiento

Rendimiento (m ³ /h)	47,28
EFICIENCIA=	0,83
CAPACIDAD DEL VALDE (M3)=	15
TIEMPO DE CICLO (min)=	15,80

Autor: Cadena V. Estudiante de

Ingeniería Civil.

Tabla N° 8 Costo de transporte

Cálculo del costo del transporte	
Tiempo carga	3,80
Tiempo ida	5,00
Tiempo descarga	1,00
Tiempo vuelta	5,00
Tiempo maniobra	1,00
Tiempo total (min)	15,80
Rendimiento de la (excavación)=	126,35
Capacidad del transporte (M3/viaje)	15,00
Numero de ciclos realizados en 1 hora. (60min/Tiempo total)	3,80
Rendimiento del volquete (M3/H)	47,28
Número de Camiones necesarios.	3
Horas de trabajo al día (H/trabajo)	10,00
Viajes/día	38
Costo del transporte (\$/m3.km)	0,59

Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil.

5.- Revisar que distancia de transporte existe para el material en el detalle de las hoja de cálculo que se encuentran en el archivo, cabe mencionar que para cada tipo de transporte se trabaja con los tiempos promedios de carga, descarga, maniobras, etc., es por ello que se debe especificar qué tipo de transporte se utilizará y la distancia respectiva, las tablas cuentan con los costos respectivos para cada distancia según corresponda.

6.- Los datos ingresados pueden manipularse y los procedimientos pueden ser mejorados según corresponda para cada obra en especial, teniendo en cuenta las unidades que se están ingresando.

Anexo D

Figura 17. Desbroce, desbosque y limpieza.



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Figura 18. Excavación en suelo.



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Figura 19. Excavación Marginal



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Figura 20 Relleno y Compactación



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Figura 21 Topografía del terreno



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Figura 22 Relleno y compactación tramo (0+800 – 1+020)



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Figura 23. Mantenimiento permanente de la vía (control de polvo con tanqueros de agua).



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Figura 24. Camión Centauro



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Figura 25 c/bañera



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

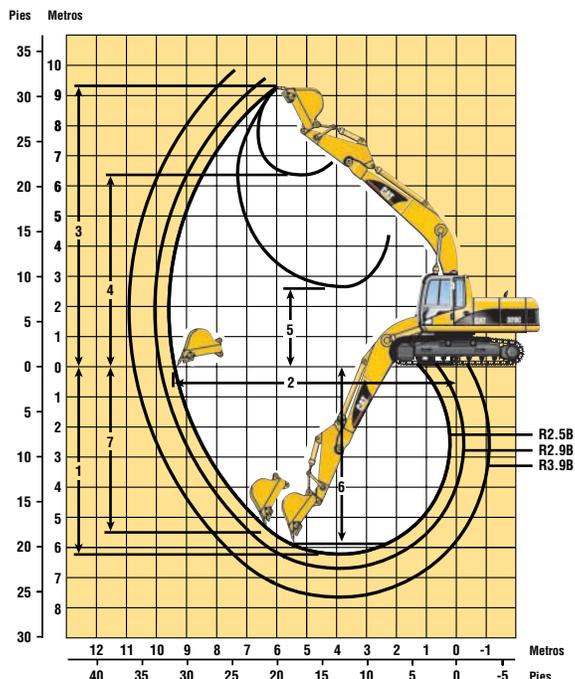
Figura 26 C/Dumper.



Autor: Cadena V. Estudiante de Ingeniería Civil. (2013)

Límites de alcance de la excavadora de alcance

Configuración de Pluma de alcance (R)



Peso de los componentes principales

Plumas: incluyendo tuberías, cilindros de la pluma, cilindros del brazo y luz lateral izquierda

	kg	lb
Alcance	2.030	4.476
Alcance (SA)	2.194	4.838

Brazos: incluyendo cilindro y varillaje del cucharón

	kg	lb
R3.9B	1.250	2.756
R2.9B	999	2.203
Brazo R2.9B SA	1.101	2.427
R2.5B	974	2.148
R2.5B SA	1.038	2.289
Contrapeso	3.850	8.500

Longitud del brazo	R3.9B (12'8")	R2.9B (9'7")	R2.5B (8'2")
Cucharón	1 m³ (1,3 yd³)	1 m³ (1,3 yd³)	1 m³ (1,3 yd³)
1 Profundidad máxima de excavación	7,66 m (25'1")	6,72 m (22'0")	6,33 m (20'9")
2 Alcance máximo a nivel del suelo	10,71 m (35'2")	9,86 m (32'4")	9,46 m (31'0")
3 Altura máxima de corte	9,82 m (32'2")	9,49 m (31'1")	9,30 m (30'6")
4 Altura máxima de carga	6,85 m (22'5")	6,50 m (21'4")	6,30 m (20'8")
5 Altura mínima de carga	1,23 m (4'0")	2,17 m (7'11")	2,59 m (8'5")
6 Corte de profundidad máximo para 2.440 mm (8') con fondo plano	7,31 m (24'0")	6,37 m (20'10")	5,95 m (19'6")
7 Profundidad máxima de excavación en pared vertical	6,86 m (22'6")	6,05 m (19'10")	5,65 m (18'6")

Fuerzas del cucharón y del brazo

Cucharones de potencia

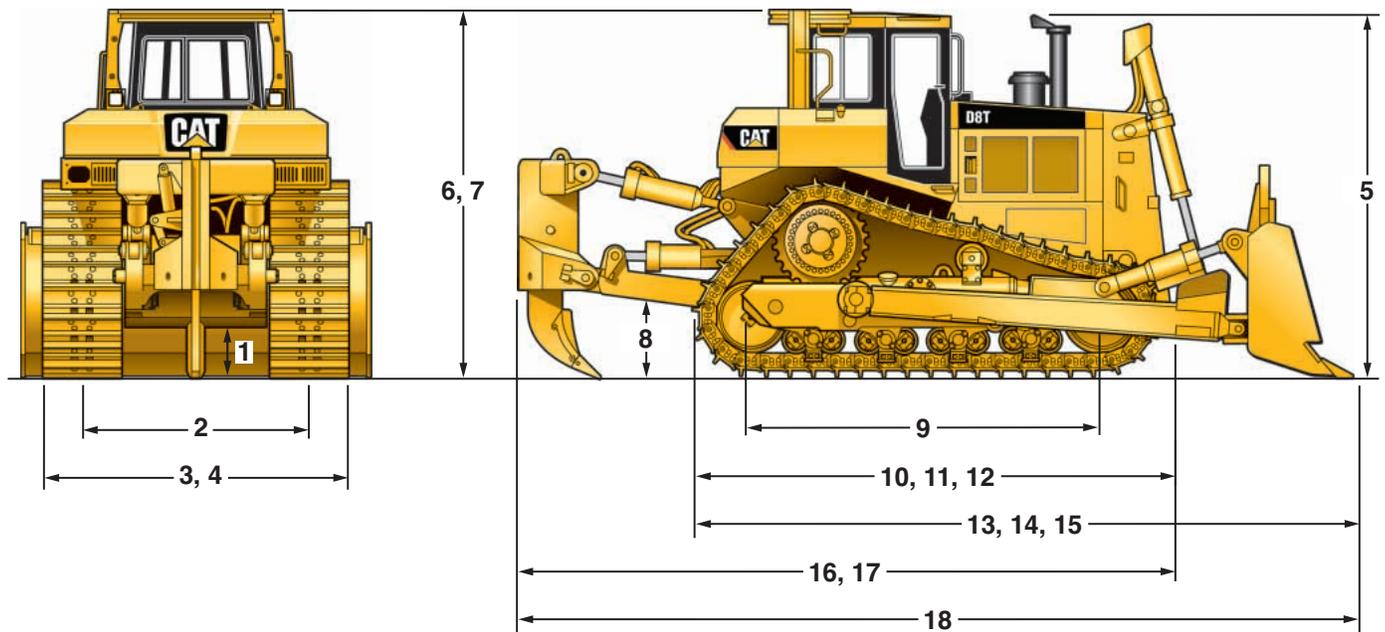
Brazo	R3.9B (12'8")		R2.9B (9'7")		R2.5B (8'2")	
Fuerza de excavación del cucharón (ISO)	159 kN	35.800 lb	159 kN	35.800 lb	159 kN	35.800 lb
Fuerza de excavación del brazo (ISO)	86 kN	19.300 lb	103 kN	23.100 lb	117 kN	26.300 lb
Fuerza de excavación del cucharón (SAE)	142 kN	31.800 lb	142 kN	31.800 lb	142 kN	31.800 lb
Fuerza de excavación del brazo (SAE)	84 kN	18.900 lb	100 kN	22.400 lb	113 kN	25.400 lb

Cucharones de servicio pesado (HD) y de servicio pesado para rocas (HDR)

Brazo	R3.9B (12'8")		R2.9B (9'7")		R2.5B (8'2")	
Fuerza de excavación del cucharón (ISO)	145 kN	32.500 lb	145 kN	32.500 lb	145 kN	32.500 lb
Fuerza de excavación del brazo (ISO)	84 kN	18.900 lb	100 kN	22.500 lb	113 kN	25.500 lb
Fuerza de excavación del cucharón (SAE)	128 kN	28.900 lb	128 kN	28.900 lb	128 kN	28.900 lb
Fuerza de excavación del brazo (SAE)	82 kN	18.500 lb	97 kN	21.800 lb	110 kN	24.600 lb

Dimensiones y Pesos

Todas las dimensiones son aproximadas.



1	Espacio libre sobre el suelo	618 mm	24,3 pulg
2	Entrevía	2,08 m	82 pulg
3	Ancho sin muñones (zapata estándar)	2.642 mm	8,7 pie
4	Ancho sobre los muñones	3.057 mm	10 pie
5	Altura (hasta el tubo de escape vertical)	3.448 mm	11,3 pie
6	Altura (cabina FOPS)	3.456 mm	11,34 pie
7	Altura (ROPS / techo)	3.461 mm	11,35 pie
8	Altura de la barra de tiro (centro de la horquilla)	708 mm	27,87 pulg
9	Longitud de la cadena sobre el terreno	3.207 mm	126,26 pulg
10	Longitud total del tractor básico	4.641 mm	15,2 pie

11	Longitud del tractor básico con barra de tiro	4.998 mm	16,4 pie
12	Longitud del tractor básico con cabrestante	5.275 mm	17,3 pie
13	Longitud con hoja SU	6.091 mm	20 pie
14	Longitud con hoja U	6.434 mm	21,1 pie
15	Longitud con hoja A	6.278 mm	20,6 pie
16	Longitud con desgarrador de un vástago	6.422 mm	21 pie
17	Longitud con desgarrador de vástagos múltiples	6.344 mm	20,8 pie
18	Longitud total (hoja SU/Desgarrador SS)	7.872 mm	25,8 pie

Transmisión

Avance 1	3,4 kph	2,1 mph
Avance 2	6,1 kph	3,8 mph
Avance 3	10,6 kph	6,6 mph
Retroceso 1	4,5 kph	2,8 mph
Retroceso 2	8 kph	5 mph
Retroceso 3	14,2 kph	8,8 mph
1a de avance – Fuerza en la barra de tiro (1.000)	618,5 N	139 lbf
2a de avance – Fuerza en la barra de tiro (1.000)	338,2 N	76 lbf
3a de avance – Fuerza en la barra de tiro (1.000)	186,9 N	42 lbf

Hojas

Tipo	8SU	
Capacidad (SAE J1265)	8,7 m ³	11,4 yd ³
Ancho (sobre cantoneras)	3.940 mm	12,9 pie
Altura	1.690 mm	5,5 pie
Profundidad de excavación	575 mm	22,6 pulg
Espacio libre sobre el suelo	1.225 mm	48,2 pulg
Inclinación máxima	883 mm	34,8 pulg
Peso* (sin controles hidráulicos)	4.789 kg	10.557 lb
Peso total en orden de trabajo** (con hoja y desgarrador de un solo vástago)	38.488 kg	84.850 lb
Tipo	8U	
Capacidad (SAE J1265)	11,7 m ³	15,3 yd ³
Ancho (sobre cantoneras)	4.267 mm	14 pie
Altura	1.740 mm	5,71 pie
Profundidad de excavación	575 mm	22,6 pulg
Espacio libre sobre el suelo	1.225 mm	48,2 pulg
Inclinación vertical máxima	954 mm	37,5 pulg
Peso* (sin controles hidráulicos)	5.352 kg	11.800 lb
Peso total en orden de trabajo** (con hoja y desgarrador de un solo vástago)	39.051 kg	86.093 lb
Tipo	8A	
Capacidad (SAE J1265)	4,7 m ³	6,1 yd ³
Ancho (sobre cantoneras)	4.990 mm	16,3 pie
Altura	1.174 mm	3,85 pie
Profundidad de excavación	628 mm	24,7 pulg
Espacio libre sobre el suelo	1.308 mm	51,5 pulg
Inclinación vertical máxima	729 mm	28,7 pulg
Peso* (sin controles hidráulicos)	5.459 kg	12.035 lb
Peso total en orden de trabajo** (con hoja y desgarrador de un solo vástago)	39.158 kg	86.328 lb

* Incluye cilindro de inclinación de la hoja.

**Peso en orden de trabajo: Incluye controles hidráulicos, cilindro de inclinación de la hoja, refrigerante, lubricantes, lleno de combustible, estructura ROPS, cabina FOPS, hoja, desgarrador de un vástago, zapatas de servicio mediano de 560 mm (22 pulg) y operador.

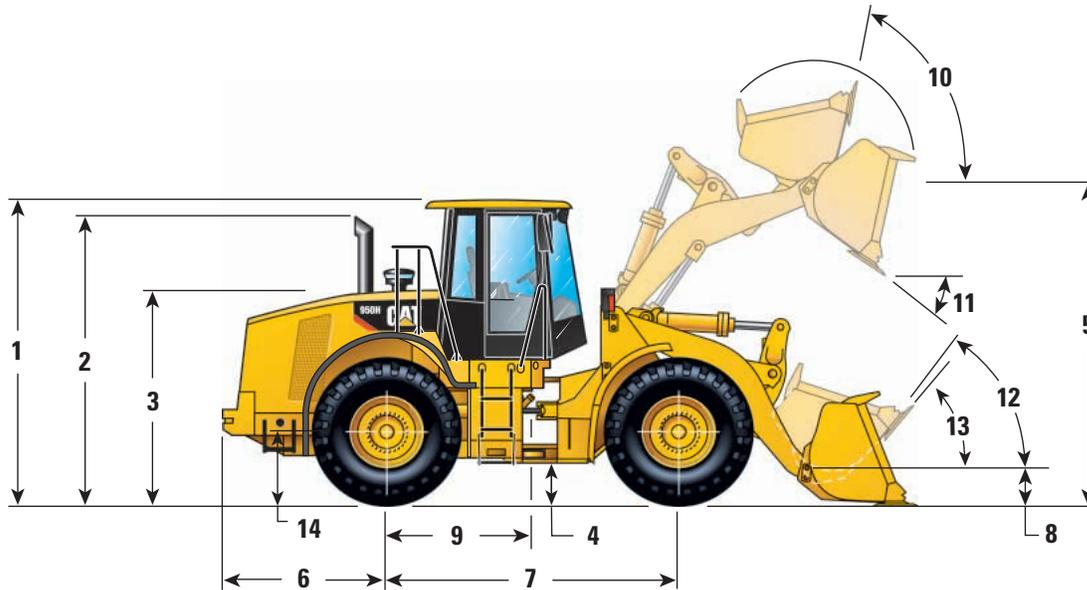
Desgarradores

Tipo	Un solo vástago, en forma de paralelogramo ajustable	
Número de cavidades	1	
Espacio libre máximo, subida (debajo de la punta, con pasador en el orificio inferior)	636 mm	25 pulg
Penetración máxima (punta estándar)	1.130 mm	44,4 pulg
Fuerza de penetración máxima (vástago vertical)	127,3 kN	28.620 lb
Fuerza de desprendimiento	222,7 kN	50.070 lb
Peso (sin controles hidráulicos)	4.085 kg	9.005 lb
Peso total en orden de trabajo* (con hoja SU y desgarrador)	38.488 kg	84.850 lb
Tipo	De vástagos múltiples, en forma de paralelogramo ajustable	
Número de cavidades	3	
Ancho total de la viga	2.464 mm	97 pulg
Espacio libre máximo, subida (debajo de la punta, con pasador en el orificio inferior)	593 mm	23,35 pulg
Penetración máxima (punta estándar)	780 mm	30,7 pulg
Fuerza de penetración máxima (vástago vertical)	124,2 kN	27.920 lb
Fuerza de desprendimiento (desgarrador de vástagos múltiples con un diente)	227,9 kN	51.230 lb
Peso (un vástago, sin controles hidráulicos)	4.877 kg	10.752 lb
Vástago adicional	332 kg	732 lb
Peso total en orden de trabajo* (con hoja SU y desgarrador)	39.280 kg	86.597 lb

* Peso total en orden de trabajo: Incluye controles hidráulicos, cilindro de inclinación de la hoja, refrigerante, lubricantes, lleno de combustible, estructura ROPS, cabina FOPS, hoja semiuniversal, desgarrador de un vástago, zapatas de servicio mediano de 56 mm (22 pulg) y operador.

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



1	Altura a parte sup. de ROPS	3.452 mm	11'4"	8	Altura del pasador del cuch. en acarreo – estándar	455 mm	1'6"
2	Altura a parte sup. de tubo de escape	3.369 mm	11'1"		Altura del pasador del cuch. en acarreo – lev. alto	591 mm	1'11"
3	Altura a parte sup. de capó	2.462 mm	8'1"	9	Línea de centro del eje trasero al enganche	1.675 mm	5'6"
4	Espacio libre sobre el suelo con 23.5R25 (vea otros neumáticos en la tabla de Opciones de neumáticos)	412 mm	1'4"	10	Inclin. atrás a lev. máx.	59,5°	
5	Altura del pasador del cuch. – estándar	3.992 mm	13'1"	11	Ángulo de descarga a lev. máx.	48,2°	
	Altura del pasador del cuch. – lev. alto	4.490 mm	14'9"	12	Inclin. atrás en acarreo	45°	
6	Línea de centro del eje trasero al borde del contrapeso	1.955 mm	6'5"	13	Inclin. atrás en el suelo	38,5°	
7	Distancia entre ejes	3.350 mm	11'0"	14	Altura hasta la línea de centro del eje	748 mm	2'5"

Neumáticos

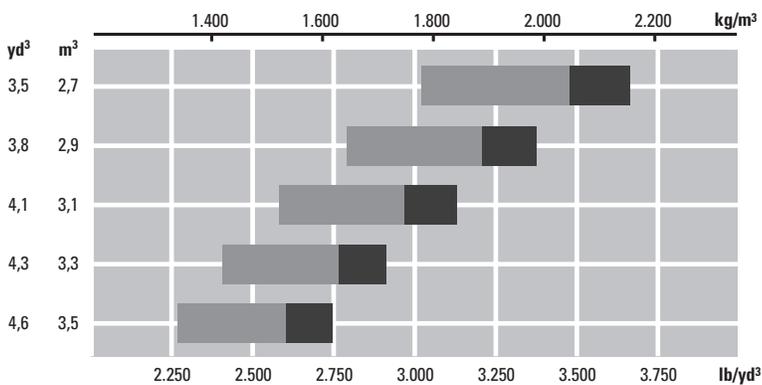
El ancho de la banda de rodadura para 23.5-25 es de 2.140 mm (7'0")

	Ancho con neumáticos		Cambio en las dimensiones verticales		Cambio en el peso en orden de trabajo		Cambio en la carga límite de equilibrio estático	
	mm	pulg	mm	pulg	kg	lb	kg	lb
23.5R25 VSW BS L2 radiales	2.862	113	6	0,2	20	44	14	31
23.5R25 VUT D2A BS L2 radiales	2.866	113	10	0,4	-41	-90	-29	-64
23.5R25 XTLA MX L2 radiales	2.801	110	7	0,3	-112	-247	-79	-174
23.5R25 VMT BS L3 radiales	2.851	112	3	0,1	124	273	88	194
23.5R25 XHA MX L3 radiales	2.784	110	0	0,0	0	0	0	0
23.5R25 XMINE MX L5 radiales	2.807	111	26	1,0	872	1.923	619	1.365
750/65R25 XLD MX L3 radiales	2.879	113	7	0,3	460	1.014	326	719
23.5-25 SGGL FS L2 telas sesgadas	2.834	112	14	0,6	-472	-1.041	-335	-739

Especificaciones de operación

		Cucharones de uso general								
		Cuchillas empernables			Cuchillas empernables			Cuchillas empernables		
		Dientes	Dientes y segmentos	Cuchillas empernables	Dientes	Dientes y segmentos	Cuchillas empernables	Dientes	Dientes y segmentos	Cuchillas empernables
Capacidad nominal del cucharón (§)	m ³	2,50	2,70	2,70	2,70	2,90	2,90	2,90	3,10	3,10
	yd ³	3,25	3,50	3,50	3,50	3,75	3,75	3,75	4,00	4,00
Capacidad a ras (§)	m ³	2,11	2,26	2,26	2,30	2,45	2,45	2,49	2,65	2,65
	yd ³	2,76	2,96	2,96	3,00	3,20	3,20	3,26	3,47	3,47
Ancho (§)	mm	2.994	2.994	2.927	2.994	2.994	2.927	2.994	2.994	2.927
	pie/pulg	9'10"	9'10"	9'7"	9'10"	9'10"	9'7"	9'10"	9'10"	9'7"
Altura de descarga a lev. máx. y descarga de 45° (§)	mm	2.873	2.873	2.974	2.824	2.824	2.926	2.819	2.819	2.922
	pie/pulg	9'5"	9'5"	9'9"	9'3"	9'3"	9'7"	9'3"	9'3"	9'7"
Alcance a lev. máx. y descarga de 45° (§)	mm	1.282	1.282	1.182	1.315	1.315	1.215	1.300	1.300	1.202
	pie/pulg	4'2"	4'2"	3'11"	4'4"	4'4"	4'0"	4'3"	4'3"	3'11"
Alcance con brazo de lev. y cucharón horiz. (§)	mm	2.575	2.575	2.433	2.635	2.635	2.493	2.630	2.630	2.488
	pie/pulg	8'5"	8'5"	8'0"	8'8"	8'8"	8'2"	8'8"	8'8"	8'2"
Profundidad de excavación (§)	mm	62	92	92	62	92	92	62	92	92
	pulg	2,44	3,62	3,62	2,44	3,62	3,62	2,44	3,62	3,62
Longitud total	mm	8.086	8.086	7.933	8.146	8.146	7.993	8.141	8.141	7.988
	pie/pulg	26'6"	26'6"	26'0"	26'9"	26'9"	26'3"	26'9"	26'9"	26'2"
Altura total con el cucharón subido al máximo	mm	5.329	5.329	5.329	5.386	5.386	5.386	5.443	5.443	5.443
	pie/pulg	17'6"	17'6"	17'6"	17'8"	17'8"	17'8"	17'10"	17'10"	17'10"
Radio del círculo del cargador con el cucharón en acarreo (§)	mm	7.075	7.075	7.002	7.090	7.090	7.017	7.089	7.089	7.016
	pie/pulg	23'3"	23'3"	23'0"	23'3"	23'3"	23'0"	23'3"	23'3"	23'0"
Carga de equilibrio estático recto*	kg	12.883	12.587	12.700	12.760	12.468	12.581	12.639	12.351	12.464
	lb	28.407	27.754	28.004	28.136	27.492	27.741	27.869	27.234	27.483
Carga de equilibrio estático a 37° de giro	kg	11.302	11.024	11.136	11.186	10.911	11.024	11.073	10.802	10.915
	lb	24.921	24.308	24.555	24.665	24.059	24.308	24.416	23.818	24.068
Fuerza de desprendimiento** (§)	kN	191,0	173,0	174,0	180,0	164,0	165,0	180,0	164,0	165,0
	lb	42.975	38.925	39.150	40.500	36.900	37.125	40.500	36.900	37.125
Peso en orden de trabajo* (§)	kg	18.182	18.339	18.232	18.236	18.393	18.286	18.288	18.445	18.338
	lb	40.091	40.438	40.202	40.210	40.557	40.321	40.325	40.671	40.435

Guía de selección de cucharones



Densidad del material

