

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA  
PESADA EN LA EJECUCIÓN DE CIERRES DE  
MINA - CASO MAQUI MAQUI NORTE - CAJAMARCA**

**T E S I S**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
Nelson Huingo Calua**

**ASESOR:  
Ing. Lucio Sifuentes Inostroza**

**Cajamarca - Perú  
- 2013 -**

## DEDICATORIA

A mis padres, porque siempre creyeron en mí, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, a su dedicación, su infinito amor y paciencia mostrada a lo largo de este camino, es por ustedes que hoy puedo ver alcanzada una de mis metas.

A todas personas con las que compartimos buenos y malos momentos, es por su incondicional amistad que he llegado a este momento tan gratificante.

## INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pagina</b>
Dedicatoria	ii
Índice de tablas	iii
Índice de figuras	iv
Índice de anexos	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Introducción	viii
CAPITULO I. MARCO TEORICO	1
Antecedentes	1
Bases o modelo teórico	3
Definición de términos básicos	39
CAPITULO II. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	41
Planteamiento del problema	41
Objetivos de la investigación	45
Hipótesis	46
Variables	46
Tipo de investigación y diseño	49
Diseño metodológico	50
Capitulo III. Resultados y discusión	58
Capitulo IV. Conclusiones y recomendaciones	69
Referencias bibliográficas	71
Anexos	72

**INDICE DE TABLAS**

<b>Titulo</b>	<b>Pagina</b>
Tabla 1.1-Especificaciones tractor D6T XL	8
Tabla 1.2-Especificaciones tractor D8R	9
Tabla 1.3-Dimensiones tractor CAT D6T XL	12
Tabla 1.4-Dimensiones tractor CAT D8R	13
Tabla 1.5-Velocidades de desplazamiento	14
Tabla 1.6-Inclinaciones máximas	15
Tabla 1.7-Hojas topadoras	17
Tabla 1.8-Coeficientes aproximados de tracción	19
Tabla 1.9- Factores de corrección según condiciones del trabajo	26
Tabla 1.10-Tabla para calcular tiempos de ciclo-Caterpillar	32
Tabla 1.11-Factores de eficiencia K de las cucharas usadas en palas mecánicas (cucharón de puntas-Shovel)	32
Tabla 1.12-Eficiencia en el trabajo	33
Tabla 1.13-Factores de conversión volumétrica (f)	34
Tabla 1.14-Dimensiones Excavadora Komatsu PC350LC-8 / PC350NLC-8	37
Tabla 1.15-Longitud Balancín Excavadora Komatsu PC350LC-8/PC350NLC-8	39
Tabla 1.16- Opciones de cazos/Fuerza de excavación-Excavadora Komatsu PC350LC-8/PC350NLC-8	39
Tabla 2.1-Especificaciones Tractor CAT D8R	51
Tabla 2.2-Especificaciones Tractor CAT D6T XL	51
Tabla 2.3-Especificaciones Komatsu D65EX-15E0	52
Tabla 2.4-Especificaciones Excavadora Komatsu PC350	52
Tabla 2.5-Fuente de datos	53
Tabla 3.1-Rendimiento tractor CAT D8R	58
Tabla 3.2-Rendimiento tractor Komatsu D65EX-15E0	62
Tabla 3.3-Rendimiento excavadora Komatsu PC350LC-8	67
Tabla 3.4.- Resumen de rendimientos Tractor CAT D8R/Tractor Komatsu D65EX-15E0/ Excavadora Komatsu PC350LC-8	68

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Título</b>	<b>Página</b>
Figura 1.1-Dimensiones de un tractor	10
Figura 1.2-Dimensiones de un tractor	10
Figura 1.3- Dimensiones de un tractor	10
Figura 1.4-Hoja universal para tractor	20
Figura 1.5-Hoja semiuniversal para tractor	21
Figura 1.6-Hoja CD para tractor	21
Figura 1.7-Hoja recta para tractor	22
Figura 1.8-Hoja P para tractor	22
Figura 1.9-Producción calculada-Hojas semiuniversales-D6N hasta D11T	25
Figura 1.10-Factor de corrección por pendiente	26
Figura 1.11-Medidas entre cadenas-producción en obra	28
Figura 1.12-1.13-Dimensiones Excavadora Komatsu PC350LC-8	38
Figura 1.14-Dimensiones Excavadora Komatsu PC350LC-8	38
Figura 3.1- Rendimiento diario tractor CAT D8R-Corte y relleno compensado	60
Figura 3.2- Rendimiento diario tractor CAT D8R-Excavación de material común	61
Figura 3.3- Rendimiento diario tractor Komatsu D65EX-15E0-Corte y relleno compensado	64
Figura 3.4- Rendimiento diario tractor Komatsu D65EX-15E0-Excavación de material común	65
Figura 3.5- Rendimiento diario tractor Komatsu D65EX-15E0-Empuje y extendido de top soil	66
Figura 3.6- Rendimiento diario excavadora Komatsu PC350LC-8-Excavación de material común	68

## INDICE DE ANEXOS

<b>Título</b>	<b>Página</b>
A. Gráficas de normalidad	72
B. Condiciones topográficas del proyecto	78
C. Rendimiento teórico tractor CAT D8R, tractor Komatsu, tractor	79
D. Resumen de metrados semanales	82
E. Resumen de reportes diarios de supervisión y controlador de	83
F. Panel fotográfico	86

## Resumen

El presente proyecto de tesis se desarrolló en Minera Yanacocha en la zona denominada Maqui Maqui, con objetivo de obtener los rendimientos que la maquinaria pesada alcanzó en la ejecución de proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, así mismo la comparación de estos con los rendimientos teóricos. Para la realización de esta investigación se recopilaron datos entre los meses de octubre y diciembre del 2012, mediante observación directa, medición y registro en formatos de reporte diario y de control de equipos, consecuente se obtuvieron los datos para el análisis de un tractor CAT D8R, un tractor Komatsu D65EX-15E0 y una excavadora Komatsu PC 350LC-8; obteniéndose los siguientes resultados: para el tractor CAT D8R un rendimiento de 162.42 m<sup>3</sup>/h en la actividad de corte y relleno compensado y 256.18 m<sup>3</sup>/h en la actividad de excavación de material común, para el tractor Komatsu D65EX-15E0 se registró 112.30 m<sup>3</sup>/h en la actividad de corte y relleno compensado, 176.17 m<sup>3</sup>/h en la actividad de excavación de material común y 166.08 m<sup>3</sup>/h en empuje y extendido de top soil, finalmente la excavadora Komatsu PC350LC-8 alcanzó los 47.04 m<sup>3</sup>/h en la actividad de excavación de material común; con estos rendimientos se logró confirmar la hipótesis la cual menciona que los rendimientos teóricos son menores a los rendimientos alcanzados en la ejecución del proyecto.

Palabras clave: rendimiento, maquinaria pesada, ejecución, actividad.

## Abstrac

This thesis project developed in Minera Yanacocha in the area called Maqui Maqui, aiming to get the heavy machinery yields attained in the implementation of project Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, also comparing these with theoretical yields. To carry out this research data were collected between October and December 2012, by direct observation, measurement and recording on daily reporting formats and equipment control, consistent data were obtained for analysis of CAT D8R tractor , tractor-15E0 and D65EX Komatsu excavator Komatsu PC 350LC-8, with the following results: for the CAT D8R tractor performance 162.42 m<sup>3</sup> / h in the cut and fill activity offset and 256.18 m<sup>3</sup> / h in the excavation activity common material for the Komatsu tractor D65EX-15E0 was recorded 112.30 m<sup>3</sup> / h in the cut and fill activity offset, 176.17 m<sup>3</sup> / h in the activity of common material excavation and 166.08 m<sup>3</sup> / h in extended drive and top soil, finally PC350LC-8 excavator Komatsu reached 47.04 m<sup>3</sup> / h in the material excavation activity common to these yields are able to confirm the hypothesis which states that the theoretical yields are lower than yields made in the implementation of the project.

Keywords: performance, heavy machinery, execution, activity.



## Introducción

Siendo la maquinaria pesada uno de los bienes de capital más costo en los proyectos de movimiento de tierras es lógico preguntarse ¿Cuál es el rendimiento real alcanzado por la maquinaria pesada en la ejecución de un Proyecto en movimiento de tierras?, No obstante esta respuesta no queda restringida a este ámbito, abarca aún más ya que estos rendimientos son de vital importancia en la etapa de planificación y la ejecución de proyectos en movimiento de tierras.

La presente investigación tiene por objetivo calcular los rendimientos alcanzados por la maquinaria pesada utilizada en la ejecución del proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, llevado a cabo entre los meses de octubre y diciembre del 2012, donde se pudo recolectar información a partir de la observación directa y medición, seguidamente el procesamiento de esta información y obtención de los rendimientos alcanzados por la maquinaria pesada en las diferentes actividades que realizaron.

## **CAPITULO I. MARCO TEORICO**

### **1.1. Antecedentes**

**1.1.1. Internacionales.** Entre algunos textos referidos a maquinaria pesada y movimiento de tierras tenemos:

– Máquinas para el movimiento de tierras, Jean Costes, Barcelona-España, 1975; donde se describe la maquinaria pesada utilizada en el movimiento de tierras así como el uso respectivo para cada una de ellas.

– Movimiento de tierras-Manual de excavaciones, Herbert L. Nichols, México, 1966; Donde se describen problemas y soluciones en las diferentes obras cuyas actividades principales son la excavación, acarreo y conformación.

En México, Venezuela y Ecuador se tienen investigaciones sobre la intervención de la maquinaria pesada en el movimiento de tierras, así citaremos algunos títulos:

– “La maquinaria pesada en movimiento de tierras (descripción y rendimiento)”, Roberto Vargas Sánchez, México; en esta tesis se calcula los rendimientos para la maquinaria pesada, a través de fórmulas y ábacos, así mismo se describe el tipo de maquinaria pesada utilizada en el análisis.

- “Estudio de los rendimientos de la maquinaria pesada en distintos escenarios topográficos para el establecimiento de precios referenciales”, Vicente Capriles Raytler-Eduardo Valladares Mota, Venezuela; en esta se analiza el costo de la maquinaria de acuerdo al tiempo de utilización, el costo de la maquinaria de acuerdo al porcentaje de utilización y la evaluación de rendimientos de acuerdo al escenario topográfico y su influencia en los precios unitarios.
- “Consideración sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para el movimiento de tierras”, Edgar Waldemar Palencia, México; Esta tesis se describe el tipo de maquinaria en análisis para luego calcular su rendimiento a través de ábacos y formulas proporcionadas por el fabricante de mencionada maquinaria.
- “Optimización del empleo de maquinarias para el movimiento de tierras de un proyecto vial mediante el uso de diagrama de masas”, Gabriela Elizabeth Andrade Lam-Pedro armando Ramírez Alvarado, Ecuador; Esta tesis está orientada al cálculo de volúmenes de material y los equipos necesarios para la ejecución de este, no obstante involucra también el análisis de los rendimientos de la maquinaria pesada y el cálculo de su costo unitario referencial.

**1.1.2. Nacionales.** Citaremos algunos de los textos referidos a maquinaria pesada y movimiento de tierras tenemos:

- Costos y tiempos en carreteras, de Ibañez donde podemos encontrar información sobre los rendimientos de la maquinaria pesada utilizada en la construcción de carreteras como por ejemplo de tractores, compactadores, motoniveladoras, etc.

– El equipo sus costos de operación, de Jesús Ramos Salazar en colaboración con la Cámara Peruana de la construcción, donde se describe algunos de los parámetros de la maquinaria pesada intervinientes en el cálculo de sus costos unitarios.

**1.1.3. Locales.** Localmente se tiene muy poca información dentro de esta podemos citar:

– Evaluación de rendimientos de maquinaria pesada en la construcción de la plataforma de lixiviación la quinua 7b-MY-Cajamarca, Angelita Bringas, 2010.

– Rendimiento de Maquinaria Pesada-Pad Yanacocha VII-Pad Carachugo X Cajamarca" Minera Yanacocha S.R.L., Ebert Cárdenas-Ángel Ruiz, 2011.

## **1.2. Bases o modelo teórico**

**Rendimiento.** Angelita Milagros Bringas Quispe en Evaluación de rendimientos de maquinaria pesada en la construcción de la plataforma de lixiviación La Quinua Etapa 7B-MY-Cajamarca define al rendimiento como la producción de una máquina en el número de unidades de trabajo que realiza en la unidad de tiempo, generalmente una hora.

**1.2.1. Rendimiento nominal, teórico o máximo (RN).** Es aquel que es capaz de alcanzar una maquina en excelentes condiciones de trabajo y estado técnico, sin interrupciones. Este es el que brindan los fabricantes de los equipos en los catálogos para su venta, en la maquinaria pesada este disminuye con la distancia.

**1.2.2. Rendimiento real (RR).** Será aquel que la maquinaria pesada podrá desarrollar en condiciones reales y más usuales de trabajo, donde se consideran interrupciones por diversas causas (lluvia, roturas imprevistas, mantenimientos al equipo, su mejor o peor adaptabilidad al trabajo a realizar, el estado técnico real que posee experiencias y habilidades de los operadores, etc.). Evidentemente este será siempre menor que el nominal o a lo sumo igual, es decir:  $RR \leq RN$ .

**1.2.3. Maquinaria pesada utilizada en el movimiento de tierras.** En la separata Construcciones I del Ing. Marco Hoyos Saucedo, 2001; para tractores encontramos la siguiente clasificación:

**1.2.4. Tractores.** En movimiento de tierras, se llama tractor a una máquina autónoma que permite:

- El remolque de otras máquinas.
- El sostén y la maniobra de diversos equipos, tales como: cuchilla de bulldozer, pala de empuje, cucharón de carga y se componen de:

#### **A. Clases de tractores**

**A.1. Debido a su forma de rodamiento:** Existen dos tipos:

- Tractor sobre orugas, y
- Tractor sobre neumáticos.

– **Tractor sobre orugas.** Específicamente usado en trabajos que requieren gran potencia o sobre terrenos de poca resistencia (fango, bajo agua, suelos disgregados, o recientemente terraplaneados) así como en terrenos con fuertes pendientes a que son poco veloces y pesados, realizan trabajos en cortas distancias.

– **Tractor sobre neumáticos.** Se usan para trabajos normales sobre terrenos de media resistencia, para remolques a larga distancia, cuando las condiciones de la obra imponen maniobrabilidad en espacio restringido (chasis articulado). Estos tractores tienen menor tracción, mayor velocidad y son más livianos.

**A.2. De acuerdo a la ubicación del lampón:** se clasifican en:

– **Bulldozer (empujador recto).** Es una máquina para excavación y para empuje; se compone de un tractor sobre orugas o sobre dos ejes con neumáticos y es de chasis rígido o articulado; previsto en la parte delantera de una cuchilla horizontal perpendicular al eje longitudinal del tractor (hoja de empuje frontal que puede levantarse o bajarse con un control hidráulico).

Según los trabajos, las hojas tienen formas variadas: recta, cóncava, en U, con aletas (cajón), etc.

– **Angledozer (bulldozer angular).** Cuando el lampón forma un ángulo agudo con el eje del tractor (gira hasta 25° en Caterpillar); este ángulo u orientación se efectúa bien por ajuste manual fijo o mediante cilindros hidráulicos. El lampón es más largo y más estrecho que el del Bulldozer.

- **Tiltadozer (empujador inclinable).** Es un bulldozer, sobre orugas o sobre neumáticos, en el que el lampón se puede inclinar respecto a la superficie del suelo, y esta altura no debe exceder a 30 cm.
- **Tipdozer.** Es un bulldozer, sobre orugas o neumáticos, en el que el lampón puede girar mediante cilindros hidráulicos, alrededor de su eje horizontal para hacer variar el ángulo de corte.

**B. Tractor de Orugas CAT.** En el manual de rendimientos CAT ed. 39, 2010 encontramos las siguientes especificaciones:

#### **B.1. Tractor de orugas CAT D6T XL – CAT D8R**

**B.1.1. Características físicas.** Los motores diésel Caterpillar proporcionan potencia, alta reserva de par, fiabilidad y rendimiento asegurados.


- **Inyectores unitarios electrónicos hidráulicos (HEUI)** en los modelos D5N, D6N (no fabricado en Francia), y D6T optimizan el rendimiento del motor al aumentar la eficiencia de combustible, reducir el humo, mejorar el arranque en frío y aumentar la capacidad de diagnóstico.
- **Dirección diferencial** permite hacer giros de radio infinitamente variables. Es estándar en modelos D6N (fabricado en Francia), D6T, D7R Serie 2, D8R y D8T, permite que el tractor haga “giros con potencia”, manteniendo ambas cadenas trabajando para conseguir una mejor tracción y más rendimiento.
- **Los tractores estándar** estos diseñados para el trabajo pesado como topador y para nivelación general.

- **El Tractor D6T XL** ofrece mayor potencia y bastidores de rodillos más largos con lo que se consigue mayor productividad, flotación y capacidad de nivelación de acabado.
- **La Cadena Sellada y Lubricada** reduce desgaste de pasadores y bujes, lo que reduce los gastos de reparaciones del tren de rodaje. La cadena sellada y lubricada es estándar en los modelos D3K, D4K y D5K, mientras que la cadena de servicio pesado está disponible en los modelos D5N, D6N, D6T y D7R Serie II y prolonga la vida útil de la máquina, lo que reduce el desgaste, el estiramiento y el agrietamiento del pasador/buje.
- **El tren de rodaje SystemOne** prolonga la vida útil del tren de rodaje, mejora la fiabilidad y reduce los costos de posesión y operación, Es estándar en los D6T (todos los lugares de fabricación), D6K y D6N (fabricados en Francia), optativo en los D8T y D8R (fabricados en East Peoria), D3K, D4K, D5K, D5N y D6N (no fabricados en Francia).
- **El tren de rodaje de soportes basculares** en el D8R, D8T, D9T, D10T y D11T reduce los impactos transmitidos al tractor. Permite que la cadena se adapte al terreno escarpado para obtener mejor tracción.
- **El tren de rodaje de montaje rígido**, estándar en los modelos D3K al D7R Serie II (no en el D6K y D6N), y optativo en el D8R y en el D8T, proporciona una plataforma estable para aplicaciones de impactos bajos y alta abrasión. Proporciona un rendimiento óptimo en tareas de nivelación de acabado.
- **Tirante estabilizador** en el D7R Serie II y más grandes; brazos de empuje en “L” en los modelos D6N y D6T. Ambos diseños permiten acercar la hoja topadora al tractor. Esto reduce la longitud total del tractor, mejora su maniobrabilidad y equilibrio y las fuerzas de penetración y desprendimiento con la hoja.



Continuación se detalla las especificaciones resumidas en un cuadro para el tractor D6T XL y el tractor D8R.

**Tabla 1.1-Especificaciones tractor D6T XL**

MODELO	 <b>D6T XL</b>	
Potencia en el volante	149kW	200hp
Peso en orden de trabajo:*	20.148 kg	44.420 lb.
Hoja SU	C9 ACERT	
Modelo de motor		
RPM del motor:	1850	
(con servotransmisión)	6	
Número de cilindros	8.8 L	537 pulg <sup>3</sup>
Cilindrada	7	
Rodillos inferiores (cada lado)	560 mm	22"
Ancho de zapata estándar	560 mm	22"
VPAT	2.84 m	9'4"
Longitud de cadena en el suelo		
Área de contacto con el suelo	3,18 m <sup>2</sup>	4929 pulg <sup>2</sup>
(con zapata estándar)	3,18 m <sup>2</sup>	4929 pulg <sup>2</sup>
VPAT	1.88 m	74"
Entrevía	2.13 m	84"
VPAT		
<b>DIMENSIONES GENERALES</b>		
Altura** (sin techo)***	2.44 m	8'0"
Altura** (hasta la parte superior del techo ROPS)		
Altura** (hasta la parte superior de la cabina ROPS)	3.20 m	10'6"
Longitud total (sin hoja)		
Con hoja S	3.15 m	10'4"
Con hoja SU	3.86 m	12'8"
Con hoja VPAT	---	
Con hoja orientable	5.33 m	17'6"
Ancho (con muñón)	5.27 m	17'4"
Ancho (sin muñón- cadena estándar)	5.21 m	17'1"
	2.64 m	8'8"
Espacio libre sobre el suelo**	2.44 m	8'0"
Tipos y anchos de hojas:	384 mm	1'3"
Recta		
Recta orientable		
Orientable 25°	---	
Semiuniversales	4.17 m	13'8"
VPAT	3.78 m	12'5"
Recta	3.26 m	10'8"
Orientable 24°		
Capacidad de llenado del tanque de combustible	3.88 m	12'9"
	3.55 m	11'8"
	425 L	112 gal. EE.UU.


\*El peso en orden de trabajo incluye el techo ROPS, operador, lubricantes, refrigerante, tanque lleno de combustible, controles y fluidos hidráulicos, hoja SU, bocina, alarma de retroceso, enganche retractable y gancho dispositivo delantero de arrastre.

\*\*Dimensiones desde el nivel del suelo. Suma la altura de la garra para obtener la dimensión total en superficies duras.

\*\*\*Altura (sin techo) — sin techo ROPS, escape, respaldo del asiento u otros componentes fáciles de remover. LGP = Baja presión sobre el suelo.

Fuente- Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010, editado por Nelson Huingo.

**Tabla 1.2-Especificaciones tractor D8R**

MODELO	 <b>D8R</b>	
Potencia en el volante	228kW	305hp
Peso en orden de trabajo:*		
Servotransmisión		
con dirección de diferencial	37.580 kg	82.850 lb.
Modelo de motor	3406C	TA
RPM del motor:	2100	
Número de cilindros	6	
Cilindrada	14.6 L	893 pulg <sup>3</sup>
Rodillos inferiores (cada lado)		8
ERF ††		---
Ancho de zapata estándar	610 mm	24"
Longitud de cadena en el suelo	3.21 mm	10'6"
Área de contacto con el suelo (con zapata estándar)	3.91 m <sup>2</sup>	6062 pulg <sup>2</sup>
Entrevía	2.08 m	6'10"
<b>DIMENSIONES GENERALES</b>		
Altura** (sin techo)***	2.67 m	8'9"
Altura** (hasta la parte superior del techo ROPS)	3.51 m	11'6"
Altura** (hasta la parte superior de la cabina ROPS)	3.45 m	11'3"
Longitud total (con hoja) †	6.91 m	22'8"
(sin hoja)	4.93 m	16'2"
Longitud total (sin hoja)		---
(con hoja S)		---
Ancho (con muñón)	3.05 m	10'0"
Ancho (sin muñón- zapata estándar)	2.70 m	8'8"
Espacio libre sobre el suelo	606 mm	1'11"
Tipos y anchos de hojas:		
Recta		---
Recta orientable	4.99 m	16'4"
Orientable 25°	4.52 m	14'10"
Universal	4.26 m	14'10"
Semiuniversales	3.94 m	12'11"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	625 L	165 gal. EE.UU.

\*El peso en orden de trabajo incluye cabina, operador, lubricantes, refrigerante, tanque de combustible lleno, cadena estándar, controles y fluidos hidráulicos, hoja SU (semi-universal), barra de tiro y contrapeso.

— El modelo D8R incluye techo ROPS y guardaguías de extremo para la cadena.

\*\* Dimensiones desde el nivel del suelo. Suma la altura de la garra para obtener la dimensión total en superficies duras.

\*\*\* Altura (sin techo) — sin techo ROPS, escape, respaldo del asiento u otros componentes fáciles de remover.

†Incluye la barra de tiro.

††ERF — Bastidor de rodillos alargado. Alarga el bastidor 366 mm (14,4"), añade 3 secciones de cadena y 2 rodillos en cada lado. LGP = Baja presión sobre el suelo.

Fuente.- Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010, editado por Nelson Huingo.

### B.1.1.1. Dimensiones del tractor

– Tractor y hoja.

– Definición SAE de capacidades de hoja.

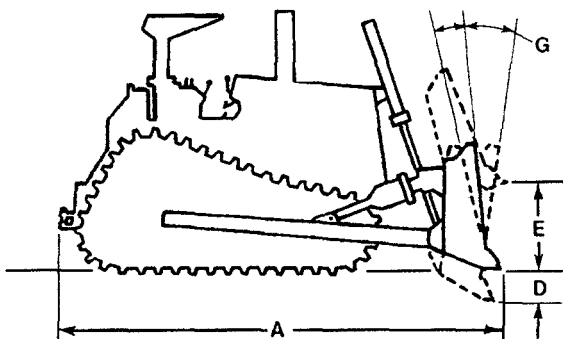


Figura 1.1-Dimensiones de un tractor

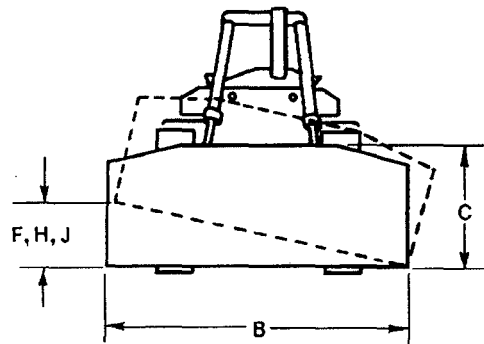


Figura 1.2-Dimensiones de un tractor

#### Clave

- A Largo (hoja Recta) Hoja:
- B Ancho (con cantoneras estándar)
- C Altura
- D Profundidad máxima de excavación
- E Espacio libre sobre el suelo

levantada completamente

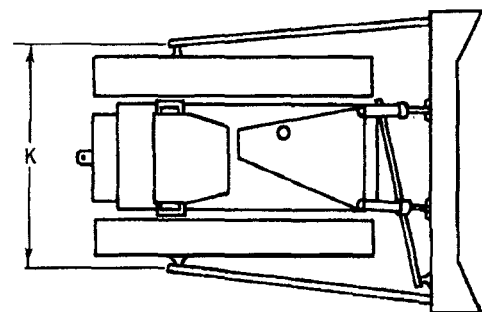


Figura 1.3- Dimensiones de un tractor

- F**    Inclinación manual máxima
- G**    Ajuste máximo del ángulo de ataque
- H**    Inclinación hidráulica máxima
- J**    Inclinación hidráulica (tirante manual centrado)
- K**    Ancho del muñón de los brazos de empuje (Al centro del muñón)

Las capacidades de las hojas en las siguientes páginas se determinan de acuerdo con la práctica recomendada por la norma SAE J1265. Las capacidades se definen de la siguiente manera:

$$V_s = 0.8 WH^2$$

$$V_u = ZH (W - Z) \tan X$$

Dónde:     $V_s$  = Capacidad de hoja recta u orientable.

$V_u$  = Capacidad de Hoja Semiuniversal o Universal.

$W$  = Ancho de hoja sin incluir cantoneras.

$H$  = Altura de la hoja tomando en cuenta esquinas superiores biseladas, etc.

$Z$  = Largo del ala medida paralela al ancho de la hoja a la altura de las cuchillas.

$X$  = Angulo del ala.

Las dimensiones de los tractores D6T XL y D8R se detallan en las siguientes tablas.

**Tabla 1.3-Dimensiones tractor CAT D6T XL**

MODELO	D6T XL					
	6A XL		6 SU XL		6VPAT XL	
Entrevía	1880 mm	74"	—		2134 mm	84" PAT
Tipo	Orientable		Semiuniversal		4,2m <sup>3</sup>	5,5 yd. <sup>3</sup>
Capacidades de la hoja*	3,93m <sup>3</sup>	5,14 yd <sup>3</sup>	5,31m <sup>3</sup>	6,94 yd <sup>3</sup>	1615 kg	3560 lb.
Peso de embarque** (Hoja)	3109 kg	6839 lb	2973 kg	6540 lb		
Dimensiones del tractor con la hoja:						
<b>A</b> Longitud (hoja derecha)	5,43 m	17'10"	5,5 m	18'2"	5,44 m	17'10"
Longitud (hoja orientada)	6,26 m	20'6"	—		5,94 m	19'6"
Ancho (hoja orientada)	3,78 m	12'5"	—		3,48 m	11'5"
Ancho (con bastidor en "C" solamente)	2,98 m	9'10"	—		—	
Dimensiones de la hoja:						
<b>B</b> Ancho (con cantoneras estándar)	4,16 m	13'8"	3,26 m	10'8"	3,88 m	12'9"
<b>C</b> Altura	1155 mm	3'9,5"	1411 mm	4'7,6"	1295 mm	4'3"
<b>D</b> Prof. máx. de excavación	524 mm	1'8,6"	459 mm	1'6,1"	737 mm	2'5"
<b>E</b> Espacio libre sobre el suelo levantada completamente	1205 mm	3'11,4"	1195 mm	3'11,1"	1181 mm	3'10,5"
<b>F</b> Inclinación manual	408 mm	1'4,1"	670 mm	2'2,4"	—	
<b>G</b> Angulo máx. de ataque	—		+5,3° a 4,8°		+0° a -3,8°	
<b>H</b> Inclinación hidráulica máx.	408 mm	1'4,1"	743 mm	2'5,3"	502 mm	1'7,8"
Orientación de la hoja	25°		—		25°	
<b>J</b> Inclinación hidráulica (tirante manual centrado)	—		408 mm	1'4,1"	—	
<b>K</b> Ancho del muñón del brazo de empuje (hasta los centros de las bolas)	2,64 m	8'8"	2,64 m	8'8"	2,64 m	8'8"

\* Capacidades de la hoja según la norma SAE J1265.

Tome en cuenta que la capacidad de la Hoja U es el volumen de material que acarrea una Hoja Recta de las mismas dimensiones, más el volumen de la concavidad de la Hoja U. Estas tienen por objeto hacer comparaciones relativas de tamaños de hojas, y no pronosticar capacidades ni productividad en condiciones reales de trabajo.

\*\* Peso de embarque — El conjunto total de la hoja incluye: hoja, brazos de empuje o bastidor en "C", tirantes, cilindros, tuberías hidráulicas, muñones y montajes del cilindro de inclinación.

Fuente. - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.

**Tabla 1.4-Dimensiones tractor CAT D8R**

MODELO	D8R/T					
	8A		8 SU		8U	
Tipo	Orientable		Semiuniversal		Universal	
Capacidades de la hoja*	4,70 m <sup>3</sup>	6,10 yd <sup>3</sup>	8,7 m <sup>3</sup>	11,4 yd <sup>3</sup>	11,7 m <sup>3</sup>	15,3 yd <sup>3</sup>
Peso de embarque** (Hoja)	5459 kg	12.009 lb	4789 kg	10.557 lb	5352 kg	11.800 lb
Dimensiones del tractor con la hoja:						
<b>A</b> Longitud (hoja derecha)	6,57 m	21'7"	6,39 m	21'0"	6,79 m	22'3"
Longitud (hoja orientada)						
Ancho (hoja orientada)	7,62 m	25'0"	—		—	
Ancho (con bastidor en "C" solamente)	4,52 m	14'10"	—		—	
	3,38 m	11'1"	—		—	
Dimensiones de la hoja:						
<b>B</b> Ancho (con cantoneras estándar)	4,99 m	16'4"	3,94 m	12'11"	4,26 m	14'0"
<b>C</b> Altura	1174 mm	3'10,2"	1690 mm	5'6,5"	1740 mm	5'8,5"
<b>D</b> Prof. máx. de excavación	628 mm	2'0,7"	575 mm	22,6"	575 mm	22,6"
<b>E</b> Espacio libre sobre el suelo levantada completamente	1308 mm	4'3,5"	1225 mm	48,2"	1225 mm	48,2"
<b>G</b> Angulo máx. de ataque						
Orientación de la hoja (cada lado)	—		+3,0° a 2,9°		+3,0° a 2,9°	
<b>H</b> Inclinación hidráulica máx.	25°		—		—	
<b>J</b> Inclinación hidráulica (tirante manual centrado)	729 mm	2'4,7"	883 mm	34,8"	954 mm	37,5"
<b>K</b> Ancho del muñón de los brazos de empuje (al centro del muñón)	—		596 mm	23"	644 mm	25"
Ancho máx. permisible de cadena	2,98 m	9'9"	2,98 m	9'9"	2,98 m	9'9"
	712 mm	2'4"	711 mm	2'4"	711 mm	2'4"
Inclinación doble optativa						
<b>G</b> Ajuste de inclinación doble	—		±4,6°		±4,6°	
<b>H</b> Incl. Hidra. doble máxima	—		879 mm	34,5"	950 mm	37,3"

\*Capacidades de la hoja según la norma SAE J1265.

Tome en cuenta que la capacidad de la Hoja U es el volumen de material que acarrea una Hoja Recta de las mismas dimensiones, más el volumen de la concavidad de la Hoja U. Estas tienen por objeto hacer comparaciones relativas de tamaños de hojas, y no pronosticar capacidades ni productividad en condiciones reales de trabajo.

\*\*Peso de embarque — El conjunto total de la hoja incluye: hoja, brazos de empuje o bastidor en "C", tirantes, cilindros, tuberías hidráulicas, muñones y montajes del cilindro de inclinación.

El accesorio incluye dos cilindros.

Fuente: - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.

## B.1.2. Características mecánicas

**B.1.2.1. Velocidades de desplazamiento.** Las velocidades de desplazamiento, según el cambio en el que este el tractor D6T XL – D8R se detallan en las siguientes tablas:

**Tabla 1.5-Velocidades de desplazamiento**

MODELO CON SERVO- TRANSMISION	D6T		D8R	
	Km/h	mph	Km/h	mph
Avance				
1	3.8	2.3	3.5	2.2
2	6.6	4.1	6.2	3.9
3	11.4	7.1	10.8	6.7
Retroceso				
1	4.8	3.0	4.7	2.9
2	8.4	5.2	8.1	5.0
3	14.6	9.0	13.9	8.6

\*La servotransmisión de mando directo está disponible solamente para el mercado doméstico japonés.

\*\*No había información disponible a la hora de imprimir. LGP = Baja presión sobre el suelo.

Fuente. - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.

**B.1.2.2. Operación en pendientes pronunciadas.** La siguiente tabla de la MAXIMA inclinación hacia adelante o hacia atrás en la que un tractor determinado trabaja con la adecuada lubricación. Consulte el manual de operación y Mantenimiento (si es pertinente) para conocer los requisitos de llenado de fluidos del TREN DE FUERZA para operar en pendientes pronunciadas. Se dice que el tractor trabaja en pendientes pronunciadas siempre que la pendiente exceda los 25° (47%).

Nunca debe sobrellenar el MOTOR de aceite. Esto puede causar un recalentamiento rápido. Para operar en pendientes pronunciadas, el motor debe llenarse de aceite hasta la marca LENO (full).

A continuación se detalla de máxima inclinación para los tractores D6T XL y D8R:

**Tabla 1.6-Inclinaciones máximas**

TRACTOR	D6G/ D6G Serie 2/ D6G Serie 2 XL/ D6G Serie 2 LGP/ D6R Serie 3/D6T	D8R/ D8T
Porcentaje o grados de inclinación	100	100
	45	45

Nota: Antes de trabajar en pendientes debe verificar el nivel de aceite del MOTOR y del TREN DE FUERZA en un suelo horizontal.

Fuente. - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.

Cuando tenga que trabajar en laderas y pendientes, tome en cuenta estos puntos importantes:

- **Velocidad de desplazamiento.** A velocidades altas, las fuerzas de inercia suelen reducir la estabilidad del tractor.
- **Desigualdades del terreno o superficie.** Se deben utilizar mayores tolerancias cuando el terreno o superficie es desigual.
- **Accesorios instalados.** Las hojas topadoras, plumas laterales, cabrestantes y cualquier otro equipo instalado hacen que el tractor este equilibrado diferentemente.
- **Clase de suelo.** Los rellenos de tierra nuevos usualmente ceden bajo el peso del tractor; y en los suelos rocosos, se resbalan las maquinas.
- **Resbalamiento de cadenas debido a cargas excesivas.** La cadena a nivel más bajo suele "clavarse" en el suelo de modo que aumenta la inclinación del tractor.



- Los implementos enganchados en la barra de tiro, como arcos para el arrastre de troncos y vagones de dos ruedas, reducen el peso sobre la cadena que está a nivel más alto.
- **Altura de enganche en el tractor.** Cuando se utiliza una barra de tiro alta, el tractor es menos estable que con la barra de tiro de altura estándar.
- **Ancho de zapatas.** Las zapatas anchas tienden a reducir la acción de “clavado” de las cadenas por lo que el tractor es más estable.
- **Equipo movido.** Deben considerarse con cuidado la estabilidad y otras características de los implementos movidos por el tractor.
- Para obtener la estabilidad óptima de máquina, lleve todos los accesorios o cargas cerca del suelo.

\*Para poder operar el D7G en una pendiente de 25° (47%) se debe llenar la transmisión con 23L (6 gal. EE.UU.) más.

Nota: Para una operación segura en pendientes pronunciadas, puede ser necesario un mantenimiento especial de la máquina y un operador hábil y experimentado, así como el equipo adecuado.

### **B.1.2.3. Herramientas de producción**

#### **B.1.2.3.1. Hojas topadoras**

- **Hojas Rectas.** El ángulo de ataque controla la penetración de la hoja.
- **Hojas orientables e inclinables hidráulicamente con cuchilla variable (VPAT).** Disponibles para los modelos D3K, D4K, D5K, D6K, D6N, y D6T. La hoja puede inclinarse mecánicamente hacia adelante para obtener mejor penetración o

hacia atrás para conseguir mayor productividad y facilitar la nivelación de acabado.

– **Hojas Orientables.** 25° a la derecha y a la izquierda; el bastidor “C” permite el montaje de otros accesorios.

– **Hojas Universales.** Sus flancos universales aumentan su capacidad y disminuyen los derrames.

– **Hojas Semiuniversales.** Combinan la buena penetración de la hoja recta y la mayor capacidad de la hoja universal con sus flancos de 25 °.

El diseño de sección de caja aumenta la rigidez y la resistencia de las hojas.

Las cuchillas son reversibles y termotratadas para prolongar su vida útil.

Resumen de hojas topadoras para maquinas Caterpillar.

**Tabla 1.7-Hojas topadoras**

HOJAS CATERPILLAR									HOJAS ESPECIALES									
MODEL	S	U	S	A	F	LF	V	C	R	W	C	H	L	T	C	CP	C	V
D6T XL			•	•			•						•					
D8R/D8		•	•	•					•	•	•		•		•	•		•

S–Recta.

U–Universal.

SU–Semiuniversal.

A–Orientable.

VP–Orientable o inclinable, de bajada, de paso variable (VPAT).

RC–Hoja U para recuperación.

WC–Virutas de madera.

CL–Carbón.

LF–Para rellenos sanitarios.

CU–Hoja de amortiguación.

CPB–Con bloque de empuje amortiguado.

VR–De radio variable.

Nota: En la tabla se sugieren hojas optativas para maquinas Caterpillar. La tabla no incluye todas las disponibles. Para mayor información consulte con su distribuidor autorizado.

Fuente. - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010, editado por Nelson Huingo Calua.

**B.1.2.4. Selección de hojas.** Para obtener una buena producción se requiere adecuada relación entre la hoja topadora y el tractor. Considere primero la clase de trabajo que hará el tractor la mayor parte de tiempo. Luego hale lo siguiente:

– Materiales que se van a mover.

– Limitaciones de los tractores.

– **Materiales que se van a mover.** Si bien la mayoría de materiales se pueden mover con la hoja, su rendimiento varía de acuerdo a las características de cada uno como las siguientes:

– **Tamaño y forma de las partículas.** Cuanto más grandes sean las partículas, más difícil es la penetración de la cuchilla. Y como las partículas de bordes cortantes se oponen a la acción natural de volteo que imparte la hoja topadora, se necesita más potencia que para mover igual cantidad de tierra con partículas de bordes redondeados.

– **Vacíos.** Cuando no hay vacíos, o son muy pocos, la mayor parte de la superficie de cada partícula está en contacto con otras. Esto constituye una ligazón que debe romperse. Un material bien nivelado carece de vacíos y es generalmente muy denso, de modo que es difícil extraerlo del banco o tajo.

– **Contenido de agua.** En casi toda materia seca es mayor la ligazón entre partículas, y es más difícil la extracción. Y si está muy húmeda, pesa más y se necesita más potencia para moverla. Con un grado óptimo de humedad, es muy bajo el contenido de polvo, resulta muy fácil explanar y el operador no se fatiga.

El efecto de congelamiento depende del grado de humedad. Se intensifica la ligazón entre partículas en función del mayor contenido de humedad y el descenso de temperatura. El enfriamiento de una materia completamente seca no altera sus características.

La penetración fácil de la hoja depende de la relación kW por metro (o por pie) de cuchilla. Cuanta más alta sea la relación de kW/m, mejor es la penetración. La

relación de potencia por m<sup>3</sup> de material suelto indica la capacidad de la hoja para explanar tierra. Cuanto mayor sea la relación kW/m<sup>3</sup> suelto, más capacidad tiene la hoja para explanar la tierras con más velocidad.

– **Limitaciones de los tractores.** El peso y la potencia disponible de la maquina determinan su capacidad de empuje. Ningún tractor puede aplicar más empuje en Kg que el peso de la máquina y que la fuerza máxima que suministre su tren de fuerza. Ciertas características del terreno y las condiciones del suelo en obra, limitan la capacidad del tractor para utilizar su peso y potencia. La tabla “coeficientes aproximados de factores de tracción”, en la sección de tablas, incluye los factores de tracción de los materiales corrientes. Para usar dicha tabla, multiplique el peso total del tractor (con accesorios) por el factor correspondiente, a fin de hallar la fuerza máxima de empuje utilizable de la hoja topadora.

**Tabla 1.8-Coeficientes aproximados de tracción**

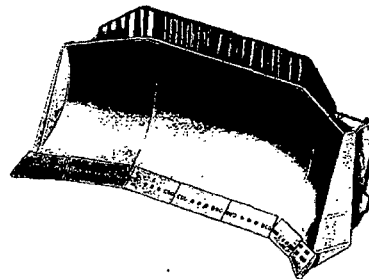
MATERIAL	FACTORES DE TRACCION	
	NEUMATICOS	CADENAS
Hormigón	0.90	0.45
Marga arcillosa, seca	0.55	0.90
Marga arcillosa, mojada	0.45	0.70
Marga arcillosa con surcos	0.40	0.70
Arena seca	0.20	0.30
Arena mojada	0.40	0.50
Canteras	0.65	0.55
Camino de grava (suelta, no dura)	0.36	0.50
Nieve compactada	0.20	0.27
Hielo	0.12	0.12
Zapatas semicaladas		
Tierra firme	0.55	0.90
Tierra suelta	0.45	0.60
Carbón amontonado	0.45	0.60

Nota: Los tractores de cadenas con rueda motriz elevada (D11T, D10R, D9R y D8R), con tren de rodaje suspendido, tienen un 15% más de tracción que los tractores de cadenas con tren de rodaje rígido.

Fuente.- Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.

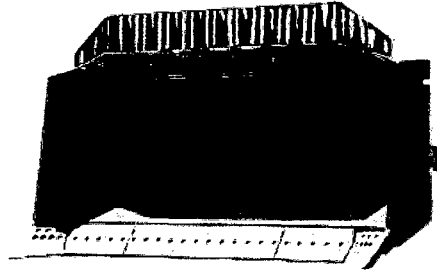
### **B.1.2.5. Hojas topadoras como herramientas de producción**

– **Hoja U (Universal)**. Los amplios flancos de esta hoja incluyen una cantonera y por lo menos una sección de cuchilla que facilitan el empuje de grandes cargas a largas distancias como en trabajos de recuperación de terrenos, apilamiento, alimentación de tolvas y amontonamiento para cargadores. Como no tiene muy buena penetración por su menor relación de kW/metro (hp/pie) de cuchilla de la Hoja S o la hoja SU, la penetración no debe ser el factor primordial. Aunque se relación de kW/m<sup>3</sup> Suelto (hp/yd<sup>3</sup>S) sea menor que la de la Hoja S o de la Hoja SU, esta hoja es excelente con material liviano o más fácil de empujar. Si está equipada con cilindros de inclinación, se puede usar la hoja U para apalancar, nivelar, cortar zanjas y dirigir el tractor.



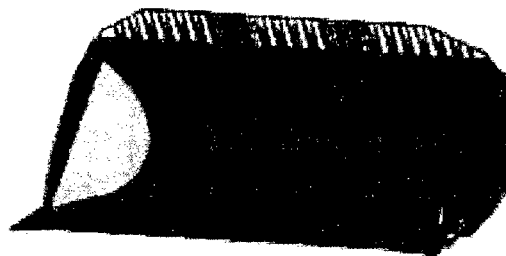
**Figura 1.4-Hoja universal para tractor**

– **Hoja SU**. La hoja “SU” (Semiuniversales) combina las mejores características de las hojas S y U. Tiene mayor capacidad por habersele añadido alas cortas que incluyen solo las cantoneras. Las alas mejoran la retención de carga y permiten conservar la capacidad de penetrar y cargar con rapidez en materiales muy compactados y de trabajar con una gran variedad de materiales en aplicaciones de producción. Un cilindro de inclinación aumenta la productividad y versatilidad de esta hoja. Equipada con una plancha de empuje, es buena para cargar traíllas.



**Figura 1.5-Hoja semiuniversal para tractor**

– **Hoja CD.** La hoja CD (para tractores topadores transportadores) está disponible solamente para el tractor topador transportador D11T. Está construida con los mismos requisitos de integridad estructural que las hojas topadoras “U” y “SU”. La hoja CD tiene una forma de “cucharón” que le permite transportar varios metros cúbicos de material. Este material actúa como contrapeso descartable que permite que el tractor topador transportador empuje más material por pasada que el D11T normal. La hoja CD no es tan eficaz como las hojas “U” y “SU” en materiales muy comprimidos o poco dinamitados. Sufre más a causa de material retenido en la hoja al trabajar con materiales pegajosos.



**Figura 1.6-Hoja CD para tractor**

– **Hoja S (recta).** La hoja recta es la más adaptable de todas. Como es más pequeña que la hoja “U” o “SU”, es más fácil de maniobrar, y puede empujar una gran variedad de materiales, y puesto que su relación de kW/metro (hp/pie) de cuchilla es mayor que en la hoja “U” o “SU”, tiene mejor penetración, y recoge

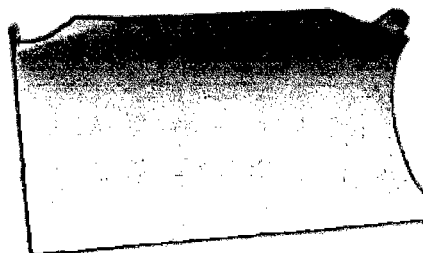
buenas cargas. Un cilindro de inclinación mejora su rendimiento y su versatilidad. Debido a su mayor relación de  $\text{kW/m}^3$  Suelto ( $\text{hp/yd}^3\text{S}$ ), la hoja "S" puede mover con facilidad materiales densos.



**Figura 1.7-Hoja recta para tractor**

– **Hoja P (orientable e inclinable a potencia)** — La versatilidad es la característica principal de esta hoja al poder realizar una gran variedad de trabajos desde desarrollos de sitios hasta trabajo general de empuje y aplicaciones de servicio pesado. En algunas máquinas el ángulo y la inclinación se controlan con dos palancas, mientras que en otras máquinas se usa una palanca solamente.

La hoja VPAT (orientable e inclinable hidráulicamente con cuchilla variable) puede inclinarse mecánicamente hacia adelante para obtener mejor penetración o para desmenuzar material pegajoso o hacia atrás para conseguir mayor productividad y facilitar la nivelación de acabado.



**Figura 1.8-Hoja P para tractor**

**B.1.2.6. Cálculo de producción de las hojas topadoras.** Se puede calcular la producción de una hoja usando las gráficas de producción que siguen y los factores de corrección aplicables. Use esta fórmula:

$$\text{Produccion} \frac{(m^3 \text{ sueltos/hora})}{(yd^3 \text{ sueltas/hora})} = \text{Prod. max} \times \text{Fact. de correccion}$$

Las gráficas de producción dan la producción máxima no corregida de las hojas topadoras recta, semiuniversales, y universal. Se basan en las siguientes condiciones.

1. 100% de eficiencia (60 min. Por hora).
2. Tiempos fijos de 0.05 min. En maq. Con servotransmisión.
3. La máquina excava 15 m (50 pies), luego empuja la carga para arrojarla por encima de una pared alta (tiempo de descarga=0 segundos).
4. Densidad del suelo: 1370 kg/m<sup>3</sup> suelto (2300 lb/yd<sup>3</sup>)
5. Coeficiente de tracción:\*
  - a. Máquinas de cadenas: 0.5 o más.
  - b. Máquinas de ruedas: 0.4 o más.
6. Se utilizan hojas de control hidráulico.
7. Excavación en la velocidad de avance\*\*  
Acarreo en 2<sup>a</sup> de avance.  
Regreso en 2<sup>a</sup> de retroceso.

\* Se supone que el coeficiente mínimo de tracción es 0.4. Aunque las malas condiciones del suelo afectan a los vehículos de cadenas y a los de ruedas y hay



que reducir las cargas a fin de compensar la pérdida de tracción los efectos en los tractores de ruedas son mucho mayores, su producción baja con mayor rapidez. No hay reglas exactas para presidir esta reducción, pero, según una regla empírica, los tractores de ruedas (con hoja) pierden 4% de su producción por cada centésimo de disminución en el coeficiente de tracción por debajo de 0.40. Por ejemplo, si es 0.30 habría una diferencia de 0.10 y la producción sería el 60% ( $10 \times 4\% = 40\%$  de disminución).

\*\* Este orden de velocidades está basado en suelos desde horizontales hasta cuesta abajo, material de densidad ligera a mediana y sin extensiones de hoja como planchas contra derrames, protectores contra rocas, etc. Si se exceden estas condiciones puede ser necesario acarrear el material en primera velocidad de avance, y la productividad debe ser igual o mayor que las "condiciones estándar" porque se pueden acarrear mayores cargas en primera velocidad de avance.

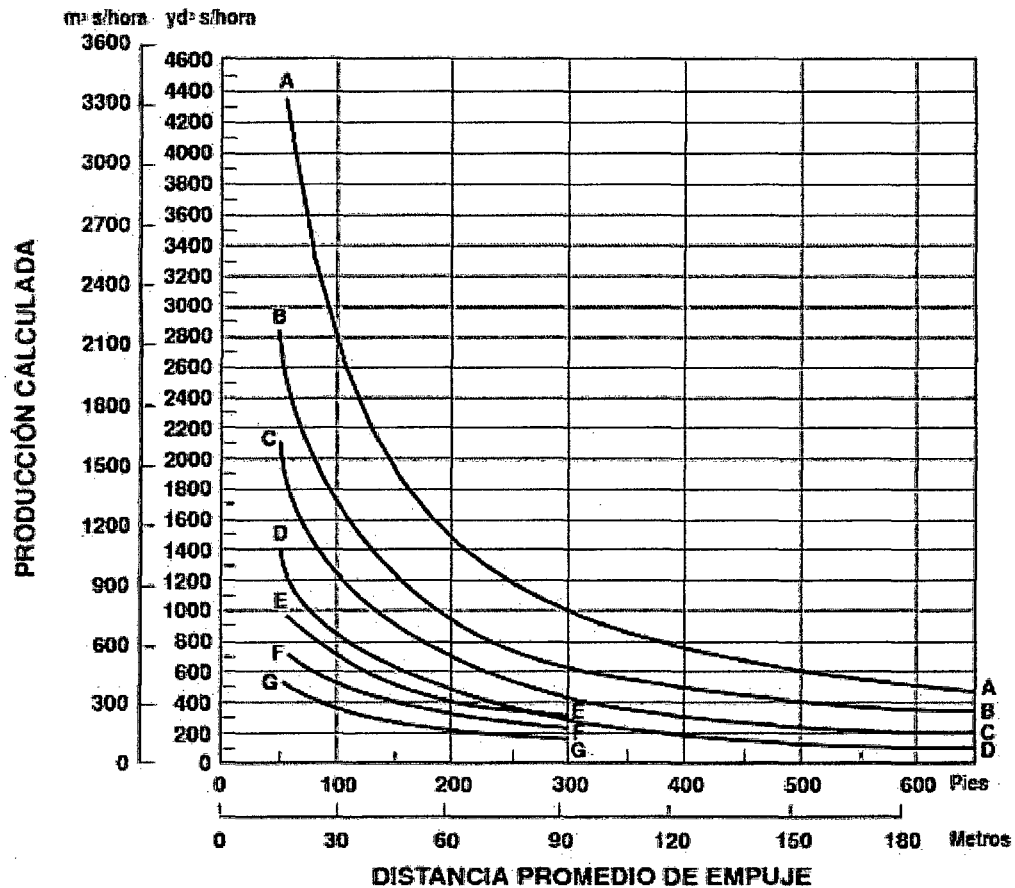


Figura 1.9-Producción calculada-Hojas semiuniversales-D6N hasta D11T

Clave

- A — D11R-11SU
- B — D10T-10SU
- C — D9R/D9T-9SU
- D — D8R/D8T-8SU
- E — D7R Serie 2-7SU
- F — D6T/D6R Serie 3

G — D6N-6SU

Nota: Esta gráfica se basa en gran número de pruebas y estudios en condiciones y trabajos diversos (consulte los factores de corrección que hay después de estas gráficas).

Fuente. - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.

**B.1.2.7. Factores de corrección según las condiciones del trabajo. A**

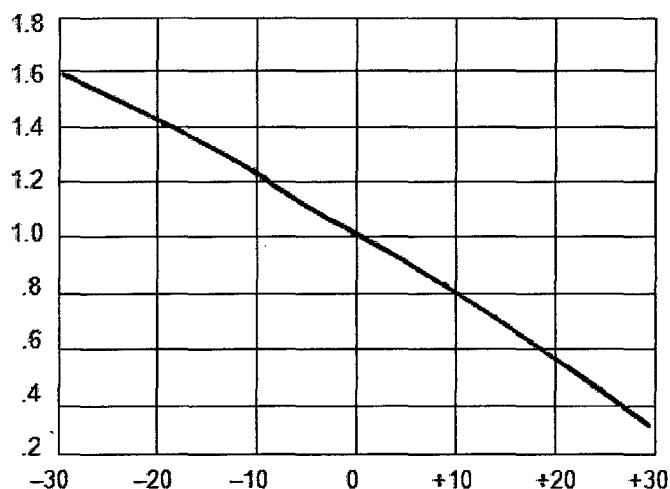
continuación se resumen los factores de corrección por condiciones de trabajo:

**Tabla 1.9- Factores de corrección según condiciones del trabajo**

	TRACTOR DE CADENAS	TRACTOR DE RUEDAS
<b>Operador—</b>		
Excelente	1.00	1.00
Bueno	0.75	0.60
Deficiente	0.60	0.50
<b>Material—</b>		
Suelto y amontonado	1.20	1.20
Difícil de cortar; congelado; — con cilindro de inclin. Lateral	0.80	0.75
sin cilindro de inclin. Lateral	0.70	—
Difícil de empujar; se apelmaza (Seco, no cohesivo) o material muy pegajoso.	0.80	0.80
Rocas desgarradas o de voladura	0.60-0.80	—
<b>Empuje por método de Zanja con dos tractores juntos</b>	1.20 1.15-1.25	1.20 1.15-1.25
<b>Visibilidad</b>		
Polvo, lluvia, nieve, niebla, oscuridad		
<b>Eficiencia del trabajo</b>	0.80	0.70
50 min/hr		
40 min/hr	0.83	0.83
<b>Hojas*</b>	0.67	0.67
Ajuste según la capacidad SAE de la hoja básica que se Usa en las gráficas de los Cálculos de producción		
<b>Pendientes—</b> Vea gráfica sig.		

\*Nota: Las hojas orientables y las amortiguadas no se consideraran herramientas de producción. Según las condiciones del trabajo, la hoja A y la C producen por término medio del 50 al 75% de una hoja recta.

Fuente. - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.



**Figura 1.10-Factor de corrección por pendiente**

(-)Cuesta abajo

(+)Cuesta arriba

Fuente. - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.

**B.1.2.8. Como medir la producción en la obra.** Mostramos a continuación los tres métodos más aceptados en general para medir la producción de una hoja topadora. El tercer método es empírico, pero su ejecución es la más sencilla.

1. Uso de la técnica de levantamiento de planos.

a. Para determinar el volumen del material extraído del corte, mida el tiempo invertido y luego obtenga la sección transversal del corte (producción en  $m^3$  o  $yd^3$  por unidad de tiempo).

b. Después de medir el tiempo invertido, obtenga la sección transversal del relleno, a fin de calcular su volumen (la producción se estima en  $m^3$  s o  $yd^3$  s por unidad de tiempo)

2. Pesos de las cargas de la hoja:

Registre los tiempos y halle el peso de material movido por la hoja pesando las cargas del cucharón del cargador.

3. Medición de las cargas de la hoja:

a. Operación de hoja topadora:

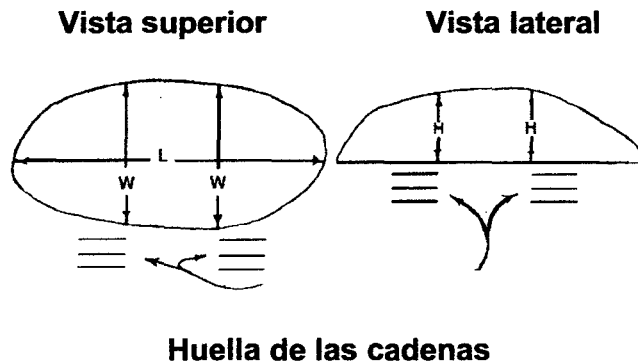
(1) Recoja la carga y condúzcala hasta un espacio horizontal.

(2) Haga ascender la hoja y, cuando se acerque a la cúspide de la pila, hágala avanzar un tanto a fin de que la pila quede simétrica.

(3) Retroceda para dejar la pila.

b. Medidas que deben hacerse:

(1) La altura medida (H) de la pila en m (pies). Mantenga la cinta vertical en el borde interior de la huella de cadena a cadena. Dirija una visual a ras de la cúspide de la pila, para medir bien la altura.



**Huella de las cadenas**

**Figura 1.11-Medidas entre cadenas-producción en obra**

(2) El ancho (W) medio de la pila en m (o pies). Mantenga la cinta horizontal sobre la pila, y ubique en ella la proyección desde el borde interior de cada una de las marcas de las cadenas y el lado correspondiente al otro lado de la pila.

(3) La longitud máxima (L) de la pila en metros (o pies). Mantenga la cinta horizontal sobre la pila, y tome como referencia los dos puntos extremos de la pila.

c. Con las medidas anteriores, calcule la carga de la hoja.

(1) Halle la altura media (H).

(2) Halle el ancho medio (W).

(3) Carga en m<sup>3</sup> s(o yd<sup>3</sup> s)= 0.0138x(HWL)

(4) Carga en m<sup>3</sup> b(o yd<sup>3</sup> b)= m<sup>3</sup> s (o yd<sup>3</sup> s) F.V.

d. Para hallar la producción, combine la carga calculada de la hoja con las medidas del tiempo invertido.

**C. Tractor Komatsu D65EX-15E0.** En el manual de especificaciones técnicas de Komatsu 2008, podemos encontrar la siguiente descripción:

### **C.1. Características físicas**

– **Motor.** El motor Komatsu SAA6D114E-3 entrega 153 KW 205 HP a 1950 rpm. El eficiente motor Komatsu en conjunto con el gran peso de la máquina, hace del bulldozer D65EX/PX/WX superior, tanto en operaciones de desgarre como de empuje.

El motor está certificado para cumplir con las regulaciones de emisión EPA Tier 3, UE etapa 3ª, e incluye inyección de combustible directa, turboalimentador, y posenfriador aire a aire para maximizar la eficiencia de combustible.

– **Equipo de trabajo.** Capacidades de 3.89 m<sup>3</sup> 5.09 yd<sup>3</sup> (Topadora recta Inclinable en el D65EX), 3.69 m<sup>3</sup> 4,83 yd<sup>3</sup> (D65PX), 5.61 m<sup>3</sup> 7.34 yd<sup>3</sup> (Topadora semi-U en el D65EX), 6.23 m<sup>3</sup> 8.15 yd<sup>3</sup> (Topadora semi-U inclinable para el D65WX) brindan una producción excepcional. Acero fuerte de alta resistencia ha sido incorporado en el frente y a los lados de la hoja para incrementar su durabilidad.

#### **– Tren de rodaje**

**Tren de rodaje con mandos finales bajos y orugas largas.** El diseño de Komatsu es extraordinariamente fuerte y ofrece excelente capacidad de nivelación y estabilidad.

**Incorporación de la versión de oruga larga (Series EX de oruga larga).** Una versión de oruga larga (la misma longitud de la oruga sobre el suelo de los modelos PX) ha sido incorporada al D65EX para incrementar la estabilidad operacional.

**1.2.5. Palas mecánicas.** En la separata Construcciones I del Ing. Marco Hoyos Saucedo, 2001, se define como máquinas que se utilizan principalmente para excavar tierra y cargarla en otras máquinas de transporte. Son capaces de excavar en todo tipo de tierra, excepto en roca fija.

Trabaja en estación, es decir su chasis sirve únicamente para los desplazamientos sin participar en el ciclo de trabajo, y puede ser montada sobre orugas o sobre llantas.

**A. Clases de palas mecánicas.** La separata Construcciones I del Ing. Marco Hoyos Saucedo, 2001; nos da la siguiente clasificación:

- Pala con cucharón de puntas (Shovel).
- Pala con cucharón de arrastre o draga (Dragline)
- Pala con cucharón de almeja (Chamshell o Bivalva)
- Retroexcavadora.
- Grúa (Liften crane)

**B. Rendimiento.** Depende de los siguientes factores, indicados en la separata Construcciones I del Ing. Marco Hoyos Saucedo, 2001

- Clase de material.
- Profundidad de corte.
- Angulo de oscilación.
- Condiciones de obra.
- Condiciones administrativas.

- Tamaño y número de las unidades de acarreo.
- Habilidad del operador.
- Condiciones físicas de las palas.

Se expresa en m<sup>3</sup>/hora, basándose en el volumen medio del banco, la capacidad de un cucharón está basado en su volumen medio al ras; al excavar cierto tipo de materiales es posible que el cucharón recoja un volumen colmatado que pueda exceder el volumen rasado. Para poder obtener el volumen medido en banco de cucharón de suelo, deberá dividirse el volumen promedio en estado suelto entre uno (1) más el abundamiento expresado en fracción.

$$R = \frac{3600 \cdot Q \cdot E \cdot f \cdot K}{Cs}$$

Dónde:

*R*: Rendimiento en m<sup>3</sup>/h.

3600: Numero de segundos en un minuto.

*Q*: Capacidad del cucharón.

*E*: Factor de eficiencia de la pala.

*f*: Factor de conversión de suelos

*Cs*: Tiempo del ciclo en segundos.

*K*: Factor de eficiencia del cucharón

**B.1. Ciclo.** Incluye la excavación, carga y elevación del cucharón, giro, la oscilación hasta la posición de descarga, descarga, y el giro sin carga (regreso) hasta la posición de excavación.



**Tabla 1.10-Tabla para calcular tiempos de ciclo-Caterpillar**

Modelo	307C	308D CR	308D CR 8B	311D LRR	312D, 312D L	315D L	319D L, 319D LN
Tamaño del cucharón L	280	220	220	450	520	520	800
Yd <sup>3</sup>	0.37	0.30	0.30	0.59	0.68	0.68	1.05
Tipo de suelo	← Tierra compactada →						
Profundidad de m excavación pies	1.5 5	1.8 6	1.8 6	1.5 5	3.0 10	3.0 10	3.0 10
Carga del cucharón min	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.09
Giro con carga min	0.05	0.03	0.03	0.06	0.06	0.08	0.09
Descarga del cucharón min	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Giro sin carga min	0.06	0.08	0.08	0.05	0.05	0.06	0.07
Tiempo total del ciclo min	0.22	0.21	0.22	0.21	0.21	0.24	0.28

Fuente. - Caterpillar, Caterpillar Performance Handbook, Ed 39, 2010.

**Tabla 1.11-Factores de eficiencia K de las cucharas usadas en palas mecánicas (cucharón de puntas-Shovel)**

TIPO DE TRABAJO	K (%)
Excavación liviana: Material movido, suave, libre de elementos escurridizos. Materiales con aglomerantes que no solo llenan la cuchara si no que con frecuencia la colman. La sobrecarga compensa la perdida, arena seca o grava menuda, tierra movida, arena arcillosa, escorias o cenizas, rocas o materiales bien removidos con explosivos.	95-100
Excavación de tipo medio: Materiales duros que no necesitan explosivos pero si de ser rotos con las uñas y que causan vacíos en las cucharas, arcilla seca o húmeda, grava gruesa, terrones.	85-90
Excavación de tipo duro: Materiales que requieren algo de explosivos poco poderosos (pólvora), pero que pueden recogerse causando vacíos en las cucharas, caliza bien triturada, arenisca y otras rocas trituradas por explosivos, arcillas pesadas-mojadas, gravas con cantos grandes, gravas comentadas.	70-80
Excavación dura: Rocas trituradas con explosivos-Terrones duros y otros materiales aglomerados que son difíciles de penetrar y dejan grandes vacíos en las cucharas caliza, areniscas, conglomerados, caliches, aquellos que al moverse con explosivos producen trozos grandes mezclados con pequeños y con polvo, arcillas rojas que están en estratos.	50-70

Nota: Condiciones. Fase de excavación suficiente para conseguir carga completa del cucharón, también puede hacerse por cargas pequeñas.

Fuente.- Marco Hoyos Saucedo, Construcciones I, 2001.

## B.2. Factor de eficiencia de la pala

Se aplican a la eficiencia de la máquina, dependiendo de las condiciones de trabajo y de administración de la obra, las cuales pueden clasificarse de excelente a malas, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1.12-Eficiencia en el trabajo**

CONDICIONES DE TRABAJO	CONDICIONES DE ADMINISTRACION			
	EXCELENTES	BUENAS	REGULARES	DEFICIENTES
Excelentes	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares	0.72	0.69	0.65	0.60
Deficientes	0.63	0.71	0.57	0.52

Fuente.- Marco Hoyos Saucedo, Construcciones I, 2001.

Excelente. Banco grande, cielo abierto, piso firme, profundidad óptima de corte, menor grado de oscilación.

Deficiente. El volquete detrás de la pala mayor ángulo de giro.

Condiciones de administración. Contar en obra con repuestos y los accesorios que tienen mayor desgaste, supervisor competente, proporcionar volquetes adecuados, mantener limpios los accesos.

**B.3. Factor de conversión de suelo.** Se define como el volumen y la densidad del suelo sufren cambios considerables cuando se las excava, coloca y compacta; debido a estos cambios es necesario especificar si el suelo a manejar se encuentra en estado natural (banco), en estado suelto o en relleno después de la compactación. Marco Hoyos Saucedo, Construcciones I, 2001.

- **Suelo en estado natural o banco (EN).** Aquel estado en que se encuentra un material en la naturaleza.
- **Suelo en estado suelto (ES).** Se denomina así al estado en que se encuentra un suelo después de haber sido removido o excavado de su posición natural.

– **Suelo en estado compactado (EC).** Estado del suelo que ha sufrido compactación o apisonamiento en capas sucesivas y con el contenido óptimo de humedad.

**Tabla 1.13-Factores de conversión volumétrica (f)**

CLASE DE SUELO	CONDICION ACTUAL	ESTADO DEL MATERIAL		
		EN	ES	EC
Arena	EN	1.00	1.11	0.95
	ES	0.90	1.00	0.86
	EC	1.05	1.17	1.00
Tierra común	EN	1.00	1.25	0.90
	ES	0.80	1.00	0.72
	EC	1.11	1.39	1.00
Arcilla	EN	1.00	1.43	0.90
	ES	0.70	1.00	0.63
	EC	1.11	1.59	1.00
Roca dinamitada	EN	1.00	1.43	1.30
	ES	0.67	1.00	0.87
	EC	0.77	1.59	1.00
Grava (0.6 a 5 cm) Grava y arena	EN	1.00	1.5	0.95
	ES	0.90	1.00	0.85
	EC	1.05	1.20	1.00

Fuente.- Marco Hoyos Saucedo, Construcciones I, 2001.

**C. Excavadora Komatsu PC350LC-8.** El manual de Komatsu, 2008 describe lo siguiente la máquina PC350-8 es una maquina robusta, eficiente y europea al 100%. Especialmente diseñada y fabricada para los mercados europeos, ofrece productividad, fiabilidad y comodidad para el operador en un conjunto robusto y respetuoso con el medio ambiente.

**C.1. Datos técnicos.** La PC350-8 es una máquina robusta y eficiente. Ofrece productividad, fiabilidad y comodidad para el operador en un conjunto robusto y respetuoso con el medio ambiente. Se ha incorporado el sistema exclusivo de Komatsu HydraMind para facilitar la ejecución de todos los trabajos y permite

mejorar aún más las prestaciones de la máquina que serán siempre perfectamente adaptables a cada aplicación.

– **Motor**

Modelo	: Komatsu SAA6D114E-3
Tipo	: Inyección directa de 'common rail', refrigerado por agua, turbocompresor y post enfriado por aire, con control de emisiones de escape
Rendimiento nominal	: 184 kW/247 HP (ISO 9249 Net)
En número de revoluciones del motor	: 1.950 rpm
Nº de cilindros	: 6
Diámetro × carrera	: 114 × 135 mm
Cilindrada	: 8.27 l
Baterías	: 2 × 12 V/140 Ah
Motor de arranque	: 24 V/11 kW
Filtro de aire	: De tipo elemento doble con indicador de estado en el panel de control y evacuador de polvo automático
Refrigeración	: Ventilador de tipo de succión con rejilla para insectos en el radiador

– **Sistema hidráulico**

– Tipo	: HydrauMind. Sistema centro cerrado con sensor de carga y válvulas compensadoras de presión
--------	--

Circuitos adicionales	: 2 circuitos adicionales (opcional)
Bomba principal	: 2 bombas de pistones de caudal variable para alimentar los circuitos de pluma, balancín, cazo, giro y desplazamiento
Máximo caudal de la	: 2 × 268 l/min
Tara de las válvulas de descarga	
Implementos	: 380 bar.
Desplazamiento	: 380 bar
Giro	: 285 bar.
Circuito piloto	: 33 bar.
<b>– Sistema de giro</b>	
Tipo	: Motor de pistones axiales con transmisión a través de caja de cambios de doble reducción planetaria.
Bloqueo de giro	: Freno multidisco en baño de aceite, accionado eléctricamente, integrado en el motor de giro
Velocidad de giro	: 0 – 9.5 rpm
<b>– Carros</b>	
Construcción	: Sección central del bastidor en X con bastidores de orugas en sección de caja
<b>Conjunto de orugas</b>	
Tipo	: Totalmente sellado
Tejas (cada lado)	: 48 (PC350LC, PC350NLC)

## Rodillos

Rodillos de rodadura (cada lado) : 8 (PC350LC, PC350NLC)

Rodillos superiores (cada lado) : 2

### - Capacidades

Depósito de combustible : 605 l

Radiador : 32 l

Aceite motor : 35 l

Transmisión de giro : 16,5 l

Depósito hidráulico : 188 l

Mandos finales (cada lado) : 9 l

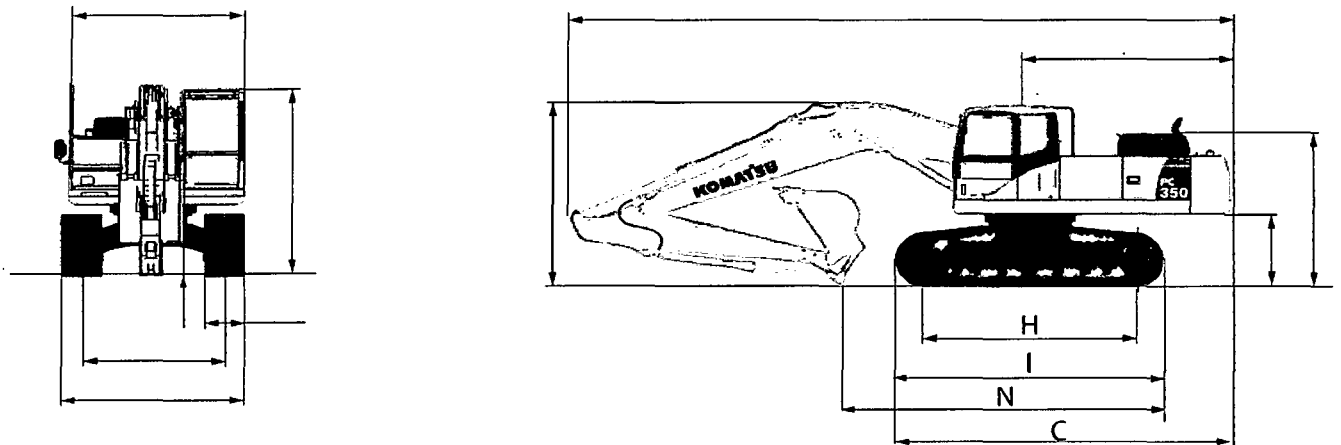
## C.2. Dimensiones de la maquina

**Tabla 1.14-Dimensiones Excavadora Komatsu PC350LC-8 / PC350NLC-8**

DIMENSIONES DE LA MAQUINA		PC350LC-8	PC350NLC-8
A	Anchura total de la superestructura	2.995 mm	2.995 mm
B	Altura total de la cabina	3.100 mm	3.100 mm
C	Longitud total de la máquina base	5.882 mm	5.882 mm
D	Longitud cuerpo posterior	3.405 mm	3.405 mm
	Radio de giro de cuerpo posterior	3.450 mm	3.450 mm
E	Altura libre bajo el contrapeso	1.186 mm	1.186 mm
F	Altura del capot de la máquina	2.580 mm	2.580 mm
G	Altura libre mínima	498 mm	498 mm
H	Distancia central entre ejes	4.030 mm	4.030 mm
I	Longitud de los carros	4.955 mm	4.955 mm
J	Ancho de vía	2.590 mm	2.390 mm
K	Anchura de las tejas	600, 700, 800, 850 mm	600, 700, 800, 850 mm
L	Anchura total con tejas de 600 mm	3.190 mm	2.990 mm
	Anchura total con tejas de 700 mm	3.290 mm	3.090 mm
	Anchura total con tejas de 800 mm	3.390 mm	3.190 mm
	Anchura total con tejas de 850 mm	3.440 mm	-

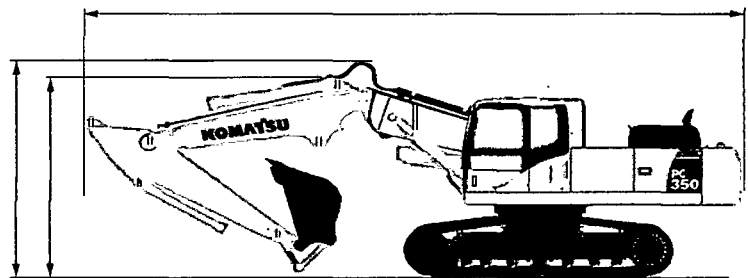
Fuente.- Komatsu, Excavadora hidráulica PC350LC-8 / PC350NLC-8, 2008.

**PLUMA DE 1 PIEZA**



**Figura1.12, 1.13-Dimensiones Excavadora Komatsu PC350LC-8**

**PLUMA DE 2 PIEZAS**



**Figura1.14-Dimensiones Excavadora Komatsu PC350LC-8**

**Tabla 1.15-Longitud Balancín Excavadora Komatsu PC350LC-8/PC350NLC-8**

LONGITUD DEL BALANCIN	PLUMA DE 1 PIEZA			
	2.2 m	2.6 m	3.2 m	4.0 m
M Longitud de transporte	11.290 mm	11.180 mm	11.140 mm	11.170 mm
N Longitud sobre suelo (transporte)	7.155 mm	6.760 mm	5.935 mm	7.740 mm
O Altura total (hasta la punta de la pluma)	3.400 mm	3.410 mm	3.280 mm	3.345 mm
P Altura total (hasta las tuberías)	---	---	---	3.640 mm
	PLUMA DE 2 PIEZAS			
M Longitud de transporte	11.275 mm	11.215 mm	11.145 mm	10.930 mm
N Longitud sobre suelo (transporte)	7.740 mm	7.095 mm	6.420 mm	6.205 mm
O Altura total (hasta la punta de la pluma)	3.345 mm	3.315 mm	3.420 mm	3.005 mm
P Altura total (hasta las tuberías)	3.640 mm	3.615 mm	3.710mm	4.160 mm

Fuente.- Komatsu, Excavadora hidráulica PC350LC-8 / PC350NLC-8, 2008.

**Tabla 1.16- Opciones de cazos/Fuerza de excavación-Excavadora Komatsu PC350LC-8/PC350NLC-88**

COMBINACION DE CAZO Y BALANCIN			LONGITUD DEL BALANCIN			
Anchura (sin cuchillas laterales)	Capacidad (SAE, PCSA colmada)	Peso (sin cuchillas laterales)	2.2m	2.6 m	3.2 m	4.0 m
800 mm	0.85 m <sup>3</sup>	880 kg	○	○	○	○
1.000 mm	1.13 m <sup>3</sup>	1.010 kg	○	○	○	○
1.200 mm	1.42 m <sup>3</sup>	1.160 kg	○	○	○	○
1.400 mm	1.75 m <sup>3</sup>	1.290 kg	○	○	○	○
1.500 mm	1.87 m <sup>3</sup>	1.350 kg	○	○	○	○
1.600 mm	2.02 m <sup>3</sup>	1.400 kg	○	○	○	○
1.800 mm	2.32 m <sup>3</sup>	1.520 kg	○	○	○	□
2.000 mm	2.66 m <sup>3</sup>	1.664 kg	○	○	□	Δ

○ Material con densidad máxima de 1.8 t/m<sup>3</sup>

□ Material con densidad máxima de 1.5 t/m<sup>3</sup>

Δ Material con densidad máxima de 1.2 t/m<sup>3</sup>

Fuente.- Komatsu, Excavadora hidráulica PC350LC-8 / PC350NLC-8, 2008.

### 1.3. Definición de términos básicos

Los siguientes términos fueron consideración propia del autor.

– **Rendimiento.** Es la tasa por hora en que se mueve el material y se evalúa en m<sup>3</sup> de material en banco, m<sup>3</sup> de material suelto, etc.



- **Maquinaria pesada.** Vehículo o vehículos automotores destinados a la construcción y conservación de obras.
- **Tractor de orugas.** Vehículo automotor destinado a traccionar o empujar distintos tipos de herramientas.
- **Excavadora.** Maquina utilizada en el movimiento de tierras, especialmente diseñada para excavar en todo tipo de terreno, excepto en rica fija.
- **Talud.** Se denomina así a la superficie inclinada expresada en porcentaje o una relación proporcional entre la horizontal y la altura que lo forman.
- **Corte y relleno compensado.** Se denomina así a la actividad donde la maquinaria empieza a cortar y simultáneamente a rellenar de una manera compensada hasta lograr la inclinación de talud deseado.
- **Excavación.** Se denomina así a la remoción de material de un lugar hacia otro, este se puede realizar por medio de maquinaria pesada o manualmente por recursos humanos.
- **Material orgánico o top soil.** Capa superficial orgánica del suelo, propicia para el crecimiento de vida vegetal.
- **Hora efectiva.** Hora en que la maquinaria pesada ha trabajado sin ninguna interrupción.
- **Jornal.** Trabajo que realiza un operario por día.

## **CAPITULO II. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO**

### **2.1. Planteamiento del problema**

#### **2.1.1. Selección del problema**

El movimiento de tierras incluye el movimiento de un volumen de suelo de un lugar a otro y, en su nueva posición, crear una forma y condición física deseada. Pero generalmente sucede que el material se desecha como desperdicio debido a los diferentes tipos de suelos y trabajos que deben efectuarse en una gama de proyectos de ingeniería.

La maquinaria pesada para la actividad de movimiento de tierras es uno de los bienes de capital más costo; pese a esto, existe muy poca información respecto a su rendimiento en la ejecución de proyectos. Este problema enmarcado en la ciudad de Cajamarca y específicamente hablando, para el yacimiento minero Yanacocha, es muy importante debido a que la etapa de planificación y ejecución dependen en gran medida de este factor, es así que el desconocimiento de los rendimientos reales de la maquinaria pesada en la ejecución de proyectos de movimiento de tierras, limita la etapa de planificación y ejecución del proyecto, provocando así incoherencia entre ambas, atrasos, pérdidas económicas y hasta penalidades.

Los rendimientos de la maquinaria pesada se pueden calcular mediante gráficos proporcionados por el fabricante, formulas descritas en textos o por observación directa en campo en la ejecución de proyectos anteriores.

Teniendo en cuenta lo mencionado, en este proyecto de tesis se plantea determinar los rendimientos de la maquinaria pesada para el proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui Maqui, así como la comparación de estos con los rendimientos teóricos dados por el fabricante, lo que nos permitirá plantear mejoras en la etapa de planificación y ejecución de mencionado proyecto.

### **2.1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son los rendimientos alcanzados por la maquinaria pesada en la ejecución del proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca?

### **2.1.3. Justificación de la investigación**

Siendo la maquinaria pesada uno de los bienes de capital más costos en el sector de la construcción y el movimiento de tierras masivo, es necesario contar con la información real sobre su rendimiento en las diferentes actividades que involucra el movimiento de tierras en la construcción. Este déficit de información real sobre los rendimientos de la maquinaria pesada en cierres de mina, involucra a su vez deficiencias en la etapa de planeamiento y ejecución, llevándonos así a retrasos

de obra, pérdidas económicas y penalidades; es así como se hace indispensable contar con información real sobre el rendimiento que alcanza la maquinaria pesada en la ejecución de cierres de mina, y el grado de concordancia de estos con los rendimientos teóricos dados por el fabricante.

Esta información tendrá su utilidad en las consideraciones que puedan tomar entidades orientadas al control y ejecución de proyectos en las diferentes actividades del movimiento de tierras.

La Universidad Nacional de Cajamarca, tiene a muchos de sus egresados laborando en diferentes yacimientos mineros del Perú y Cajamarca, los resultados de este proyecto de tesis estarán disponibles para ellos en el momento en que crean convenientemente utilizarlos, colaborando así a su mejor desempeño en el amplio campo de la Ingeniería.

#### **2.1.4. Alcance, limitaciones y restricciones**

##### **2.1.4.1. Alcances**

El complejo operativo de Minera Yanacocha S.R.L. (Yanacocha) se ubica en Perú, aproximadamente a 800 km al norte de Lima, al noreste de la ciudad de Cajamarca, a una elevación promedio de 4100 m.s.n.m.

La zona donde se desarrolló la investigación se denomina Maqui maqui, a 4100 m.s.n.m., está ubicada dentro de las instalaciones de minera Yanacocha, con una

latitud sur de 6° 57' y una longitud oeste de 78° 28', la investigación se desarrolló entre los meses de octubre y diciembre del año 2012.

El clima de la zona Maqui maqui es cambiante puede ir de templado a tormentoso en cuestión de horas, especialmente es la estación de primavera.

Se puede acceder a las instalaciones de minera Yanacocha a través de la carretera Cajamarca-Bambamarca, son aproximadamente 49 km desde la ciudad de Cajamarca hasta las instalaciones de Minera Yanacocha.

#### **2.1.4.2. Limitaciones y restricciones**

El proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui se analizó bajo las siguientes limitaciones:

- La determinación de rendimientos para la maquinaria pesada se limitó al análisis del proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca en el último trimestre del año 2012.
- Los rendimientos de la maquinaria pesada se calcularon a partir de información de los reporte diarios de campo y los partes del controlador.
- Los rendimientos teóricos fueron obtenidos del manual de rendimiento de Caterpillar ed. 31 y 39.
- La maquinaria Komatsu no cuenta con manual de rendimientos por lo que se su rendimiento teórico se calculó con los equivalentes en la marca Caterpillar.
- Los rendimientos de la maquinaria pesada se han calculado para las partidas de corte y relleno compensado, excavación de material común y extendido de top soil.

- Los tiempos fijos y variables que componen el tiempo de ciclo están incluidos en las horas maquina efectivas registradas en los reportes diarios.
- El clima cambiante se registró en los partes diarios y a partir de estos se tabulo en clima predominante en el cual se ejecutó el proyecto.
- Los rendimientos calculados fueron comparados con los rendimientos teóricos dados por el fabricante.
- Los rendimientos calculados podrán ser utilizados para las diferentes propuestas que involucren proyectos de similares condiciones.
- Los rendimientos calculados podrán ser utilizados por el personal encargado de la supervisión de este tipo de proyectos para la planificación de sus actividades en la ejecución.

## **2.2. Objetivos de la investigación**

### **2.2.1. Objetivo general**

- Calcular los rendimientos alcanzados por la maquinaria pesada en el proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca.

### **2.2.2. Objetivos específicos**

- Calcular los rendimientos alcanzados por los Tractores CAT D8R y Komatsu D65EX-15E0 en el Proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, en la actividad de corte y relleno compensado durante el último trimestre del 2012.

- Calcular los rendimientos alcanzados por los Tractores CAT D8R y Komatsu D65EX-15E0 en el Proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, en la actividad de excavación de material común durante el último trimestre del 2012.
- Calcular los rendimientos alcanzados por el tractor Komatsu D65EX-15E0 en el Proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, en la actividad de empuje y extendido de top soil durante el último trimestre del 2012.
- Calcular los rendimientos alcanzados de Excavadora Komatsu PC350LC-8 en el Proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, en la actividad de excavación de material común durante el último trimestre del 2012.
- Calcular en qué medida los rendimientos teóricos difieren de los alcanzados en la ejecución del Proyecto rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, en el último trimestre del 2012.

### **2.3. Hipótesis**

El rendimiento real alcanzado por la maquinaria pesada en la ejecución del Proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, es menor al rendimiento teórico.

### **2.4. Variables**

### **2.4.1. Unidad de análisis**

Maquinaria pesada, utilizada en la ejecución del proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, en el último trimestre del año 2012.

### **2.4.2. Variable dependiente**

– Rendimiento de la maquinaria pesada m<sup>3</sup>/hora

### **2.4.3. Variables independientes**

**R1:** Rendimiento diario del tractor de orugas CAT D8R.

**R2:** Rendimiento diario del tractor de orugas Komatsu D65EX-15E0.

**R3:** Rendimiento diario de la excavadora Komatsu PC 350LC-8.



**2.4.4. Evaluaciones realizadas**

**Hipótesis 1.** El rendimiento alcanzado por la maquinaria pesada en la ejecución del proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, es menor al rendimiento teórico.

\*\* Corresponderá a las actividades que se realicen en el lapso de tiempo propuesto.

<b>Variables independientes</b>	<b>Definición-concepto</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Índice **</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Fuente</b>
Rendimiento de la maquinaria pesada (tractor de orugas, excavadora)	Cantidad de material que la maquinaria trabaja por unidad de tiempo	Unidades de producción/hora	Corte y relleno compensado.	Observación y medición	Guía de observación y registro de resultados	Tractor de orugas
			Excavación de material común.	Observación y medición	Guía de observación y registro de resultados	Tractor de orugas, Excavadora
			Empuje y extendido de top soil.	Observación y medición	Guía de observación y registro de resultados	Tractor de orugas

## **2.5. Tipos de investigación y diseño**

**2.5.1. Tipo de investigación.** Se utilizó el tipo de investigación descriptiva.

– **Investigación Descriptiva.** En las investigaciones de tipo descriptiva, llamadas también investigaciones diagnósticas, buena parte de lo que se escribe y estudia sobre lo social no va mucho más allá de este nivel. Consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores.

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta.

Este tipo de investigación permitió registrar y reconocer los rendimientos de acuerdo al tipo de actividades y a la maquinaria utilizada para su ejecución.

**2.5.2. Diseño de la investigación.** Se empleó el análisis de tipo transeccional descriptivo que tiene dos propósitos indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables. Consiste en medir en un grupo de objetos o personas una o varias variables y hacer su descripción. Son estudios puramente descriptivos y cuando establecen hipótesis también son descriptivas. Pueden servir para hacer estudios comparativos entre grupos o subgrupos.

Este diseño se emplea sin manipular las variables independientes y observando los fenómenos tal y como se dieron en el contexto de la ejecución de obra.

Se observó in situ la ejecución de las diferentes actividades, consecuentemente se analizó los resultados con el fin de determinar los rendimientos alcanzados por el tipo de maquinaria utilizada en cada actividad.

## **2.6. Diseño metodológico**

**2.6.1. Universo de la investigación.** Se tomó como universo el proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca.


**2.6.2. Muestra.** Movimiento de tierras ejecutado por la maquinaria pesada (tractor de orugas Komatsu D6, CAT D8 y excavadora Komatsu PC 350) en el proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca, en el último trimestre del año 2012.

## **2.6.3. Materiales, equipos y fuentes de datos**

### **2.6.3.1. Materiales y equipos**


– **Tractor CAT D8R.** Las especificaciones de esta máquina se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.1-Especificaciones Tractor CAT D8R**

MODELO	 D8R
Potencia en el volante	228 kW
Peso en orden de trabajo (con hoja SU)	27.626 kg
Modelo de motor	3406C TA
<b>DIMENSIONES GENERALES</b>	
Altura (sin techo)	2.67 m
Altura (hasta la parte superior del techo ROPS)	3.51 m
Altura (hasta la parte superior de la cabina ROPS)	3.45 m
Longitud total (sin hoja)	4.93 m
Con hoja SU	6.91 m
Capacidad de llenado del tanque de combustible	625


– **Tractor CAT D6T XL.** Las especificaciones de esta máquina se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.2-Especificaciones Tractor CAT D6T XL**

MODELO	 D6T XL
Potencia en el volante	149 kW
Peso en orden de trabajo (con hoja SU)	20.148 kg
Modelo de motor	C9 ACERT
<b>DIMENSIONES GENERALES</b>	
Altura (sin techo)	2.44 m
Altura (hasta la parte superior del techo ROPS)	3.20 m
Altura (hasta la parte superior de la cabina ROPS)	3.15 m
Longitud total (sin hoja)	3.86 m
Con hoja SU	5.33 m
Capacidad de la Hoja SU	5.61 m <sup>3</sup>
Capacidad de llenado del tanque de combustible	425 L


– **Tractor Komatsu D65EX-15E0.** Las especificaciones de esta máquina se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.3-Especificaciones Tractor Komatsu D65EX-15E0**

MODELO	 <b>D65EX-15E0</b>
Potencia en el volante	155 kW
Peso en orden de trabajo (con hoja SU)	20.280 kg
Modelo de motor	SAA6D114E-3
<b>DIMENSIONES GENERALES</b>	
Altura (con techo)	3.22 m
Longitud total (con hoja)	5.44 m
Capacidad de la Hoja SU	5.61 m <sup>3</sup>
Capacidad de llenado del tanque de combustible	415 L

– **Excavadora Komatsu PC350.** Las especificaciones de esta máquina se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.4-Especificaciones Excavadora Komatsu PC350**

MODELO	 <b>PC350LC-8</b>
Potencia en el volante	184 kW
Peso en orden de trabajo (con hoja SU)	36.390 kg
Modelo de motor	SAA6D114E-3
<b>DIMENSIONES GENERALES</b>	
Altura (con techo)	3.10 m
Pluma de una pieza	3.20 m
Longitud de transporte	11.14 m
Capacidad del cazo (cucharón)	2.66 m
Capacidad de llenado del tanque de combustible	605 L

– **GPS diferencial Trimble TSC II.** Equipo topográfico con el cual se realizó los levantamientos topográficos.

– **Formatos de reporte diario.** Formato que fue llenado por el supervisor de campo, en este se describió las actividades que la maquinaria pesada desarrolló en el transcurso del jornal de trabajo.

– **Formatos de controlador.** Formato que fue llenado por el controlador de equipos, en este se describió las horas efectivas que la maquinaria laboró durante el jornal de trabajo.

**2.6.3.2. Fuentes de datos.** Se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 2.5-Fuente de datos**

TIPO DE DATO	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICION	INFÓRMATE O FUENTE
Partes diarios de supervisión	Observación y medición	Formato de reporte diario de supervisión	Supervisor de Campo
Data topográfica	Levantamiento topográfico	GSP-diferencial	Topógrafo
Volumen de material trabajado	Procesamiento de data topográfica	Auto Cad Civil 3D	Ingeniero Cadista
Partes de control diario	Observación y medición	Formato de reporte diario de controlador	Controlador horario de equipos

#### 2.6.4. Población de informantes

– **Supervisor de campo.** Persona que se encargó de la supervisión de las labores realizadas en el proyecto así mismo también se encargó de la distribución de equipos y personal durante el transcurso de la jornada de trabajo, de él dependió las asignaciones de tareas en la ejecución del proyecto.

– **Topógrafo.** Persona que se encargó de realizar los levantamientos topográficos de avance en obra, estos se realizaron con GPS diferencial y en coordenadas locales, una vez concluido el levantamiento topográfico la data es descargo del equipo topográfico en formato .csv, y luego fue procesada por el ing. Cadista; además de esto el topógrafo se encargó de controlar los niveles de diseño para la reclamación final nivel de fundación y nivel de top soil.

- **Ingeniero cadista.** Persona que proceso y calculo los volúmenes de material, a partir de la data topográfica proporcionada por el topógrafo.
- **Controlador de equipos.** Persona que registro las horas trabajas por la maquinaria pesada, en las diferentes actividades asignadas por el supervisor de campo.

### **2.6.5. Forma de tratamiento de datos**

**2.6.5.1. Etapa de campo.** Mediante la observación directa se llenó los formatos de controlador así como de supervisor de campo, detallando en estos las actividades realizadas y las horas efectivas que la maquinaria laboró en la jornada de trabajo. Los levantamientos topográficos se realizaron de acuerdo al movimiento de tierras realizado durante la jornada.

**2.6.5.2. Etapa de gabinete.** Una vez concluida la etapa de campo se procedió de la siguiente manera:

1. Se organizó de la data topográfica descargada del GSP diferencial Trimble TSC II.
2. Se procesó la data topográfica mediante el apoyo de software -Autocad Civil 3D 2012.
3. Se organizó los formatos de supervisión y controlador de equipos, de acuerdo a fecha y maquinaria.

4. Se seleccionó los formatos en los cuales figura las actividades del movimiento de tierras a analizar (corte y relleno compensado, excavación de material común y empuje y extendido de top soil).
5. Se creó una base de datos en Microsoft Excel con esta información, teniendo en cuenta el tipo de maquinaria pesada, el volumen de material movido, las horas efectivas y la fecha en la cual se realizó el trabajo.
6. Con las horas efectivas trabajadas y los volúmenes de material movido se calculó los rendimientos de acuerdo a las fechas laboradas, para la maquinaria en análisis de acuerdo a las actividades que realizaron.
7. Se calculó la normalidad de los resultados obtenidos así como el rendimiento promedio, la desviación estándar, varianza, mínimos y máximos valores.

– **Media aritmética ( $\bar{x}$ )**. También denominada promedio, es la suma de un conjunto finito de números dividido entre el número de valores sumados. Cuando el conjunto de es una muestra aleatoria recibe el nombre de media muestral siendo uno de los principales estadísticos muestrales.

Una de las limitaciones de la media aritmética es que se trata de una media muy sensible a los valores extremos, valores muy altos tienden a aumentarla mientras que valores muy bajos tienden a reducirla, lo que implica que pueden dejar de ser representativa en una población.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Dónde:

n: Número de datos.

$x_i$ : Conjunto de datos.



– **Desviación estándar ( $\sigma$ )**. La desviación estándar o desviación típica es una medida de centralización o dispersión para variables de razón (ratio o cociente) y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva.

Se define como la raíz cuadrada de la varianza. Junto con este valor, la desviación típica es una medida (cuadrática) que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética, expresada en las mismas unidades que la variable.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Dónde:

n: Número de datos.

$\bar{x}$ : Media aritmética.

$x_i$ : Conjunto de datos.

La desviación estándar es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética.

– **Varianza ( $\sigma^2$ )**. Se define como la media de las diferencias cuadráticas de "n" puntuaciones con respecto a su media aritmética

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2$$

Dónde:

n: Número de datos.

$\bar{x}$ : Media aritmética.

$x_i$ : Conjunto de datos.

**2.6.6. Forma de análisis de información.** Se analizó los rendimientos calculados en esta investigación comparándolos con los rendimientos teóricos indicados por el fabricante de la maquinaria pesada, así mismo, para esto, se tuvo en cuenta las condiciones y actividades en las que se ejecutaron mencionadas actividades.

### Capítulo III. Resultados y discusión

#### 3.1. Rendimiento tractor CAT D8R

– Como se puede observar en la Figura 3.1 y 3.2, el rendimiento promedio de un tractor CAT D8R para las actividades indicadas, se muestran a continuación:

**Tabla 3.1-Rendimiento tractor CAT D8R**

Actividad	Rendimiento teórico (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento mínimo (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento máximo (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento promedio (m <sup>3</sup> /h)
Corte y relleno compensado	220.00	149.92	171.87	162.42
Excavación de material común	300.00*	249.98	264.38	256.18

Nota. El cálculo del rendimiento teórico para la actividad Corte y relleno compensado esta descrito en el anexo B.

\* El rendimiento teórico indicado en la tabla para la actividad de excavación de material común es un valor sugerido por el ingeniero supervisor, ingeniero de planeamiento y costos y el ingeniero residente; esto debido a que el manual de rendimiento de CAT no especifica actividades como esta.

– En la actividad de corte y relleno compensado el rendimiento calculado es 26.2% menor al rendimiento teórico, igualmente en la actividad de excavación de material común el rendimiento calculado es menor en un 14.6%, una de las razones por la cuales el rendimiento calculado es menor al rendimiento teórico es porque este está basado en un 100 de eficiencia.

– La altura también es uno de los factores por los que el rendimiento calculado es menor al rendimiento teórico, esto se debe a que a mayor altura, menor presión

atmosférica, consecuentemente la potencia en los motores de aspiración natural también disminuye; si esta disminuye es lógico que la fuerza de tracción del vehículo también se reduzca.

– La desviación estándar obtenida es de 6.50 para el caso de corte y relleno compensado y de 4.64 para excavación de material común, lo que nos indica que los rendimientos calculados están a  $\pm 6.50 \text{ m}^3/\text{h}$  y  $4.64 \text{ m}^3/\text{h}$  del rendimiento promedio respectivamente, esto nos da un alto índice de confiabilidad de resultados, ya que el rendimiento promedio alcanzado en corte y relleno compensado es de  $162.42 \text{ m}^3/\text{h}$  y en excavación de material común es de  $256.18 \text{ m}^3/\text{h}$ .

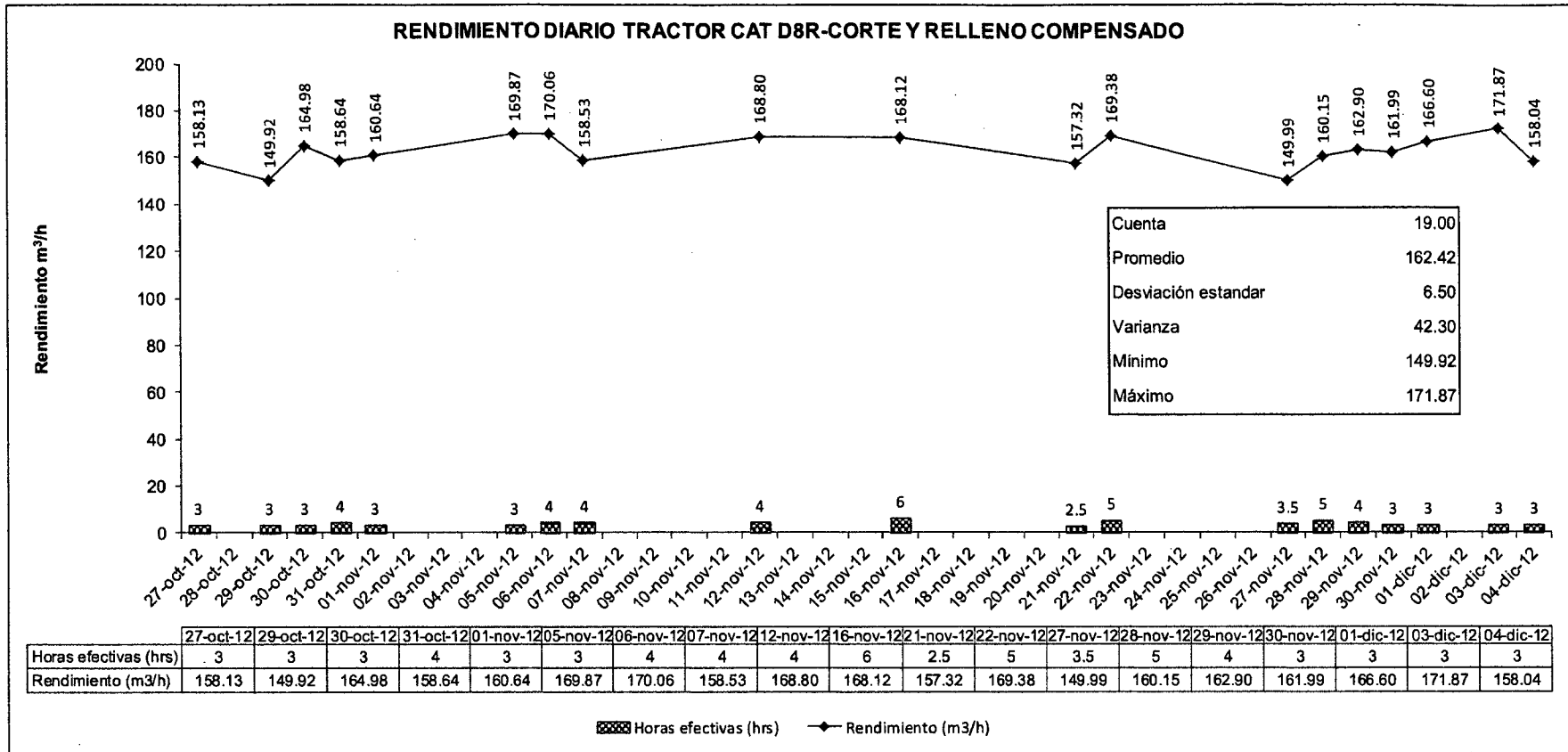


Figura 3.1- Rendimiento diario tractor CAT D8R-Corte y relleno compensado

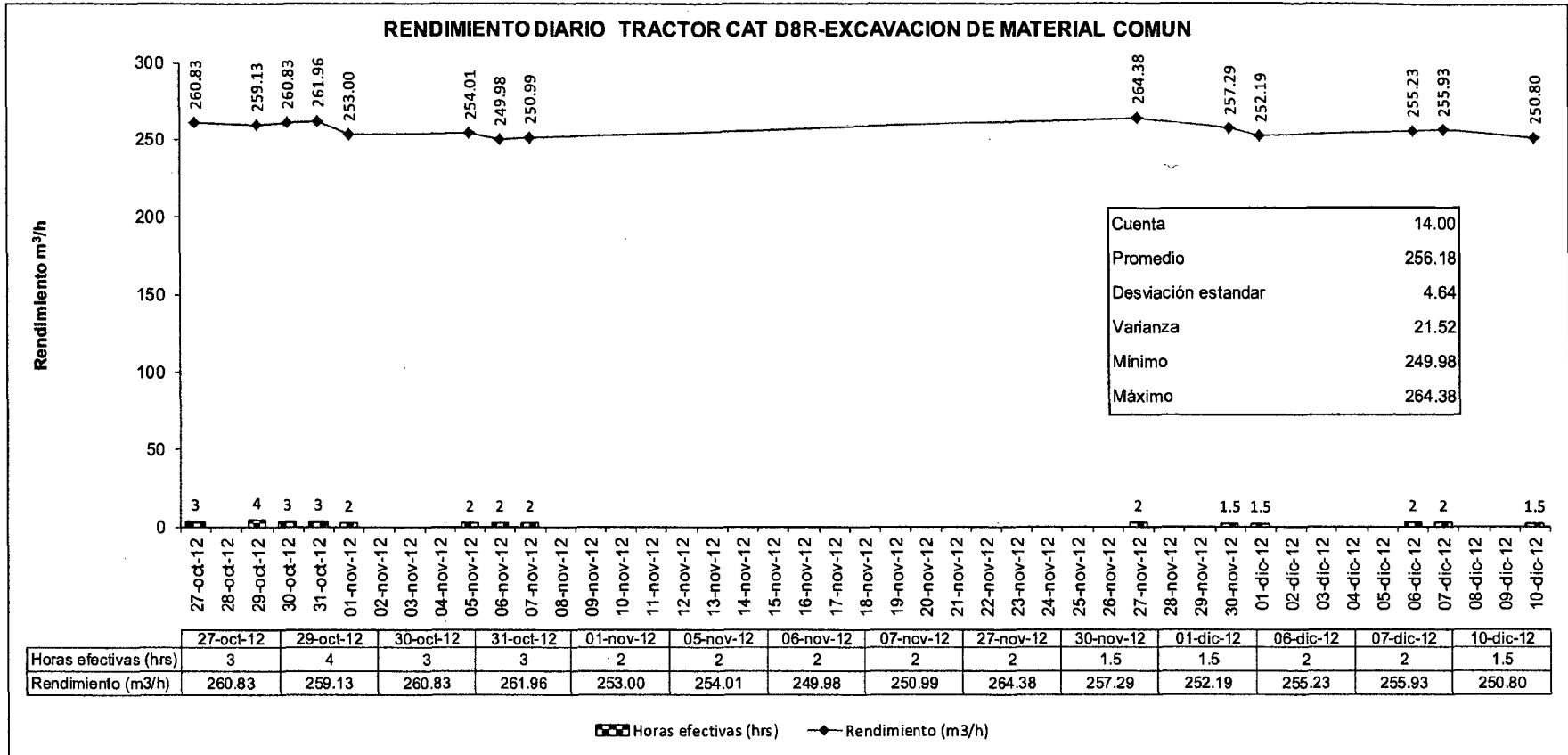


Figura 3.2- Rendimiento diario tractor CAT D8R-Excavación de material común

### 3.2. Rendimiento tractor Komatsu D65EX-15E0

– Como se puede observar en la Figura 3.3, 3.4 y 3.5 el rendimiento promedio de un tractor Komatsu D65EX-15E0 para las actividades indicadas, se muestran a continuación:

**Tabla 3.2-Rendimiento tractor Komatsu D65EX-15E0**

Actividad	Rendimiento teórico (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento mínimo (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento máximo (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento promedio (m <sup>3</sup> /h)
Corte y relleno compensado	147.00	105.83	123.35	112.30
Excavación de material común	200.00*	163.96	190.82	176.17
Empuje y extendido de top soil	190.00*	158.26	191.10	166.08

Nota. El cálculo del rendimiento teórico para la actividad Corte y relleno compensado esta descrito en el anexo B

\* El rendimiento teórico indicado en la tabla para la actividad señalada es un valor sugerido por el ingeniero supervisor, ingeniero de planeamiento y costos y el ingeniero residente; esto debido a que el manual de rendimiento de CAT no especifica actividades como esta.

– En la actividad de corte y relleno compensado el rendimiento calculado es 23.6% menor al rendimiento teórico, en la actividad de excavación de material común el rendimiento calculado es 11.9% menor y en la actividad de empuje y extendido de top soil es 12.59 %, una de las razones por la cuales el rendimiento calculado es menor al rendimiento teórico es porque este está basado en un 100 de eficiencia.

– La altura también es uno de los factores por los que el rendimiento calculado es menor al rendimiento teórico, esto se debe a que a mayor altura, menor presión atmosférica, consecuentemente la potencia en los motores de aspiración natural

también disminuye; si esta disminuye es lógico que la fuerza de tracción del vehículo también se reduzca.

– La desviación estándar obtenida es de 4.38 para el caso de corte y relleno compensado, 10.58 para excavación de material común y 7.60 para el empuje y extendido de top soil, lo que nos indica que los rendimientos calculados están a  $\pm$  4.38 m<sup>3</sup>/h, 10.58 m<sup>3</sup>/h y 7.60 m<sup>3</sup>/h del rendimiento promedio respectivamente, esto nos da un alto índice de confiabilidad de resultados, ya que el rendimiento promedio alcanzado en corte y relleno compensado es de 112.30 m<sup>3</sup>/h , en excavación de material común de 176.17 m<sup>3</sup>/h y en empuje y extendido de top soil de 166.08 m<sup>3</sup>/h.



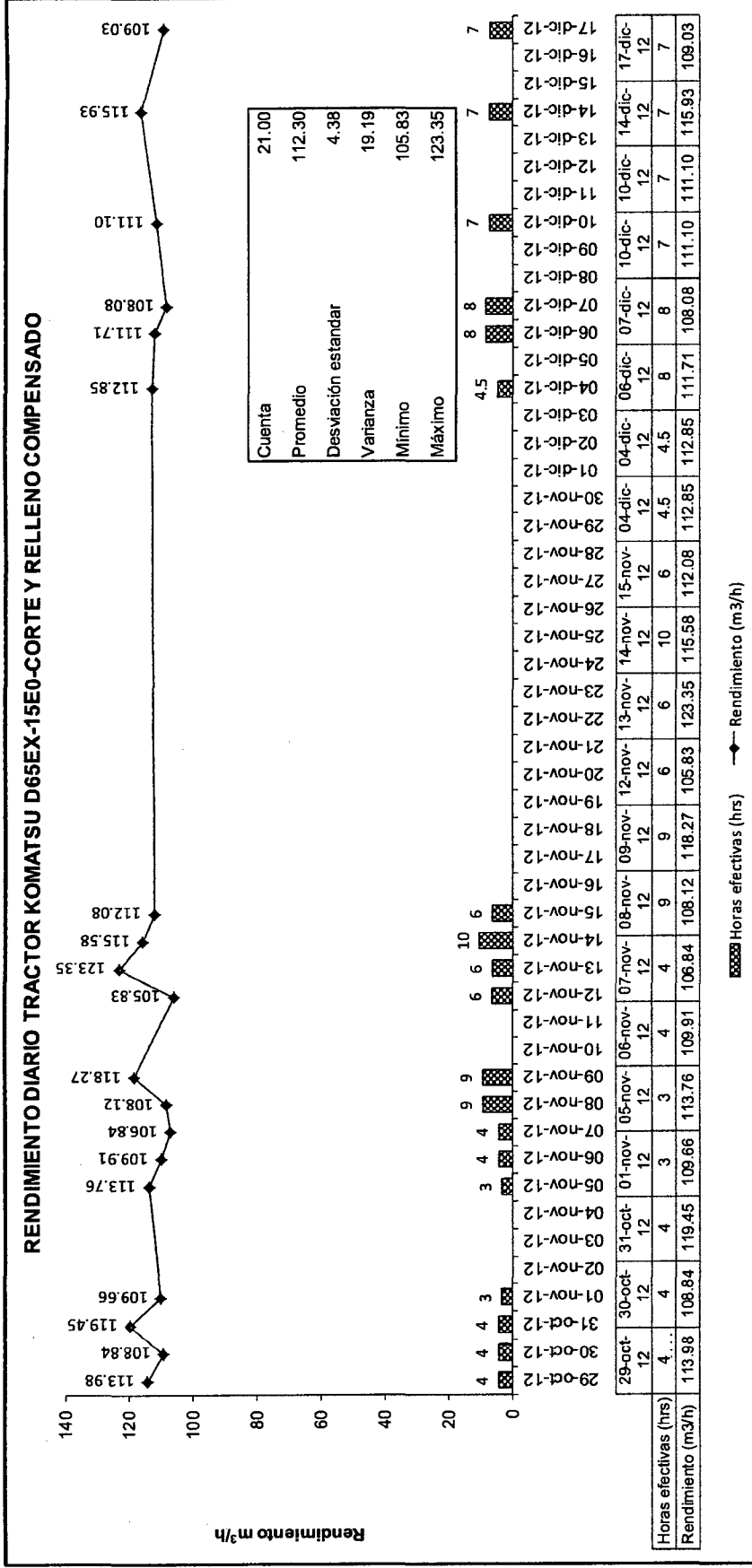


Figura 3.3- Rendimiento diario tractor Komatsu D65EX-15E0-Corte y relleno compensado

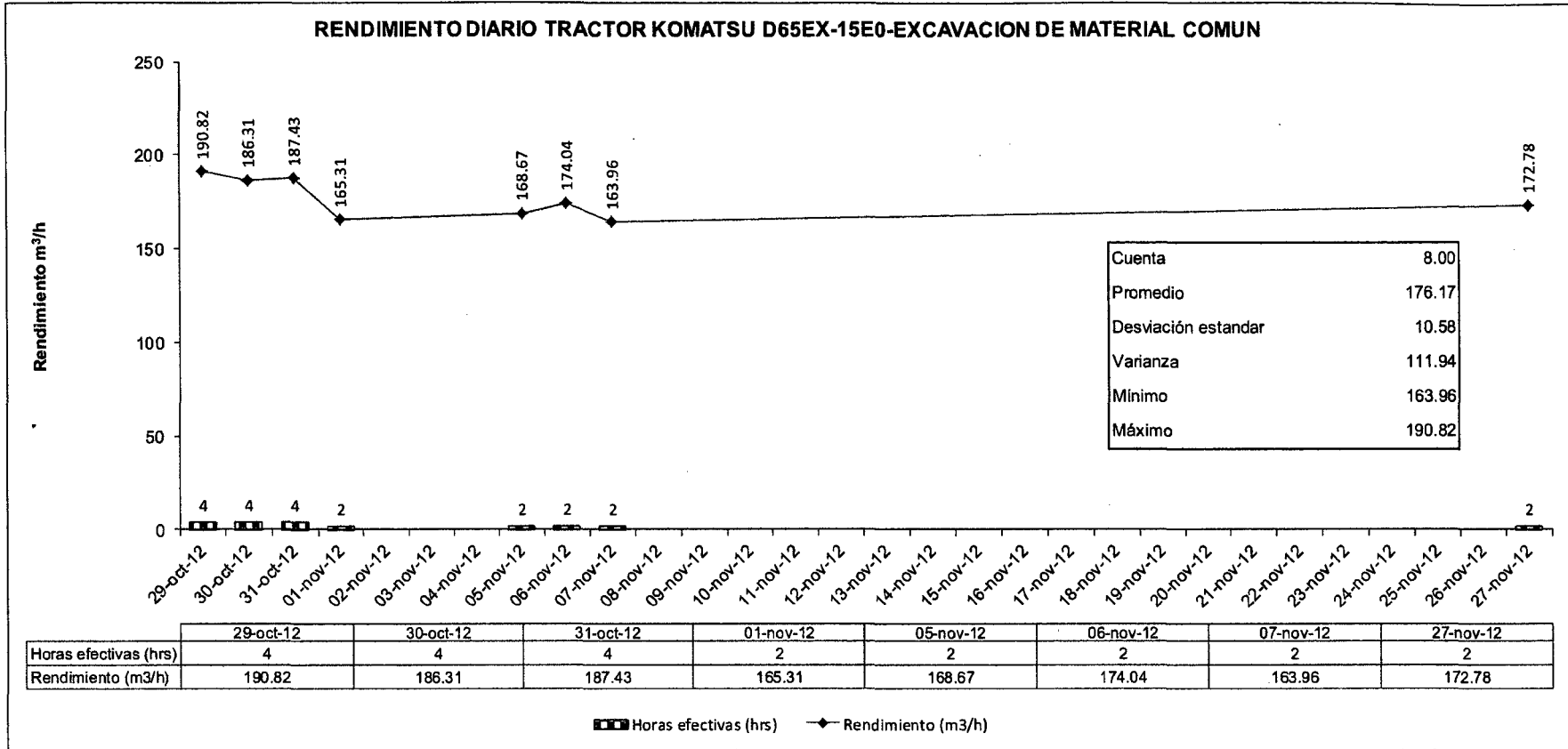


Figura 3.4- Rendimiento diario tractor Komatsu D65EX-15E0-Excavación de material común

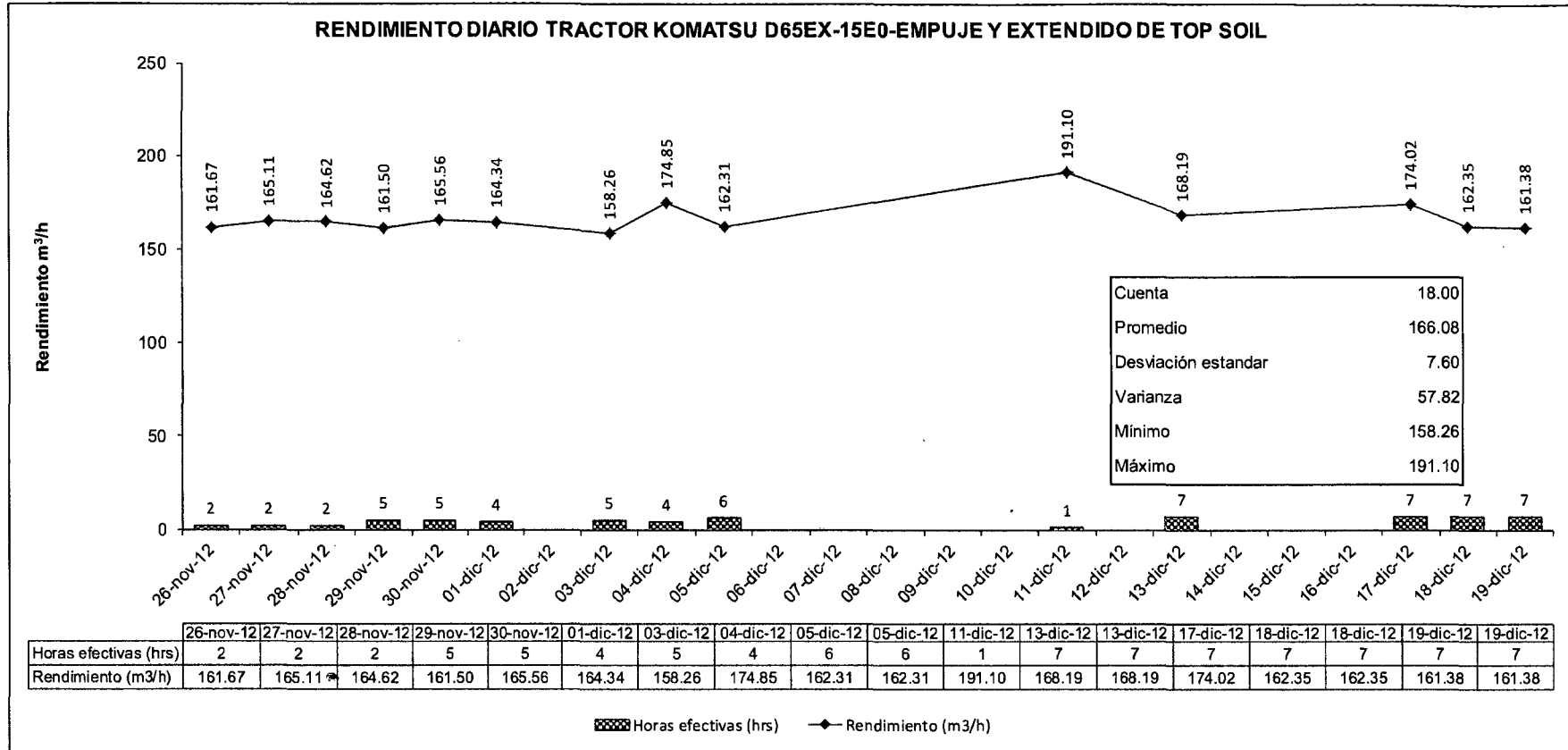


Figura 3.5- Rendimiento diario tractor Komatsu D65EX-15E0-Empuje y extendido de top soil

### 3.3. Rendimiento excavadora Komatsu PC350LC-8

– Como se puede observar en la Figura 3.6 el rendimiento promedio de una excavadora Komatsu PC350LC-8 para las actividades indicadas, se muestran a continuación:

**Tabla 3.3-Rendimiento excavadora Komatsu PC350LC-8**

Actividad	Rendimiento teórico (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento mínimo (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento máximo (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento promedio (m <sup>3</sup> /h)
Excavación de material común	50.00*	42.29	51.12	47.04

\* El rendimiento teórico indicado en la tabla para la actividad señalada es un valor sugerido por el ingeniero supervisor, ingeniero de planeamiento y costos y el ingeniero residente; esto debido a que el manual de rendimiento de CAT no especifica actividades como esta.

– En la actividad de excavación de material común el rendimiento calculado es 5.92% menor al rendimiento teórico, una de las razones por la cuales el rendimiento calculado es menor al rendimiento teórico es porque este está basado en un 100 de eficiencia.

– La altura también es uno de los factores por los que el rendimiento calculado es menor al rendimiento teórico, esto se debe a que a mayor altura, menor presión atmosférica, consecuentemente la potencia en los motores de aspiración natural también disminuye; si esta disminuye es lógico que la fuerza de tracción del vehículo también se reduzca.

– La desviación estándar obtenida es de 4.17 lo que nos indica que los rendimientos calculados están a  $\pm 4.17$  m<sup>3</sup>/h del rendimiento promedio, esto nos da un alto índice de confiabilidad de resultados, ya que el rendimiento promedio alcanzado es de 47.04 m<sup>3</sup>/h.

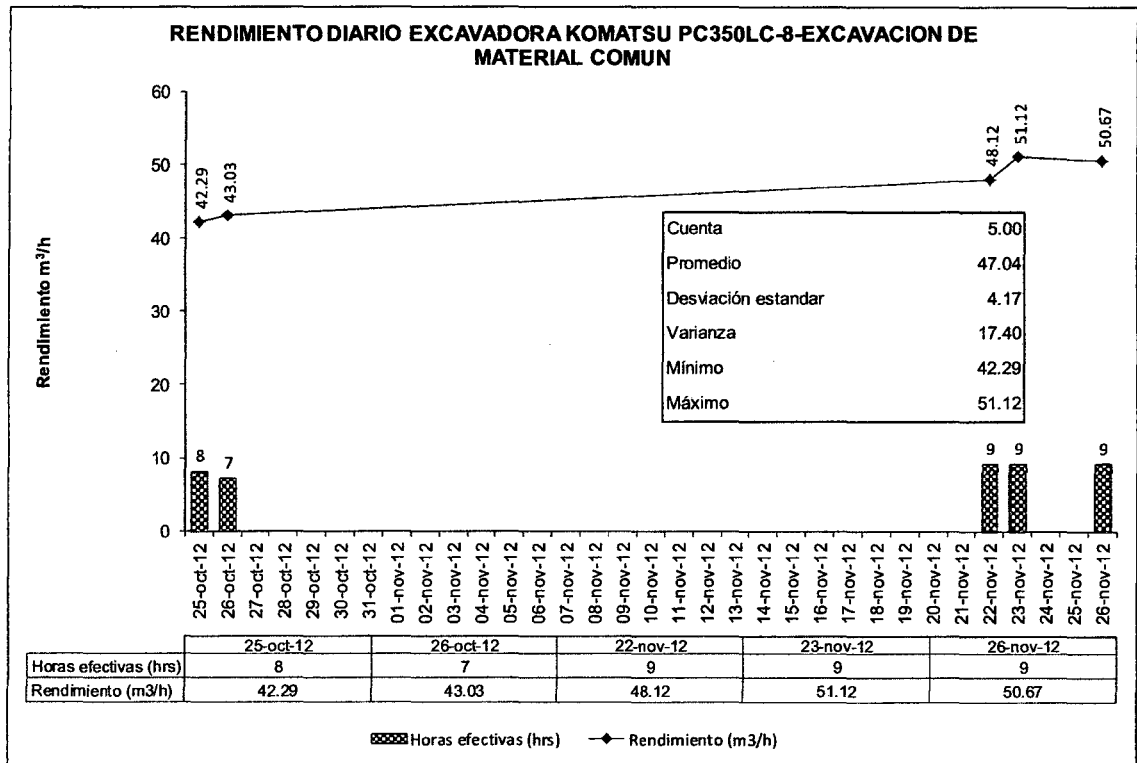


Figura 3.6- Rendimiento diario excavadora Komatsu PC350LC-8-Excavación de material común

3.4. Resumen de rendimiento. A continuación se resumen los resultados alcanzados en la presente investigación.

Tabla 3.4- Resumen de rendimientos Tractor CAT D8R/Tractor Komatsu D65EX-15E0/ Excavadora Komatsu PC350LC-8

Equipo	Actividad	Rendimiento promedio en campo	Rendimiento teórico	Variación de rendimiento
Tractor CAT D8R	Corte y relleno compensado	162.42 m <sup>3</sup> /h	220.00 m <sup>3</sup> /h	57.58 m <sup>3</sup> /h
Tractor CAT D8R	Excavación de material común	256.18 m <sup>3</sup> /h	300.00 m <sup>3</sup> /h	43.82 m <sup>3</sup> /h
Tractor Komatsu D65EX-15E0	Corte y relleno compensado	112.30 m <sup>3</sup> /h	147.00 m <sup>3</sup> /h	34.7 m <sup>3</sup> /h
Tractor Komatsu D65EX-15E0	Excavación de material común	176.17 m <sup>3</sup> /h	200.00 m <sup>3</sup> /h	23.83 m <sup>3</sup> /h
Tractor Komatsu D65EX-15E0	Empuje y extendido de top soil	166.08 m <sup>3</sup> /h	190.00 m <sup>3</sup> /h	23.92 m <sup>3</sup> /h
Excavadora Komatsu PC350LC-8	Excavación de material común	47.04 m <sup>3</sup> /h	50.00 m <sup>3</sup> /h	2.96 m <sup>3</sup> /h

## **Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1. Conclusiones**

- En la presente investigación se logró determinar los rendimientos de: tractor CAT D8R, tractor Komatsu D65EX-15E0 y la excavadora Komatsu PC350LC-8, en las actividades de corte y relleno compensado, excavación de material común y empuje y extendido de top soil, detallándose estos resultados en la tabla 3.4.
- Los rendimientos teóricos son mayores a los rendimientos calculados en la ejecución del proyecto, lo que concuerda con la hipótesis de la investigación, en la tabla 3.4 se muestra en qué orden difieren los rendimientos teóricos de los calculados en campo de acuerdo al tipo de maquinaria y actividad realizada.
- Conforme se avanzó la ejecución del proyecto, se tuvo que ingresar al sector 02 donde las condiciones topográficas (Anexo B) fueron determinantes en la disminución del rendimiento, ya que la pendiente de este sector tenía un promedio de 63%, excediendo así las inclinaciones máximas para trabajos de condiciones normales (45%), aumentando la dificultad para maniobrar en esta zona.
- En el sector 01 en la zona sur-oeste se encontró una formación rocosa, dejando así solo una franja de terreno alrededor de esta para su rehabilitación, esta franja

tenía aproximadamente un promedio de 10m de ancho lo que disminuyó la maniobrabilidad de los tractores, reduciendo así su rendimiento.

– El promedio de horas efectivas empleadas diariamente por la maquinaria pesada en la ejecución del proyecto Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Cajamarca es de 4.29 Hrs, los que nos indica que la maquinaria pesada fue utilizada también en actividades ajenas a las cuales inicialmente fueron designadas.

– El clima predominante en la ejecución del proyecto fue soleado/templado, lo que nos indica que la mayor parte de la ejecución del proyecto se realizó en condiciones favorables.

#### **4.2. Recomendaciones**

– Se recomienda en el caso de evaluaciones de rendimientos de maquinaria pesada en movimiento de tierras, tener especial cuidado con las horas que labora la maquinaria pesada en una jornada, es decir, diferenciar las horas efectivas de las horas que comprende la jornada laboral.

## Referencias bibliográficas

- Angelita Bringas /2010/Evaluación de Rendimientos de Maquinaria Pesada en la Construcción de la Plataforma de Lixiviación La Quinoa Etapa 7b-My-Cajamarca/Cajamarca-Perú/86 Pág.
- Jesús Ramos Salazar/2007/El equipo y sus costos de operación/Ed. 3/Perú/58 Pág.
- Jean Costes/1975/Maquinaria para movimiento de tierras/Ed. 2/España/172 Pág.
- Caterpillar Co./2007/Manual de rendimiento/Ed. 37/EE.UU./1330 Pág.
- Caterpillar Co. /2010/Manual de rendimiento/Ed. 39/ EE.UU./1330 Pág.
- Komatsu/2008/Especificaciones Tractor Komatsu D65EX-15E0/EE.UU./12 Pág.
- Komatsu./2008/Especificaciones Excavadora Komatsu PC350LC-8/ EE.UU./20 Pág.

### Internet

- [http://www.bibliotecadigital.uson.mx/bdg\\_tesisIndice.aspx?tesis=5199](http://www.bibliotecadigital.uson.mx/bdg_tesisIndice.aspx?tesis=5199)
- <http://minera-yanachoca.over-blog.es/article-35399142>



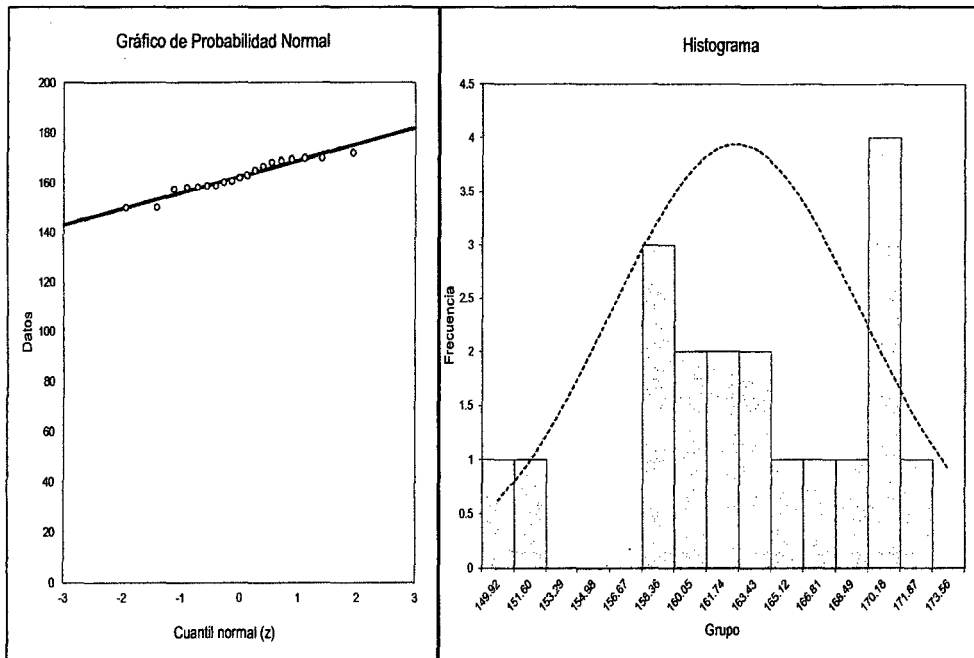
Anexos

A. Gráficas de normalidad

1. Normalidad-Tractor CAT D8R-Corte y relleno compensado

Datos
158.13
149.92
164.98
158.64
160.64
169.87
170.06
158.53
168.80
168.12
157.32
169.38
149.99
160.15
162.90
161.99
166.60
171.87
158.04

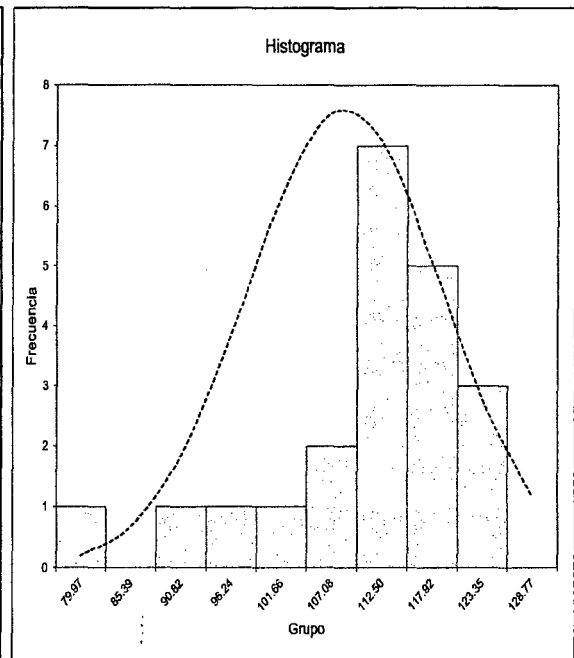
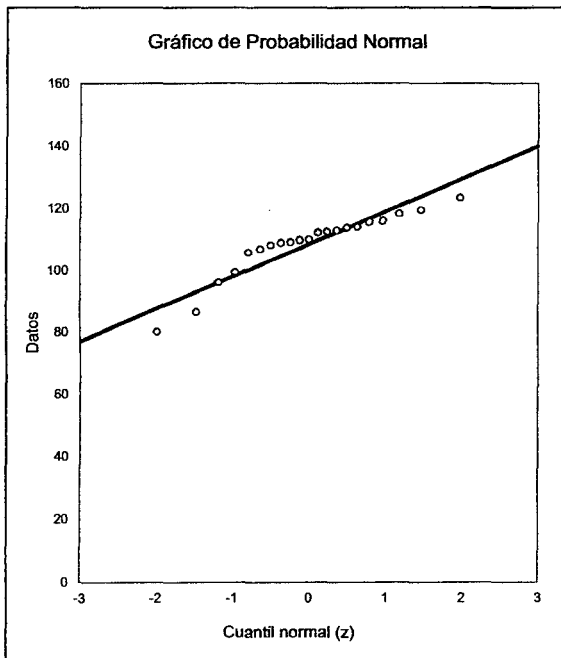
Descriptivos Datos	
Cuenta	19
Promedio	162.4175
Desviación	6.5037
Varianza	42.2985
Curtosis	-0.8253
Sesgo	-0.3476
Mínimo	149.9156
Máximo	171.8720
Rango	21.9564
Norm (p-valor)	0.3370



2. Normalidad-Tractor Komatsu D65EX-15E0-Corte y relleno compensado

Datos
113.98
108.84
119.45
109.66
113.76
109.91
106.84
108.12
118.27
105.83
123.35
115.58
112.08
112.85
112.39
99.29
96.07
86.41
79.97
115.93
109.03

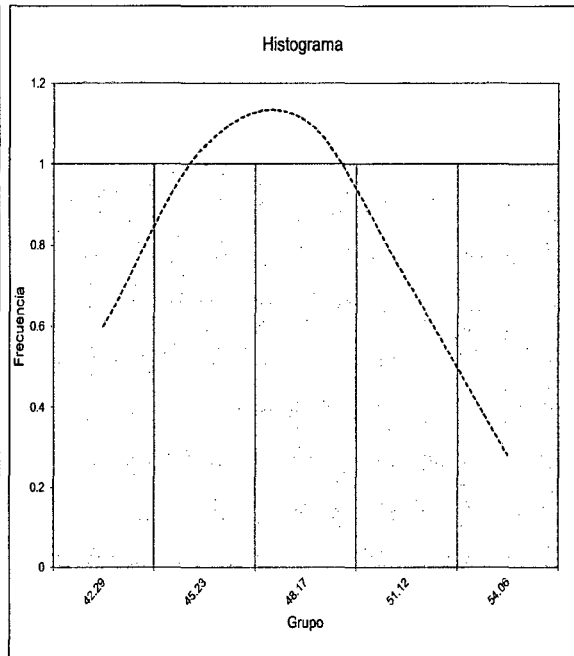
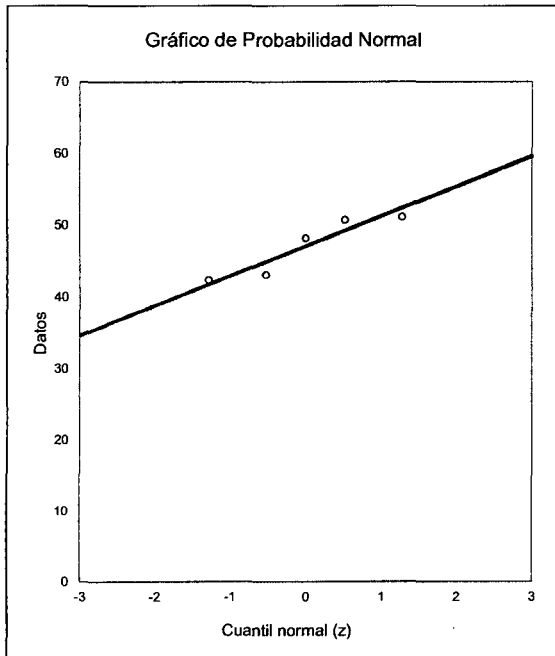
Descriptivos Datos	
Cuenta	21
Promedio	108.4583
Desviación	10.4888
Varianza	110.0156
Curtosis	1.1582
Sesgo	-1.2850
Mínimo	79.9718
Máximo	123.3463
Rango	43.3745
Norm (p-valor)	0.0084



3. Normalidad-Excavadora Komatsu PC350LC-8-Excavación de material común

DATOS
42.29
43.03
48.12
51.12
50.67

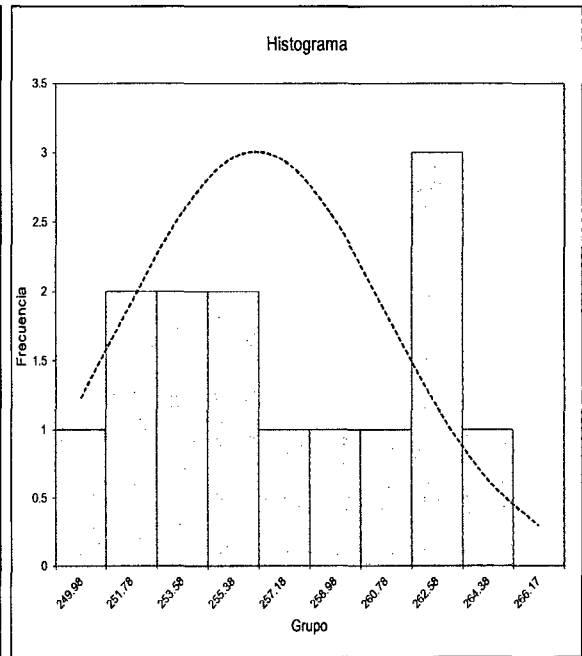
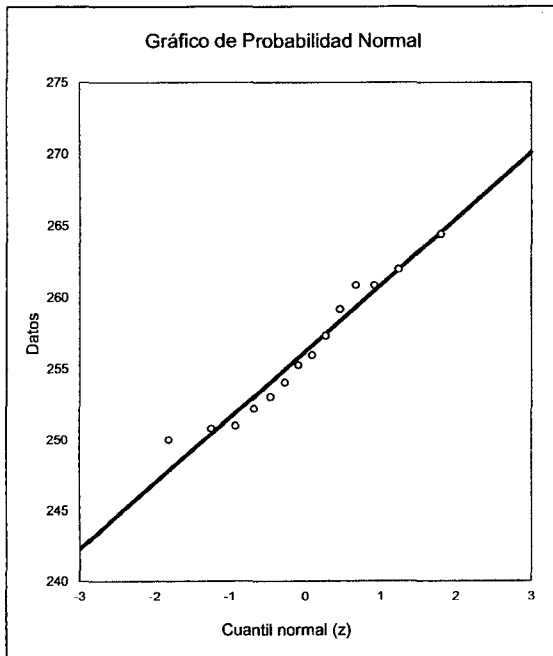
Descriptivos DATOS	
Cuenta	5
Promedio	47.0449
Desviación	4.1711
Varianza	17.3983
Curtosis	-1.9926
Sesgo	-0.1926
Mínimo	42.2889
Máximo	51.1174
Rango	8.8285
Norm (p-valor)	0.3543



4. Normalidad-Tractor CAT D8R-Excavación de material común

DATOS
260.83
259.13
260.83
261.96
253.00
254.01
249.98
250.99
264.38
257.29
252.19
255.23
255.93
250.80

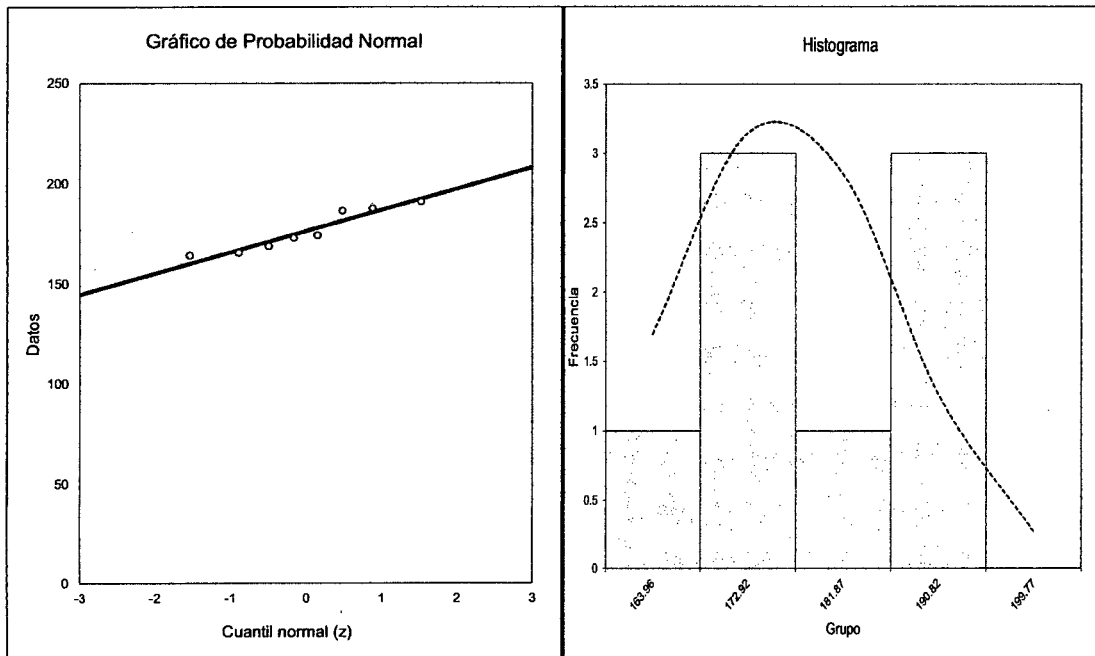
Descriptivos DATOS	
Cuenta	14
Promedio	256.1807
Desviación	4.6389
Varianza	21.5193
Curtosis	-1.3294
Sesgo	0.2539
Mínimo	249.9788
Máximo	264.3750
Rango	14.3962
Norm (p-valor)	0.2771



5. Normalidad-Tractor Komatsu D65EX-15E0-Excavación de material común

DATOS
190.82
186.31
187.43
165.31
168.67
174.04
163.96
172.78

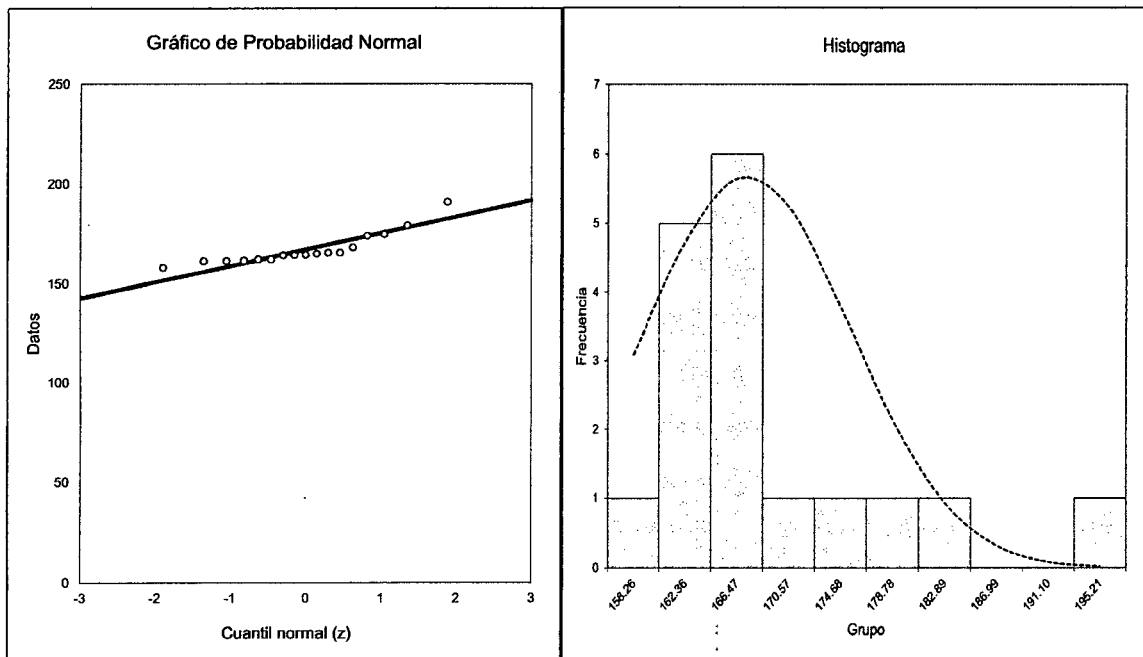
Descriptivos DATOS	
Cuenta	8
Promedio	176.1654
Desviación	10.5800
Varianza	111.9369
Curtosis	-1.7207
Sesgo	0.2481
Mínimo	163.9646
Máximo	190.8220
Rango	26.8574
Norm (p-valor)	0.3012



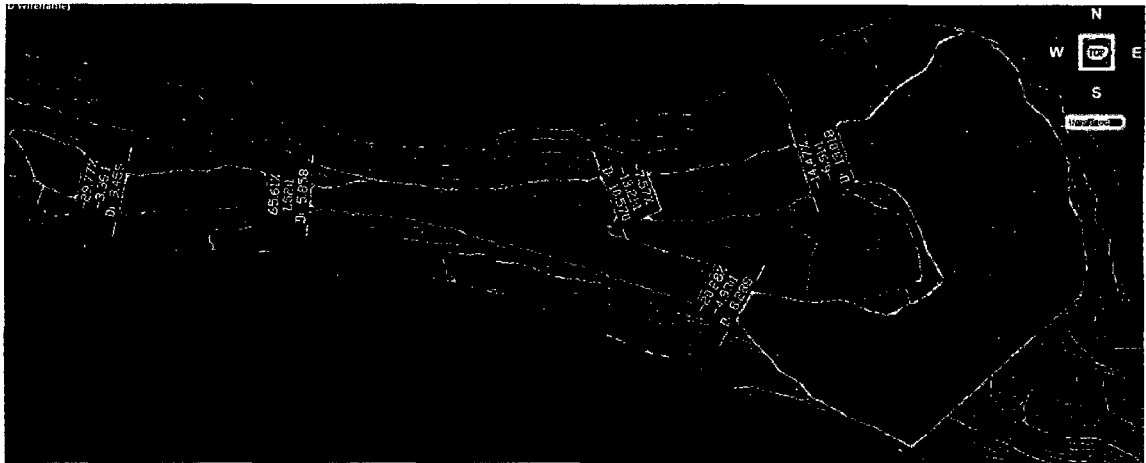
6. Normalidad-Tractor Komatsu D65EX-15E0-Empuje y extendido de top soil

DATOS
161.67
165.11
164.62
161.50
165.56
164.34
158.26
174.85
162.31
179.21
191.10
168.19
164.30
174.02
162.35
165.59
161.38

Descriptivos DATOS	
Cuenta	17
Promedio	167.3160
Desviación	8.2096
Varianza	67.3969
Curtosis	1.9105
Sesgo	1.6036
Mínimo	158.2569
Máximo	191.1000
Rango	32.8431
Norm (p-valor)	0.0017



## B. Condiciones topográficas del proyecto



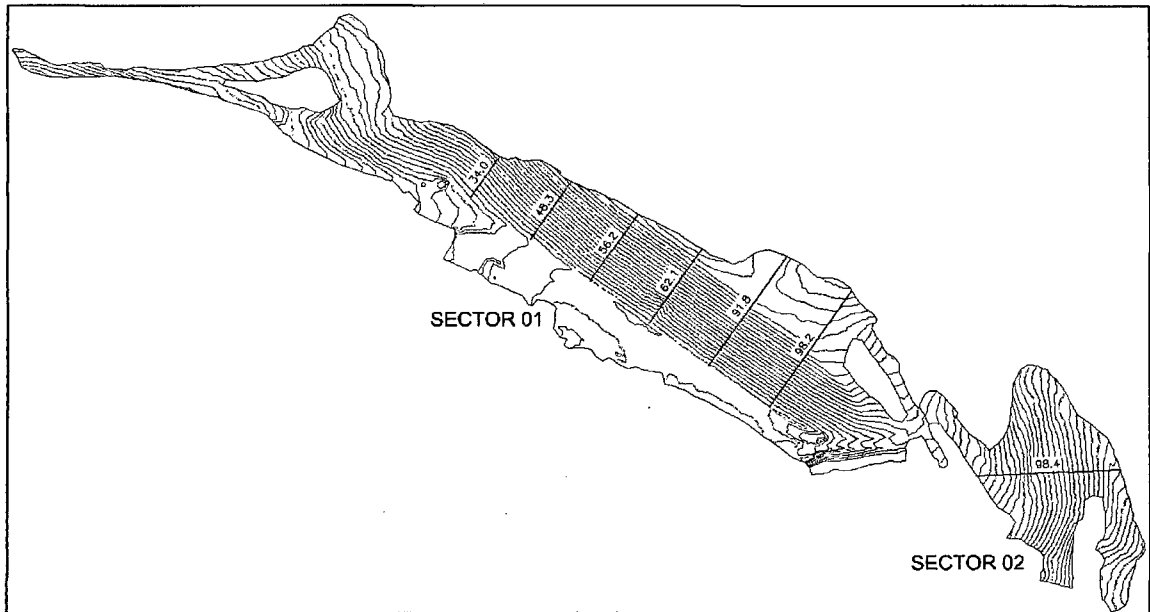
Condiciones topográficas-Sector 01



Condiciones topográficas-Sector 02

**C. Rendimiento teórico tractor CAT D8R, tractor Komatsu, tractor CAT D6T XL, tractor Komatsu D65EX-15E0**

1. Calculo de distancia promedio de empuje de empuje



2. Factores de corrección según condiciones del trabajo, Tabla 1.8- Factores de corrección según condiciones del trabajo

	TRACTOR DE CADENAS
<b>Operador:</b> Bueno	0.75
<b>Material:</b> Difícil de empujar; se apelmaza (seco, no cohesivo) o material muy pegajoso.	0.80
<b>Empuje por método de Zanja con dos tractores juntos</b>	1.15
<b>Visibilidad:</b> Polvo, lluvia, nieve, niebla, oscuridad	0.80
<b>Eficiencia del trabajo :</b> 50min/h	0.83
<b>Pendientes:</b> Vea gráfica sig.	1.6



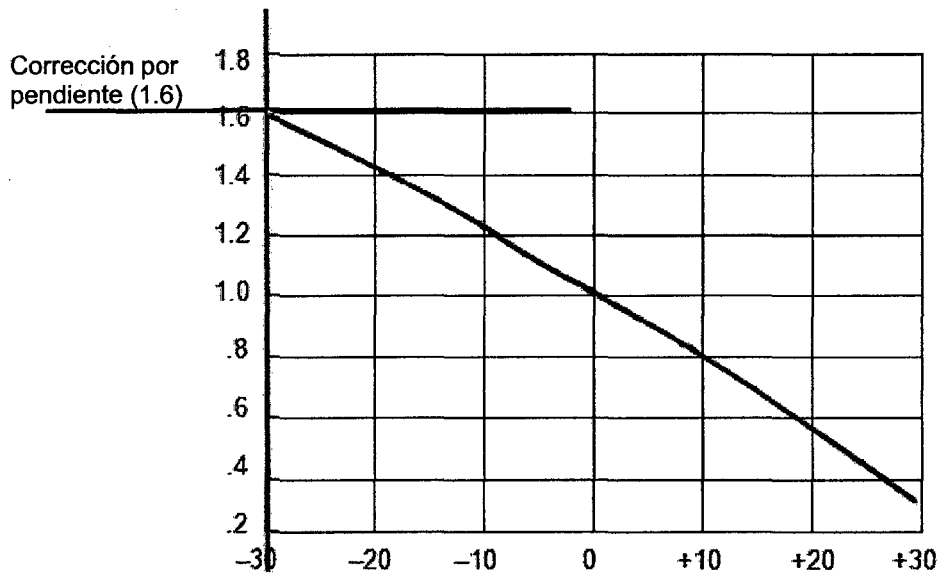


Figura 1.10-Factor de corrección por pendiente  
 (-)Cuesta abajo  
 (+)Cuesta arriba

3. Rendimiento teórico tractor CAT D6T XL/ D65EX-15E0, D8R

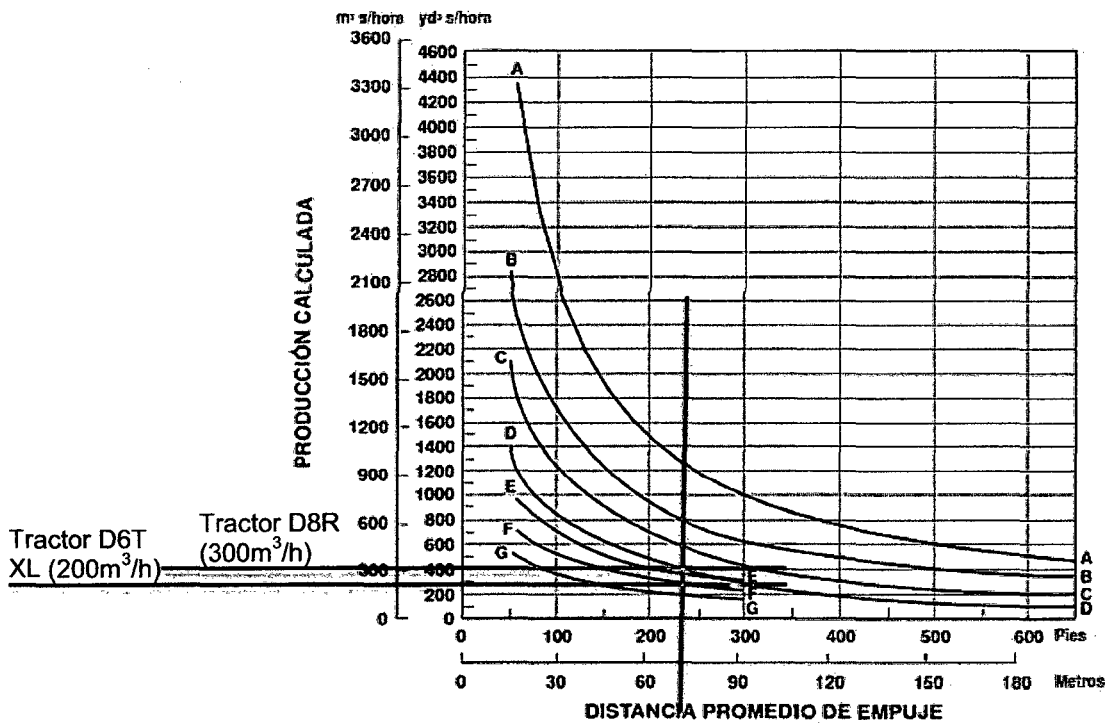


Figura 1.9-Producción calculada-Hojas semiuniversales-D6N hasta D11T

**Rendimiento teórico tractor CAT D8R-CAT D6T XL/ Komatsu D65EX-15E0**

---

Tractor CAT D8R	$= 300 \times (0.75 \times 0.80 \times 1.15 \times 0.8 \times 0.83 \times 1.6)$ $= 220 \text{ m}^3/\text{h}$
-----------------	---

---

Tractor CAT D6T XL Tractor Komatsu D65EX-15E0	$= 200 \times (0.75 \times 0.80 \times 1.15 \times 0.8 \times 0.83 \times 1.6)$ $= 147 \text{ m}^3/\text{h}$
--	---

---

**D. Resumen de metrados semanales**

Proyecto: <b>Rehabilitacion final de haul road norte Maqui maqui</b>													
Descripcion de la actividad	Und	Metrados Semanales										Total	
		Sem 43	Sem 44	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48	Sem 49	Sem 50	Sem 51	Sem 52		
<b>01.00 Rehabilitacion final de haul road norte Maqui maqui</b>													
<b>01.01 Trabajos preliminares</b>													
<b>02.00 Rehabilitacion final de haul road norte Maqui maqui Sector 1</b>													
<b>02.01 Movimiento de tierras</b>													
02.01.01	Corte y relleno compensado	m <sup>3</sup>		3,422.73	3,843.14	5,243.59	1,681.15	1,647.66	1,384.20	4,830.51	24.37		22,077.35
02.01.02	Excavacion de material comun	m <sup>3</sup>		6,285.15	3,359.93		197.28	1,694.69					8,252.36
02.01.03	Carguio y acarreo de material comun hasta 1 km	m <sup>3</sup>		6,285.15	3,359.93		197.28	1,694.69					8,252.36
02.01.04	Acarreo adicional de material comun dist. 1km	m <sup>3</sup> -km											
02.01.05	Empuje y extendido de material comun en el deposito	m <sup>3</sup>											
02.01.06	Empuje y extendido de material comun en la rehabilitacion	m <sup>3</sup>		6,285.15	3,359.93		197.28	1,694.69					8,252.36
<b>02.02 Accesos temporales</b>													
<b>02.03 Rehabilitaciones</b>													
02.03.01	Carguio y acarreo de top soil hasta 1km	m <sup>3</sup>											
02.03.02	Acarreo adicional de top soil dist 7 km	m <sup>3</sup> -km											
02.03.03	Extendido de top soil e=0.40m	m <sup>3</sup>						1,498.09	4,057.87	191.10	6,805.27		12,552.33
02.03.04	Instalacion de pacas de paja	m											
<b>02.04 Trabajos complementarios</b>													
<b>02.05 Bmp's</b>													
<b>03.00 Rehabilitacion final de haul road norte Maqui maqui Sector 2</b>													
<b>03.01 Movimiento de tierras</b>													
03.01.01	Corte y relleno compensado	m <sup>3</sup>					393.30	524.96	1,975.54	112.12	27.58		3,033.50
03.01.02	Excavacion de material comun	m <sup>3</sup>					146.08	528.75	764.22	1,398.50	-27.58		2,809.97
03.01.03	Carguio y acarreo de material comun hasta 1 km	m <sup>3</sup>					146.08	528.75	764.22	1,398.50	-27.58		2,809.97
03.01.04	Empuje y extendido de material comun en la rehabilitacion	m <sup>3</sup>					146.08	528.75	764.22	1,398.50	-27.58		2,809.97
<b>03.02 Accesos temporales</b>													
<b>03.03 Rehabilitaciones</b>													
03.03.01	Carguio y acarreo de top soil hasta 1km	m <sup>3</sup>											
03.03.02	Acarreo adicional de top soil dist 7 km	m <sup>3</sup> -km											
03.03.03	Extendido de top soil e=0.40m	m <sup>3</sup>							2,278.13	980.48	13.87		3,272.48
03.03.04	Instalacion de pacas de paja	m											
<b>03.04 Bmp's</b>													

## E. Resumen de reportes diarios de supervisión y controlador de equipos

Fecha	Equipo	N° Horas	Vol. diario	Rend. diario	Actividad	Sector	Semana	Clima
23/10/2012	Tractor CAT D8R	3			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 43	Lluvioso
24/10/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Lluvioso
24/10/2012	Tractor CAT D8R	9			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Lluvioso
25/10/2012	Excavadora PC350LC-8	8	338.31	42.29	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Templado
25/10/2012	Tractor CAT D8R	9			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Templado
26/10/2012	Excavadora PC350LC-8	7	301.22	43.03	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Templado
26/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Templado
27/10/2012	Tractor CAT D8R	3	782.48	260.83	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Soleado
27/10/2012	Tractor CAT D8R	3	474.39	158.13	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Soleado
27/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8			Acceso y plataforma	Sector 01	Sem 44	Soleado
29/10/2012	Tractor CAT D8R	4	1036.54	259.13	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Templado
29/10/2012	Tractor CAT D8R	3	449.75	149.92	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Templado
29/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	455.91	113.98	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Templado
29/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	763.29	190.82	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Templado
30/10/2012	Tractor CAT D8R	3	782.48	260.83	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Soleado
30/10/2012	Tractor CAT D8R	3	494.93	164.98	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Soleado
30/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	435.37	108.84	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Soleado
30/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	745.22	186.31	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Soleado
31/10/2012	Tractor CAT D8R	3	785.87	261.96	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Templado
31/10/2012	Tractor CAT D8R	4	634.57	158.64	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Templado
31/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	477.81	119.45	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 44	Templado
31/10/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	749.74	187.43	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 44	Templado
01/11/2012	Tractor CAT D8R	2	506.01	253.00	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 45	Templado
01/11/2012	Tractor CAT D8R	3	481.93	160.64	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Templado
01/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	3	328.97	109.66	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Templado
01/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	330.62	165.31	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 45	Templado
05/11/2012	Tractor CAT D8R	2	508.02	254.01	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
05/11/2012	Tractor CAT D8R	3	509.60	169.87	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
05/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	3	341.27	113.76	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
05/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	337.34	168.67	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
06/11/2012	Tractor CAT D8R	2	499.96	249.98	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
06/11/2012	Tractor CAT D8R	4	680.24	170.06	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
06/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	439.66	109.91	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
06/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	348.09	174.04	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
07/11/2012	Tractor CAT D8R	2	501.97	250.99	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
07/11/2012	Tractor CAT D8R	4	634.12	158.53	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
07/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	427.36	106.84	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
07/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	327.93	163.96	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 45	Lluvioso
08/11/2012	Excavadora PC350LC-8	5			Conformacion de vias	Sector 02	Sem 46	Lluvioso
08/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Lluvioso
08/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9	973.06	108.12	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Lluvioso
09/11/2012	Excavadora PC350LC-8	6			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Lluvioso
09/11/2012	Excavadora PC350LC-8	6			Conformacion de vias	Sector 02	Sem 46	Lluvioso
09/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9	1064.43	118.27	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Lluvioso
12/11/2012	Excavadora PC350LC-8	17			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Soleado
12/11/2012	Tractor CAT D8R	4	675.21	168.80	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Soleado
12/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	635.00	105.83	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Soleado
13/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Templado
13/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 46	Templado
13/11/2012	Tractor CAT D8R	8			Mantenimiento de vias	Sector 01	Sem 46	Templado
13/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	740.08	123.35	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Templado
14/11/2012	Excavadora PC350LC-8	18			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 46	Templado
14/11/2012	Tractor CAT D8R	9			Conformacion de vias	Sector 02	Sem 46	Templado
14/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	10	1155.80	115.58	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 46	Templado
15/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Templado

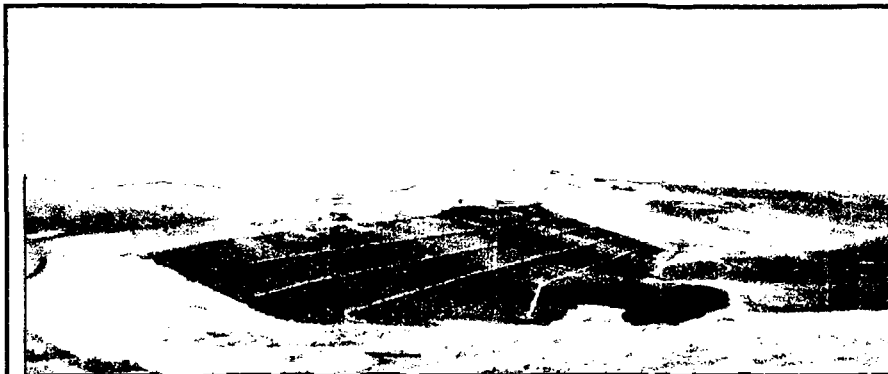
Universidad Nacional de Cajamarca

15/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Conformacion de vias	Sector 02	Sem 47	Templado
15/11/2012	Tractor CAT D8R	6			Conformacion de vias	Sector 02	Sem 47	Templado
15/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	672.48	112.08	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 47	Templado
16/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Templado
16/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Conformacion de vias	Sector 02	Sem 47	Templado
16/11/2012	Tractor CAT D8R	6	1008.69	168.12	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 47	Templado
16/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8			Conformacion de vias	Sector 01	Sem 47	Templado
19/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Soleado
19/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 47	Soleado
19/11/2012	Tractor CAT D8R	7			Conformacion de vias	Sector 02	Sem 47	Soleado
19/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	14			Conformacion de vias	Sector 01	Sem 47	Soleado
20/11/2012	Excavadora PC350LC-8	6			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Soleado
20/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 47	Soleado
20/11/2012	Tractor CAT D8R	1	146.80	146.80	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 47	Soleado
20/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	15			Conformacion de vias	Sector 01	Sem 47	Soleado
21/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de material interno	Sector 01	Sem 47	Soleado
21/11/2012	Tractor CAT D8R	2.5	393.30	157.32	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 47	Soleado
21/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8			Conformacion de vias	Sector 01	Sem 47	Soleado
22/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 48	Soleado
22/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9	433.07	48.12	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 48	Soleado
22/11/2012	Tractor CAT D8R	5	846.90	169.38	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 48	Soleado
23/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 48	Soleado
23/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9	460.06	51.12	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 48	Soleado
23/11/2012	Tractor CAT D8R	2	515.30	257.85	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 48	Soleado
26/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9	456.01	50.67	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 48	Soleado
26/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 48	Soleado
26/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	323.34	161.67	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 48	Soleado
27/11/2012	Tractor CAT D8R	2	528.75	264.38	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 48	Templado
27/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 48	Templado
27/11/2012	Tractor CAT D8R	3.5	524.96	149.99	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 48	Templado
27/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	345.55	172.78	Excavacion de material comun	Sector 01	Sem 48	Templado
27/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	330.22	165.11	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 48	Templado
28/11/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 48	Templado
28/11/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 48	Templado
28/11/2012	Tractor CAT D8R	5	800.76	160.15	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 48	Templado
28/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	329.23	164.62	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 48	Templado
29/11/2012	Excavadora PC350LC-8	5			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 49	Templado
29/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Templado
29/11/2012	Tractor CAT D8R	4	651.59	162.90	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 49	Templado
29/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	5	807.52	161.50	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Templado
30/11/2012	Tractor CAT D8R	1.5	385.93	257.29	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 49	Templado
30/11/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Templado
30/11/2012	Tractor CAT D8R	3	485.88	161.99	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 49	Templado
30/11/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	5	827.81	165.56	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Templado
01/12/2012	Excavadora PC350LC-8	3			Carguo de material interno	Sector 02	Sem 49	Soleado
01/12/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
01/12/2012	Tractor CAT D8R	1.5	378.29	252.19	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 49	Soleado
01/12/2012	Tractor CAT D8R	3	499.81	166.60	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 49	Soleado
01/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	657.37	164.34	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
03/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
03/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
03/12/2012	Tractor CAT D8R	3	515.62	171.87	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 49	Soleado
03/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
03/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	5	791.28	158.26	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
04/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Acumulacion de top soil	Sector 02	Sem 49	Soleado
04/12/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguo de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
04/12/2012	Tractor CAT D8R	3	474.13	158.04	Corte y relleno compensado	Sector 02	Sem 49	Soleado
04/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4.5	507.82	112.85	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 49	Soleado
04/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	2	224.79	112.39	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 49	Soleado
04/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	4	699.39	174.85	Empuje y extendido de top soil	Sector 02	Sem 49	Soleado

Universidad Nacional de Cajamarca

05/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Acumulacion de top soil	Sector 02	Sem 49	Soleado
05/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
05/12/2012	Tractor CAT D8R	4	1041.11	260.28	Empuje y extendido de top soil	Sector 02	Sem 49	Soleado
05/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	973.89	162.31	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 49	Soleado
05/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	3	537.64	179.21	Empuje y extendido de top soil	Sector 02	Sem 49	Soleado
06/12/2012	Tractor CAT D8R	2	510.45	255.23	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 50	Soleado
06/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 50	Soleado
06/12/2012	Tractor CAT D8R	4	980.48	245.12	Empuje y extendido de top soil	Sector 02	Sem 50	Soleado
06/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8	893.64	111.71	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 50	Soleado
06/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 50	Soleado
07/12/2012	Tractor CAT D8R	2	511.85	255.93	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 50	Soleado
07/12/2012	Excavadora PC350LC-8	8			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 50	Soleado
07/12/2012	Tractor CAT D8R	3			Mantenimiento de vias	Sector 02	Sem 50	Soleado
07/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8	864.66	108.08	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 50	Soleado
07/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	8			Mantenimiento de vias	Sector 01	Sem 50	Soleado
10/12/2012	Tractor CAT D8R	1.5	376.20	250.80	Excavacion de material comun	Sector 02	Sem 50	Nublado
10/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
10/12/2012	Tractor CAT D8R	4			Acumulacion de top soil	Sector 02	Sem 50	Nublado
10/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	777.71	111.10	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 50	Nublado
10/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	719.75	102.82	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de material interno	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Tractor CAT D8R	4			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9			Mantenimiento de vias	Sector 01	Sem 50	Nublado
11/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	1	191.10	191.10	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
12/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de material interno	Sector 01	Sem 50	Nublado
12/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
12/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	5			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
12/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	9			Acumulacion de top soil	Sector 01	Sem 50	Nublado
13/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de material interno	Sector 01	Sem 51	Soleado
13/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
13/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1177.31	168.19	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
13/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1150.09	164.30	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
14/12/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguio de material interno	Sector 01	Sem 51	Soleado
14/12/2012	Excavadora PC350LC-8	7			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
14/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	811.53	115.93	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 51	Soleado
17/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de material interno	Sector 01	Sem 51	Soleado
17/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
17/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	763.22	109.03	Corte y relleno compensado	Sector 01	Sem 51	Soleado
17/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1218.14	174.02	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
18/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de material interno	Sector 01	Sem 51	Soleado
18/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
18/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1136.48	162.35	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
18/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	6	993.57	165.59	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
19/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de material interno	Sector 01	Sem 51	Soleado
19/12/2012	Excavadora PC350LC-8	9			Carguio de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado
19/12/2012	Tractor Komatsu D65EX-15E0	7	1129.67	161.38	Empuje y extendido de top soil	Sector 01	Sem 51	Soleado

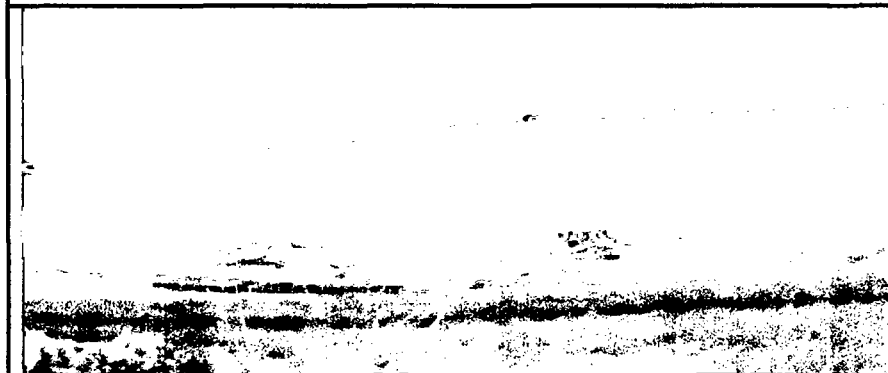
**F. Panel fotográfico**



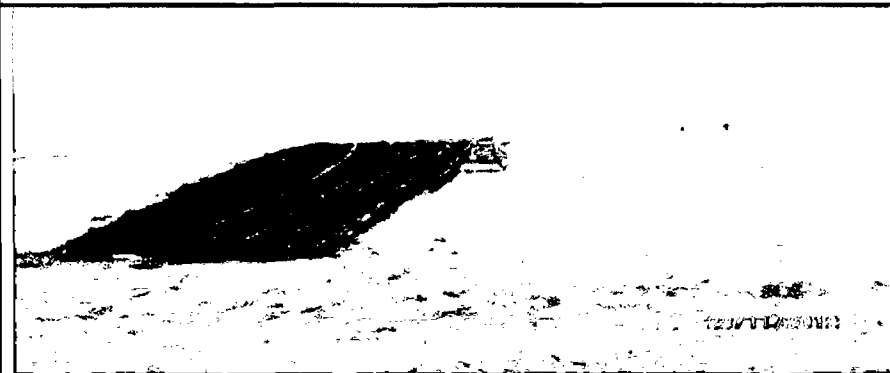
Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Sector 1



Rehabilitaciones finales camino de acarreo norte Maqui maqui-Sector 2



Sector1-Excavadora Komatsu PC350LC-8-Excavacion de material común



Sector1-Tractor Komatsu D65EX-15E0-Empuje y extendido de top soil