

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA OPTIMIZAR EL COSTO DE LA
CONSTRUCCIÓN DE SUBDREN P-04 EN EL BOTADERO FERROBAMBA -
PROYECTO LAS BAMBAS 2016”**

TESIS

PRESENTADO POR:

BACHILLER: CIRILO MENEJES PALOMINO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

ABANCAY - PERÚ
2019

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



Tesis

**“DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA OPTIMIZAR EL COSTO DE LA
CONSTRUCCIÓN DE SUBDREN P-04 EN EL BOTADERO FERROBAMBA - PROYECTO
LAS BAMBAS 2016”**

Presentado por **Bachiller CIRILO MENEJES PALOMINO**, para optar el título de:
Ingeniero de Minas

Sustentado y aprobado el 24 de octubre del 2019 ante el jurado:

Presidente:


Mg. Franklin Aguirre Huillcas

Primer Miembro:


Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Segundo Miembro:


Dr. Pablo Rubén Zuloaga Candía

Asesor (es):


Ing. Hilario Carrasco Kolque

Agradecimientos

A Dios por brindarme la armonía familiar y la buena voluntad que tengo, a los docentes de la Escuela Profesional Ingeniería de Minas (UNAMBA) por los conocimientos compartidos durante el proceso de mi formación, a los colegas de trabajo de Minera las Bambas por compartir sus conocimientos y la experiencia en los procesos constructivos. En especial a mis padres, mis hermanos y a mi novia por el apoyo constante en el transcurso de mi carrera universitaria

Dedicatoria

Dedicó esta investigación a todos aquellos que me apoyaron moral y económicamente, en especial a mis dos preciados hijos que fueron de inspiración también a Papá y Mamá por el amor fraterno que demuestran hacia sus hijos.

Abreviaturas

Mt	Millones de toneladas
<i>t</i>	Toneladas
Kg	Kilogramos
Ha	Hectáreas
<i>dL</i>	Densidad de material esponjado
<i>dB</i>	Densidad de material banco
Ws	Porcentaje de esponjamiento
Fw	Factor de esponjamiento
<i>kW</i>	Kilovoltio
<i>hp</i>	Horse power (Caballos de fuerza)
<i>t</i>	Toneladas
<i>Km</i>	Kilometros
<i>kN</i>	Kilonewton
<i>gl</i>	Galones
<i>m</i> ³	Metros cúbicos
<i>m</i> ²	Metros al cuadrado
<i>h</i>	Horas
<i>m</i>	Metros
<i>min</i>	Minutos
<i>seg</i>	Segundos
s/.	Nuevos soles
CAT	Caterpillar
HEMM	Heavy Earth Moving Machines

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1 Descripción del problema.....	5
1.2 Enunciado del problema	6
1.3 Objetivos.....	6
1.4 Justificación.....	6
1.5 Delimitación de la investigación	7
1.5.1 Delimitación espacial.	7
1.5.2 Delimitación social.	7
1.5.3 Delimitación temporal.....	7
1.5.4 Delimitación conceptual.....	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Generalidades de la mina.....	11
2.2.1 Ubicación.	11
2.2.2 Accesibilidad.....	13
2.2.3 Aspectos específicos de la mina.....	13
2.2.4 Geología regional.....	15
2.2.5 Geomorfología.	18
2.2.6 Geología local.	18
2.3 Marco referencial.....	18
2.3.1 Factores que afectan la eficiencia en el rendimiento de equipos de construcción.	18
2.3.1.1 Demora de rutina.	18
2.3.1.2 Restricciones de operación mecánica óptima.	19
2.3.1.3 Las condiciones del sitio.	19
2.3.1.4 Por la dirección y supervisión.	19
2.3.1.5 Por la actuación del contratante.....	20
2.3.2 Método de evaluación para conocer el rendimiento de la maquinaria de construcción.....	20
2.3.3 Materiales y factores volumétricos de conversión.	21
2.3.4 Movimiento de tierra.....	22
2.3.4.1 Cambios de Volumen	22
2.3.4.2 Esponjamiento y factor de esponjamiento.....	23
2.3.4.3 Consolidación y compactación.....	24

2.3.5 Factor de acoplamiento	24
2.3.6 Descripción de los equipos.....	25
2.3.6.1 Camión de obras civiles 773F.	25
2.3.6.2 Camiones articulados CAT 740B.....	29
2.3.6.3 Excavadora hidráulica de orugas CAT 336F L.	33
2.3.6.4 Excavadora hidráulica de orugas 345C L.....	35
2.3.6.5 Excavadora hidráulica de orugas CAT 390D L.	37
2.3.6.6 Tractor de cadena CAT D8T.....	41
2.3.6.7 Tractor de orugas CAT D10T.	44
2.3.6.8 Motoniveladora CAT 14H.	47
2.3.6.9 Rodillo vibratorio CAT CS56.	50
2.3.6.10 Perforadora hidráulica Roc L8.	51
2.3.7 Rendimiento de equipos	52
2.3.7.1 Producción de excavadoras hidráulica de Orugas.	52
2.3.7.2 Producción de cargador frontal de ruedas.	56
2.3.7.3 Producción de camiones articulado y camiones rígidos.....	58
2.3.7.4 Producción de rendimiento de Tractor de orugas.....	66
2.3.7.5 Producción de motoniveladoras.	69
2.3.7.6 Producción de rodillos vibratorios.	71
2.3.8 Construcciones desarrolladas en botadero ferrobamba	72
2.3.8.1 Drenaje y subdrenaje.....	72
Drenaje superficial del Botadero Ferrobamba	73
Drenaje subterráneo ó Subdrenaje en Botadero Ferrobamba.....	73
2.3.8.2 Desbroce de material orgánico(topsoil) en Botadero Ferrobamba.	75
2.3.8.3 Construcción de diques para depósito de topsoil.	76
2.3.8.4 Cantera.	76
2.3.8.5 Conformación de material orgánico (topsoil).....	77
2.3.8.6 Conformación de material inadecuado.....	77
2.4Definición de términos	78
CAPÍTULO III	
DISEÑO METODOLÓGICO.....	81
3.1 Definición de variables.....	81
3.2 Operacionalización de variables.	81
3.3 Hipótesis de la Investigación.....	82
Hipótesis general.....	82
Hipótesis específico	82
3.4 Tipo y diseño de investigación	82
3.5 Población y muestra.....	82
3.5.1 Población.....	82
3.5.2 Muestra.....	83

3.6 Procedimiento de la investigación	83
3.7 Material de investigación.....	83
3.7.1 Instrumento de investigación	83
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS	84
4.1 Detalle general.....	84
4.1.1 Detalle de contrato de la construcción del subdren p-04 en botadero ferrobamba	84
4.1.2 Plan de calidad de Botadero Ferrobamba.....	86
4.1.3 Detalle de asignación de trabajos que realizan los equipos.....	87
4.1.3.1 Cantera – Chancadora	87
4.1.3.2 Cantera – Subdren	88
4.1.3.3 Subdren	89
4.1.3.4 Subdren - Botadero de material inadecuado.....	89
4.1.3.5 Chancadora a subdren	90
4.1.3.6 Mantenimiento de vía.....	90
4.2 Dimensionamiento de equipos aplicando el factor de acoplamiento.....	91
4.2.1 Análisis de resultados.....	91
4.2.1.1 Evaluación de equipos de acarreo de material drenante:.....	91
4.2.1.2 Evaluación de equipos de acarreo de material inadecuado	93
4.2.1.3 Evaluación de equipos de acarreo de material para procesar material filtro en la chancadora	95
4.2.1.4 Evaluación de equipos de carguío de material filtro a camiones CAT 740	98
4.2.1.5 Evaluación de equipos de empuje de material de descarga.....	100
4.2.1.6 Evaluación de equipos de mantenimiento de vías.....	100
4.2.1.7 Evaluación de equipos de perforación.....	100
4.2.2 Supervisión en movimiento de tierras.....	100
4.2.3 Costos de construcción de subdren P-04.....	101
4.2.3.1 Costos directos de construcción de subdren P-04	101
4.2.3.2 Gastos generales.....	102
4.2.3.3 Costo de combustible	103
4.2.3.4 Costo de construcción del subdren P-04 en Botadero Ferrobamba.....	103
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
Conclusiones	105
Recomendaciones.....	106
Bibliografía.....	107
Anexos	110

Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenadas UTM de la zona de estudio	12
Tabla 2. Accesibilidad hacia el frente de investigación	13
Tabla 3. Densidades de material en banco y suelto, para los casos más frecuentes en movimiento de tierras	23
Tabla 4. Especificaciones técnicas de camión de obras civiles Caterpillar Modelo 773F	26
Tabla 5. Sistemas adaptados de carga a Camión de Obras Civiles CAT 773F	26
Tabla 6. Velocidad de desplazamiento máximas con neumáticos estándar 24.00R35 (e4) de Caterpillar Modelo 773F	27
Tabla 7. Especificaciones de Camiones Articulados CAT 740B	29
Tabla 8. Coordinación óptima de pasadas entre cargador y camión articulados CAT 740B	29
Tabla 9- Levantamiento de caja camión articulados CAT 740B	30
Tabla 10. Transmisión de camión articulados CAT 740.....	30
Tabla 11. Especificaciones de excavadoras hidráulicas de orugas CAT 336DL	33
Tabla 12. Especificaciones de excavadora hidráulica de orugas CAT 345 CL.....	35
Tabla 13. Especificaciones de excavadora hidráulica de orugas CAT 390DL	37
Tabla 14. Especificaciones de tractor de orugas CAT D8T	42
Tabla 15. Transmisión de tractor de orugas CAT D8T.....	43
Tabla 16. Especificaciones de tractor de orugas CAT D10T	45
Tabla 17. Transmisión de tractor de orugas CAT D10T.....	46
Tabla 18. Especificaciones de Motoniveladora CAT 14H.....	48
Tabla 19. Especificaciones de rodillo vibratorio CAT CS56.....	50
Tabla 20. Especificaciones de perforadora hidráulica Atlas Copco Roc L8	51
Tabla 21. Tabla para calcular los tiempos de ciclo	54
Tabla 22. Tabla para calcular los tiempos de ciclo	54
Tabla 23. Excavadoras/Tablas de cálculos de producción	55
Tabla 24. Excavadoras/Tablas de cálculos de producción - Apertura de zanjas.....	55
Tabla 25. Carga de camiones - promedios de ciclos del cargador de ruedas	56
Tabla 26. Factores que influyen en el rendimiento de cargadores frontales a ruedas	56
Tabla 27. Eficiencia de trabajo de cargadores frontales a ruedas	57
Tabla 28. Factor de llenado del cucharón de cargadores frontales a ruedas	57
Tabla 29. Tabla para estimar la producción - m ³ o yd ³ h de 60 min.....	58
Tabla 30. Cambio de volumen de acuerdo al estado (banco/camión).....	60

Tabla 31. Factores de corrección según las condiciones del trabajo	68
Tabla 32. Velocidades de operación de la motoniveladora:.....	69
Tabla 33. Compactadores vibratorios/cálculo de producción – Un tambor	71
Tabla 34. Operacionalización de variables	81
Tabla 35. Costos unitarios de movimiento de material para la construcción del subdren P-04 de longitud de 820 metros según contrato.....	84
Tabla 36 Flota de equipos y horas maquina en la construcción del Botadero Ferrobamba	84
Tabla 37. Consideraciones de costo de combustible para construir el subdren P-04 en el Botadero Ferrobamba.....	85
Tabla 38. Especificaciones de material drenante	86
Tabla 39. Especificaciones de material filtro	87
Tabla 40. Tabla de producción y costos de equipos empleados para traslado de material drenante a distancia de 3.133 km.	91
Tabla 41. Tabla de producciones y costos de equipos de acarreo de material inadecuado a distancia de 1.842 km.....	93
Tabla 42. Tabla de producciones y costos de acarreo de material volado a chancadora a distancia de 0.606 km.....	95
Tabla 43. Tabla de producciones y costos de acarreo de material filtro a 3.133 km de distancia.....	98
Tabla 44. Costos unitarios de movimiento de material en la construcción de subdren P-04	101
Tabla 45. Consumo de combustible de maquinaria en la construcción del subdren P-04 Botadero Ferrobamba.....	103
Tabla 46. Costo de construcción de subdren P-04 Botadero Ferrobamba . las Bambas 2016	103
Tabla 47. Equipos propuestos para construir el subdren p-04 en Botadero Ferrobamba	104

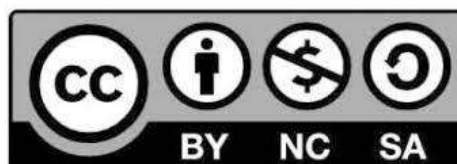
Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de proyecto las bambas. (Las Bambas, 2010, pág. 3)	12
Figura 2. Vía de acceso por medio de transporte terrestre a proyecto las Bambas	13
Figura 3. Mapa geológico de la región Apurímac. (INGEMMET, 2009)	17
Figura 4. Rendimiento de retardo	27
Figura 5. Dimensiones; Todas las dimensiones son aproximadas. Mostrado con caja de doble declive....	28
Figura 6. Rendimiento en pendientes/Velocidad/Fuerza máxima de tracción.....	31
Figura 7. Dimensiones de camión Caterpillar 740B	32
Figura 8. Dimensiones de excavadora hidráulica de orugas CAT 336D/336D L.....	34
Figura 9. Dimensiones de excavadora hidráulica de orugas CAT 345CL	36
Figura 10. Cucharones servicio pesado(HD) y servicio severo(SD)	38
Figura 11. Dimensiones de excavadora hidráulica de orugas CAT 390D L.....	40
Figura 12. Límites de alcance de excavadora hidráulica de orugas CAT 390D L.....	41
Figura 13. Dimensiones de tractor de orugas CAT D8T	44
Figura 14. Dimensiones de tractor de orugas CAT D10T	47
Figura 15. Dimensiones de Motoniveladora CAT 14H	49
Figura 16 Angulo máximo de perforación de Roc L8	52
Figura 17. Tiempo de ciclo vs. Las condiciones de la obra	53
Figura 18. Camiones de obras y minería/Tracción – Velocidad – Rendimiento en Pendientes del 773F - Neumáticos 24.00R35.....	60
Figura 19. Camiones de obras y minería/Rendimiento de los frenos del 773F - Retardación continua en las pendientes	61
Figura 20. Camiones de obras y minería/Tiempo de desplazamiento del 773F Neumáticos 24.00R35	62
Figura 21. Camiones articulados/Tracción-Velocidad-Rendimiento en pendientes del 740 - Neumáticos 29.5R25	63
Figura 22. Camiones articulados/Gráfica de rendimiento del freno/retardador del 740 - Neumáticos 29.5R25	64
Figura 23. Camiones articulados: Tiempo de desplazamiento del 740 — Cargado/vacío - Neumáticos 29.5R25	65
Figura 24. Producción calculada. Hojas semiuniversales. D6N hasta D11T	67
Figura 25. % de pendiente vs. factor de empuje	69
Figura 26. Ilustración de ángulo de vertedera en la hoja de la motoniveladora.....	70

Figura 27. Eficiencia de velocidad de desplazamiento	72
Figura 28. Sección transversal del subdren p-04	83
Figura 29. Diagrama de presentación de cantera y chancadora	87
Figura 30. Diagrama de circuito de traslado de material drenante de cantera a subdren	88
Figura 31. Diagrama de circuito de acarreo de material de corte de subdren a botadero	89
Figura 32. Diagrama de circuito de acarreo de material filtro de chancadora a subdren	90
Figura 33. Gráfico de producciones de camiones articulados CAT 740B, de acarreo de material drenante.	91
Figura 34. Gráfico de costos unitarios de acarreo de material drenante	92
Figura 35. Gráfico de producciones de acarreo de material inadecuado	93
Figura 36. Gráfico de costo unitario de acarreo de material inadecuado	94
Figura 37. Gráfico de producciones de acarreo de material volado a chancadora	96
Figura 38. Gráfico de costo unitario de acarreo de material volado a chancadora para procesar material filtro y drenante	96
Figura 39. Gráfico de producciones de acarreo de material filtro ha subdren P-04	99
Figura 40. Gráfico de costos unitarios de acarreo de material filtro a subdren P-04	99
Figura 41. Vista panorámica de Botadero Ferrobamba	111
Figura 42. Diseño en 3D la descarga de material en Botadero Ferrobamba	111

“DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA OPTIMIZAR EL COSTO DE LA
CONSTRUCCIÓN DE SUBDREN P-04 EN EL BOTADERO FERROBAMBA - PROYECTO LAS
BAMBAS 2016”

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



INTRODUCCIÓN

La presente investigación comprende el estudio de dimensionamiento de equipos para optimizar los costos de la construcción de subdren p-04 en el Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas, esta investigación se realiza porque el costo de los equipos utilizadas en el proceso de construcción de la minería es una de las operaciones de mayor presupuesto, el dinero invertido es susceptible de recuperación con un margen de ganancia razonable. Para lo cual el dimensionamiento de los equipos para cada actividad se tiene que realizar con un sentido analítico sustentable.

Los equipos utilizados en el proyecto son de mayor envergadura y versátiles, esto permite mover mayor volumen de tierra demostrando altos avances en los proyectos en ejecución y realizar mejor dimensionamiento de equipos nos ayudara reducir los tiempos de ejecución de la obra, consumo de combustible y evitar traslados innecesarios de los equipos con orugas.

La evaluación se realizará tomando en cuenta la especificación de los equipos de acuerdo a cada modelo y marca también se considera las demoras de rutina, restricciones en la operación óptima, condiciones del sitio, por la dirección y supervisión y por la actuación del contratante.

La investigación se realizó con datos estadísticos tomados en campo, entrevista a operadores, tablas de acuerdo al manual de rendimiento de equipos Caterpillar, por medio de reglas y formulas, por método de observación directa.

El objetivo principal es determinar el dimensionamiento de equipos para optimizar el costo de la construcción de los subdrenes del Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas. Considerando las especificaciones de los equipos, la influencia de la supervisión y cómo influye los conocimientos operativos de los operadores en la ejecución de la obra.

Durante la investigación en campo una de los obstáculos fue las condiciones geográficas que presenta el área, terrenos accidentados con pendiente mayores a cuarenta cinco grados y las condiciones climáticas como las tormentas eléctricas, terrenos inestables como pantanos.

Para su mayor comprensión, la presente investigación se ha dividido en cinco capítulos los cuales son lo siguiente:

El Capítulo I. Que trata sobre el planteamiento del problema; donde se visualiza la descripción de la problemática, objetivos, justificación y delimitación.

El Capítulo II, Marco teórico, donde se aprecia primero la información teórica relevante sobre las variables de estudio, es decir sobre dimensionamiento de equipos, sustentado en teorías y bibliografía actualizada.

El Capítulo III, Diseño metodológico, dentro de este capítulo se detalla, definición y operacionalización de variables, hipótesis, tipos y diseño de investigación, población y muestra, procedimiento y material de investigación.

El Capítulo IV, Análisis y resultados, donde se realizará el análisis de los datos como la descripción de los resultados, contrastación de hipótesis, discusión de resultados.

El Capítulo V, Conclusión y recomendaciones

RESUMEN

Este documento se basa en datos y experiencia adquirida en la construcción de Botadero Ferrobamba, donde los equipos estudiados realizan trabajos de movimiento de tierras, estos equipos son de mayor envergadura y tienen costo elevado, los cuales fueron identificados para realizar cálculos de rendimiento y productividad.

El objetivo de esta tesis es determinar el dimensionamiento de equipos para la optimización de los costos de la construcción del subdren p-04 del Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas. Para dar a conocer la importancia y la necesidad de realizar una planeación de programa de actividades en el proceso de construcción.

La metodología empleada para obtener los datos de análisis, consiste en metodología de investigación en campo mediante observación directa, también por medio de reglas y formulas consideradas por autores internacionales y por medio de tablas proporcionadas por el fabricante, una vez realizada el análisis del rendimiento, los equipos trabajaran de forma eficiente, permitiendo una mayor productividad y con esto lograremos optimizar los costos de construcción del subdren P-04.

La muestra que se consideró es la construcción del subdren p-04 podemos evidenciar en Anexo 02, lámina N° 01 y los equipos empleados actualmente en la ejecución de la obra se evidenciara en cuadro N° 36. Los procedimientos a seguir son los cálculos y análisis matemáticos y de esa forma poder llegar a medir.

Las construcciones de subdrenes en el botadero Ferrobamba, asignado como área de descarga de material estéril, mineral oxido y de baja ley es alternativa para derivar las aguas subterráneas, esto evita la sobre saturación de material de descarga y brinda estabilidad al botadero, en tal sentido se toma como muestra la construcción del subdren principal P-04 en el botadero Ferrobamba para dicho estudio.

Palabras claves: *Dimensionamiento, equipo, optimizar, costo, construcción, subdren.*

ABSTRACT

This document is based on data and experience acquired in the construction of the ferrobamba dump, where the equipment studied performs earthworks, these equipment are larger and have a high cost, which were identified to perform calculations of performance and productivity.

The objective of this thesis is to determine the sizing of equipment for the optimization of the construction costs of the sub-p-04 of the Ferrobamba Dump - Las Bambas Project. To raise awareness of the importance and the need for planning a program of activities in the construction process.

The methodology used to obtain the analysis data consists of field research methodology through direct observation, also through rules and formulas considered by international authors and through tables provided by the manufacturer, once the performance analysis has been carried out, the teams will work efficiently, allowing greater productivity and with this we will be able to optimize the construction costs of the P-04 sub-sector.

The sample that was considered is the construction of the sub-p-04 we can show in sheet N ° 01 and the equipment currently used in the execution of the work will be evidenced in table N ° 36. The procedures to be followed are mathematical calculations and analyzes and that way to be able to measure.

Subway construction in the Ferrobamba dump, assigned as a discharge area for sterile, oxidized ore and low grade is an alternative to derive groundwater, this avoids over saturation of discharge material and provides stability to the dump, in that sense the construction of the main sub-P-04 in the Ferrobamba dump for this study is taken as shown.

Keywords: *Sizing, equipment, optimize, cost, construction, subdren*

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

El problema se plantea por el costo elevado de la construcción de subdren en costo de equipos, costo de consumo de combustible que alcanza a 3,045,091.00 soles, longitud del subdren 820 metros lineales, sección promedio del subdren 58 metros cuadrados, donde el proceso constructivo de subdren P-04 en el Botadero Ferrobamba, permite realizar los siguientes trabajos, desbroce de material orgánico, excavación e eliminación de material inadecuado producto de la excavación de canal, seguidamente realizar el enrocado llamado subdren frances, los equipos con la cual se está trabajando amerita realizar una mejor selección de equipos de acuerdo a las características, rendimiento y especificaciones de esta manera reducir los costos de los equipos en la construcción del subdren.

Las aguas subterráneas que afluyen en la cuenca del Botadero Ferrobamba son derivados mediante subdrenes para evitar saturación incontrolada de material estéril proveniente del tajo, Es por eso, que hoy en día la mejor alternativa utilizada para el control de la estabilidad de botaderos es la instalación de subdrenes, la cual tiende a mantener el agua subterránea alejada de material de descarga. Los subdrenes que se construyen en el botadero se clasifica; Auxiliares, secundarios y principales de acuerdo al caudal del agua, El subdren principal P-04 de acuerdo a la lámina N° 01, colecta la derivación de las aguas provenientes de los subdrenes secundarios y los subdrenes secundarios colecta las aguas de los subdrenes auxiliares. Por tal motivo el subdren P-04 es de mayor sección.

En la actualidad la minería a gran envergadura requiere la preparación de áreas extensas para acumular el material estéril proveniente del tajo. Lo cual exige utilizar equipos de mayor capacidad y versátiles de acuerdo a la geografía de la zona, pero estos equipos son bastante costosos. Para tener mejor control de los costos operativos de los equipos se debe conocer como dimensionar los equipos de acuerdo a su capacidad, rendimiento y sus características específicas de cada equipo, esto nos ayudará a controlar mejor los costos de las horas maquinas en las construcciones.

1.2 Enunciado del problema

General

- ¿Cómo influirá el dimensionamiento de equipos para la optimización de los costos de la construcción de subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016?

Específicos

- ¿Cuál es el dimensionamiento de equipos aplicando las especificaciones y características de cada equipo para la construcción de subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016?
- ¿Cómo influye el mejor dimensionamiento de equipos en el costo de consumo de combustible para ejecutar la construcción de subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016?
- ¿Cómo influye en el dimensionamiento de equipos la supervisión permanente para ejecutar la construcción del subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016?

1.3 Objetivos

General

- Determinar cómo influye el dimensionamiento de equipos para la optimización de costo de la construcción del subdren p-04 del Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016.

Específicos

- Determinar el dimensionamiento de equipos aplicando las especificaciones y características de cada equipo para la construcción de subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016
- Determinar cómo influye el mejor dimensionamiento de equipos en el costo de consumo de combustible para ejecutar la construcción de subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016
- Determinar cómo influye en el dimensionamiento de equipos la supervisión permanente para ejecutar la construcción del subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016.

1.4 Justificación

La construcción del Botadero Ferrobamba tendrá capacidad para 1700 Millones de toneladas (Mt) en una extensión de 400ha, la preparación de botaderos en minería a tajo abierto a mayor envergadura, amerita realizar control de las aguas subterráneas mediante dren francés, esto permite conducir el agua por el subsuelo y evitar la saturación de material que se apilará en el área.

La construcción permite utilizar equipos de mayor capacidad de producción considerable en movimiento de tierra, esto obliga a realizar el rendimiento de la flota de los equipos.

El subdrenaje es conveniente y beneficioso para estabilizar el botadero, pero la construcción tiene costo bastante elevado, sin embargo, debería prescindirse del mismo debido al beneficio que a largo o corto plazo proporciona el subdrenaje. Al considerar la relación beneficio – costo se concluye que el subdrenaje es una opción valiosa cuya justificación económica es indiscutible.

En las construcciones de sub drenes en el Botadero Ferrobamba se utilizan los siguientes modelos de equipos:

- Excavadoras Caterpillar modelo 336 hasta modelos 390 LME.
- Excavadora brazo largo Caterpillar modelo 320 y modelo 390.
- Tractor Caterpillar modelo D8T hasta D10T.
- Camiones articulado Caterpillar modelo 740B y Volvo A40E.
- Camiones de obras civiles Caterpillar modelo 773F
- Cargador frontal Caterpillar modelo 966H hasta modelo 992K.
- Motoniveladora Caterpillar modelo 140H hasta modelo 14H.
- Retroexcavadora Caterpillar modelo 420H
- Rodillo Caterpillar modelo S5C

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación espacial.

El proyecto de tesis se lleva a cabo en la unidad minera las Bambas, ubicado en la región de Apurímac, provincia Cotabambas, distrito Chalhuanhuacho, centro poblado Fuerabamba.

1.5.2 Delimitación social.

El proyecto de investigación involucra a los colaboradores del área de operaciones mina, geotecnia, medio ambiente, planeamiento, costos, seguridad.

1.5.3 Delimitación temporal.

El presente trabajo empieza con la recolección y/o investigación de datos desde el mes de enero del 2016 hasta el mes de diciembre del 2016.

1.5.4 Delimitación conceptual.

El presente proyecto de investigación se centra en el estudio que está dentro de la ingeniería de minas abarcando los siguientes temas:

- ✓ Construcción mina
- ✓ Costos y presupuesto
- ✓ Operación mina
- ✓ Seguridad
- ✓ Geotecnia mina
- ✓ Planeamiento mina
- ✓ Topografía mina e Indicadores económicos

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

(Mauricio, 2015), En la actualidad se está llevando a cabo una revolución de la forma de hacer minería, en la cultura minera misma, y esto se debe básicamente al avance tecnológico que nos permite disponer de sistemas altamente desarrollados para el control de los procesos. Actualmente el costo más alto en operaciones mina a Tajo abierto, es el costo de acarreo de los camiones gigantes ya sea en combustible, llantas y repuestos, este costo representa casi el 45 % del costo de minado, es por eso que se plantea esta tesis titulada "Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca". El objetivo de esta tesis es reducir los tiempos muertos de la flota de los camiones gigantes para así tener una mejor productividad de las mismas y por ende un mejor performance. Minimizando los tiempos muertos de los camiones de acarreo se podrá obtener una utilización alta y por ende una productividad aceptable en base al costo del equipo. El método Six Sigma de mejoramiento continuo es una herramienta de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de un proceso mediante decisiones acertadas, logrando de esta manera que la organización comprenda las necesidades de sus clientes. El manejo del sistema despacho-Dispatch es una herramienta en la administración de la flota de mina y es el eje principal y cerebro de la mina. El objetivo de este software es producir al máximo en menor costo. Este proyecto se puede usar en toda mina a tajo abierto en operación antes, durante y después con el fin de mejorar un proceso a menor costo operacional en otras palabras mejora continua es hacer las cosas bien según los estándares.

(Apaza, 2017), En la empresa minera "Shahuindo" el carguío, así como el acarreo de material (mineral y desmonte) son operaciones unitarias de importancia para el minado, los cuales deben desarrollarse en tiempos óptimos sin generar desperdicio elevando la producción. Minera Shahuindo, se han enfrentado a problemas con el exceso de colas de los equipos de acarreo en los frentes de carguío y en las zonas de descargas. El carguío y el acarreo son unas de las operaciones más significativas, por lo cual se busca obtener los mejores resultados y que sean los más cercanos a lo planificado. Durante las actividades de carguío y acarreo, la presencia de demoras, no operativas y operativas presentan un problema en los KPI'S operativos, la baja utilización de nuestros equipos afecta la productividad y no permiten alcanzar el cumplimiento de nuestra producción mensual. El presente estudio tuvo como línea base la identificación de tiempos improductivos y pérdidas operacionales en las actividades de carguío y acarreo para generar un plan de acción con la finalidad de estandarizar y mantener la mejora continua en cada una de las actividades, para así tener una mejor productividad y por ende un mejor performance, con la disminución de tiempos improductivos se podrá obtener una utilización alta y por ende una productividad aceptable en base

al costo del equipo, de carguío y acarreo, permitiendo el cumplimiento de la producción mensual planeada, en base al análisis de los reportes de producción se pudo notar que el incremento de las demoras operativas eran las más significativas durante la operación, esto debido a ciertos factores por la que se dan dichas demoras tales como área reducida en carguío, área reducida en descarga abastecimiento de combustible, cambio de frente, etc. Se obtuvieron como resultados una reducción del 65.6% en las horas de demora para carguío y de 47.8% para las horas de demora en acarreo respectivamente. Asimismo, se incrementó la producción de mineral en un 12.5% respecto al mineral al PAD y de 67.6% respecto al stockpile. Otro indicador mejorado es que la producción mensual vs lo presupuestado se incrementó de 47.3% hasta 107%.

(Huamán, 2008), El presente trabajo es el resultado de 12 meses de investigación minera en el tema de selección y reemplazamiento de equipo minero en la zona específica de Tunshuruco del distrito de Yauli, provincia de Yauli tiene como fin mantener y/o Incrementar el nivel de exploración, en consecuencia, reducir el costo de operación. A través del presente trabajo se busca dar a conocer los criterios adecuados para la selección óptima y el reemplazamiento oportuno de los equipos de carga y acarreo. Asimismo, se realiza un análisis de los factores que influyen sobre estos a fin de obtener la información necesaria que permita el ahorro de tiempo y reducir los costos.

(Mamani, 2017), Antamina está ubicada en el corazón de la cordillera de los Andes, con una topografía muy difícil, con un espacio limitado por quebradas y picos; esto representa una dificultad grande para la ubicación de infraestructuras como: instalaciones y principalmente botaderos. Esta dificultad para nosotros ha representado retos como hacer botaderos de gran altura como de 430 m a 300 m, los más altos del Perú. Para preparar la fundación y diseño de estos mega botaderos se ha realizado estudios geotécnicos por los más expertos del mundo, aplicando diseños de ingeniería en botaderos no convencionales. En el área de influencia del botadero realizamos técnicas de manejo de aguas superficiales y de suelos para garantizar la estabilidad física. Durante la construcción establecimos técnicas de monitoreo de taludes muy estrictas en material de relleno. El diseño, el plan de desarrollo de los botaderos y la secuencia de construcción son controlados por el equipo de Ingeniería de Mina, bajo el asesoramiento del grupo de Geotecnia Mina, aplicando nuevas técnicas. Todas estas técnicas y experiencias nos han permitido desarrollar botaderos de gran altura, lo que significa para Antamina la continuidad de la operación por el tiempo de vida del yacimiento.

(Kumar, Norval, & Bharti, 2018), La minería a cielo abierto en el mundo actual tiene una reaparición cíclica, principalmente debido a los rápidos avances logrados en el campo de la fabricación de maquinaria a cielo abierto con capacidades de producción hasta ahora inimaginables. Una parte importante de la inversión de capital inicial en cualquier minería a cielo abierto se destina al equipo de transporte y excavación. El rápido aumento de las demandas de producción no deja margen para ningún tiempo perdido en la operación debido a la inactividad, la avería de la máquina o cualquier otra cosa. Lo más importante es que la utilización inadecuada de las maquinarias de movimiento de tierra pesada (HEMM, por sus siglas en inglés) tiene consecuencias negativas en la producción, la productividad y los costos de producción, lo que conduce a la pérdida de ingresos.

Por lo tanto, es importante analizar el rendimiento de estos equipos a intervalos regulares para lograr la rentabilidad en las operaciones de excavación y transporte. En este estudio se ha intentado calcular el porcentaje de disponibilidad y utilización de palas, dumper, topadoras y otros HEMM desplegados en una mina de metal a cielo abierto ubicada en la región sur del estado de Jharkhand en India, y analizar los factores que contribuyen a mejorar el estado general. Rendimiento del equipo.

(Ullah, y otros, 2015), Los equipos de movimiento de tierra pesada son críticos para la finalización de cualquier proyecto de desarrollo. Las represas, escuelas, puentes o cualquier iniciativa relacionada con la minería son parte de estos proyectos de desarrollo de infraestructura. Por lo general, los retrasos se deben a los procedimientos de mantenimiento ineficientes e ineficaces de los equipos de movimiento de tierras pesadas. Un mantenimiento de registros deficiente y procedimientos de mantenimiento no sistematizados llevan a reducir el ciclo de vida efectivo de la máquina. Para evitar pérdidas catastróficas en la producción y la participación en el mercado, se desarrolla un modelo de mantenimiento para dichos equipos. La disponibilidad de equipos pesados es obligatoria en el sitio. Su movimiento es crítico y generalmente limitado. Los datos recopilados incluyen los requisitos del fabricante y del operador. Por lo general, dicho equipo se trata como una máquina normal, independientemente del entorno en el que trabaja. El análisis incluye la segregación, el análisis de Pareto y el análisis de cinco razones. Se propone un modelo de mantenimiento dedicado que incluye una lista de verificación y un programa de mantenimiento adecuado.

(Casals, Forcada, & Roca, 2003), La planificación en la industria de la construcción, como es bien sabido, juega un papel importante en el éxito resultado de un proyecto. Cómo debe tratarse una tarea y con qué herramientas forma parte de la carga de trabajo de los ingenieros y es su responsabilidad asegurar que este trabajo planificado se lleve a cabo a tiempo y dentro de sus limitaciones. El equipo de construcción es una de estas herramientas que deben elegirse cuidadosamente. La forma tradicional de elegir equipos era su rendimiento, en términos de productividad máxima en el menor costo. Presiones actuales de los gobiernos y otras agencias institucionales, así como la conciencia general, están obligando a la industria de la construcción a seguir adoptando aspectos de seguridad y medioambientales en su forma normal de funcionamiento, por lo que cada actividad o proceso que una empresa lleva a cabo tiene que repensarse para lograr esta integración de otros parámetros. El objetivo de este documento es presentar los resultados de un proyecto de investigación para crear una metodología para seleccionar equipo de construcción, combinando el uso de varios métodos bien conocidos para cada uno de los aspectos involucrados en la selección y el uso del análisis de criterios múltiples para llegar a la elección o recomendación final.

(Peter, Lighthall, Sellars, & Burton, 1985), Varias minas en las regiones montañosas de Colombia Británica se ven obligadas por restricciones topográficas a arrojar grandes cantidades de roca residual en los rellenos del valle. Como las desviaciones de los arroyos a menudo son muy

costosas, un drenaje de toca a través de flujo puede ser una alternativa económica para transportar el flujo de la corriente, particularmente si se dispone de roca residual de mina adecuada, los aspectos a considerar es el diseño de los desagües de flujo incluyen el análisis de disponibilidad y la calidad de las rocas residuales, la determinación de las inundaciones de diseño mediante análisis hidrológico, el diseño hidráulico, la estabilidad de la pendiente aguas abajo, la evaluación de sedimento, producción, recuperación y abandono. En el proyecto Teck Bullmose Coal, un valle se llena con una roca que fluye, el drenaje fue una solución económica para la eliminación de las rocas residuales. El drenaje de la roca se está construyendo mediante el vertido final seleccionado, piedra arenisca de buena calidad. La construcción del vertedero comenzó a principios de 1984 y las observaciones indican que el drenaje funciona bien.

(Aznar, García, & Velasco, 2018), Creciente conciencia social de la necesidad de tratar adecuadamente los desechos mineros para proteger el medio ambiente ha llevado a un aumento en la investigación en este campo. El objetivo de este estudio fue analizar la dinámica de la investigación centrada en los residuos mineros y su gestión sostenible en una escala mundial de 1988 a 2017. Una revisión sistemática y un análisis bibliométrico de 3577 artículos se completaron. Los resultados muestran que la investigación sobre los desechos mineros ha aumentado, con estudios centrados en gestión de residuos representa casi el 40% del total. Las revistas más productivas en este campo fueron Geoquímica Aplicada y Ciencia del Medio Ambiente Total. Los cinco más productivos. los países fueron Estados Unidos, Canadá, España, Australia y China. Trabaja en lo sostenible el manejo de los desechos mineros era minoritario, pero es un área de investigación que tiene considerable potencial dada la creciente conciencia social de las repercusiones ambientales de las actividades mineras y las demandas de prácticas cada vez más sostenibles. Los resultados de este estudio podrían resultar útiles para estudios sobre residuos mineros, ya que representan una visión global de esta línea de investigación.

2.2 Generalidades de la mina

2.2.1 Ubicación.

El proyecto se ubica en la región de Apurímac, entre las provincias Cotabambas y Grau, distrito de Chalhuanhuacho, en la cordillera de los andes a una altitud entre 3700 y 4600 m.s.n.m.

La construcción de los subdrenes auxiliares, secundarios y principales se construyó en la quebrada Huancarane asignado botadero de material estéril y óxido proveniente del tajo Ferrobamba de la mina las Bambas.

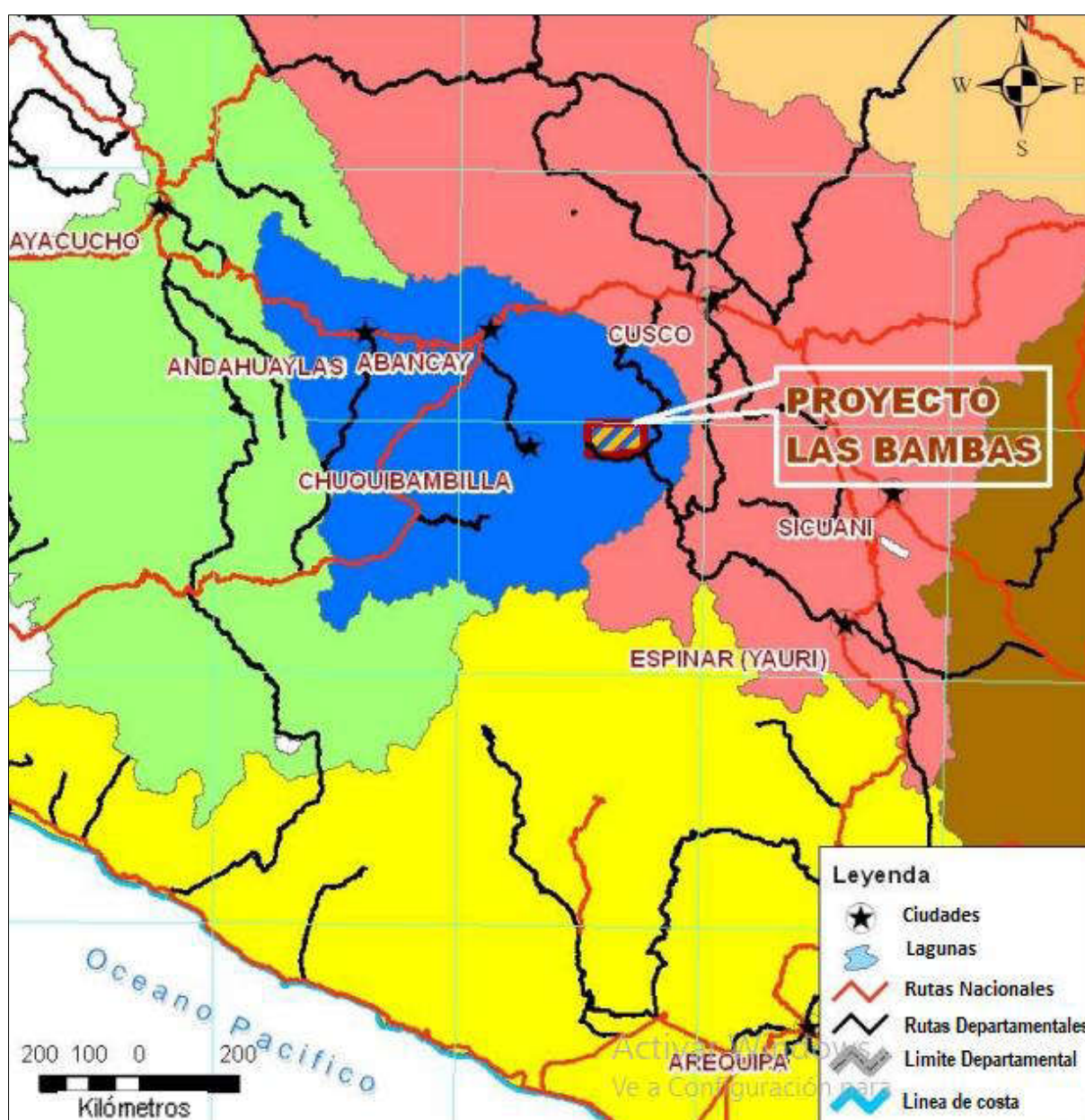
La subdrenes principales construidos son P1, P2, P3 y P4. Según Anexo 2, lamina 1. A la fecha para el estudio se considera la construcción del subdren P4 que conducirá el agua de los ojos de manante de la quebrada huancarane asignado como Botadero Ferrobamba, el control del agua es para estabilizar el botadero.

Tabla 1: Coordenadas UTM de la zona de estudio

Coordenada UTM	N	E
Punto 1	8'444,400	790,800
Punto 2	8'441,400	790,800
Punto 3	8'441,400	792,000
Punto 4	8'444,400	792,000

Sistema: Pasad 56

Fuente: Elaborado por autor de la Tesis

**Figura 1.** Ubicación de proyecto las bambas. (Las Bambas, 2010, pág. 3)

2.2.2 Accesibilidad.

Tabla 2. Accesibilidad hacia el frente de investigación

Vía Terrestre			
De - Hasta	Km	Tipo de acceso	Tiempo (h)
Lima-cusco	1165	Asfaltado	20
Cusco-Chalhuahuacho	220	Trocha	7
Total	1385		27

Vía aérea			
De – Hasta		Tipo nave	Tiempo (h)
Lima-cusco		Avión	0.45
Cusco - Las Bambas		Helicóptero	0.5
Total			0.95

Fuente: (Las Bambas, 2010)



Figura 2. Vía de acceso por medio de transporte terrestre a proyecto las Bambas

Fuente: (Bambas, 2015, pág. 38)

2.2.3 Aspectos específicos de la mina.

Método de minado en minera las Bambas es a tajo abierto con una planta concentradora de cobre convencional que producirá concentrado de cobre limpio con porcentajes menores de oro, plata y molibdeno. El tiempo de vida de la mina supera los 20 años con reservas que superan los 6,9

Mt de mena de cobre y 10,5 Mt de recursos de mineral de cobre. Hasta la fecha solo se ha explotado el 10% de la concesión (Bambas, 2015, pág. 10).

- Producción

La producción diaria es de 400,000 t con una cantidad promedio de número de camiones 1300 unidades, la mina moverá más de 110 Mt de roca y mineral por año. Se extraerá 52 Mt de mineral para el proceso de planta. Adicionalmente unos 10 Mt de mineral serán almacenados en stock para futuro tratamiento.

- Equipos

Equipos de área operaciones mina:

▪ Perforadoras

Modelo: P&H 320, P&H 250, CAT 6640, Sandvik T560.

▪ Carga

Modelo: CAT 6060, CAT 7495, P&H 4100, Cargador Le Torneau L2350

▪ Acarreo

Modelo: Komatsu 930E-4SE, CAT 797

▪ Equipos Auxiliares

Modelo: Bulldozers Komatsu 475, Motoniveladoras Cat 24M, Tractores sobre ruedas Cat 844H y manipulador de cables.

Equipos del área Servicios Auxiliares Mina

- ✓ Cargadores frontales: Modelo CAT 966H, CAT 988H, CAT 988K y CAT 992K
- ✓ Motoniveladora: Modelo CAT 16 M
- ✓ Excavadora Modelo: CAT 336D L (contrata EPSA), CAT 374D, CAT 390D
- ✓ Excavadora Brazo largo Modelo: CAT 390F L
- ✓ Camiones rígidos Modelo: CAT 773F (contrata EPSA)
- ✓ Rodillos Modelo: CAT CS56
- ✓ Retroexcavadora Modelo: CAT 420H
- ✓ Cisterna articulada Modelo: CAT 740B (Contrata EPSA)

- Planta concentradora

Faja de transporte de mineral

El mineral es transportado desde el chancador primario hasta la planta concentradora a través de faja transportadora terrestre. El chancador primario está a 5 km de distancia de la planta concentradora. El mineral se descarga desde la faja transportadora a una pila de acopio con capacidad viva de aproximadamente 18 horas de operación.

Métodos de tratamiento de concentrado de minerales

Molienda

El mineral es recuperado de la pila de acopio a través de ocho alimentadores de placas. Molienda a través de dos líneas que consisten en un molino SAG y un molino de bolas. Capacidad – 140,000 toneladas por día. Procesamos unos 52Mt por año.

Flotación

Planta de flotación de espuma convencional de Cu-Mo. Tenemos 28 celdas en el circuito rougher scavenger y 22 celdas en la 3ra etapa de limpieza, El concentrado a granel se envía por tubería a la planta de separación de Mo que esta junto a la planta de flotación a granel.

Reservorio de agua

El agua se obtiene del rio Chalhuhhuacho y se almacena en el reservorio de agua fresca ubicado detrás de la presa Chuspiri, La presa tiene una capacidad de 4,2 Mm3. Una tubería de 23 km de largo conectará la instalación de la toma con la presa. Se usará agua subterránea como fuente de agua de reserva, El agua se reciclará.

Relaves:

Dos espesadores Delkor Hi-rate con un diámetro de 80 metros. La pulpa del flujo inferior tiene un 62 % de sólidos (Bambas, 2015, pág. 28).

- **Cierre de minas**

Los principales objetivos del plan de cierre son los siguientes: Resguardar la salud y seguridad de las personas, estabilidad física, química y biológica de las áreas afectadas por las operaciones mineras, promover el uso futuro de la tierra, proteger los cursos y cuerpos de agua superficial y subterránea, minimizar los impactos visuales y paisajísticos y minimizar los impactos socioeconómicos derivados del cierre (Las Bambas, 2010, pág. 164).

2.2.4 Geología regional.

El terreno se ubica entre la cordillera occidental el altiplano de las regiones de Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno. Está relacionado con Granitoides Dioríticos a Granodioríticos del batolito de Andahuaylas-Yauri del eoceno-oligoceno, emplazados en las condiciones transpersonales (Carlotto 1999, Perello et al 2003) controlados, por los sistemas de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, Cusco Lagunillas-Mañazo, Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Lipaca y Abancay-Condoroma-Caylloma. Los intrusivos intermedios a ácidos están relacionados con la mineralización Cu-Mo (Au) en contacto con secuencias carbonatadas del Albiano-Turuniano desarrollan cuerpos de Skarn de Cu-Zn. Los intrusivos básicos están relacionados con la mineralización de Cu-Fe-Au que se presenta a manera de cuerpos, el contacto con secuencias carbonatadas del albiano-Turuniano y vetas principales de Au-Cu en los intrusivos.

Las edades de mineralización están entre 42 a 30 Millones de años, el terreno está enmarcado entre afloramientos rocosos de tipo volcánico y afloramientos de rocas sedimentarias de tipo arenisca cuarzosa perteneciente al terciario, que están en contacto con el intrusivo y con depósitos de material coluvial y glacial de tipo morrena perteneciente al cuaternario reciente, en

los extremos de norte y sur del área se tiene pequeños afloramientos de tobas volcánicas y depósitos de material aluvial según (INGEMMET, 2009).

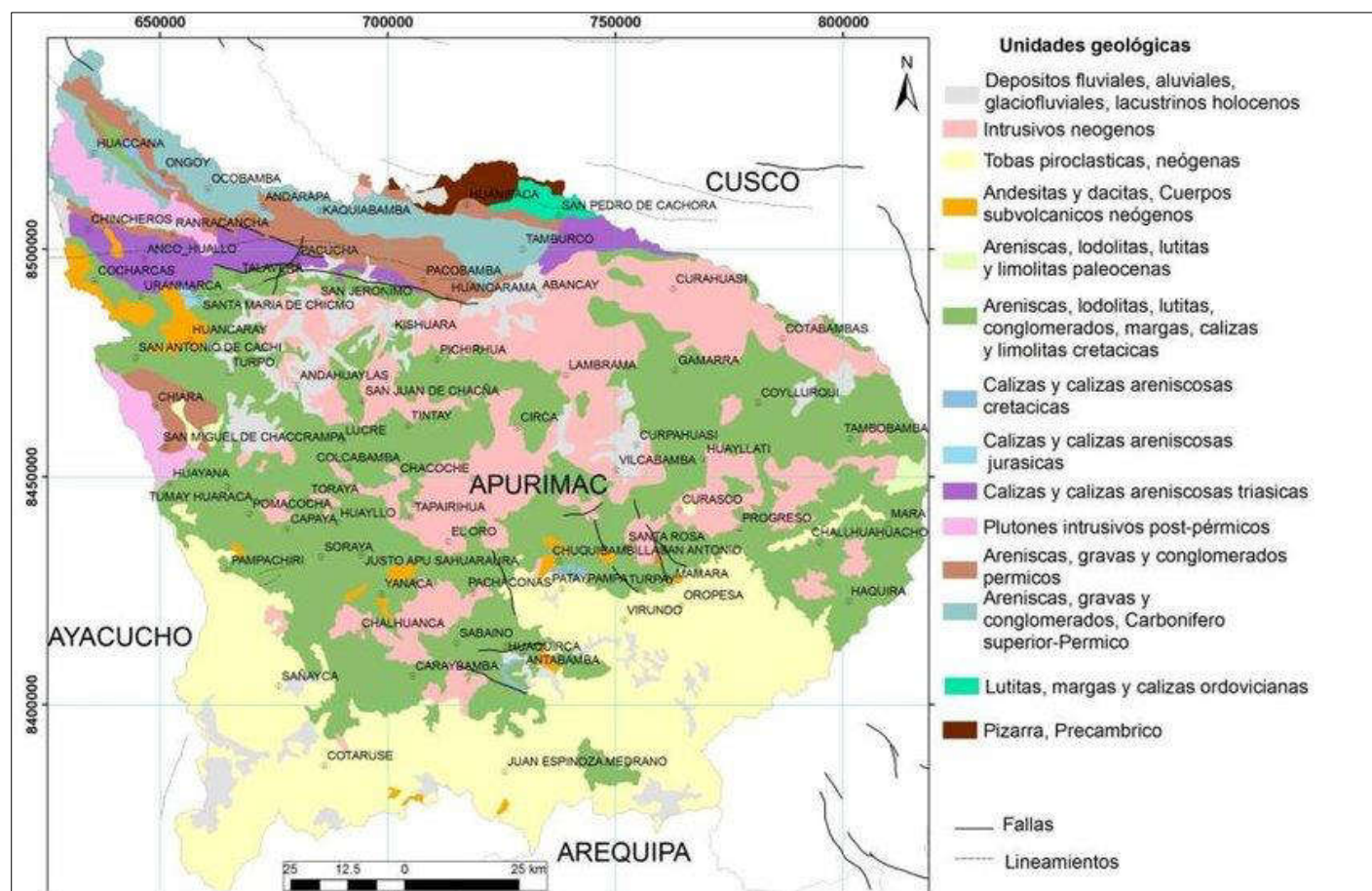


Figura 3. Mapa geológico de la región Apurímac. (INGEMMET, 2009)

2.2.5 Geomorfología.

El terreno está formado por algunas colinas rocosas de suave pendiente (30° y 40°) y unas terrazas aluviales contiguas a la quebrada y cursos de agua cuyo drenaje va de norte a sur. Suave pendiente (6° a 15° bajando en dirección de este) al pie de una ladera rocosa, topografía ondulada, con pendientes suaves (menores a 15°), en el extremo norte. Los diferentes procesos de erosión glacial han dado como resultado los tipos de valles en “U” y la erosión aluvial valles tipo “V”.



Imagen 1. Morfología del área de proyecto

(Fuente: Autor de tesis).

2.2.6 Geología local.

La roca predominante en la ejecución del subdren P4 en el botadero Ferrobamba Las Bambas es la caliza, depósitos aluviales y coluvial de la era del cuaternario, además la existencia de otro tipo de roca en la cantera como la monzonita que se utiliza como material para el subdren y filtro.

2.3 Marco referencial

Según (Jimenez, 2005).

2.3.1 Factores que afectan la eficiencia en el rendimiento de equipos de construcción.

2.3.1.1 Demora de rutina.

Son todos aquellos factores que se derivan de las demoras inevitables del equipo, independientemente de las condiciones propias al sitio de la obra, organización, dirección u otros elementos. Ningún equipo mecánico puede trabajar continuamente a su capacidad máxima. Además, son importantes, los tiempos en que es abastecida la unidad con lubricantes y combustibles y, por otra parte, la necesidad que hay, sobre la marcha, de efectuar revisiones

a elementos, como tornillos, bandas, cables, arreglo de llantas, etc.; lo que significa paros o disminuciones en el ritmo de trabajo. Por otro lado, interviene el factor humano, representado por el operador de la máquina, en relación a su habilidad, experiencia y a la fatiga inevitable después de varias horas de actividad.

2.3.1.2 Restricciones de operación mecánica óptima.

Estas originan un efecto reductor en el rendimiento, debido exclusivamente a limitaciones en la operación mecánica óptima de los equipos. Se refiere a casos como el ángulo de giro, a la altura o la profundidad de corte, las pendientes de ataque, coeficientes de rodamiento, etc.

2.3.1.3 Las condiciones del sitio.

Se refiere a las condiciones propias del lugar en que está enclavada la obra y el punto o frente concreto donde operan las unidades. Se producirían ciertas pérdidas de tiempo, por las condiciones en el sitio, como son:

- **Condiciones físicas.** - La Topografía y Geología, las características geotécnicas del suelo y rocas, las condiciones hidráulicas superficiales y subterráneas, el control de filtraciones, etc.
- **Condiciones del Clima.** - Temperatura máxima y media, heladas, precipitaciones lluvia media anual, su distribución mensual y diaria, su intensidad, efecto en el sitio de trabajo y en los caminos; estaciones del año, días soleados, etc.
- **Condiciones de Aislamiento.** - Vías de comunicación disponibles para abastecimiento, distancia de centros urbanos o industriales, para obtener personal y abastecer de materiales a la obra, cercana a otras fuentes de trabajo que puedan competir en la ocupación del personal en algunas ramas especializadas.
- **Condiciones de adaptación.** - Grado de adaptación del equipo de trabajo, para sortear las causas agrupadas en las condiciones anteriores, características de la obra o de sus componentes derivados del proyecto que tiendan a disminuir la producción y los rendimientos del equipo, conexión de dependencia y posibilidades de balanceo entre máquinas.

2.3.1.4 Por la dirección y supervision.

Es el grupo de factores procedentes de la planeación, organización y operación de la obra, llevadas a cabo por la organización constructora. El conocimiento y experiencia del responsable de planear la construcción en una obra, juega un papel decisivo en el grado de eficiencia que se obtenga del conjunto y de cada operación, por lo que a la producción y al rendimiento de equipo se refiere.

Por otra parte, el grado de vigilancia y conservación de la maquinaria, el suministro de materiales y personal, el apoyo de las operaciones de campo por servicios auxiliares adecuados, así como talleres; explican las diferencias observadas en los rendimientos del equipo

2.3.1.5 Por la actuación del contratante.

En términos generales se puede afirmar, con base en una experiencia bien conocida de los constructores, que la actuación del organismo contratante de una construcción, influye indiscutiblemente en la economía general de la misma y, por lo tanto, en los rendimientos que puedan lograrse de la maquinaria utilizada.

Las causas o factores que pueden afectar la eficiencia del rendimiento en el equipo, por lo que al contratante se refiere, se estima que pueden resumirse de la siguiente forma:

- Por la oportunidad en el suministro de planos, especificaciones y datos de campo.
- Por el pago puntual de las estimaciones de obra. Es algo bien conocido, el efecto benéfico que, en la eficiencia general de la obra, tiene este aspecto.
- Por el tipo de Ingeniero residente o la supervisión en su caso. La influencia de esto, como factor de eficiencia, tiene varios aspectos que se expondrán a continuación.

El valor fundamental del Ingeniero residente o la Supervisora en que cualquier proyecto de construcción, estriba en su disponibilidad, y permanencia en el sitio de la obra para dirigir al contratista, satisfacer las preocupaciones de las autoridades.

2.3.2 Método de evaluación para conocer el rendimiento de la maquinaria de construcción.

El rendimiento es la cantidad de obra que realiza una máquina en una unidad de tiempo. El rendimiento teórico aproximado se puede valorar de las siguientes formas:

- a) Por observación directa
 - b) Por medio de reglas o fórmulas
 - c) Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante
- a) **Cálculo del rendimiento de una máquina por medio de observación directa.** - La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de los materiales movidos por la máquina, durante la unidad horaria de trabajo.
- b) **Cálculo del rendimiento de una máquina por medio de reglas y fórmulas.** - El rendimiento aproximado de una máquina por este método puede estimarse del modo siguiente:
- Se calcula la cantidad de material que mueve la máquina en cada ciclo y ésta se multiplica por el número de ciclos por hora. De ésta forma se obtiene el rendimiento diario.

$$m^3 * hora = \left(\frac{m^3}{ciclo} \right) * (ciclo hora) \dots \dots \dots ec. 2.1$$

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

$$\frac{m^3}{ciclo} = Capacidad nominal de la maquina * Factor de corrección \dots \dots \dots ec. 2.2$$

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

- c) ***Cálculo del rendimiento por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.*** - Los fabricantes de equipos cuentan con manuales donde justifican los rendimientos teóricos de las máquinas que producen para determinadas condiciones de trabajo. Los datos se basan en pruebas de campo, simulación en computadora, investigaciones en laboratorio, experiencia, etc.

Debe de tomarse en cuenta, sin embargo, que todos los datos se basan en un 100% de eficiencia, algo que no es posible conseguir ni aún en condiciones óptimas en obra. Esto significa, que al utilizar los datos de producción es necesario rectificar los resultados que se obtienen por los métodos anteriores mediante factores adecuados a fin de determinar el menor grado de producción alcanzada, ya sea por las características del material, la habilidad del operador, la altitud y otro número de factores que pueden reducir la producción de un determinado trabajo.

2.3.3 Materiales y factores volumétricos de conversión.

En los movimientos de tierra y roca, la consistencia y dureza de los diferentes materiales determina:

- El método de trabajo a adoptar
- El tipo de máquina a emplear
- El rendimiento de las máquinas elegidas y por consiguiente el costo.

La naturaleza del terreno influye considerablemente en la excavación, carga, transporte y descarga. Influye también en la forma que se dará a las obras como consecuencia de la estabilidad de los taludes.

Según sus posibilidades de extracción se distinguen dos categorías de terrenos sueltos, los que se pueden extraer directamente por medios manuales o mecánicos (material I y II) Y terrenos rocosos, (material **N1**), los que requieren una disgregación previa a su extracción generalmente por medio de explosivos.

Terrenos Suelos.

- a. Terrenos ligeros: tierra vegetal seca, arena seca, grava fina.
- b. Terrenos ordinarios: tierra vegetal húmeda, tierra mezclada con arena, arena húmeda, arena arcillosa compacta, grava fina arcillosa compacta, grava gruesa, turba.
- c. Terrenos pesados: arcilla húmeda, marga compacta, aglomerados disgregados.
- d. Terrenos muy pesados: arcilla húmeda marga compacta, aglomerados consistentes, gneis blando, pizarra, piedras calizas resquebrajadas, rocas descompuestas.

Terrenos Rocosos

- a. Rocas Blandas: caliza, blanda, creta, gneis, pizarra compacta, conglomerados.
- b. Rocas duras: caliza dura, granito gneis.
- c. Rocas muy duras: granito y gneis compactos, cuarzo, cuarcita, sienita, pórfido, basalto.

2.3.4 Movimiento de tierra.

Según (Cherné & Gonzales), Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras públicas, minería o industria.

Las operaciones del movimiento de tierras en el caso más general son:

- Excavación o arranque
- Carga
- Acarreo
- Descarga
- Extendido
- Humectación, desecación y Compactación
- Servicios auxiliares (refinos, saneos, etc.).

Los materiales se encuentran en la naturaleza en formaciones de muy diverso tipo, que se denominan bancos, en perfil cuando están en la traza de una carretera, y en préstamos fuera de ella. La excavación consiste en extraer o separar del banco porciones de su material. Cada terreno presenta distinta dificultad a su excavabilidad y por ello en cada caso se precisan medios diferentes para afrontar con éxito su excavación.

Los productos de excavación se colocan en un medio de transporte mediante la operación de carga. Una vez llegado a su destino, el material es depositado mediante la operación de descarga. Esta puede hacerse sobre el propio terreno, en tolvas dispuestas a tal efecto, etc.

Para su aplicación en obras públicas, es frecuente formar, con el material aportado, capas de espesor aproximadamente uniforme, mediante la operación de extendido.

De acuerdo con la función que van a desempeñar las construcciones hechas con los terrenos naturales aportados, es indispensable un comportamiento mecánico adecuado, una protección frente a la humedad, etc. Estos objetivos se consiguen mediante la operación llamada compactación, que debido a un apisonado enérgico del material consigue las cualidades indicadas.

2.3.4.1 Cambios de Volumen

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

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

intermedio para conseguir la mejora del comportamiento mecánico (disminución mediante apisonado).

2.3.4.2 Esponjamiento y factor de esponjamiento.

Al excavar el material en banco, éste resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen.¹

Este hecho ha de ser tenido en cuenta para calcular la producción de excavación y dimensionar adecuadamente los medios de transporte necesarios.

Tabla 3. Densidades de material en banco y suelto, para los casos más frecuentes en movimiento de tierras

Material		dL (t/m3)	dB (t/m3)	Sw (%)	Fw
Caliza		1.54	2.61	70	0.59
Arcilla	Estado natural	1.66	2.02	22	0.83
	Seca	1.48	1.84	25	0.81
	Húmeda	1.66	2.08	25	0.80
Arcilla y Grava	Seca	1.42	1.66	17	0.86
	Húmeda	1.54	1.84	20	0.84
Roca Alterada	75% Roca - 25% Tierra	1.96	2.79	43	0.70
	50% Roca - 50% Tierra	1.72	2.28	33	0.75
	25% Roca - 75% Tierra	1.57	1.06	25	0.80
Tierra	Seca	1.51	1.90	25	0.80
	Húmeda	1.60	2.02	26	0.79
	Barro	1.25	1.54	23	0.81
Granito Fragmentado		1.66	2.73	64	0.61
Grava	Natural	1.93	2.17	13	0.89
	Seca	1.51	1.69	13	0.89
	Mojada	2.02	2.26	13	0.89
Arena y Arcilla		1.60	2.02	26	0.79
Yeso Fragmentado		1.81	3.17	75	0.57
Arenisca		1.51	2.52	67	0.60
Arena	Seca	1.42	1.60	13	0.89
	Húmeda	1.69	1.90	13	0.89
	Empapada	1.84	2.08	13	0.89

¹ (Cherné & Gonzales, págs. 7,8 y 9)

Tierra y Grava	Seca	1.72	1.93	13	0.89
	Húmeda	2.02	2.23	10	0.91
Tierra Vegetal		0.95	1.37	44	0.69
Basaltos o Diabasas Fragmentadas		1.75	2.61	49	0.67
Nieve	Seca	0.13	---	---	---
	Húmeda	0.52	---	---	---

Fuente: (Cherné & Gonzales, pág. 16)

2.3.4.3 Consolidación y compactación.

La compactación ocasiona una disminución de volumen que ha de tenerse en cuenta para calcular la cantidad de material necesaria para construir una obra de tierras de volumen conocido.

Se denomina factor de consolidación a la relación entre el volumen del material en banco y el volumen que ocupa una vez compactado. (Cherné & Gonzales, pág. 13)

2.3.5 Factor de acoplamiento

Según (Ballester Muñoz & Peral San Emeterio, 1988), Un movimiento de tierras se compone de operaciones sucesivas (fases), que necesitan distintos tipos de maquinaria en función de las características de cada una de ellas. Es necesario diseñar equipos de trabajo de forma que no haya grandes diferencias de rendimiento entre las unidades que los conforman. Se trata pues, en un movimiento de tierras, de coordinar las fases de CARGA y TRANSPORTE, analizando los factores que influyen en el acoplamiento del equipo de carga y el de transporte. Se analizarán los factores más importantes que influyen en el acoplamiento entre los equipos, para a obtener máxima producción o mínimo coste, y que puedan ayudarnos a decidir por uno u otro caso.

Equipo de carga

$$Pc = \frac{60}{t} * C * n \dots \dots \dots ec. 2.3$$

Pc = Producción de equipo de carguío

C = Capacidad de cucharón

n = Numero de cargadores

t = Tiempo de ciclo (min)

Equipo de transporte

$$Pt = \frac{60}{T} * p * C * N \dots \dots \dots ec. 2.4$$

Pt = Producción de equipo de transporte

N = Numero de volquetes

T = Tiempo de ciclo de volquetes (min)

p = Numero de cucharones

Factor de acoplamiento (Match Factor)

$$MF = \frac{Pt}{Pc} \dots \dots \dots ec. 2.5$$

$$MF = \frac{N * p * t}{n * T} \dots \dots \dots ec. 2.6$$

Si hacemos que el factor de acoplamiento es igual a uno.

$$1 = \frac{N * p * t}{n * T} \dots \dots \dots ec. 2.7$$

Numero de volquetes

$$N = \frac{n * T}{p * t} \dots \dots \dots ec. 2.8$$

- Sobredimensionamiento de las unidades de carga o palas ($MF < 1$), implicando el máximo de utilización de los vehículos de transporte, pero una subutilización de las unidades de carga.
- Sobredimensionamiento de la flota de camiones ($MF > 1$), implica máxima utilización de las unidades de carguío, pero una subutilización de la flota de vehículos. Los tiempos de espera (congestión) serán crecientes en relación al tamaño de la flota.
- Acoplamiento ($MF = 1$), corresponde al calce perfecto en términos de productividad entre ambos conjuntos de unidades.

2.3.6 Descripción de los equipos.**2.3.6.1 Camión de obras civiles 773F.**

Desarrollado específicamente para aplicaciones en minería, canteras y construcción, el camión Caterpillar 773F mueve grandes volúmenes de material para reducir el costo por tonelada. (Caterpillar 773F, 2006, pág. 2)

Tabla 4. Especificaciones técnicas de camión de obras civiles Caterpillar Modelo 773F

Motor		
Modelo de motor	Cat C27 ACERT	
Potencia bruta _ SAE J1995	552 Kw	740 hp
Potencia neta _ SAE J1349	524 kW	703 hp
Pesos		
Peso bruto de la máquina	100,698 kg	222,000 lb
Especificaciones en orden de trabajo		
	54,4	60
Capacidad nominal de carga útil	toneladas	toneladas
	métricas	cortas
Capacidad (2:1) SAE	35,6 m ³	46,5 yd ³
Capacidad de llenado		
Tanque de combustible	700 l	185 gl

Fuente: (Caterpillar 773F, 2006, pág. 1)

Sistemas adaptados. El 773F ha sido diseñado para trabajar como un óptimo sistema de carga con el Cargador de Ruedas 988H, que lo puede cargar en 4 pasadas, y con el 990H, que lo puede cargar en 3 pasadas y con la Excavadora Hidráulica 385C, que la puede cargar en 6 pasadas. (Caterpillar 773F, 2006, pág. 15)

Tabla 5. Sistemas adaptados de carga a Camión de Obras Civiles CAT 773F

Equipo	Cargador de Ruedas		Excavadora
			Hidráulica
Modelo	988H	990H	385C
Nº pasadas	4	3	6

Fuente: (Caterpillar 773F, 2006, pág. 15)

Tiempos de ciclo de levantamiento más rápidos. Los cilindros de levantamiento de dos etapas proporcionan tiempos de ciclo de descarga rápidos de **9,5 segundos para la subida y 12,5 segundos para la bajada.** (Caterpillar 773F, 2006, pág. 14)

Freno de estacionamiento. El freno de estacionamiento enfriado por aceite, se conecta por resorte y se desconecta hidráulicamente en las ruedas traseras lo que permite una capacidad de estacionamiento superior en todas las pendientes de hasta un 15 por ciento. (Caterpillar 773F, 2006, pág. 10)

Transmisión

Tabla 6. Velocidad de desplazamiento máximas con neumáticos estándar 24.00R35 (e4) de Caterpillar Modelo 773F

Transmisión	Km/h	Millas/h
Avance 1	10.8	6.7
Avance 2	15	9.3
Avance 3	20.3	12.6
Avance 4	27.3	17
Avance 5	37	23
Avance 6	49.9	31
Avance 7	67.5	41.9
Retroceso	14.2	8.8

Fuente: (Caterpillar 773F, 2006, pág. 18)

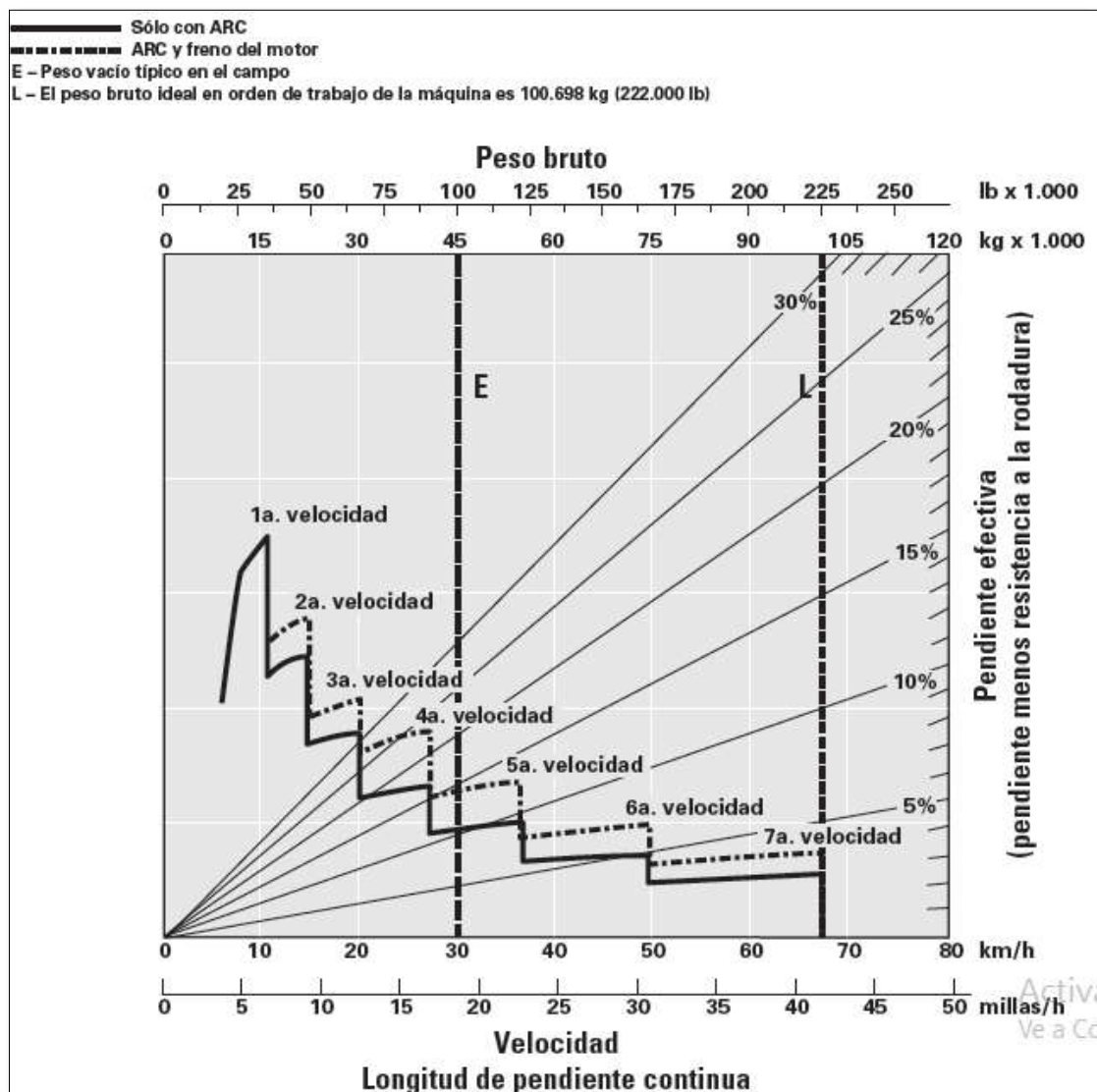
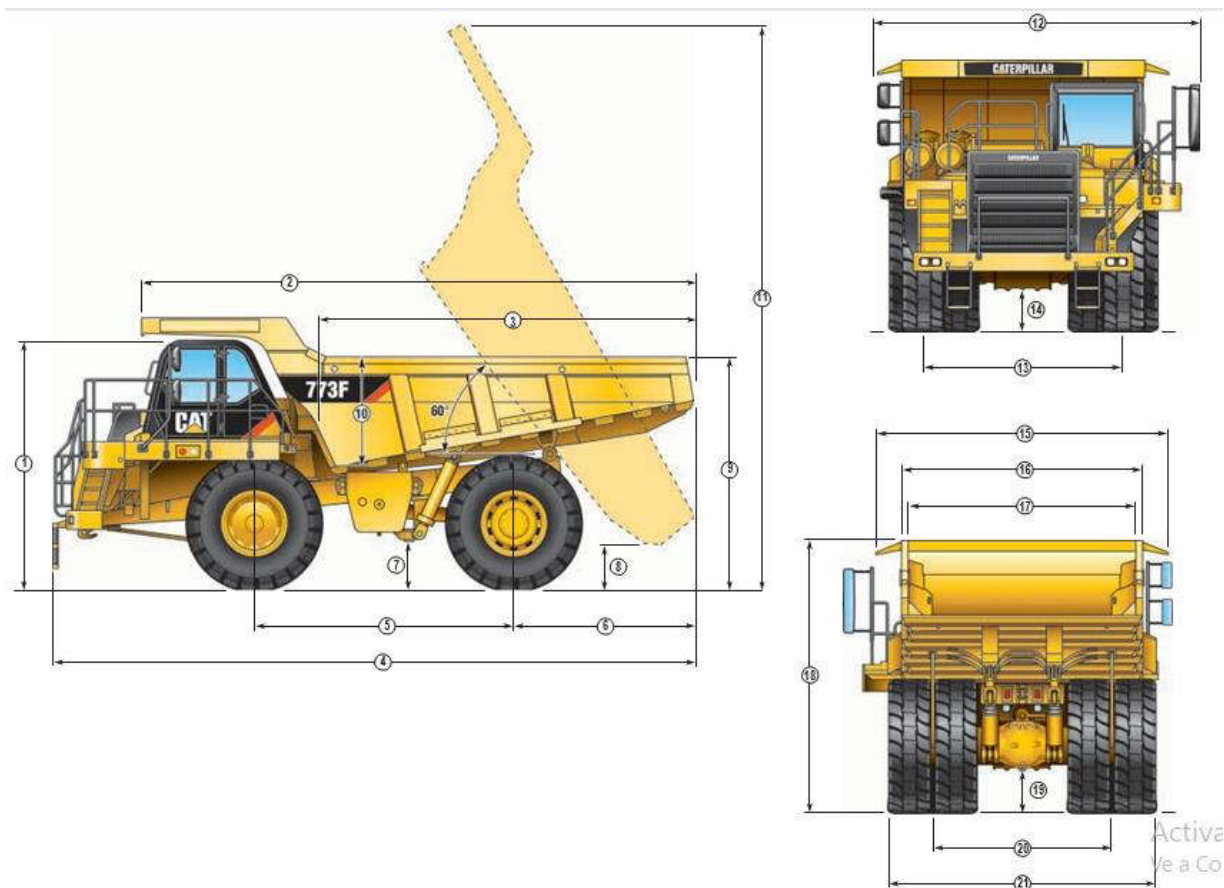


Figura 4. Rendimiento de retardo

Fuente: (Caterpillar 773F, 2006, pág. 22)

Dimensiones de camión de obras civiles CAT 773F



	Doble declive	Piso plano
1 Altura hasta la parte superior de la ROPS	4.116 mm 13 pies 6 pulg	4.108 mm 13 pies 6 pulg
2 Longitud total de la caja	9.211 mm 30 pies 3 pulg	9.293 mm 30 pies 6 pulg
3 Longitud interna de la caja	6.254 mm 20 pies 6 pulg	6.336 mm 20 pies 9 pulg
4 Longitud total	10.249 mm 33 pies 7 pulg	10.334 mm 33 pies 11 pulg
5 Distancia entre ejes	4.215 mm 13 pies 10 pulg	4.215 mm 13 pies 10 pulg
6 Distancia del eje trasero hasta la cola	2.749 mm 9 pies	2.837 mm 9 pies 4 pulg
7 Espacio libre sobre el suelo	777 mm 2 pies 6 pulg	777 mm 2 pies 6 pulg
8 Altura de descarga	616 mm 2 pies	626 mm 2 pies 1 pulg
9 Altura de carga – vacío	3.818 mm 12 pies 6 pulg	3.773 mm 12 pies 5 pulg
10 Profundidad interna de la caja – Máx.	1.806 mm 5 pies 11 pulg	1.806 mm 5 pies 11 pulg
11 Altura total – caja levantada	9.261 mm 30 pies 5 pulg	9.261 mm 30 pies 5 pulg

	Doble declive	Piso plano
12 Ancho en orden de trabajo	5.425 mm 17 pies 10 pulg	5.425 mm 17 pies 10 pulg
13 Ancho entre líneas de centro de los neumáticos delanteros	3.205 mm 10 pies 6 pulg	3.205 mm 10 pies 6 pulg
14 Espacio libre sobre el protector del motor	700 mm 2 pies 4 pulg	698 mm 2 pies 4 pulg
15 Ancho total del techo	4.735 mm 15 pies 6 pulg	4.996 mm 16 pies 5 pulg
16 Ancho exterior de la caja	3.919 mm 12 pies 11 pulg	3.917 mm 12 pies 11 pulg
17 Ancho interior de la caja	3.658 mm 12 pies	3.657 mm 12 pies
18 Altura delantera del techo	4.460 mm 14 pies 7 pulg	4.435 mm 14 pies 7 pulg
19 Espacio libre sobre el eje trasero	675 mm 2 pies 2 pulg	675 mm 2 pies 2 pulg
20 Ancho entre líneas de centro de los neumáticos dobles traseros	2.929 mm 9 pies 7 pulg	2.928 mm 9 pies 7 pulg
21 Ancho total de los neumáticos	4.406 mm 14 pies 6 pulg	4.411 mm 14 pies 6 pulg

Figura 5. Dimensiones; Todas las dimensiones son aproximadas. Mostrado con caja de doble declive.

Fuente: (Caterpillar 773F, 2006, pág. 20)

2.3.6.2 Camiones articulados CAT 740B.

El modelo Cat 740, con carga útil nominal de 43,5 toneladas, ofrece una fiabilidad y durabilidad comprobadas, alta productividad, máxima comodidad del operador y costos operativos más bajos. (Caterpillar 740B, 2009, pág. 2)

Tabla 7. Especificaciones de Camiones Articulados CAT 740B

Motor		
Modelo de motor	Cat C15 ACERT	
Potencia bruta _ SAE J1995	350 Kw	469 hp
Potencia neta _ SAE J1349	338 Kw	453 hp
Pesos		
Carga útil nominal	39,5 toneladas	43,5 ton
Capacidad de la caja		
Colmado SAE 2:1	24 m ³	31,4 yd ³
Capacidad de llenado		
Tanque de combustible	532 l	140,5 gl EE.UU.

Fuente: (Caterpillar 740B, 2009, pág. 1)

Sistemas adaptados, Una combinación óptima del sistema ofrece una gran ventaja en productividad. El 740 es una combinación ideal para trabajar con las Excavadoras Hidráulicas Cat 385C, 365C y 345D, y con los Cargadores de Ruedas 966H, 972H, 980H y 988H. Esto resulta en mayor producción y costos más bajos del sistema por unidad de volumen movido.

Tabla 8. Coordinación óptima de pasadas entre cargador y camión articulados CAT 740B

Excavadoras hidráulicas	385C	365C	345D	
Capacidad del Cargador (Toneladas) _ 50				
hr. Mín	954-1,193	750-1,100	665-805	
Capacidad del Cargador (Toneladas) _ 50				
hr. Mín	1,049-1,314	825-1,210	735-885	
Pasadas	3 _ 4	5	6	
Cargador de ruedas	988H	980H	972H	966H
Capacidad del Cargador (Toneladas) _ 50				
hr. Mín	565-790	590-650	490-565	400-535
Capacidad del Cargador (Toneladas) _ 50				
hr. Mín	625-870	650-717	540-625	440-590
Pasadas	3 _ 4	4	5	5 _ 6

Fuente: (Caterpillar 740B, 2009, pág. 14)

Tiempos de ciclo de levantamiento más rápidos,

Los tiempos rápidos de levantamiento y bajada de la caja significan menos tiempo en el área de descarga.

Tabla 9- Levantamiento de caja camión articulados CAT 740B

Tiempo de levantamiento	12 segundos
Tiempo de bajada	7 segundos

Fuente: (Caterpillar 740B, 2009, pág. 12)

Transmisión,***Tabla 10. Transmisión de camión articulados CAT 740***

Cambio	Km/h	millas/h
Avance 1	8,9	5,5
Avance 2	12,1	7,5
Avance 3	16,4	10,2
Avance 4	22	13,7
Avance 5	30	18,6
Avance 6	40	25,1
Avance 7	54,7	34
Retroceso 1	8,4	5,2
Retroceso 2	11,6	7,2

Fuente: (Caterpillar 740B, 2009, pág. 12)

Rendimiento en pendientes/Velocidad/Fuerza máxima de tracción

Para determinar el rendimiento, lea desde el peso bruto hasta el % de resistencia total. La resistencia total es igual al % de pendiente real más 1% por cada 10 kg/tonelada métrica (20 lb/tonelada) de resistencia a la rodadura. Desde este punto, lea horizontalmente hasta la curva con la gama de velocidad más alta que se puede alcanzar. Luego, vaya hasta abajo para determinar la velocidad máxima. La fuerza máxima de tracción utilizable depende de la tracción disponible.

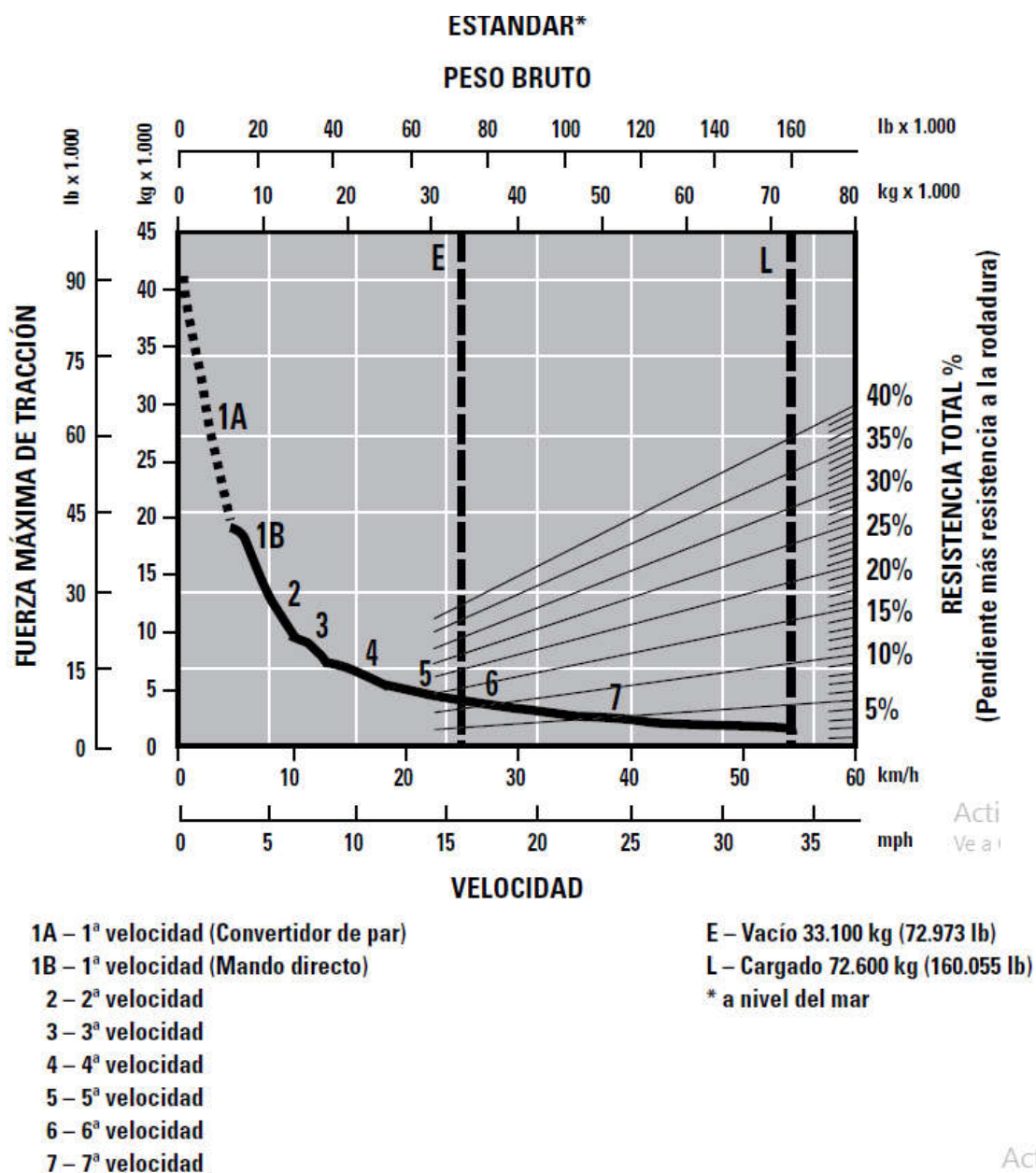
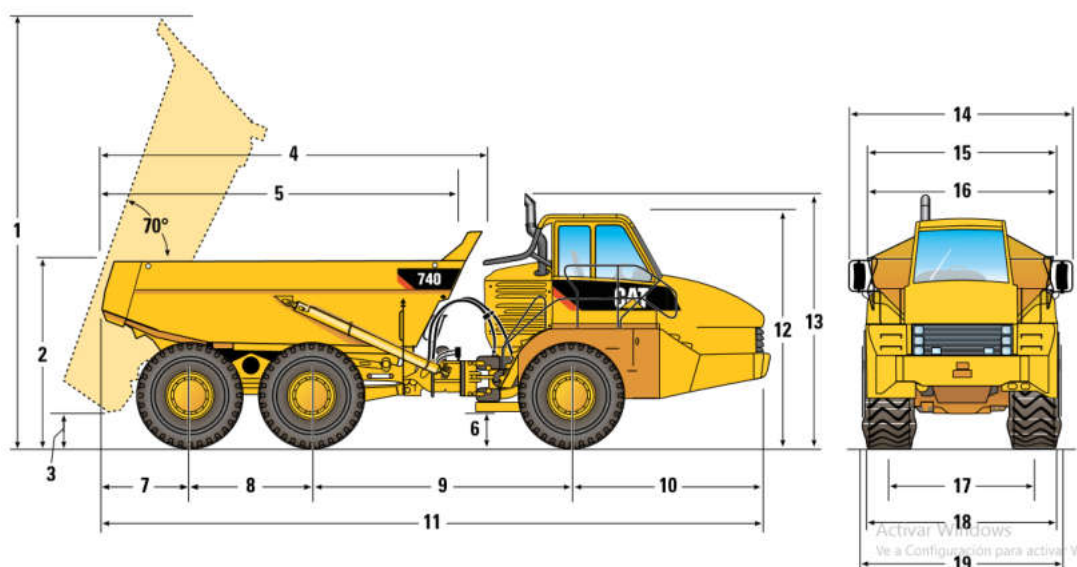


Figura 6. Rendimiento en pendientes/Velocidad/Fuerza máxima de tracción

Fuente: (Caterpillar 740B, 2009, pág. 15)



	mm	pies
1	7.092	23,4
2	3.239	10,6
3	697	2,3
4	6.288	20,6
5*	5.734	18,8
6	577	1,8
7	1.458	4,7
8	1.966	6,4
9	4.244	13,9
10	3.221	10,5

	mm	pies
11	10.889	35,7
12	3.745	12,3
13**	4.049	13,3
14	3.823	12,5
15***	3.705	12,14
16	3.418	11,2
17	2.687	8,8
18	3.430	11,2
19****	3.520	11,5

*Interior de la caja.

**El tubo de escape puede sacarse para fines de transporte.

***Si tiene una compuerta de cola plegable.

****Máx. vacío sobre el abultamiento del neumático.

Círculo de giro

Las dimensiones corresponden a máquinas con neumáticos 29.5R25.

Dimensiones de giro		
Ángulo de dirección – izquierda/derecha	45°	
Radio de giro SAE	8.138 mm	320,4 pulg
Radio de giro	8.595 mm	338,4 pulg
Radio interior	4.101 mm	161,5 pulg
Ancho de pasillo	5.694 mm	224,2 pulg

Dirección

Traba a traba 4,6 segundos a 6 rpm

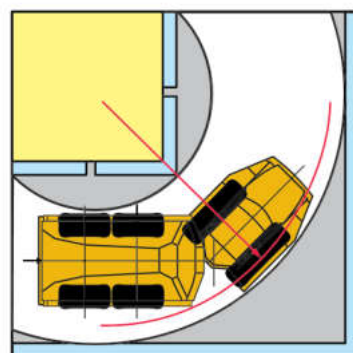


Figura 7. Dimensiones de camión Caterpillar 740B

Fuente: (Caterpillar 740B, 2009, pág. 14)

2.3.6.3 Excavadora hidráulica de orugas CAT 336F L

La 336F L está diseñada para mantener sus altos resultados de producción y reducir sus costes de operación y propiedad al mismo tiempo que le proporciona toda la potencia, eficiencia de combustible y fiabilidad que necesita para triunfar, (Caterpillar 336DL, 2008)

Tabla 11. Especificaciones de excavadoras hidráulicas de orugas CAT 336DL

Motor	
Modelo de motor	CAT C9 con tecnología ACERT
Potencia neta en el volante	200 Kw
Pesos	
Peso en orden de trabajo - Tren de rodaje estándar	33,750 kg
Peso en orden de trabajo - Tren de rodaje largo	35,020 kg
• Pluma de alcance, brazo R3.2DB, cucharón de 1,4 m³, zapatas de 600 mm • Pluma de alcance, brazo R3.2DB, cucharón de 1,5 m³, zapatas de 700 mm	
Capacidad de llenado	
Capacidad de tanque de combustible	620 l
Mando	
Tracción máxima en la barra de tiro	300 kN
Velocidad máxima de desplazamiento	5 km/h

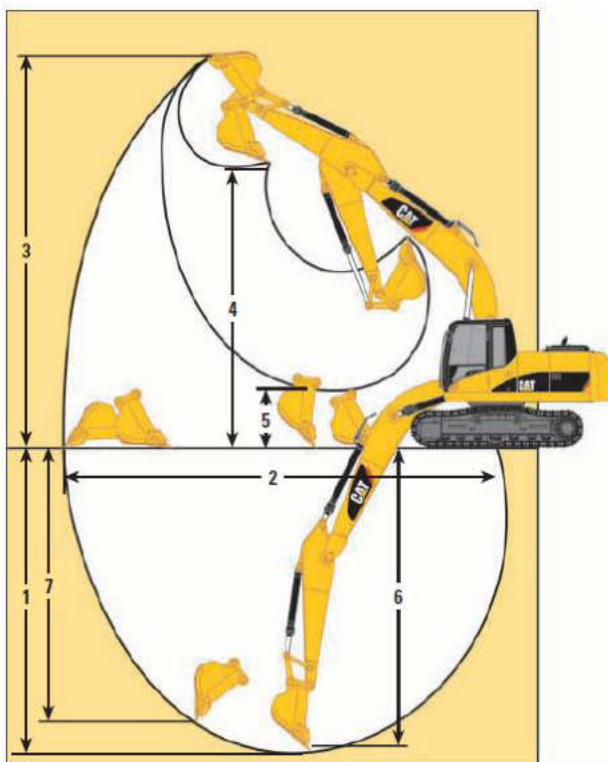
No se requiere reducción de potencia del motor hasta los 2.300 m.

Fuente: (Caterpillar 336DL, 2008, pág. 1)

Excavadora de alcance

Alcances de trabajo

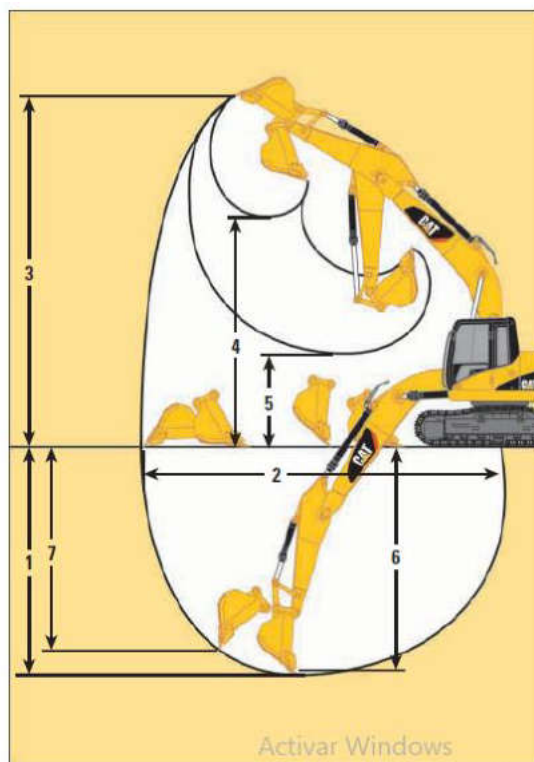
Configuración de pluma de alcance (R)



Excavadora para excavación de gran volumen

Límites de alcance

Configuración de pluma para excavación de gran volumen (M)



Opciones de pluma	Pluma de alcance 6,5 m			Pluma para excavación en gran volumen 6,18 m		
Opciones de brazos	R3.9DB	R3.2DB	R2.8DB	R2.15TB1	M2.55TB1	M2.15TB1
1 Profundidad máxima de excavación	8.090 mm	7.390 mm	6.990 mm	6.500 mm	6.570 mm	6.170 mm
2 Alcance máximo a nivel del suelo	11.640 mm	10.920 mm	10.620 mm	10.070 mm	10.180 mm	9.760 mm
3 Altura máxima de corte	10.710 mm	10.240 mm	10.300 mm	9.820 mm	10.070 mm	9.740 mm
4 Altura máxima de carga	7.640 mm	7.200 mm	7.200 mm	6.530 mm	6.690 mm	6.410 mm
5 Altura mínima de carga	2.010 mm	2.710 mm	3.110 mm	3.590 mm	3.000 mm	3.400 mm
6 Corte de profundidad máxima para Parte inferior a un nivel de 2.240 mm	7.960 mm	7.230 mm	6.820 mm	6.280 mm	6.400 mm	5.970 mm
7 Pared vertical máxima profundidad de excavación	6.700 mm	5.830 mm	5.770 mm	4.800 mm	5.340 mm	4.710 mm
Fuerza de excavación del cucharón (SAE)	198 kN	198 kN	198 kN	234 kN	234 kN	234 kN
(ISO)	222 kN	222 kN	222 kN	264 kN	264 kN	264 kN
Fuerza de excavación del brazo (SAE)	143 kN	164 kN	183 kN	215 kN	185 kN	215 kN
(ISO)	146 kN	169 kN	188 kN	224 kN	192 kN	224 kN

Nota: Todas las dimensiones son aproximadas.

Figura 8. Dimensiones de excavadora hidráulica de orugas CAT 336D/336D L

Fuente: (Caterpillar 336DL, 2008, pág. 16)

2.3.6.4 Excavadora hidráulica de orugas 345C L

Rendimiento sobresaliente. Control excelente control, altas fuerzas en el brazo y el cucharón, capacidad de levantamiento impresionante, servicio simplificado y un puesto del operador más cómodo para aumentar su productividad y reducir los costos de operación. (Caterpillar 345CL, 2005, pág. 2)

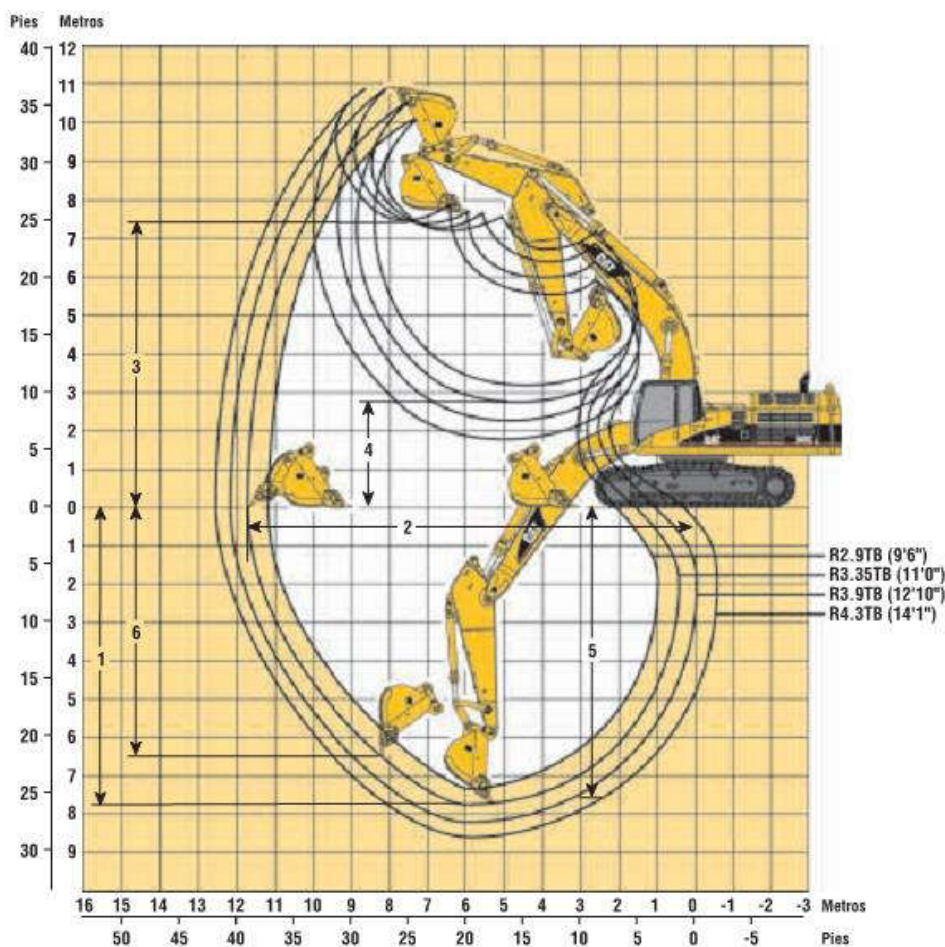
Tabla 12. Especificaciones de excavadora hidráulica de orugas CAT 345 CL

Motor	
Modelo de motor	Cat C13 ACERT (ATAAC)
Potencia neta en el volante	345 hp
Pesos	
Peso en orden de trabajo	44,970 Kg
Capacidad de cucharón	(1,9 - 2,8) m ³
Capacidad de llenado	
Capacidad de tanque de combustible	186 gl
Mando	
Tracción máxima en la barra de tiro - Tren de rodaje	337,7 kN
Velocidad máxima de desplazamiento	4,4 km/h

Caterpillar (s.f.), No se requiere una devaluación de potencia hasta los 2.300 m (7.500 pies) de altitud.

Fuente: (Caterpillar 345CL, 2005, pág. 1)

Gamas de trabajo de alcance



Pesos en orden de trabajo de la 345C L – Tren de rodaje largo de entrevía fija

Brazo	Pluma de largo alcance			Pluma de alcance			Pluma de excavación de gran volumen	
	R4.3TB (14'1")	R3.9TB (12'10")	R4.3TB (14'1")	R3.9TB (12'10")	R3.35TB (11'0")	R2.9TB (9'6")	M3.0UB (9'10")	M2.5UB (8'2")
Cucharón	GP-C 1,9 m ³ (2,46 yd ³)	GP-C 1,9 m ³ (2,46 yd ³)	GP-C 1,9 m ³ (2,46 yd ³)	GP-C 1,9 m ³ (2,46 yd ³)	GP-C 1,9 m ³ (2,46 yd ³)	GP-C 1,9 m ³ (2,46 yd ³)	HD 2,8 m ³ (3,70 yd ³)	HD 2,8 m ³ (3,70 yd ³)
1 Máxima profundidad de excavación	8.920 mm (29'3")	8.520 mm (27'11")	8.600 mm (28'3")	8.200 mm (26'11")	7.650 mm (25'1")	7.200 mm (23'7")	7.250 mm (23'9")	6.740 mm (22'2")
2 Máximo alcance a nivel del suelo	12.960 mm (42'6")	12.600 mm (41'4")	12.520 mm (41'1")	12.150 mm (39'10")	11.710 mm (38'5")	11.290 mm (37'1")	11.200 mm (36'9")	10.740 mm (35'3")
3 Máxima altura de carga	7.930 mm (26'0")	7.800 mm (25'7")	7.590 mm (24'11")	7.460 mm (24'6")	7.420 mm (24'4")	7.240 mm (23'9")	6.790 mm (22'3")	6.590 mm (21'8")
4 Mínima altura de carga	2.240 mm (7'4")	2.640 mm (8'8")	1.800 mm (5'11")	2.200 mm (7'3")	2.750 mm (9'0")	3.200 mm (10'6")	2.630 mm (8'8")	3.130 mm (10'3")
5 Máxima profundidad de corte para fondo plano de 2.440 mm (8')	8.790 mm (28'10")	8.380 mm (27'6")	8.480 mm (27'10")	8.070 mm (26'6")	7.500 mm (24'7")	7.040 mm (23'1")	7.100 mm (23'3")	6.580 mm (21'7")
6 Máxima profundidad de excavación de pared vertical	5.960 mm (19'7")	5.430 mm (17'10")	5.910 mm (19'5")	5.400 mm (17'8")	5.210 mm (17'1")	4.810 mm (15'9")	4.910 mm (16'1")	4.460 mm (14'8")

Figura 9. Dimensiones de excavadora hidráulica de orugas CAT 345CL

Fuente: (Caterpillar 345CL, 2005, pág. 19)



Imagen 2. Excavadora hidráulica de orugas CAT 345 CL

Fuente: (Autor de tesis).

2.3.6.5 Excavadora hidráulica de orugas CAT 390D L

La 390F L está diseñada para mantener sus altos resultados de producción y reducir sus costes de operación y propiedad al mismo tiempo que le proporciona toda la potencia, eficiencia de combustible y fiabilidad que necesita para triunfar. (Caterpillar 390D, 2010)

Tabla 13. Especificaciones de excavadora hidráulica de orugas CAT 390DL

Motor	
Modelo de motor	Cat C18 ACERT (ATAAC)
Potencia neta en el volante	523 hp
Pesos	
Peso en orden de trabajo - tren de rodaje	86,190 Kg
Capacidad de cucharón	(3,9 - 6,0) m ³
Capacidad de llenado	
Capacidad de tanque de combustible	327,57 gl
Mando	
Tracción máxima en la barra de tiro	590 kN
Velocidad máxima de desplazamiento	4,5 km/h

Caterpillar (s.f.), No se requiere reducción de potencia del motor a una altitud menor de 2,300 msnm. (7,500').

Fuente: (Caterpillar 390D, 2010, pág. 1)

Cucharones

Los cucharones requeridos en la excavación de la caja de subdren son en material como; tierra, arcilla, roca mezclada y en cantera; granito triturado y material de voladura (Roca intrusiva).

Servicio Pesado (HD)

Los cucharones de servicio pesado son los más populares y son una excelente opción en la “línea central”. Este estilo de cucharón es un buen punto de partida cuando se desconocen las condiciones de la aplicación. Los cucharones de servicio pesado están diseñados para una amplia gama de condiciones de impacto y abrasión, que incluye tierra, arcilla y roca mezcladas. (Caterpillar 390D, 2010, pág. 10)

Servicio Severo (SD)

Los cucharones de servicio severo están diseñados para condiciones de mayor abrasión, como la del granito triturado.

En comparación con las del cucharón de servicio pesado, las barras de desgaste y las planchas de desgaste son mucho más gruesas y grandes para proporcionar protección adicional. (Caterpillar 390D, 2010, pág. 10)

Servicio Extremo (XD)

Los cucharones de servicio extremo están diseñados para condiciones de muy alta abrasión, como en canteras de granito. Se han adicionado deflectores en las esquinas, y las planchas laterales de desgaste son más grandes para proporcionar mayor protección. (Caterpillar 390D, 2010, pág. 10)

Los cucharones que se utilizaran en la excavación de subdren, según (Caterpillar 390D, 2010), cucharones **Servicio Pesado (HD)** y en cantera cucharones **Servicio Severo (SD)** como se evidencia en la Imagen Nro. 01.

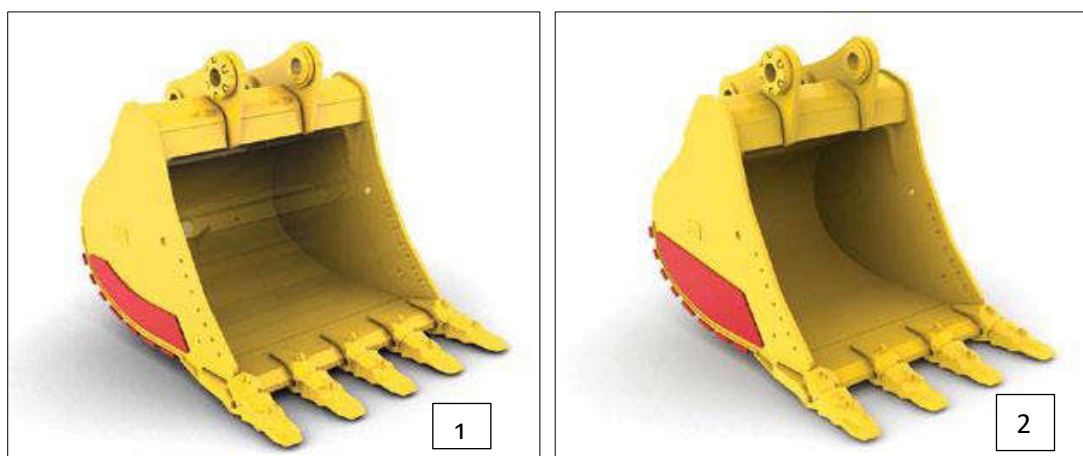


Figura 10. Cucharones servicio pesado(HD) y servicio severo(SD)

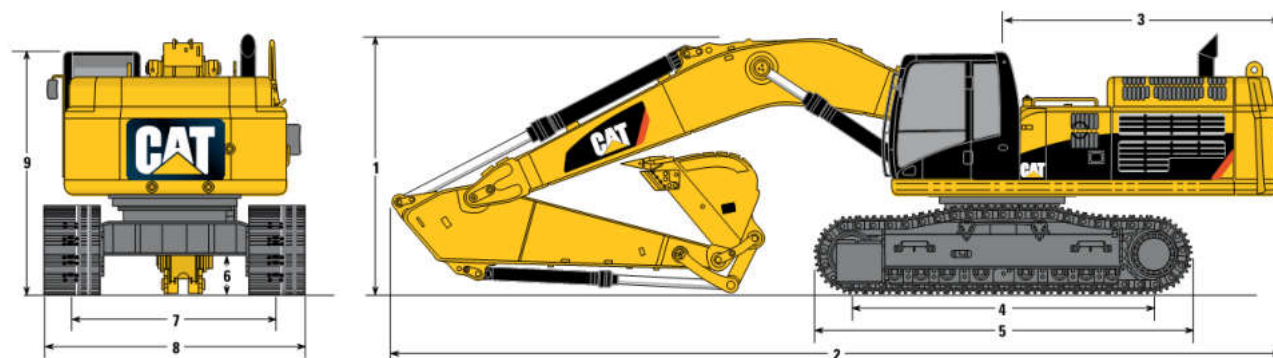
Fuente: (Caterpillar 390D, 2010, pág. 10)



Imagen 3. Excavadora hidráulica de orugas CAT 390 DL

(Fuente: Autor de Tesis)

Dimensiones



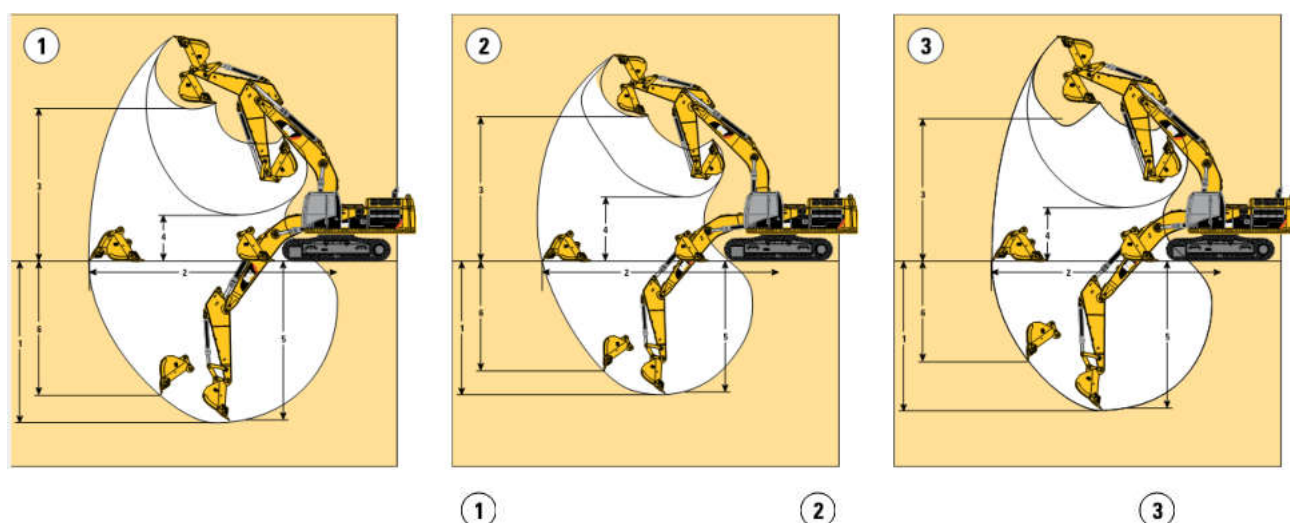
		Pluma de alcance 10,0 m (32' 10")			Pluma de uso general 8,4 m (27' 7")			Pluma para excavación en gran volumen 7,25 m (23' 9")		
Brazo		R 5,5 m (18' 1")	R 4,4 m (14' 5")	R 5,5 m (18' 1")	R 4,4 m (14' 5")	GP 3,7 m (12' 2")	GP 3,4 m (11' 2")	GP 2,92 m (9' 7")	M 3,4 m (9' 7")	M 2,92 m (9' 7")
Cucharón		HB 3,9 m³ (5,1 yd³)	HB 3,9 m³ (5,1 yd³)	HB 4,6 m³ (6,0 yd³)	HB 4,6 m³ (6,0 yd³)	HB 4,6 m³ (6,0 yd³)	JC 4,6 m³ (6,0 yd³)	JC 4,6 m³ (6,0 yd³)	JC 6,0 m³ (7,8 yd³)	JC 6,0 m³ (7,8 yd³)
1	Altura de embarque	mm	5.430	5.030	5.840	5.290	5.010	5.160	4.970	5.310
		pies	17,81	16,50	19,16	17,35	16,43	16,92	16,30	17,42
2	Longitud de embarque	mm	16.280	16.320	14.490	14.700	14.710	14.720	14.910	13.560
		pies	53,41	53,54	47,53	48,22	46,48	48,29	48,91	44,48
3	Radio de giro de la cola	mm	4.680	4.680	4.680	4.680	4.680	4.680	4.680	4.680
		pies	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35
4	Longitud hasta los centros de los rodillos***	mm	5.120	5.120	5.120	5.120	5.120	5.120	5.120	5.120
		pies	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79
5	Longitud de la cadena****	mm	6.360	6.360	6.360	6.360	6.360	6.360	6.360	6.360
		pies	20,86	20,86	20,86	20,86	20,86	20,86	20,86	20,86
6	Espacio libre sobre el suelo	mm	900	900	900	900	900	900	900	900
		pies	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95
7	Entrevía (embarque)*	mm	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
		pies	9,02	9,02	9,02	9,02	9,02	9,02	9,02	9,02
8	Ancho de transporte**	mm	4.260	4.260	4.260	4.260	4.260	4.260	4.260	4.260
		pies	13,97 (LC)	13,97 (LC)	13,97 (LC)	13,97 (LC)	13,97 (LC)	13,97 (LC)	13,97 (LC)	13,97 (LC)
9	Altura de la cabina	mm	3.760	3.760	3.760	3.760	3.760	3.760	3.760	3.760
		pies	12,33	12,33	12,33	12,33	12,33	12,33	12,33	12,33

Nota. Caterpillar (s.f.), Todas las dimensiones son aproximales.

Figura 11. Dimensiones de excavadora hidráulica de orugas CAT 390D L

Fuente: (Caterpillar 390D, 2010, pág. 16)

Límites de alcance



			Pluma de alcance 10,0 m (32' 10")			Pluma de uso general 8,4 m (27' 7")		Pluma para excavación en gran volumen 7,25 m (23' 9")			
Brazo			R 5,5 m (18' 1")	R 4,4 m (14' 5")	R 5,5 m (18' 1")	R 4,4 m (14' 5")	GP 3,7 m (12' 2")	GP 3,4 m (11' 2")	GP 2,92 m (9' 7")	M 3,4 m (11' 2")	M 2,92 m (9' 7")
Cucharón			HB 3,9 m³ (5,1 yd³)	HB 3,9 m³ (5,1 yd³)	HB 4,6 m³ (6,0 yd³)	HB 4,6 m³ (6,0 yd³)	HB 4,6 m³ (6,0 yd³)	JC 4,6 m³ (6,0 yd³)	JC 4,6 m³ (6,0 yd³)	JC 6,0 m³ (7,8 yd³)	JC 6,0 m³ (7,8 yd³)
1	Profundidad máxima de excavación	mm	11.810	10.710	10.760	9.660	8.960	8.690	8.220	7.650	7.170
		pies	38,74	35,13	35,30	31,69	29,39	28,51	26,96	25,09	23,52
2	Alcance máximo a nivel del suelo	mm	17.250	16.230	15.730	14.690	14.040	13.910	13.480	12.690	12.240
		pies	56,59	53,24	51,60	48,19	46,06	45,63	44,22	41,63	40,15
3	Altura máxima de carga	mm	10.950	10.520	9.720	9.270	8.980	9.090	8.910	8.200	7.980
		pies	35,92	34,51	31,88	30,41	29,46	29,82	29,23	26,90	26,18
4	Minimaltura mínima de carga	mm	3.310	4.410	1.940	3.040	3.740	4.020	4.480	3.200	3670
		pies	10,85	14,46	6,36	9,97	12,27	13,18	14,69	10,49	12,04
5	Profundidad máxima de corte con fondo plano de 2.240 mm (8')	mm	11.710	10.600	10.660	9.550	8.840	8.560	8.080	7.520	7.030
		pies	38,41	34,77	34,97	31,33	29,00	28,08	26,50	24,67	23,06
6	Profundidad máxima de excavación vertical	mm	8.390	7.380	7.860	6.850	5.940	6190	5.950	5.100	4.700
		pies	27,52	24,21	25,78	22,47	19,48	20,30	19,52	16,73	15,41
Fuerza de excavación del cucharón											
(SAE)		kN	322	321	322	321	321	412	411	404	404
		lb	72.450	72.225	72.450	72.225	72.225	92.700	92.475	90.900	90.900
(ISO)		kN	365	363	365	363	363	471	470	471	470
		lb	82.125	81.675	82.125	81.675	81.675	105.975	105.750	105.975	105.750
Fuerza de excavación del brazo											
(SAE)		kN	230	268	230	268	300	315	337	314	342
		lb	51.750	60.300	51.750	60.300	67.500	70.875	75.285	70.650	76.950
(ISO)		kN	236	276	236	276	310	325	350	325	356
		lb	53.100	62.100	53.100	62.100	69.750	73.125	78.750	73.125	80.100

Nota. Caterpillar (s.f.), Todas las dimensiones son aproximales.

Figura 12. Límites de alcance de excavadora hidráulica de orugas CAT 390D L

Fuente: (Caterpillar 390D, 2010, pág. 17)

2.3.6.6 Tractor de cadena CAT D8T

El Tractor de Cadenas Cat D8T posee un largo historial de versatilidad, productividad y valor de reventa únicos en su categoría. Gracias a la calidad excepcional que demuestra en una amplia variedad de tareas de empuje, los clientes se deciden por el D8T para todos los trabajos: desde tareas de empuje, escarificación, trabajos de mototrailla y limpieza de terrenos hasta

nivelación de acabado difícil. Los Tractores de Cadenas D8T actuales no solo incluyen características diseñadas para una mayor comodidad, productividad y eficiencia del combustible, sino que ofrecen muchas más funciones para ayudarle a alcanzar sus objetivos empresariales. (Caterpillar D8T, 2014, pág. 2)

Hojas de empuje

Las hojas de acero de alta resistencia a la tracción cuentan con un sólido diseño de sección en caja para soportar las aplicaciones más difíciles. La construcción de la hoja vertedera y las cuchillas de ataque atornillables endurecidas y las cantoneras añaden resistencia y durabilidad. Los protectores contra rocas adicionales y los protectores del deflector ayudan a proteger los cilindros. Existen disponibles hojas de gran capacidad Universal, Semi-Universal y angulares, así como configuraciones especiales para aplicaciones de apilamiento de carbón y virutas de madera. (Caterpillar D8T, 2014, pág. 10)

Rippers

La válvula del implemento del D8T está preparada para la instalación del ripper, ofreciéndole la flexibilidad de usar uno, dos o tres dientes. Se recomienda usar un ripper de un solo diente en el caso de aplicaciones exigentes. Sin embargo, en el caso de aplicaciones menos difíciles o si se escarifica cerca de un muro alto es mejor usar un ripper de múltiples dientes. (Caterpillar D8T, 2014, pág. 10)

Tabla 14. Especificaciones de tractor de orugas CAT D8T

Motor		
Modelo de motor	Cat C15 ACERT	
Potencia de motor (máxima) ISO 14396 (DIN)	268 kW	364 hp
Potencia neta (nominal) ISO 9249/SAE J1349 (DIN)	237 kW	322 hp
Potencia neta (máxima) ISO 9249/SAE J1349 (DIN)	248 kW	338 hp
Pesos		
Peso de funcionamiento		
_ Estándar	39,795 kg	
_ LGP	37,795 kg	
Peso de embarque		
_ Estándar	30,490 kg	
_ LGP	33,600 kg	
Capacidad de llenado		
Depósito de combustible	643 l	

Hojas		
Tipo 8SU	Capacidad (SAE J1265)	8,7 m ³
Tipo 8U	Capacidad (SAE J1265)	11,7 m ³
Tipo 8 ^a	Capacidad (SAE J1265)	4,7 m ³
Tipo 8SU LGP	Capacidad (SAE J1265)	8,5 m ³

Fuente: (Caterpillar D8T, 2014, págs. 13-14)

Transmisión

Tabla 15. Transmisión de tractor de orugas CAT D8T

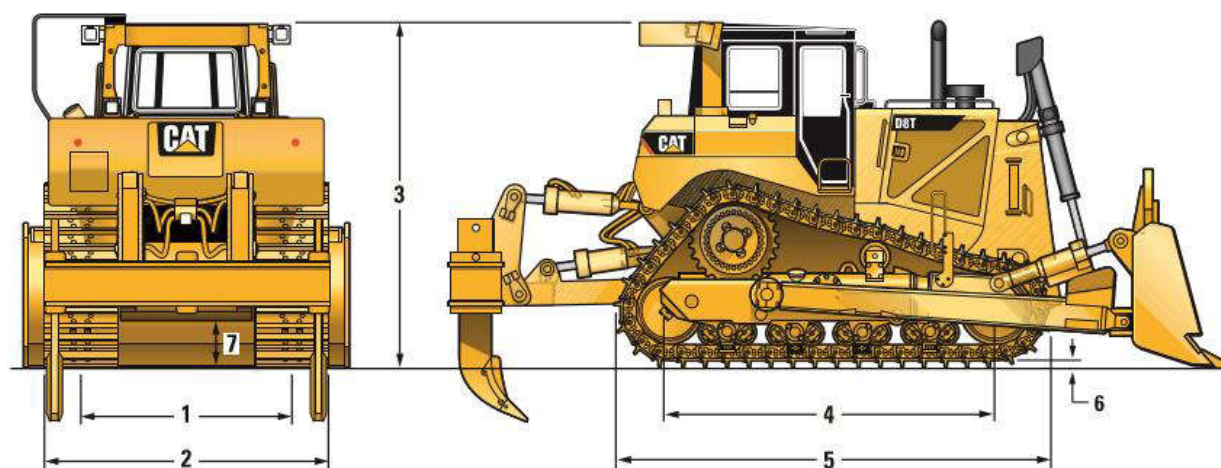
Transmisión	
1 ^a marcha adelante	3,4 km/h
2 ^a marcha adelante	6,1 km/h
3 ^a marcha adelante	10,6 km/h
1 ^a marcha atrás	4,5 km/h
2 ^a marcha atrás	8 km/h
3 ^a marcha atrás	14,2 km/h
1 ^a marcha adelante: tracción en la barra de tiro (1000)	618,5 N
2 ^a marcha adelante: tracción en la barra de tiro (1000)	338,2 N
3 ^a marcha adelante: tracción en la barra de tiro (1000)	186,9 N

Fuente: (Caterpillar D8T, 2014, pág. 14)



Imagen 4. Tractor de orugas CAT D8T

(Fuente: Autor de tesis)

Dimensiones:

	Estándar	Sin suspensión	LGP*
1 Ancho de vía	2083 mm	2082 mm	2337 mm
2 Anchura del tractor			
Sobre muñones	3057 mm	3050 mm	3377 mm
Sin muñones (anchura de zapata estándar)	2642 mm	2642 mm	3302 mm
3 Altura de la máquina desde la punta de la garra			
Tubo de escape vertical	3304 mm	3480 mm	3295 mm
EROPS	3500 mm	3491 mm	3491 mm
4 Longitud de cadena sobre el suelo	3206 mm	3258 mm	3206 mm
5 Longitud del tractor básico (muñón del tirante estabilizador hasta la punta de la garra trasera)	4554 mm	4554 mm	4554 mm
Con los siguientes implementos añadir:			
Ripper: un diente (con la punta a nivel del suelo)	1519 mm	1519 mm	N/A
Ripper: varios dientes (con la punta a nivel del suelo)	1613 mm	1613 mm	N/A
Hoja de Empuje SU	1844 mm	1844 mm	1844 mm
Hoja de Empuje U	2241 mm	2241 mm	N/A
Hoja de Empuje A (sin ángulos)	2027 mm	2027 mm	N/A
Hoja de Empuje A (con ángulo de 25 grados)	3068 mm	3068 mm	N/A
Barra de tiro	406 mm	406 mm	406 mm
6 Altura de la garra	78 mm	78 mm	78 mm
7 Altura libre sobre el suelo	613 mm	606 mm	613 mm

*La anchura de la zapata estándar del Tractor D8T LGP con tren de rodaje sin suspensión es de 965 mm.

Figura 13. Dimensiones de tractor de orugas CAT D8T

Fuente: (Caterpillar D8T, 2014, pág. 16)

2.3.6.7 Tractor de orugas CAT D10T

La fortaleza del pasado. La potencia del futuro. TM El D10T combina la potencia y la eficiencia con tecnología avanzada para proporcionar una excelente producción a un menor costo por metro.

Diseñado para trabajos exigentes.

La estructura durable del D10T se adapta perfectamente a las condiciones de trabajo más exigentes. Combinada con el motor C27 para suministrar mayor rendimiento, proporcionar economía de combustible y cumplir los objetivos de emisiones con la ayuda de la Tecnología

ACERT, mantiene el material en movimiento con la confiabilidad y los bajos costos de operación que usted espera de los tractores Cat. (Caterpillar D10T, 2010, pág. 2)

Herramientas:

Hojas topadoras

Todas las hojas tienen un diseño robusto de sección en caja que resiste el movimiento de torsión y el agrietamiento. Las hojas se fabrican con acero DH-2™ Cat de alta resistencia a la tracción para las aplicaciones más exigentes. La vertedera de construcción pesada y las cuchillas y cantoneras endurecidas y empernadas proporcionan mayor resistencia y durabilidad.

- La hoja semiuniversal está diseñada para aplicaciones rigurosas en las que la penetración es un factor importante.
- La hoja universal de gran capacidad aumenta al máximo la capacidad para mover cargas grandes a largas distancias.
- La inclinación doble optativa permite al operador optimizar el ángulo de inclinación de la hoja.
- Cuchillas y cantoneras: las cuchillas se fabrican con acero DH-2; las cantoneras se fabrican con acero DH-3 para suministrar la máxima vida útil.
- Las herramientas Cat ofrecen una amplia variedad de hojas para aplicaciones especiales.

Desgarradores:

- Desgarrador de vástagos múltiples que adapta el tractor al material, utilizando uno, dos o tres vástagos.
- Desgarrador de vástago individual: el operador puede ajustar la profundidad del vástago desde el asiento mediante un extractor optativo de pasadores de vástago sencillo. Se dispone de un vástago de una pieza en la configuración para desgarramiento profundo.

Contrapesos traseros

Proporcionan el equilibrio apropiado del tractor para aumentar al máximo la producción de explanación. Se recomienda si no cuenta con ningún otro accesorio trasero. (Caterpillar D10T, 2010, pág. 9)

Tabla 16. Especificaciones de tractor de orugas CAT D10T

Motor		
Modelo de motor	Cat® C27 ACERT™	
Potencia en el volante	433 kW	580 hp
Potencia bruta	482 kW	646 hp
Pesos		
Peso en orden de trabajo	66 451 kg	146 499 lb
Peso de envío	48 263 kg	106 402 lb

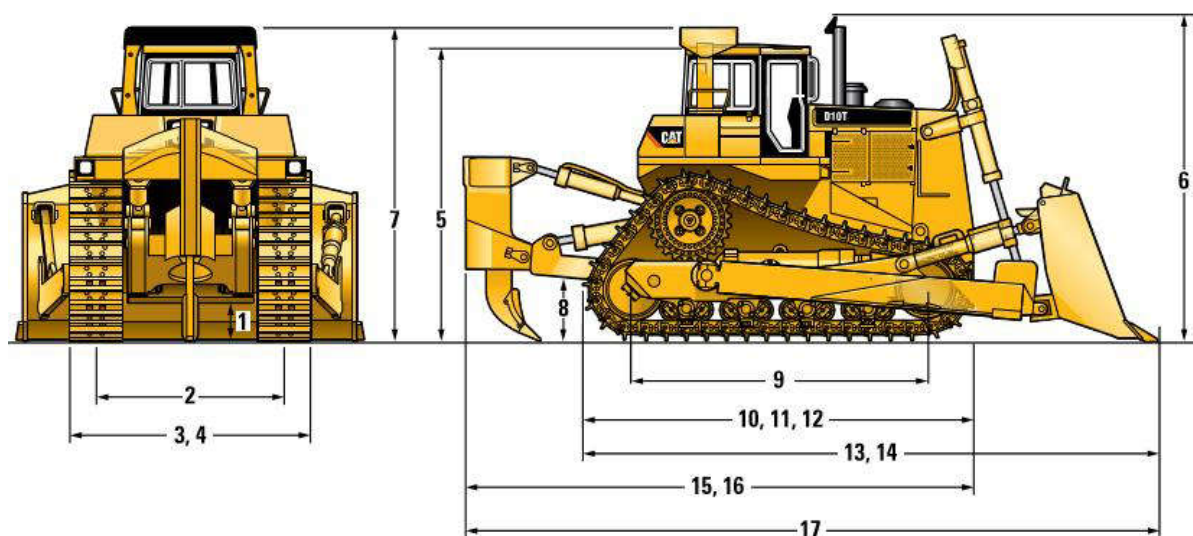
Capacidad de llenado		
Depósito de combustible	1204 l	318 gal
Hojas		
Tipo 10SU	Capacidad (SAE J1265)	18,5 m ³
Tipo 10U	Capacidad (SAE J1265)	22 m ³

Fuente: (Caterpillar D10T, 2010, pág. 12)

Tabla 17. Transmisión de tractor de orugas CAT D10T

Transmisión	
Avance 1	4 km/h
Avance 2	7,2 km/h
Avance 3	12,7 km/h
Retroceso 1	5,2 km/h
Retroceso 2	9 km/h
Retroceso 3	15,8 km/h
Avance 1 - fuerza de la barra de tiro (1000)	1000,9 N
Avance 2 - fuerza de la barra de tiro (1000)	556 N
Avance 3 - fuerza de la barra de tiro (1000)	306,9 N

Fuente: (Caterpillar D10T, 2010, pág. 12)

Dimensiones:

1	Espacio libre sobre el suelo	664 mm	26,1 pulg
2	Entrevía	2.550 mm	100,4 pulg
3	Ancho sin muñones (zapata estándar)	3.292 mm	129,6 pulg
4	Ancho sobre los muñones	3.736 mm	147,1 pulg
5	Altura (cabina FOPS)	4.098 mm	161,3 pulg
6	Altura (hasta el tubo de escape vertical)	4.505 mm	177,4 pulg
7	Altura (ROPS / techo)	4.354 mm	171,4 pulg
8	Altura de la barra de tiro (centro de la horquilla)	864 mm	34,0 pulg
9	Longitud de la cadena sobre el terreno	3.872 mm	152,4 pulg
10	Longitud total del tractor básico	5.339 mm	210,2 pulg
11	Longitud total del tractor básico (con barra de tiro)	5.659 mm	222,8 pulg
12	Longitud total del tractor básico con cabrestante	5.744 mm	226,1 pulg
13	Longitud con hoja SU	7.416 mm	292,0 pulg
14	Longitud con hoja U	7.750 mm	305,1 pulg
15	Longitud con desgarrador de un vástago	7.081 mm	278,8 pulg
16	Longitud con desgarrador de vástagos múltiples	7.241 mm	285,1 pulg
17	Longitud total (hoja SU/desgarrador SS)	9.158 mm	360,6 pulg

Figura 14. Dimensiones de tractor de orugas CAT D10T

Fuente: (Caterpillar D10T, 2010, pág. 14)

2.3.6.8 Motoniveladora CAT 14H

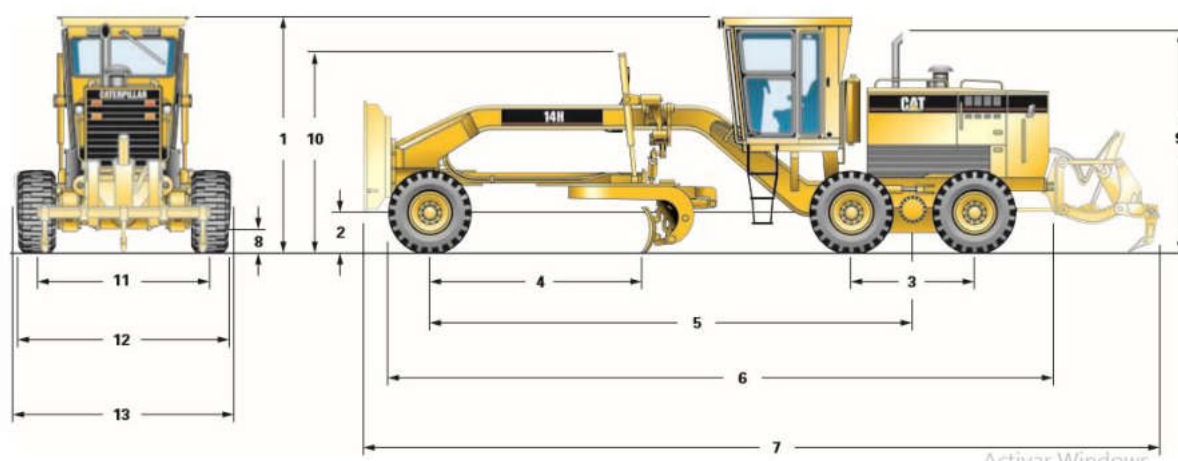
El tren de fuerza, los sistemas hidráulicos y los elementos estructurales de las motoniveladoras Caterpillar trabajan perfectamente en conjunto, lo que resulta en una motoniveladora de calidad superior.

Incluya el mejor puesto del operador de la industria y el inigualado respaldo del distribuidor, y la CAT 14H representa una inversión económica y fiable. (Caterpillar 14H, 2002, pág. 2)

Tabla 18. Especificaciones de Motoniveladora CAT 14H

Motor		
Modelo de motor	3176 ETA Cat	
Potencia neta básica (todas las marchas)	164 kW	220 hp
VHP		
Marchas 1-3	164 kW	220 hp
Marchas 4-8	179 kW	240 hp
Pesos		
Peso bruto del vehículo - básico	18,809 kg	41,465 lb
Peso bruto del vehículo, eje delantero	5,305 kg	11,695 lb
Peso bruto del vehículo, eje trasero	13,504 kg	29,770 lb
Vertedera		
Ancho de la hoja	4,267 mm	14 pies
Capacidad de llenado		
Tanque de combustible	416 l	110 gal E.U.
Especificaciones de operación		
Velocidad máxima - Avance	46,1 km/h	28,7 mph
Retroceso	51,1 km/h	31,8 mph
Radio de giro (neumáticos delanteros exteriores)	8 m	26.3 pies
Gama de dirección - izquierda/derecha	50 grados	
Angulo de articulación - izquierda/derecha	20 grados	
Avance 1 ^a	4 km/h	
Avance 2 ^a	5,7 km/h	
Avance 3 ^a	7,7 km/h	
Avance 4 ^a	11,1 km/h	
Avance 5 ^a	16,8 km/h	
Avance 6 ^a	23,5 km/h	
Avance 7 ^a	31,9 km/h	
Avance 8 ^a	46,1 km/h	
Retroceso 1 ^a	4,5 km/h	
Retroceso 2 ^a	6,3 km/h	
Retroceso 3 ^a	8,5 km/h	
Retroceso 4 ^a	12,3 km/h	
Retroceso 5 ^a	18,6 km/h	
Retroceso 6 ^a	26,1 km/h	
Retroceso 7 ^a	35,3 km/h	
Retroceso 8 ^a	51,km/h	

Fuente: (Caterpillar 14H, 2002, págs. 14-15)

Dimensiones:

1	Altura - cabina de bajo perfil	3.341 mm	131 pulg
	- cabina de alto perfil	3.556 mm	140 pulg
	- sin cabina	3.170 mm	125 pulg
2	Altura al eje	645 mm	25,4 pulg
3	Longitud - entre ejes de tándem	1.656 mm	65 pulg
4	Longitud - eje delantero a vertedera	2.860 mm	113 pulg
5	Longitud - eje delantero al tándem intermedio	6.557 mm	258 pulg
6	Longitud - neumático delantero al extremo del bastidor trasero	9.342 mm	368 pulg

7	Longitud - contrapeso al desgarrador	10.765 mm	424 pulg
8	Despejo sobre el suelo en la caja de trans.	378 mm	14,9 pulg
9	Altura al tubo vertical de escape	3.170 mm	125 pulg
10	Altura a la parte superior de los cilindros	2.844 mm	112 pulg
11	Ancho - líneas de centro de los neumáticos	2.316 mm	91 pulg
12	Ancho - neumáticos traseros exteriores	2.745 mm	108 pulg
13	Ancho - Neumáticos delanteros exteriores	2.817 mm	111 pulg

Figura 15. Dimensiones de Motoniveladora CAT 14H

Fuente: (Caterpillar 14H, 2002, pág. 17)

**Imagen 5. Motoniveladora CAT 14H**

(Fuente: Autor de tesis).

2.3.6.9 Rodillo vibratorio CAT CS56

Los compactadores de suelos CS/CP56, CS/CP64 y CS/CP74, fiables y duraderos, le permitirán aumentar al máximo la productividad, gracias a su velocidad y capacidad de compactación y de subida de pendientes. (Caterpillar CS56, 2009, pág. 2)

Tabla 19. Especificaciones de rodillo vibratorio CAT CS56

Motor	
Modelo de motor	C6.6 Cat Acert
Potencia bruta	158 hp
Pesos	
Masa en orden de trabajo	12,500 kg
Tambor	
Anchura de tambor	2,134 mm

Fuente: (Caterpillar CS56, 2009, pág. 1)



Imagen 6. Rodillo vibratorio CAT S5C

(Fuente: Autor de tesis)

2.3.6.10 Perforadora hidráulica Roc L8

La perforadora Roc L8 realiza trabajos de perforación en la cantera para la producción material drenante y material filtro en roca intrusiva llamado monzonita, longitud de taladro 6 metros y diámetro de taladro 178 mm.

Tabla 20. Especificaciones de perforadora hidráulica Atlas Copco Roc L8

Perforadora ROC L8		
Marca del motor	Caterpillar	
Modelo del motor	Roc L8(25): CAT C13	
Potencia	440	hp
Revolución de motor	1800	rpm
Tipo de fluido	Diésel	
Tanque de combustible	201	gl
Velocidad de desplazamiento	3.5	km/h
Rango de diámetro de perforación	110-178	mm
Profundidad de perforación	25-54	m

Fuente: (Maquinarias pesadas, 2017, pág. 4)



Imagen 7. Perforadora hidráulica Atlas Copco Rock L8

(Fuente: Autor de tesis).

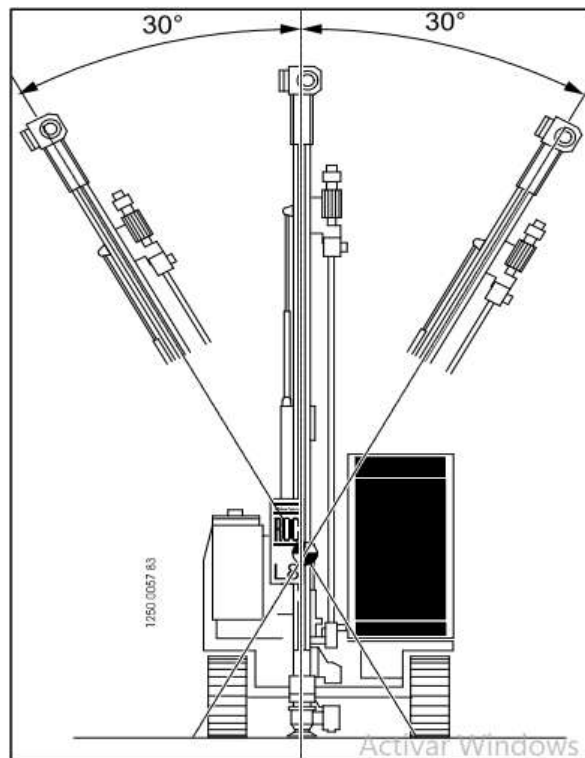


Figura 16 Ángulo máximo de perforación de Roc L8

Fuente: (Atlas, Copco, 2017, pág. 10)

2.3.7 Rendimiento de equipos

2.3.7.1 Producción de excavadoras hidráulica de Orugas

El ciclo de excavación de la excavadora consta de cuatro partes:

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

El tiempo total del ciclo de la excavadora depende del tamaño de la máquina (las máquinas pequeñas tienen ciclos más rápidos que las máquinas grandes) y de las condiciones de la obra. A medida que éstas se hacen más difíciles (se dificulta más la excavación, la zanja es más profunda, hay más obstáculos, etc.), baja el rendimiento de la excavadora. A medida que se endurece el suelo y se dificulta su excavación, se tarda más en llenar el cucharón. A medida que la zanja se hace más profunda y la pila del material que se saca crece, el cucharón tiene que viajar más lejos y la superestructura tiene que hacer mayores giros con cada ciclo de trabajo.

La ubicación de la pila del material y del camión afectan también el ciclo de trabajo. Si el camión se estaciona en el área inmediata de excavación contiguo a la pila del material, son posibles ciclos de 10 a 17 segundos. El extremo opuesto sería con el camión o la pila de material por encima del nivel de la excavadora, a 180° del punto de excavación.

En construcción de cloacas, puede no ser posible que el operador trabaje a plena velocidad porque tiene que excavar alrededor de cables eléctricos y tuberías de servicio

- público, cargar el cucharón en una zanja con protección, o tener cuidado con personal trabajando en el área. (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 4-202)

Tiempo de ciclo vs. las condiciones de la obra

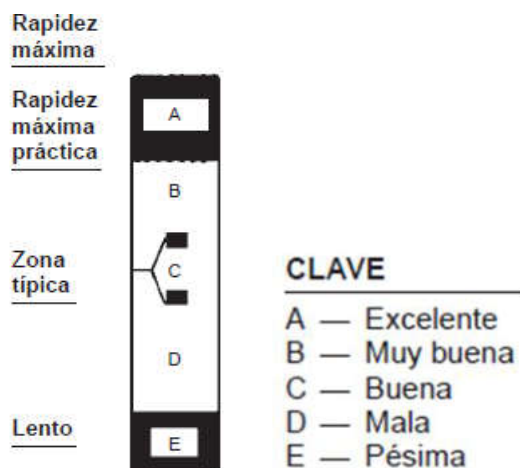


Figura 17. Tiempo de ciclo vs. Las condiciones de la obra

- Fácil de excavar (tierra suelta, arena, limpieza de zanjas, etc.). Excava a una profundidad menor del 40% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es menor de 30°. Descarga en la pila o en camión en el área de excavación. No hay obstáculos. Operador con buena habilidad.
- No tan fácil de excavar (tierra compactada, arcilla seca y dura, tierra con menos de 25% de roca). Excava a una profundidad de hasta el 50% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 60°. Pila de descarga grande. Pocos obstáculos.
- Excavación entre mediana y difícil (suelo duro compactado hasta con 50% de roca). Excava a una profundidad de hasta el 70% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 90°. Los camiones de acarreo se cargan cerca de la excavadora.
- Difícil de excavar (roca de voladura o suelo duro con hasta 75% de roca). Excava a una profundidad de hasta el 90% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 120°. Zanjas reforzadas. Área de descarga pequeña. Hay que trabajar con cuidado por el personal en la zanja que tiende tubos.
- La excavación más difícil (arenisca, piedra caliza, caliche, pizarra bituminosa, suelo congelado). Excava a una profundidad de más del 90% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es mayor de 120°. Carga de cucharón en alcantarillas. Descarga en un área pequeña y alejada de la máquina lo que requiere el alcance máximo de ésta. Hay gente y obstáculos en el área de trabajo. (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 4-202)

Tabla 21. Tabla para calcular los tiempos de ciclo

Modelo		320D	320D RR, 321D CR, 323D	324D	328D LCR	329D	336D	345D	365C	385C
Tamaño del cucharón	L yd ³	800 1,05	800 1,05	1000 1,31	N/A	1100 1,44	1400 1,83	2400 3,0	1900 2,5	3760 5,0
Tipo de suelo		Arcilla dura								
Profund. de excavación	m pies	2,3 8	2,3 8	3,2 10	N/A	3,2 10	3,4 11	4,0 13	4,2 14	5,6 18
Carga del cucharón	min	0,09	0,09	0,09	N/A	0,09	0,09	0,13	0,10	0,19
Giro con carga	min	0,06	0,06	0,06	N/A	0,06	0,07	0,07	0,09	0,06
Descarga del cucharón	min	0,03	0,03	0,04	N/A	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03
Giro sin carga	min	0,05	0,05	0,06	N/A	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07
Tiempo total de ciclo	min	0,23	0,23	0,25	N/A	0,25	0,27	0,28	0,30	0,35

N/A = No Aplicable

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 4-203)

Tabla 22. Tabla para calcular los tiempos de ciclo

CYCLE TIME ESTIMATING CHART														
CYCLE TIME	MACHINE SIZE CLASS													CYCLE TIME
	307C 308D CR 308D CR SB	311D	M314F M315D2 312D	M316F M317D2 M318F 315D L	M320F M320D2 319D L 319D LN	M322F M322D2 320D 320D RR 321D CR 323D	324D	328D LCR	329D	336D	349D2 349E 349F	365C L	385C	
10 SEC.								N/A						0.17 min.
15								N/A						0.25 min.
20 SEC.								N/A						0.33 min.
25														0.42 min.
30 SEC.														0.50 min.
35														0.58 min.
40 SEC.														0.67 min.
45														0.75 min.
50 SEC.														0.83 min.
55														0.92 min.
60 SEC.														1.0 min.

N/A = No Aplicable

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 4-204)

E: Habilidad / Eficiencia del operador

D: Disponibilidad de la maquina

Ef: Eficiencia general de operación

Fl: Factor de llenado del cucharón

Tabla 23. Excavadoras/Tablas de cálculos de producción

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																			Tiempos de Ciclo Calculados	
Tiempo en																					Ciclos por min.	Ciclos por seg.
Seg.	Min.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0		
10,0	0,17																				6,0	360
11,0	0,18																				5,5	330
12,0	0,20	60	90	150	210	270															5,0	300
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080	4,5	270
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960	4,0	240
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840	3,5	210
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	594	630	720	3,0	180
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600	2,5	150
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480	2,0	120
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408	1,7	102
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360	1,5	90
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312	1,3	78
50,0	0,83																				1,2	72

Estimador de Eficiencia en la Obra

Tiempo de trab./h	Eficiencia
60 Min	100%
55	91%
50	83%
45	75%
40	67%

*Producción real/hora = (producción en hora de 60 min.) × (Factor de efec. en la obra)

**Carga útil estimada del cucharón = (Cantidad de material en el cucharón) × (Factor de llenado del cucharón)

Los números sobre fondo blanco indican producción media.

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 4-210)

Tabla 24. Excavadoras/Tablas de cálculos de producción - Apertura de zanjas

Metros/Yardas cúbicos por hora de 60 minutos*

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS/YARDAS CÚBICOS SUELTOS											Tiempos de Ciclo Calculados	
Tiempo en													Ciclos por min.	Ciclos por seg.
Seg.	Min.	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0		
15,0	0,25	1200	1440	1680	1920	2160	2400	2640	2880	3120	3360	3600	4,0	240
17,1	0,29	1050	1260	1470	1680	1890	2100	2310	2520	2730	2940	3150	3,5	210
20,0	0,33	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	3,0	180
24,0	0,40	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100	2250	2,5	150
30,0	0,50	600	720	840	960	1080	1200	1320	1440	1560	1680	1800	2,0	120
35,0	0,58	510	612	714	816	918	1020	1122	1224	1326	1428	1530	1,7	102
40,0	0,67	450	540	630	720	810	900	990	1080	1170	1260	1350	1,5	90
45,0	0,75	390	468	546	624	702	780	858	936	1014	1092	1170	1,3	78
50,0	0,83	360	432	504	576	648	720	792	864	936	1008	1080	1,2	72
55,0	0,92	330	396	462	528	594	660	726	792	858	924	990	1,1	66
60,0	1,00	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	1,0	60

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 4-211)

2.3.7.2 Producción de cargador frontal de ruedas

- Según: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 12-161)

Tabla 25. Carga de camiones - promedios de ciclos del cargador de ruedas

Modelo CAT	Mínimo (min)	Máximo (min)
914G-962H	0.45	0.5
966H-980H	0.5	0.55
988H-990H	0.55	0.6
992K-994K	0.6	0.7

Tabla 26. Factores que influyen en el rendimiento de cargadores frontales a ruedas

Maquinaria		
Manipulador de materiales		-0.05
Materiales		
Mezclados		0.02
Hasta 3 mm (1/8 pulg)		0.02
De 3 mm (1/8 pulg) a 20 mm (3/8 pulg)		-0.02
De 20 mm (1/8 pulg) a 150 mm (6 pulg)		0
Más de 150 mm (6 pulg)		0.03
Banco o fracturado		0.04
Pila		
Apilado por transportador o tapadora a más de 3 m (10 pies)		0
Apilado por transportador o tapadora a menos de 3 m (10 pies)		0.01
Descargado por camión		0.02
Varios		
Mismo propietario de camiones y cargadores	Hasta	-0.04
Propietario independiente de camiones	Hasta	0.04
Operación constante	Hasta	-0.04
Operación intermitente	Hasta	0.04
Punto de carga pequeño	Hasta	0.04
Punto de carga frágil	Hasta	0.05

Tabla 27. Eficiencia de trabajo de cargadores frontales a ruedas

min/h. de trabajo.	Factor de corrección
60	1.00
55	0.92
50	0.83
45	0.75

Tabla 28. Factor de llenado del cucharón de cargadores frontales a ruedas

Material suelto	F. de llenado	Promedio (para calculo)	
Agregados húmedos mezclados	95%	100%	98%
Agregados uniformes hasta de 3mm	95%	100%	98%
De 3 a 9 mm (1/8 a 3/8")	90%	95%	93%
De 12 a 20 mm (1/2 a 3/4´´)	85%	90%	88%
De 24 mm (1.00´´)	85%	90%	88%
Roca de voladura			
Bien fragmentada	80%	95%	88%
De fragmentación media	75%	90%	83%
Mal fragmentación	60%	75%	68%
Varios			
Mezcla de tierra y roca	100%	120%	110%
Limo húmedo	100%	110%	105%
Suelo, piedras, raíces	80%	100%	90%
Materiales cementados	85%	95%	90%

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 12-161)

Tabla 29. Tabla para estimar la producción - m^3 o yd^3/h de 60 min.

Tamaño de cuch. (m^3 o yd^3)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Tiempo de ciclo (min.)	Los números en fondo blanco indican producción media.																		
Ciclos por hora																			
0,35	171																		
0,40	150	150	225	330	375	450	525												
0,45	133	135	200	268	332	400	466	530	600	665	730	800	865						
0,50	120	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1003	1080	1140
0,55	109	109	164	218	272	328	382	436	490	545	600	655	705	765	820	870	925	980	1008
0,60	100	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
0,65	92	92	138	184	230	276	322	368	416	460	505	555	600	645	690	735	780	830	875
0,70	86							342	386	430	474	515	560	600	645	690	730	775	815
0,75	80													560	600	640	680	720	760

Tamaño de cuch. (m^3 o yd^3)	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0
Tiempo de ciclo (min.)	Los números en fondo blanco indican producción media.															
Ciclos por hora																
0,35	171															
0,40	150															
0,45	133															
0,50	120	1320	1440													
0,55	109	1200	1310	1420	1520	1635	1740	1850	1960	2070	2180	2285	2395	2505	2615	2725
0,60	100	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
0,65	92	1010	1105	1195	1285	1380	1470	1560	1655	1745	1840	1930	2020	2115	2205	2300
0,70	86	945	1030	1120	1200	1290	1375	1460	1545	1630	1720	1805	1890	1975	2060	2150
0,75	80	880	960	1040	1120	1200	1280	1360	1440	1520	1600	1680	1760	1840	1920	2000
0,80	75			975	1050	1125	1200	1275	1350	1425	1500	1575	1650	1725	1800	1875

Eficiencia del trabajo	Factor de Eficiencia	Factor de carga
Tiempo de trabajo por hora		del cucharón
60 min./hora	100%	Tamaño del cuch. $\times$ 1,00
55	91%	0,95
50	83%	0,90
45	75%	0,85
40	69%	0,80
—	—	0,75

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 12-255)

2.3.7.3 Producción de camiones articulado y camiones rígidos

Según (Cherné & Gonzales, pág. 77) El ciclo de trabajo de un dúmper se puede desglosar de la forma siguiente:

- Salida de la zona de carga.
- Transporte cargado.
- Descarga.
- Maniobra de salida de la zona de descarga.
- Transporte vacío (retorno).

- Maniobras hasta posición de carga.
- Carga.

El rendimiento de la maquinaria de transporte viene dado por la fórmula siguiente:

$$R \left(\frac{m^3 \text{ ó } t}{h} \right) = \frac{Vc * 60 * Fe}{T} \dots \dots \dots ec. 2.9$$

Donde:

Vc: Capacidad de la caja (m^3 o t.)

Fe: Capacidad de eficacia de la máquina, siendo función del conductor y estado de la misma, tipo de tierras a transportar y estado del terreno. Varía entre el 70 y 80%.

Tc: Tiempo del ciclo (min). Suma del tiempo fijo (carga, descarga y maniobra) y del tiempo variable (marcha).

Un estudio general más completo lleva a considerar el tándem pala-camión/dúmpster de la siguiente

forma:

- Ciclo de la pala: t_p seg.
- Carga de una palada: $C_p \text{ } m^3$ banco.
- Número de paladas: $N = \frac{Cd}{C_p}$

C_d es la capacidad del dúmpster en “banco”.

1 m^3 banco ----- $\delta \text{ } m^3$ dúmpster

$$Cd = \frac{V_{dumper}}{\delta} \dots \dots \dots ec. 2.10$$

- Tiempo de carga: $t_c = N \cdot t_p$
- Ciclo dúmpster: T_d
- Número de dúmpster: $n = \frac{T_d}{N \cdot T_p} \dots \dots \dots ec. 2.11$

Como se aprecia, es de gran interés la calificación del volumen final que se considere:

banco/camión.

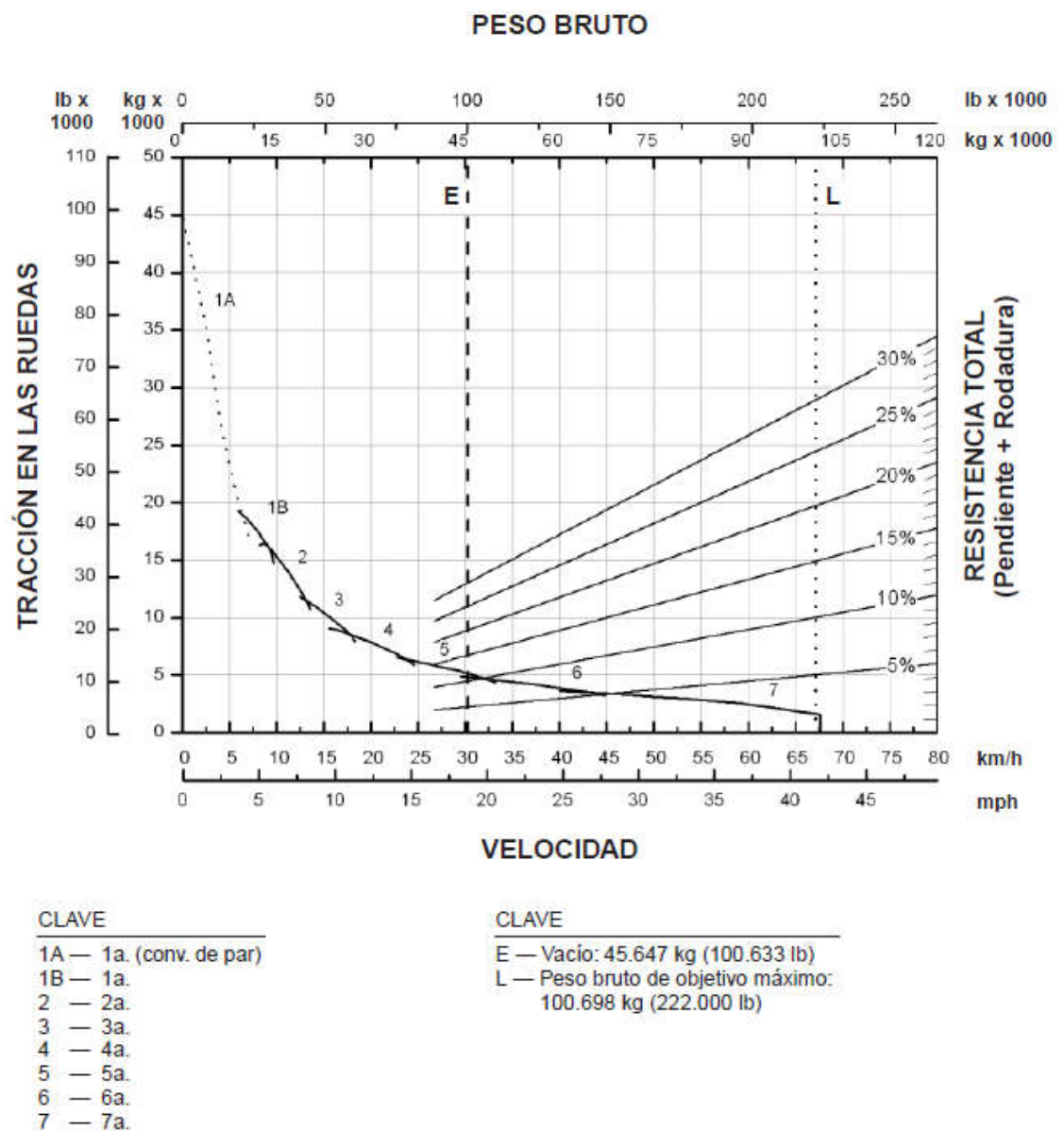
Si no se dispone de mejores datos, se pueden utilizar los siguientes valores:

Tabla 30. Cambio de volumen de acuerdo al estado (banco/camión)

TIPO DE MATERIAL	EN BANCO	EN MONTÓN	EN HOJA DE MÁQUINA	EN CAMIÓN
<i>Material muy suelto</i>	1 m^3	1.35 m^3	1.10 m^3	1.30 m^3
<i>Material medio</i>	1 m^3	1.60 m^3	1.25 m^3	1.50 m^3
<i>Roca</i>	1 m^3	2.00 m^3	1.45 m^3	1.70 m^3

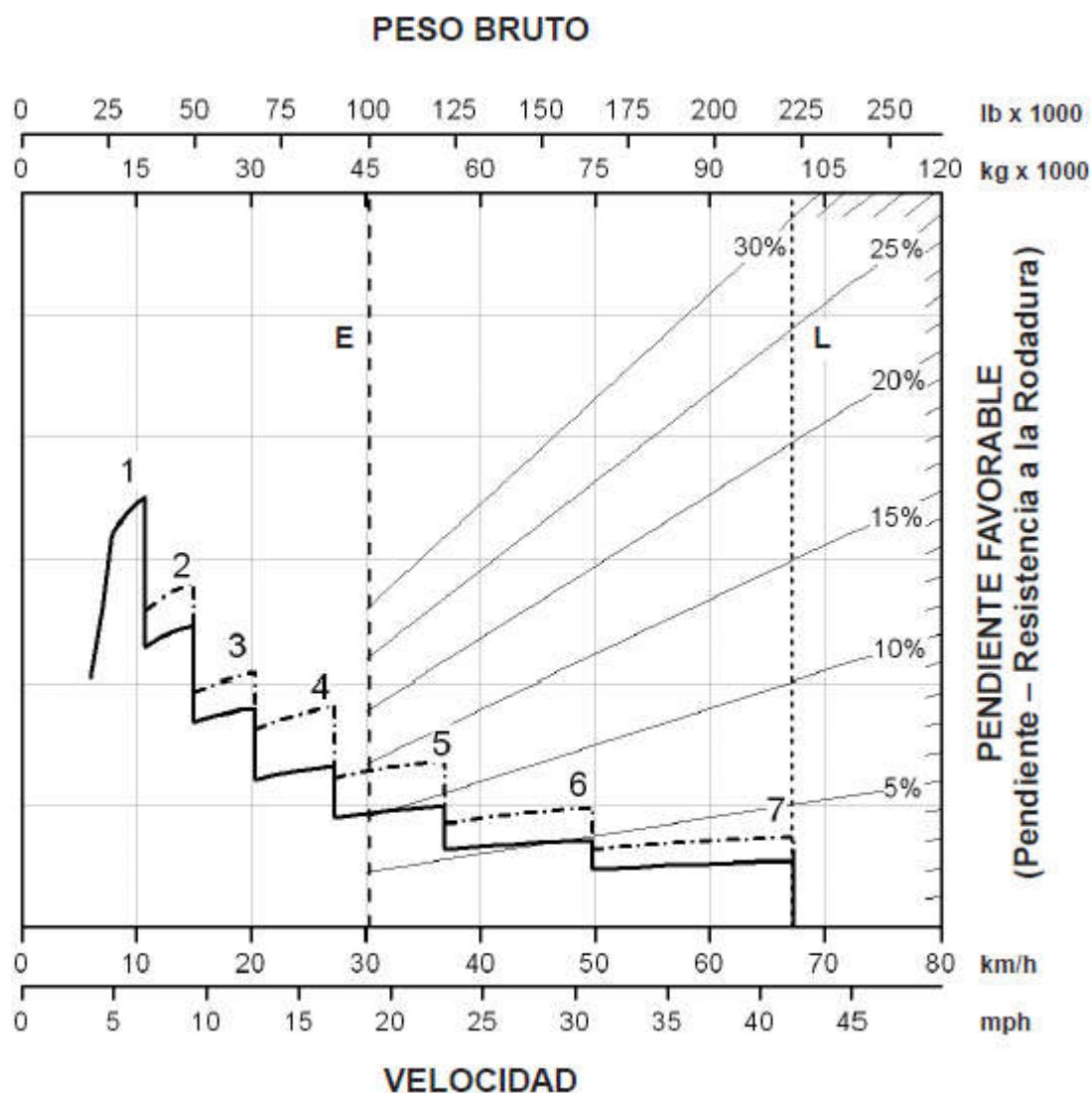
Fuente: (Cherné & Gonzales, pág. 80)

- Según: (Caterpillar M.R.C, 2009)

Figura 18. Camiones de obras y minería/Tracción – Velocidad – Rendimiento en Pendientes del 773F - Neumáticos 24.00R35

Fuente: (Caterpillar M.R.C, 2009, págs. 9-22)

Figura 19. Camiones de obras y minería/Rendimiento de los frenos del 773F - Retardación continua en las pendientes



LONGITUD CONTINUA DE LA PENDIENTE

CLAVE

- 1 — 1a.
- 2 — 2a.
- 3 — 3a.
- 4 — 4a.
- 5 — 5a.
- 6 — 6a.
- 7 — 7a.

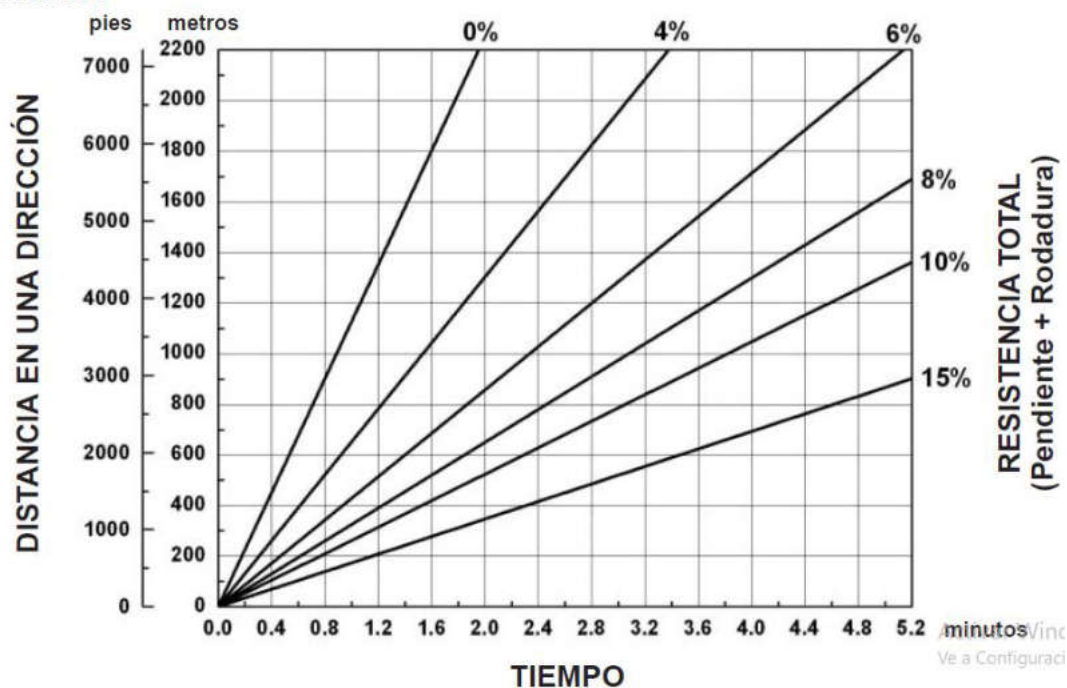
CLAVE

- E — Vacio: 45.647 kg (100.633 lb)
- L — Peso bruto máximo: 100.698 kg (222.000 lb)
- Con ARC solamente
- - - - - ARC y freno de motor

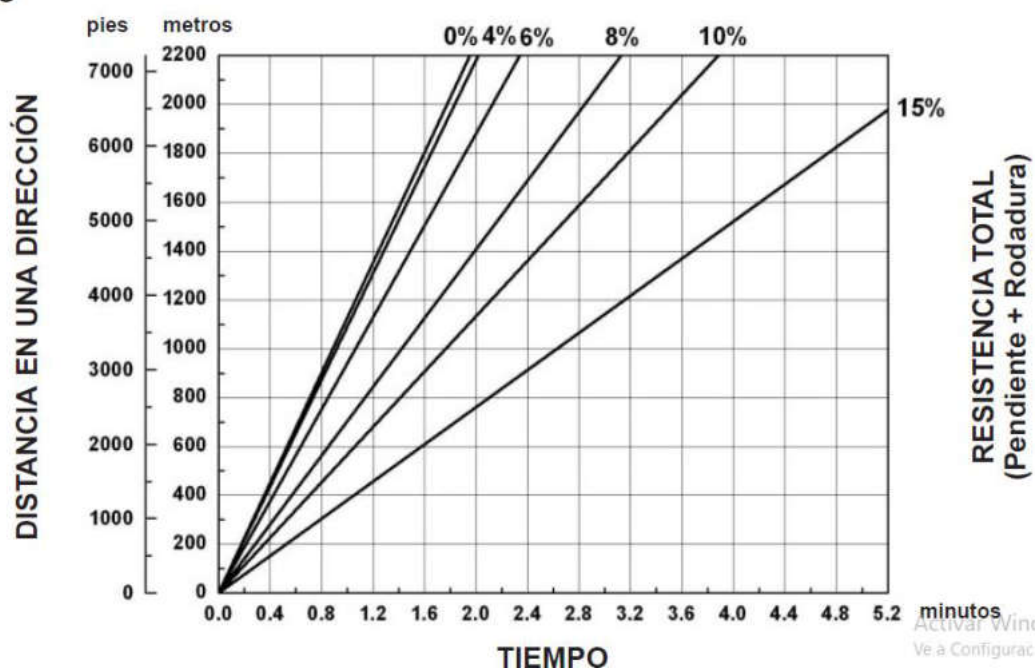
Fuente: (Caterpillar M.R.C, 2009, págs. 9-23)

Figura 20. Camiones de obras y minería/Tiempo de desplazamiento del 773F Neumáticos 24.00R35

CARGADO

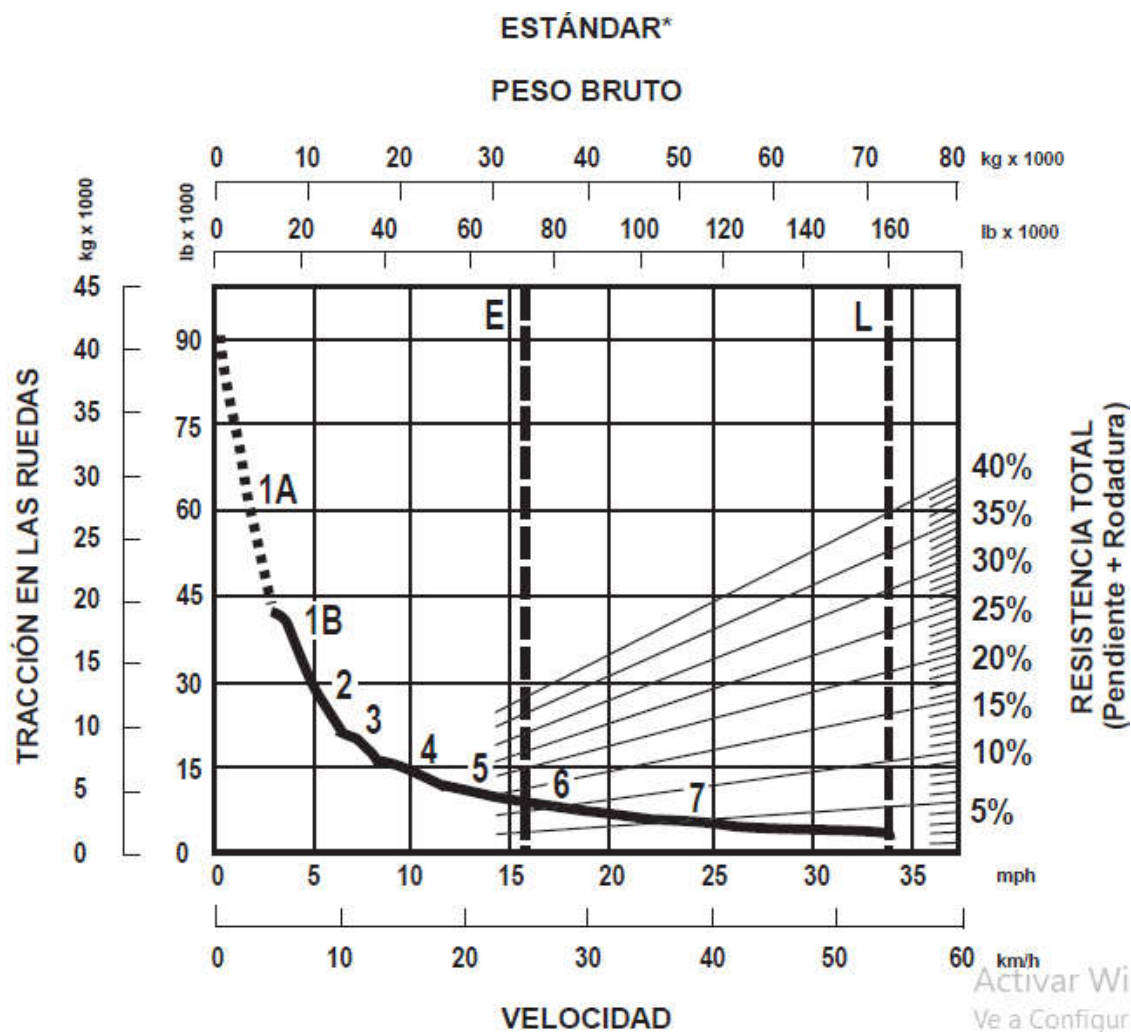


VACÍO



Fuente: (Caterpillar M.R.C, 2009, págs. 9-25)

Figura 21. Camiones articulados/Tracción-Velocidad-Rendimiento en pendientes del 740 -
Neumáticos 29.5R25

**CLAVE**

- 1A — 1a. de conv. par
- 1B — 1a. mando directo
- 2 — 2a.
- 3 — 3a.
- 4 — 4a.
- 5 — 5a.
- 6 — 6a.
- 7 — 7a.

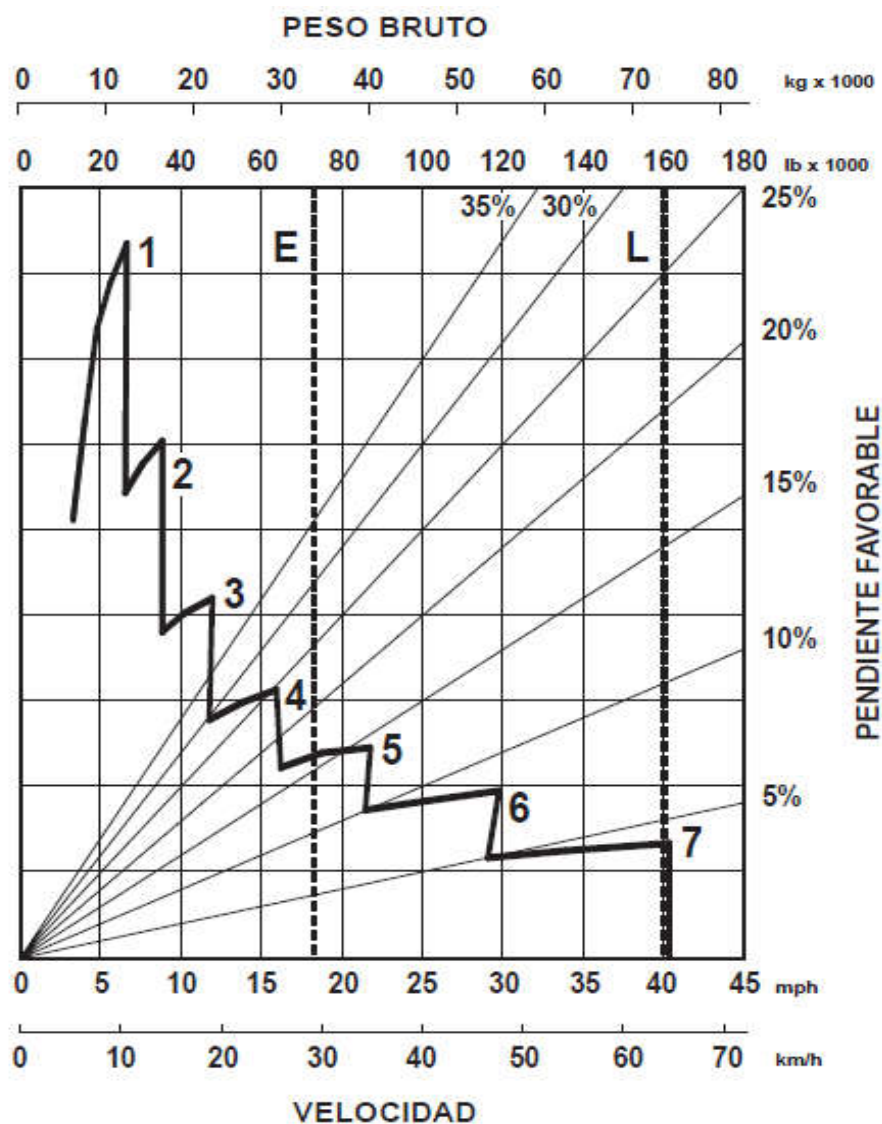
CLAVE

- E — Vacío 33.100 kg (72.973 lb)
- L — Cargado 72.600 kg (160.055 lb)

*A nivel del mar.

Fuente: (Caterpillar M.R.C, 2009, págs. 10-18)

Figura 22. Camiones articulados/Gráfica de rendimiento del freno/retardador del 740 - Neumáticos 29.5R25



CLAVE

- 1 — 1a.
- 2 — 2a.
- 3 — 3a.
- 4 — 4a.
- 5 — 5a.
- 6 — 6a.
- 7 — 7a.

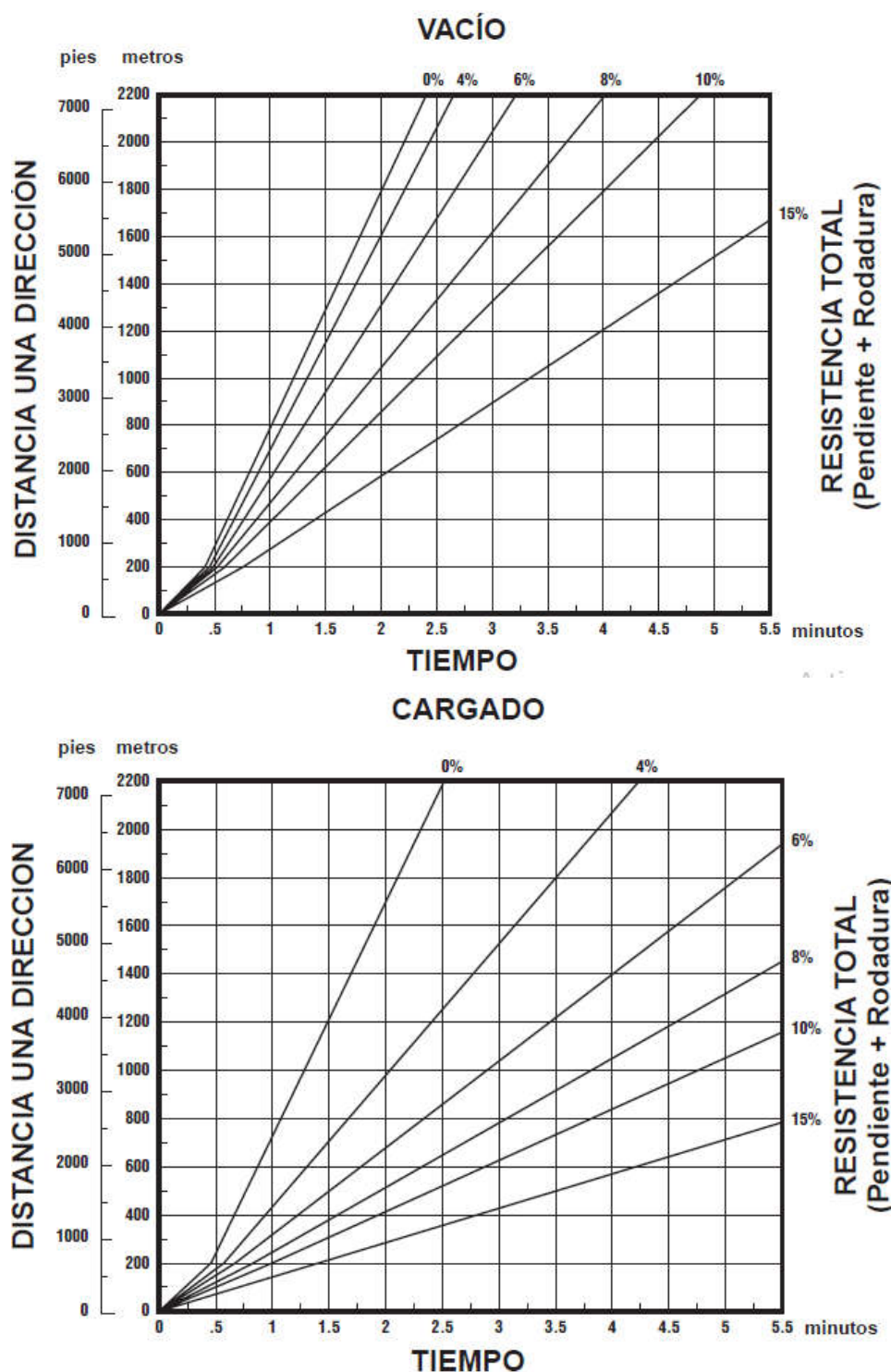
CLAVE

- E — Vacío 33.100 kg (72.973 lb)
- L — Cargado 72.600 kg (160.055 lb)

Fuente: (Caterpillar M.R.C, 2009, págs. 10-19)

Figura 23. Camiones articulados: Tiempo de desplazamiento del 740 — Cargado/vacío - Neumáticos 29.5R25

- Información preliminar



Fuente: (Caterpillar M.R.C, 2009, págs. 10-22)

2.3.7.4 Producción de rendimiento de Tractor de orugas

- Según: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 1-52)

La producción de una hoja topadora puede estimarse usando las gráficas de producción a continuación y los factores de corrección aplicables.

Use esta fórmula:

$$Producción \left(\frac{m^3 \text{ sueltos}}{h} \right) = Producción \text{ máxima} * Factor \text{ de corrección} \dots \text{ec 2.11}$$

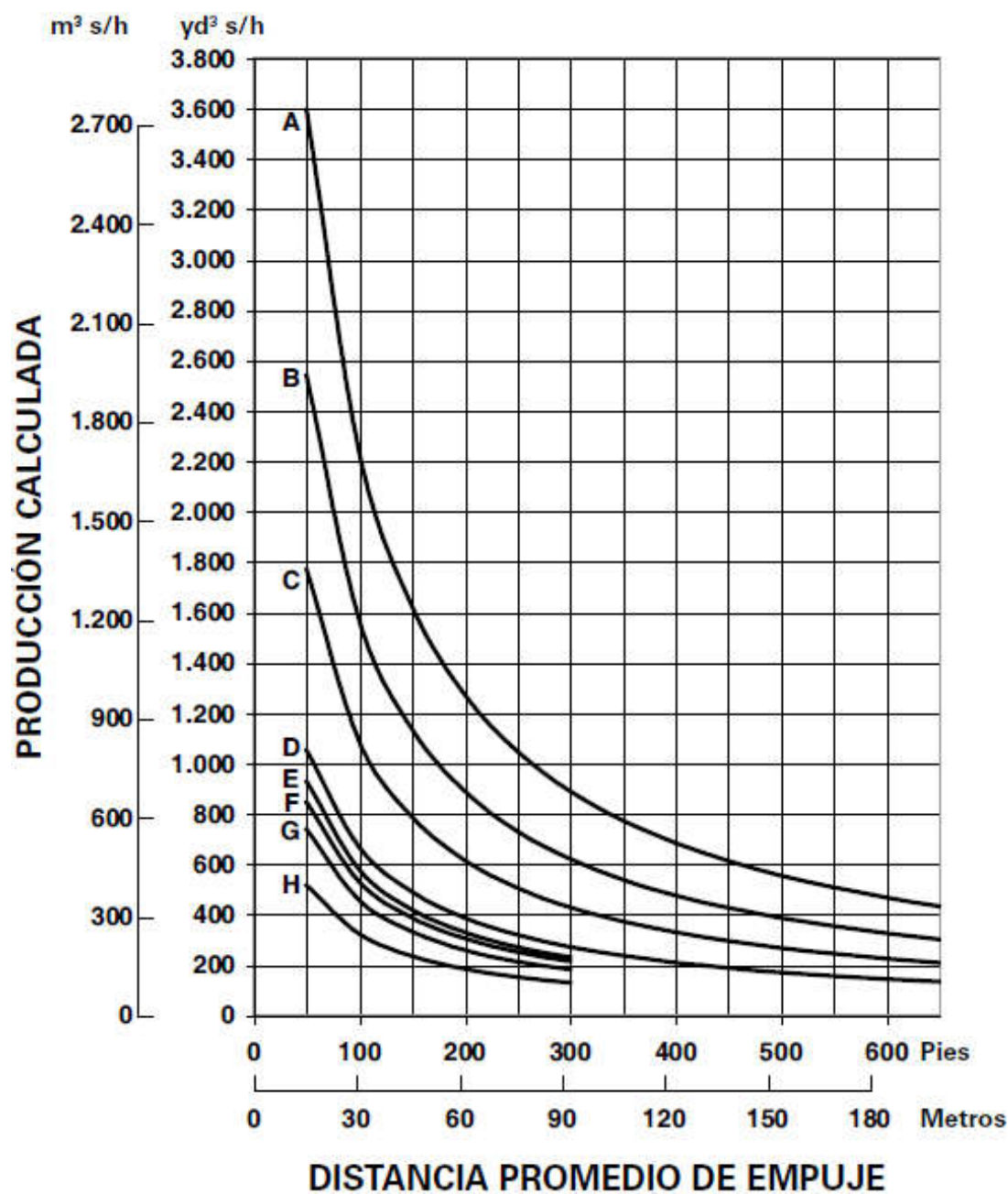
Las gráficas de producción de la hoja topadora proporcionan la producción máxima no corregida de las hojas topadoras recta, semiuniversal y universal, y se basan en las siguientes condiciones:

1. 100 % de eficiencia (60 minutos por hora con ciclo en terreno horizontal).
2. Máquinas con servotransmisión, con tiempos fijos de 0,05 minutos.
3. La máquina corta una distancia de 15 m (50') y luego acarrea la carga para arrojarla por encima de una pared alta. (Tiempo de descarga: 0 seg).
4. Densidad del suelo: 1.370 kg/m³ suelto (2.300 lb/yd³).
5. Coeficiente de tracción:
 - a. Máquinas de cadenas: 0,5 o mejor
 - b. Máquinas de ruedas: 0,4 o mejor
6. Se utilizan hojas controladas hidráulicamente.
7. Excavación en 1a. de avance
 - Acarreo en 2a. de avance
 - Regreso en 2a. de retroceso

Para hallar la producción estimada en metros cúbicos en banco (yardas cúbicas en banco), debe aplicarse el factor de carga apropiado de la sección de Tablas a la producción corregida, como se calculó anteriormente.

$$Producción \frac{m^3 \text{ b}}{h} = Producción \frac{m^3 \text{ s}}{h} * Factor \text{ de carga} \dots \text{ec 2.12}$$

Figura 24. Producción calculada. Hojas semiuniversales. D6N hasta D11T



CLAVE

- A - D11T
- B - D10T
- C - D9T
- D - D8T
- E - D7E
- F - D7R Serie 2
- G - D6T
- H - D6N

NOTA: esta tabla se basa en numerosos estudios en terreno realizados bajo diversas condiciones de trabajo. Consulte los factores de corrección siguientes a estas tablas.

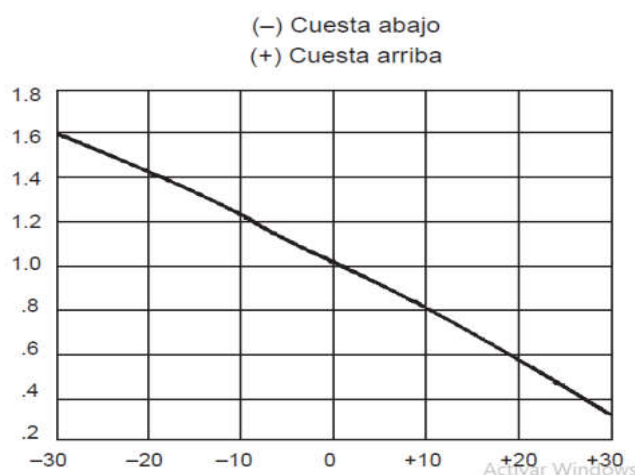
Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 1-54)

Tabla 31. Factores de corrección según las condiciones del trabajo

Operador:	
- Excelente	1
- Bueno	0.75
- Deficiente	0.6
Material:	
- Suelto y amontonado	1.2
- Difícil de cortar; congelado;-	
✓ con cilindro de inclinación lateral	0.8
✓ sin cilindro de inclinación lateral	0.7
- Difícil de empujar; se apelmaza (seco, no cohesivo) o material muy pegajoso.	0.8
- Rocas desgarradas o de voladura	0.60-0.80
Empuje por método zanja	1.2
Con dos tractores juntos	1.15-1.25
Visibilidad:	
- Polvo, lluvia, nive, niebla, oscuridad	0.8
Eficiencia del trabajo:	
- 50 min/h	0.83
- 40 min/h	0.67
Hojas	
Ajuste según la capacidad SAE de la hoja básica que se usa en las gráficas de los cálculos de producción	
Pendientes _ Vea grafica	

NOTA: Las hojas orientables y las amortiguadas no se consideran 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 M.R.C., 2012, págs. 1-56)

Figura 25. % de pendiente vs. factor de empuje

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 1-56)

2.3.7.5 Producción de motoniveladoras

- Según: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 2-23)

$$A = S * (Le - Lo) * 100 * E \dots \dots \dots ec. 2.13$$

A= Área de operación horaria (m²/h)

S= Velocidad de operación (km/h)

Le= Longitud efectiva de la hoja (m)

Lo= Ancho de superposición (m)

E= Eficiencia de trabajo

Tabla 32. Velocidades de operación de la motoniveladora:

Velocidades de operación típicas por aplicación:		
	V. min.(km/h)	V. máx.(km/h)
Nivelación y acabado:	0	4
Trabajo pesado con la hoja:	0	9
Reparación de zanjas:	0	5
Desgarramiento:	0	5
Mantenimiento de carreteras:	5	15
Mantenimiento de caminos de acarreo:	5	16
Movimiento de nieve:	7	21
Limpieza de nieve:	15	28

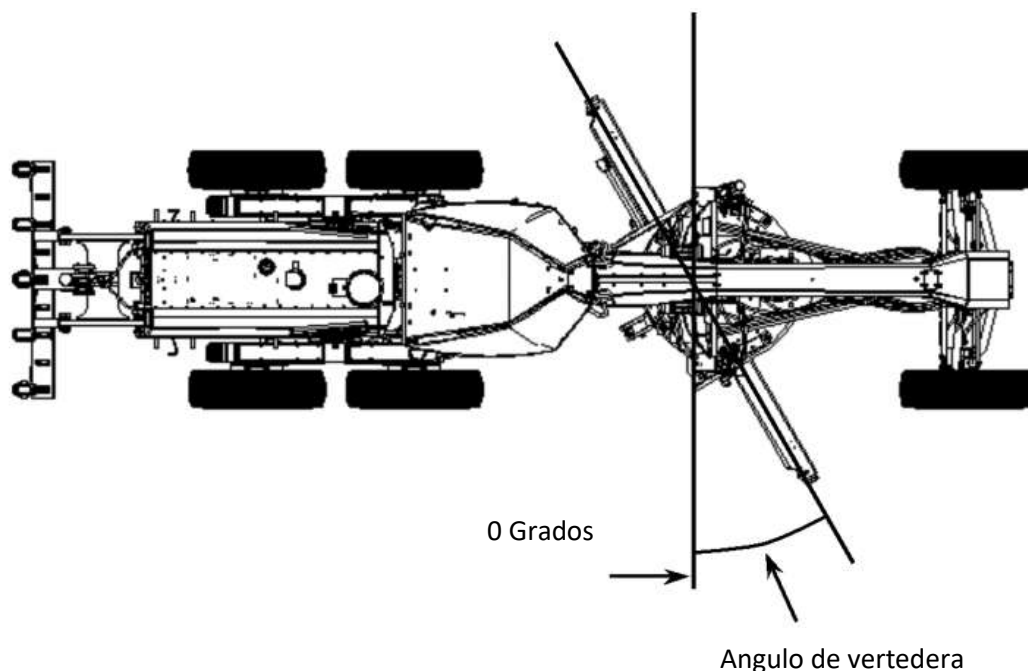
Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 2-23)

Longitud efectiva de la hoja:

Como la vertedera está normalmente formando un ángulo cuando se está moviendo material, debe calcularse la longitud efectiva de la hoja teniendo en cuenta este ángulo. El resultado es el ancho real de material barrido por la vertedera.

NOTA: Los ángulos se miden tal como se muestra en la ilustración. La longitud efectiva se reduce a medida que el ángulo aumenta.

Figura 26. Ilustración de ángulo de vertedera en la hoja de la motoniveladora



Longitud de la vertedera m	Longitud efectiva, m ángulo de la hoja 30 grados	Longitud efectiva, m ángulo de la hoja 45 grados
3.658	3.17	2.59
3.962	3.43	2.8
4.267	3.7	3.02
4.877	4.22	3.45
7.315	6.33	5.17

Para otras longitudes de hoja y otros ángulos:

Longitud efectiva = $\text{COS} [\text{Radianes (L de la hoja)}] \times \text{Longitud de la hoja}$

Ancho de superposición:

El ancho de superposición es generalmente **0,6 m (2,0 pies)**. Esta superposición es para mantener los neumáticos fuera de los camellones en la pasada de retorno.

Eficiencia del trabajo:

La eficiencia del trabajo varía según las condiciones del trabajo, la habilidad del operador, etc.

Una buena estimación de la eficiencia del trabajo es aproximadamente de **0,70 a 0,85**, pero habrá que tener en cuenta las condiciones reales de operación para determinar el valor más apropiado. (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 2-24)

2.3.7.6 Producción de rodillos vibratorios

- Según: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 15-39)

Las tablas en esta sección indican los cálculos de producción suponiendo las siguientes condiciones:

Velocidad nominal de desplazamiento de la máquina: 6,4 km/h (4,0 mph)

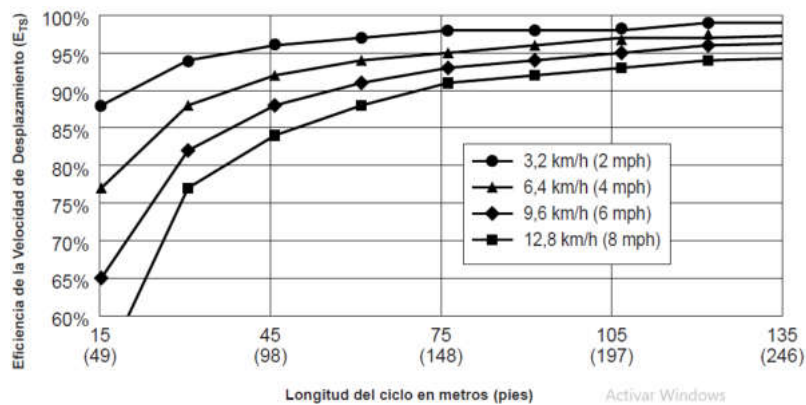
Ancho de superposición de compactación: 15,2 cm (6,0 pulgadas)

Los valores en la tabla dan valores de producción representativos para tres condiciones frecuentes en construcción: zanjas, carreteras y áreas abiertas (> 15 m o 50 pies).

Tabla 33. Compactadores vibratorios/cálculo de producción – Un tambor

Modelo	Ancho del tambor		Espesor de la capa		Pasadas necesarias	Cálculo de producción			
	cm	pulg.	cm	pulg.			Zanja de 3,7 m (12 pies)	Base de carretera 9,15 m (30 pies)	Áreas abiertas
CS323C	127.0	50	10.2	4	6	m^3/h	80	111	122
CS423E, CS433E	167.6	66	10.2	4	4	m^3/h	159	249	249
CS533E, CS56	213.4	84	15.2	6	6	m^3/h	239	299	324
CS64	213.4	84	15.2	6	5	m^3/h	–	373	405
CS74	213.4	84	15.2	6	4	m^3/h	–	448	486
CS76	213.4	84	15.2	12	6	m^3/h	–	598	648
CS76 XT	213.4	84	15.2	12	4	m^3/h	–	896	972
CP323C	127.0	50	15.2	6	6	m^3/h	120	133	183
CP433E	167.6	66	15.2	6	6	m^3/h	159	199	249
CP533E, CP56	213.4	84	30.5	12	6	m^3/h	478	647	647
CP76	213.4	84	30.5	12	6	m^3/h	–	598	648

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 15-39)

Figura 27. Eficiencia de velocidad de desplazamiento

Fuente: (Caterpillar M.R.C., 2012, págs. 15-39)

$$Q(\text{real}) = Q(\text{supuesto}) * F_s * F_t * F_p \dots \dots \dots \text{ec. 2.14}$$

$Q(\text{real})$ = Productividad ajustada

$Q(\text{supuesto})$ = Productividad de la tabla

F_s = Ajuste de la velocidad de la maquina

F_t = Ajuste por el espesor de la capa

F_p = Ajuste por el número de pasadas

Los factores de ajuste se determinan comparando las condiciones ‘reales’ y las condiciones ‘supuestas’:

F_s = velocidad real/velocidad supuesta

F_t = espesor real/espesor supuesto

F_p = pasadas reales/pasadas supuestas

2.3.8 Construcciones desarrolladas en botadero ferrobamba

2.3.8.1 Drenaje y subdrenaje

El drenaje y subdrenaje son metodologías de remediación o prevención de deslizamientos muy eficientes; su utilización es muy frecuente y existe métodos de análisis y diseño que se basan en el flujo del agua tanto superficial como subterráneo.

Los métodos de estabilización de deslizamientos que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y son generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de los poros, considerada como el principal elemento desestabilizante de los taludes. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo, aumenta la resistencia del talud, al disminuir la presión de los poros.

Existen varias metodologías de drenaje superficial y profundo. El objetivo principal de estos métodos es disminuir la presión de los poros y de esa forma aumentar la resistencia al corte, eliminar las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes y mejorar el factor de seguridad de las

superficies de falla por debajo del nivel del agua. (Suarez, Deslizamiento - Técnicas de remediación, 1998, pág. 47)

Los sistemas de seguridad más comunes para el control del agua son:

- Zanjas de coronación o canales colectores (drenaje superficial).
- Subdrenes de zanja o subdrenes interceptores.
- Subdrenes horizontales o de penetración.

Drenaje superficial del Botadero Ferrobamba

El objetivo principal del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía, tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro, lejos del talud que se va a proteger.

Canal de coronación

La construcción de canal de coronación de Botadero Ferrobamba tiene una longitud de km 4+000 y sección de 1.20X1.50 m², revestido con geomembrana, el objetivo de este canal es la colección de las aguas de no contacto y evitar el ingreso de agua hacia el Botadero Ferrobamba.



Imagen 8. Canal de coronación Botadero Ferrobamba

(Fuente: Autor de tesis).

Drenaje subterráneo ó Subdrenaje en Botadero Ferrobamba

Las técnicas de drenaje subterráneo o subdrenaje son uno de los métodos más efectivos para la estabilización de los deslizamientos. El drenaje subterráneo tiene por objetivo disminuir las presiones de poros e impedir que éstas aumenten. A menor presión de poros la resistencia del suelo es mayor.

El diseño de los sistemas de subdrenaje es complejo debido a que la mayoría de los taludes no son homogéneos desde el punto de vista del drenaje subterráneo y es muy difícil aplicar principios sencillos en el diseño de obras de subdrenaje. El movimiento de las aguas en los taludes por lo general, es irregular y complejo. (Suarez, 1998, pág. 60)

Subdrenes Auxiliares

Tiene sección de 2.00X1.50 m², estos subdrenes cumplen la función de colección de agua de los ojos de manante para derivar hacia los subdrenes secundarios.



Imagen 9. *Subdrenes auxiliares en Botadero Ferrobamba*
(Fuente: Autor de tesis).

Subdrenes Secundarios

Tiene sección de 4.00X1.50 m², estos subdrenes cumplen la función de colección de agua de los subdrenes auxiliares para derivar hacia los subdren principales.



Imagen 10. *Subdren secundario S-2 en Botadero Ferrobamba*

(Fuente: Autor de tesis)

Subdrenes Principales

P1 Tiene sección de 4.00X2.50 m², estos subdrenes cumplen la función de colección de agua de los subdrenes secundarios para derivar el agua mediante subdrenes principales P2, P3 y P4.



Imagen 11. Subdren Principal P-04 Botadero Ferrobamba

(Fuente: Autor de tesis)

2.3.8.2 Desbroce de material orgánico(topsoil) en Botadero Ferrobamba.

Se realizó el desbroce del material orgánico, luego se procedió el acarreo con camiones articulado hacia el depósito de material orgánico.



Imagen 12. Desbroce de material orgánico - topsoil

Fuente: Autor de tesis

2.3.8.3 Construcción de diques para depósito de topsoil.

La construcción de diques para contención en botaderos de material inadecuado y material orgánico (Topsoil).



Imagen 13. Dique de depósito de material orgánico en botadero ferrobamba

(Fuente: Autor de tesis).

2.3.8.4 Cantera.

Producción de material para la construcción del dique, lastrado de vía, material drenante y material para procesar filtro en la chancadora.

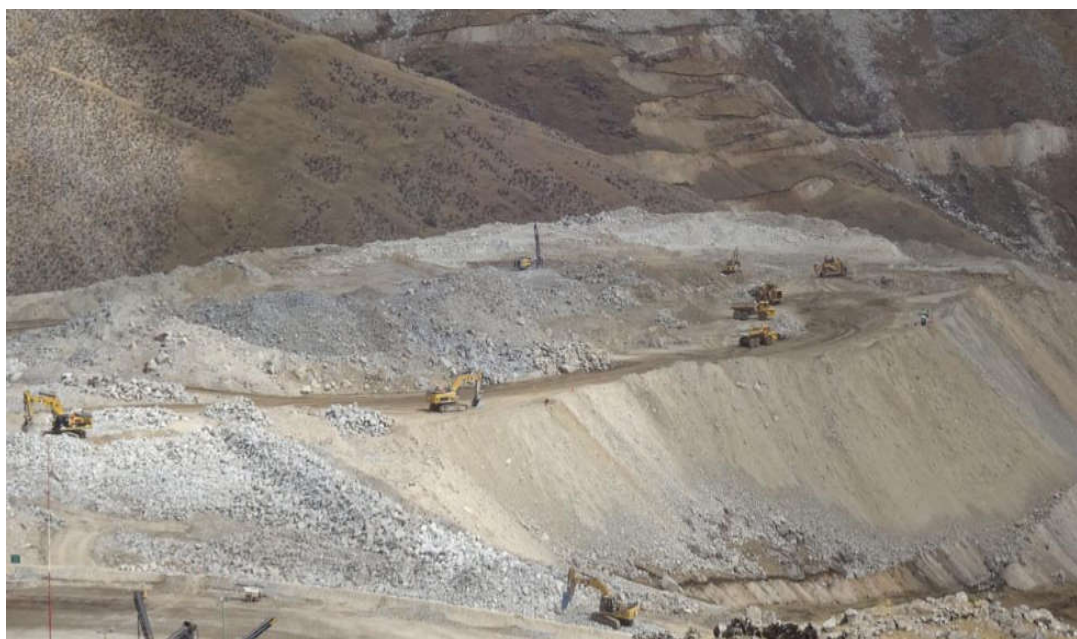


Imagen 14. Cantera Botadero Ferrobamba

(Fuente: Autor de tesis).

2.3.8.5 Conformación de material orgánico (topsoil)

La conformación de material orgánico se realiza para evitar saturación del topsoil y dar estabilidad del material en botadero.



Imagen 15. Depósito de material orgánico

Fuente: (Autor de tesis).

2.3.8.6 Conformación de material inadecuado

Conformación de depósito de material inadecuado, proveniente de los subdren P-04, la conformación se realiza para evitar saturación de material y tener el botadero estable y seguro.



Imagen 16. Depósito de material inadecuado proveniente de subdren P 04.

(Fuente: Autor de tesis).

2.4 Definición de términos

• Acarreo

Para (Blanco P.), Consiste en el transporte de materiales desde los sitios de excavación o producción, "hasta los sitios de disposición o aplicación.

• Cantera

Para (Blanco P.), Una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridas

• Compactación

Para (Blanco P.), Consiste en compactar material de relleno en un terreno determinado.

• Cuneta

Para (Blanco P.), Zanja en cada lado del camino para recoger las aguas de lluvia.

• Drenaje

Para (Blanco P.), Medio o utensilio que se emplea para drenar.

• Excavación

Para (Blanco P.), Es retirar una porción de suelo en su estado natural (En sitio o en Préstamo)

• Subdrenaje:

Consisten en una red colectora de tuberías perforadas o ranuradas, alojadas en zanjas para permitir recolectar el agua subterránea, con objeto de controlarla y retirarla, minimizando su efecto negativo en las capas estructurales del pavimento.

• Subdrenes de zanja

Para (Suarez, Deslizamientos: Técnicas de remediación, pág. 65), Los subdrenes de zanja son excavaciones realizadas manualmente o con retroexcavadora (comúnmente rellenas de material filtrante), con el objeto de captar y transportar el agua subterránea y de esa forma, abatir el nivel freático.

• Talud

Para (Blanco P.), Inclinação del parámetro de un muro o de un terreno. se le llama talud de corte y talud de relleno a los trabajos que se llevan a cabo a los lados de una vía en construcción, y esto dependerá del trabajo que se deba realizar en dicha obra.

• Zanjas Abiertas

Consisten en zanjas profundas que actúan al mismo tiempo como drenes superficiales y como sistemas de abatimiento del nivel freático. Para que esto se produzca, las zanjas deben profundizarse por debajo del nivel freático. Se produce entonces un afloramiento de agua subterránea en las paredes de la zanja

Las pendientes de los taludes deben ser de baja pendiente para eliminar la posibilidad de erosión por afloramiento del agua subterránea. Como complemento, se pueden colocar filtros invertidos para controlar la erosión lateral. (Suarez, Deslizamientos: Técnicas de remediación, pág. 65)

• Dificultades para la Excavación de Subdrenes

El principal problema constructivo es la inestabilidad de las paredes de las excavaciones. Entre más profundo sea el subdrén, el potencial de inestabilidad es mayor. Es muy difícil realizar excavaciones profundas para drenaje en suelos inestables.

La mayoría de subdrenes de zanja se realiza entre 1 y 2 m de profundidad y la máxima es aproximadamente seis metros, debido a las limitaciones de los equipos de excavación y a la inestabilidad de las paredes de la zanja.

Aunque el límite generalmente aceptado para los subdrenes de zanja es de 6 m, se pueden construir subdrenes más profundos mediante excavaciones en dos etapas: La primera, una zanja ancha hasta encontrar el nivel freático y la segunda, menos ancha por debajo del nivel freático.

Una forma de manejar el problema de inestabilidad de las zanjas profundas, es la construcción del dren en tramos cortos (3 a 5 m).

En ocasiones, se requiere el entibado completo de las zanjas para garantizar la estabilidad de las excavaciones. Así, se facilita el proceso de excavación, aunque la posibilidad de inestabilización por estas zanjas profundas, es relativamente grande. (Suarez, Deslizamientos: Técnicas de remediación, pág. 80)

• Dren francés

Para (Suarez, Deslizamientos: Técnicas de remediación), Son zanjas rellenas de material granular grueso que tienen por objetivo captar y conducir las aguas de escorrentía.

• Material drenante:

Para (Suarez, Deslizamientos: Técnicas de remediación), Los materiales más utilizados, históricamente, para la construcción de subdrenes de zanja, son los suelos granulares y bloques de roca.

- **Material filtro**

Impedir el paso de las partículas finas del suelo que se va a proteger. Se debe tener en cuenta que los drenes tratan de taponarse por el transporte y el depósito de las partículas más finas del suelo.

El propósito de un filtro es proteger el suelo contra la erosión interna y al mismo tiempo, permitir el paso del agua. En la literatura técnica se han presentado varias relaciones entre los diversos parámetros granulométricos del suelo y del filtro, que se deben cumplir para garantizar su funcionamiento óptimo. (Suarez, Deslizamientos: Técnicas de remediación, pág. 70)

- **Material inadecuado**

Para (Aguamarket.com, 2019). En general este término se utiliza para designar los suelos de fundación de terraplenes que no cumplen con los requisitos especificados. También se puede definir como material inapropiado para lograr el propósito que se desea esto quiere decir que es un material que no sirve para lo que se quiere llevar a cabo

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Definición de variables

3.1.1 Variable Independiente (VI).

- Dimensionamiento de los equipos.

3.1.2 Variable Dependiente (VD).

- Optimizar el costo de la construcción de subdren P-04 del Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016

3.2 Operacionalización de variables.

La operacionalización nos indica la forma cómo se ha identificado las variables y relacionar con sus respectivos indicadores

Tabla 34. Operacionalización de variables

Variables	Concepto	Indicadores	Índices
Dimensionamiento de los equipos	Proceso para determinar la dimensión o característica correcta de un equipo para ejecutar la actividad	Tiempo y/o velocidad de desplazamiento	Km/h, min
		Capacidad del balde y caja	m^3
		Alcance del equipo de la profundidad de excavación y carguío	m
		Rendimiento del equipo	$\frac{m^3}{h}$
		Características del proyecto	m^2
		Distancia de frente de carguío a descarga	km
Optimización de costos de construcción del subdren P-04 del Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas	Optimizar los recursos invertidos dentro del proceso de producción en las organizaciones, y a través de ello se busca aumentar la competitividad frente a los demás actores	Especificaciones y características	$m, km/h, m^3, Kg, kW$
		Costos de consumo de combustible	$s/.$
		Supervisión permanente	HH

Fuente: Elaboración propia

3.3 Hipótesis de la Investigación

Hipótesis general

- El dimensionamiento de los equipos optimiza el costo de la construcción del subdren P-04 del Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016.

Hipótesis específico

- Las características y especificaciones de los equipos no brinda soporte para realizar mejor dimensionar los equipos en la construcción del subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016.
- Con el dimensionamiento de equipos se redujo el costo de consumo de combustible en la construcción de subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016
- La supervisión permanente mejora la construcción del subdren P-04 en Botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas 2016.

3.4 Tipo y diseño de investigación

3.4.1 Tipo de investigación

Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación **descriptiva – correlacional**, debido a que describe los hechos como son observados y estudia la relación entre los variables dependiente e independiente.

3.4.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación corresponde descriptivo y comparativo, al respecto el objetivo del diseño comparativo es comparar las realidades de diversos conjuntos

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

La población lo constituyen los proyectos en construcción, subdrenes P-1, P-2, P-3, P-4 y P-5 actualmente en construcción en el botadero Ferrobamba – Proyecto las Bambas, ver (Anexo 02, Lamina N° 01).

Características y delimitación.

Las características que presenta este tipo de investigación se basa a los cálculos de tiempo, capacidad de balde, versatilidad, velocidad de desplazamiento, velocidad de giro y la comparación relativa de cada actividad que se desarrolla, por ende, las delimitaciones son mínimas ya que el tipo de investigación es descriptivo, comparativo y correlacional.

Ubicación y espacio temporal

La investigación se aplicará en la quebrada Huancarane asignado como botadero Ferrobamba, donde se construyen subdrenes para conducir las aguas subterráneas y de tal forma estabilizar el botadero.

3.5.2 Muestra

La muestra se toma en el proyecto actualmente en construcción subdren P-04 de 820 metros de longitud y 50 m^2 de sección, este subdren se selecciona debido a que la construcción conlleva mayor movimiento de material y esto amerita mayor inversión, la sección del subdren se evidencia en la Figura N° 28.

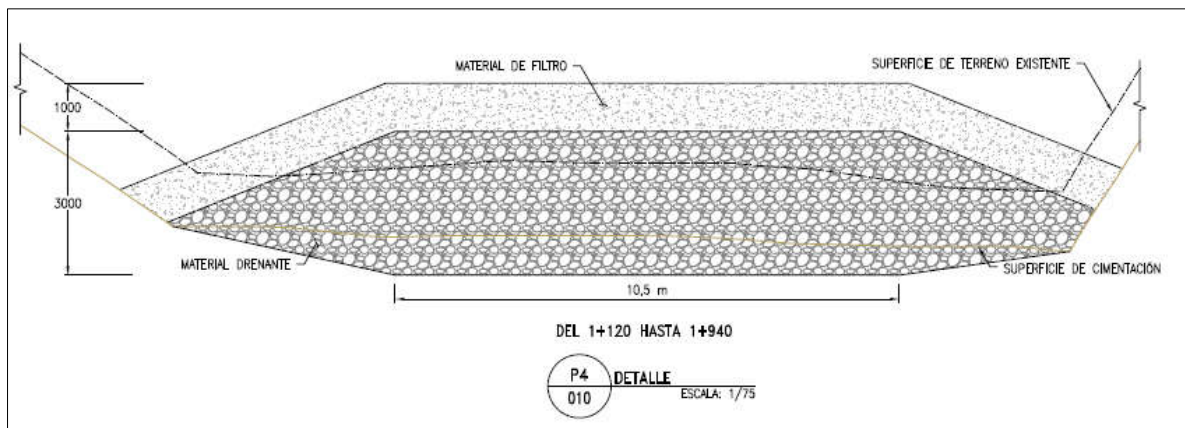


Figura 28. Sección transversal del subdren p-04

Fuente: (Diseño los Andes las Bambas, 2016).

Técnica de muestreo:

Se basa en cálculos matemáticos y toma de datos de control de tiempo, durante el ciclo minado y el tipo de trabajo que realiza en cada guardia y un análisis comparativo para cada trabajo; para efecto la vida útil y la depreciación de los equipos, horas/ hombre de trabajo y la eficiencia el trabajo de la maquinaria, por ende, el tipo de estudio es no probabilístico.

Tamaño y cálculo de tamaño:

Los datos fueron tomados en subdren P-04 actualmente en construcción, relativamente será considerada el tamaño y los cálculos de los mismos, según la características y dimensiones.

3.6 Procedimiento de la investigación

- 1) Definir el objetivo de estudio y escoger una metodología adecuada al mismo.
- 2) Ubicar el objeto de estudio en el marco del conocimiento desarrollado en el área.
- 3) Establecer criterios organizados de los datos que se necesitan en la investigación.
- 4) Acercarse a la realidad a través de la recolección de datos.
- 5) Agrupar resultados de acuerdo que permitan inferir la situación real de la cuestión.
- 6) Extraer resultados de investigación y ordenarlos con un todo coherente y comprensible.

3.7 Material de investigación

3.7.1 Instrumento de investigación

Para esta investigación se aplicaron algunas técnicas dentro de ella la encuesta, la guía de observación que permita recopilar datos para obtener la información válida y confiable, información documental (especificaciones de las maquinarias, rendimientos teóricos) y así verificar el cumplimiento de las interrogantes y de los objetivos.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Detalle general

4.1.1 Detalle de contrato de la construcción del subdren p-04 en botadero ferrobamba

Costos unitarios de movimiento de tierras empleados en contrato para construir subdren p-04 de 820 metros lineales, sección como detalla en figura N°. 01, volumen a mover especifica en Tabla N° 35., también se observa los detalles en Lámina 01 (Anexo 2).

Tabla 35. Costos unitarios de movimiento de material para la construcción del subdren P-04 de longitud de 820 metros según contrato

ITEM	P4	Volumen a mover (m ³)	Precio unitario (s/./m ³)	Precio Total s/.
1.1	Eliminación de material inadecuado	51250	16.77	859,462.50
1.2	Acarreo de material drenante	29520	28.46	840,139.20
1.3	Acarreo de material filtro	11480	45.77	525,439.60
Subtotal				2,225,041.30
2.1	Costo de combustible	63725 gl	s/./14.50	924,012.50
Costo total de proyecto				S/3,149,053.80

Fuente: (Autor de tesis)

Tabla 36 Flota de equipos y horas maquina en la construcción del Botadero Ferrobamba

Item	Equipo	Precio Hr. Maquina (S/.)	Costo Indirecto de Operación 2%	Utilidad 5%	Valor Venta S/./h	Número de equipos solicitados	Ubicación maquinas	Horas Mínimas (h)	GG por Mes (S/.)
1	Perforadora Atlas Copco ROC L8	514.78	10.30	26.25	551.33	1	Cantera	180	805,637.51
2	Excavadora Caterpillar 390DL	522.78	10.46	26.66	559.90	2	Cantera y subdren	360	
3	Excavadora Caterpillar 345	269.54	5.39	13.75	288.67	1	Chancadora	180	
4	Excavadora Caterpillar 336 DL	269.54	5.39	13.75	288.67	2	Cantera y suddren	360	
5	Dumper Articulado Caterpillar 740B	265.95	5.32	13.56	284.83	6	Suddren	360	
6	Bulldozer Caterpillar D8T	340.58	6.81	17.37	364.76	2	Cantera y subdren	360	
7	Motoniveladora Caterpillar 14H	230.14	4.60	11.74	246.48	1	Mantenimiento de Vía	180	
8	Camiones Caterpillar 773F	482.784	9.66	24.62	517.06	2	Chancadora	180	
9	Cargador Frontal Caterpillar 988H	658.608	13.17	33.59	705.37	1	Chancadora	180	
10	Rodillo Caterpillar	145.024	2.90	7.40	155.32	1	Mant de vía y subdren	180	
11	Cisterna de Agua	265.952	5.32	13.56	284.83	1	Control de pc	360	
13	Cisterna de Combustible 5000 GLns	44.54	0.89	2.27	47.70	1	Abastec a los eq.	180	
Total						21			

Fuente: Autor de tesis, 2019

Tabla 37. Consideraciones de costo de combustible para construir el subdren P-04 en el Botadero Ferrobamba.

Item Equipo	Precio Hr. Maquina (S/.)	Costo Indirecto de Operación	Utilidad 5%	Valor Venta S./h	Nº equipos	Turno (día y noche)	h/guardia	Tiempo 25 días (h)	Combustible (gl/h)	Comb. en 25 días (gl)	Costo de comb. (s/.)
1 Perforadora Atlas Copco ROC L8	514.78	10.3	26.25	551.33	1	1	10	250	9.5	2,375.00	34,437.50
2 Excavadora Caterpillar 390DL	522.78	10.46	26.66	559.9	2	2	10	1000	16	16,000.00	232,000.00
3 Excavadora Caterpillar 345	269.54	5.39	13.75	288.67	1	1	10	250	9	2,250.00	32,625.00
4 Excavadora Caterpillar 336 DL	269.54	5.39	13.75	288.67	2	2	10	1000	8.8	8,800.00	127,600.00
5 Dumper Articulado Caterpillar 740B	265.95	5.32	13.56	284.83	6	2	10	3000	5.5	16,500.00	239,250.00
6 Bulldozer Caterpillar D8T	340.58	6.81	17.37	364.76	2	2	10	1000	6	6,000.00	87,000.00
7 Motoniveladora Caterpillar 14H	230.14	4.6	11.74	246.48	1	1	6	150	4	600	8,700.00
8 Camiones Caterpillar 773F	482.784	9.66	24.62	517.06	2	1	10	500	12	6,000.00	87,000.00
9 Cargador Frontal Caterpillar 988H	658.608	13.17	33.59	705.37	1	1	10	250	9.5	2,375.00	34,437.50
10 Rodillo Caterpillar	145.024	2.9	7.4	155.32	1	1	6	150	4.5	675	9,787.50
11 Sistema de Agua 10,000 gl	265.952	5.32	13.56	284.83	1	2	6	300	5.5	1,650.00	23,925.00
13 Sistema de Combustible 5000 gl	44.54	0.89	2.27	47.7	1	1	10	250	2	500	7,250.00
Total					21					63725	24,012.50
Costo de combustible (s./gl): 14.5											

Fuente: (Autor de Tesis, 2017)

- ✓ Se calcula el costo de proyecto: **S/3,149,053.80.** (Consumo de combustible + costo maquina seca)

4.1.2 Plan de calidad de Botadero Ferrobamba

(Según EPSA, 2016)

Material drenante

El material drenante es un material que se utilizará para la conformación de los drenes francés e ira en contacto directo sobre la superficie de cimentación. Este será un material permeable de buena calidad constituido principalmente por bloques, bolones y gravas, los cuales estarán constituidos por roca estable, no orgánica, libre de material deletéreo, no meteorizado, sin potencial de generación de drenaje ácido y que cumplan con las especificaciones descritas en la Tabla 7.2 de acuerdo a la norma ASTM D6913.

Tabla 38. Especificaciones de material drenante

Tamiz	Abertura (mm)	% pasante acumulado	
		Huso inferior	Huso superior
24''	603.6	100	100
12''	304.8	70	100
8''	201.2	30	100
4''	100	10	65
2''	50.8	5	10
1''	25.4	0	0
Índice de carga puntual corregido promedio mínimo (I_{s50})		D5731	$>2 \text{ N/mm}^2$

Fuente: (EPSA, 2016)

Colocación del material drenante

Se colocará el material drenante una vez haya sido aprobada la superficie de cimentación por el Ingeniero/Supervisor CQA.

El material drenante se colocará por capas las cuales serán acomodadas uniformemente desde la zona más baja del terreno, de tal forma que se minimicen los vacíos entre sus partículas constituyentes, el enrocado permeable deberá extenderse en capas niveladas de hasta 500 mm de espesor, la compactación se realizará con un rodillo vibratorio de 19Tn, verificándose su compacidad mediante controles topográficos, una vez se obtenga variaciones despreciables en las cotas se dará por aprobada la capa de enrocado.

Material de filtro

El material de filtro consistirá de una resistente y durable grava. El material estará libre de materia orgánica y otros materiales deletéreos. La gradación del material será conforme a la especificación indicada en la tabla siguiente y determinada por la norma ASTM D6913:

- **01 Perforadora Roc L8**, Perforación de taladros de 06 metros en cantera y perforaciones en subdren para controlar pendiente y alineamiento de subdren.
- **01 Excavadora Hidráulica 390D L (1)**, realiza trabajos de carguío de material a camiones CAT 773F para procesar material filtro en la chancadora y realiza selección de material drenante.
- **02 Camiones de obras civiles CAT 773F**, Estos camiones realizan carguío de material para procesar en la chancadora material filtro. El acarreo se realiza de cantera hacia la chancadora.
- **01 Excavadora Hidráulica 345C L**, realiza trabajos de alimentación de material seleccionado hacia la chancadora para procesar material filtro.
- **01 Cargador Frontal 988H**, asignado a realizar acarreo de material filtro y rechazo, el cargador frontal también realiza carguío de material filtro a camiones 740B.
- **01 Chancadora**, capacidad de producción de 120 m3 por hora.

4.1.3.2 Cantera – Subdren

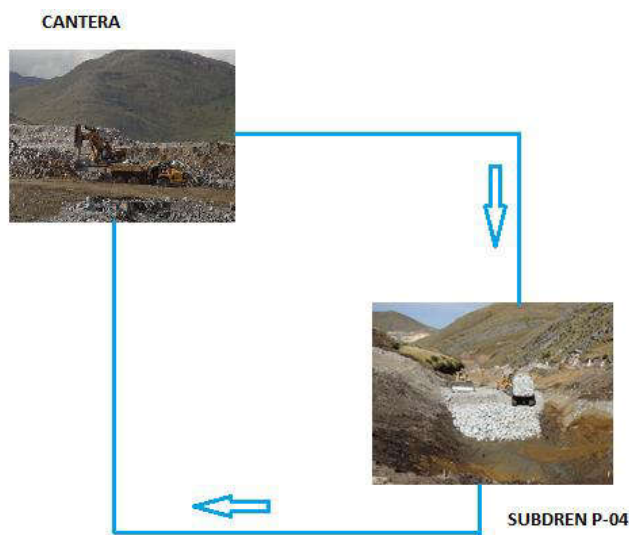


Figura 30. Diagrama de circuito de traslado de material drenante de cantera a subdren

Fuente: Autor de tesis

- **01 Excavadora hidráulica 390D**, realiza carguío de material drenante a camiones articulados y en tiempos libres realizará selección de roca drenante.
- **06 Camiones Articulados 740B**, Acarreo de material drenante de cantera hacia el subdren y acarreo de material filtro de chancadora hacia el subdren.

4.1.3.3 Subdren



Imagen 17. Detalles de las actividades de excavadoras hidráulicas 336D L y 390D L en subdren. Fuente: (Autor de tesis)

- **01 Excavadora Hidráulica 390D L**, Excavación y carguío de material inadecuado a los camiones articulados 740B en subdren.
- **01 Excavadora Hidráulica 336D L**, Presentación de la caja de subdren y voleo de material hacia el punto de carguío. Derivación del agua por medio de canales.

4.1.3.4 Subdren - Botadero de material inadecuado



Figura 31. Diagrama de circuito de acarreo de material de corte de subdren a botadero

Fuente: Autor de tesis

- **01 Tractor D8T**, Empuje de material de descarga de los camiones articulado 740B.
- **06 Camiones Articulado 740B**, Acarreo de material inadecuado desde el subdren hacia el botadero de material inadecuado.
- **01 Excavadora 390D**, realizará trabajos de excavación y carguío de material a camiones articulados

4.1.3.5 Chancadora a subdren



Figura 32. Diagrama de circuito de acarreo de material filtro de chancadora a subdren

Fuente: Autor de tesis

- **01 Tractor D8T**, Empuje de material relleno drenante, filtro y lastrado de vía.
- **06 Camiones articulados CAT 740B**, realiza trabajos de acarreo de material filtro de chancadora a subdren

4.1.3.6 Mantenimiento de vía

- **01 Motoniveladora 14H**, Mantenimiento de vía y limpieza de vía.
- **01 Rodillo S5C**, Compactación de vía y compactación de material relleno en subdren.

4.2 Dimensionamiento de equipos aplicando el factor de acoplamiento

4.2.1 Análisis de resultados

4.2.1.1 Evaluación de equipos de acarreo de material drenante:

Tabla 40. Tabla de producción y costos de equipos empleados para traslado de material drenante a distancia de 3.133 km.

Tabla de producciones y costos				
Equipo (T = Tractor, P = palas, D= Dumpers)	Costo horario total (s./h)	Producción m^3/h	Match Factor	Coste unitario s./ m^3
1T - 1P - 4D	2055.43	278.71	0.50	7.37
1T - 1P - 5D	2340.26	348.39	0.62	6.72
1T - 1P - 6D	2625.10	418.06	0.75	6.28
1T - 1P - 7D	2909.93	487.74	0.87	5.97
1T - 1P - 8D	3194.77	557.42	1.00	5.73
1T - 1P - 9D	3479.60	557.42	1.12	6.24
1T - 1P - 10D	3764.44	557.42	1.25	6.75

Fuente: Autor de tesis, 2019

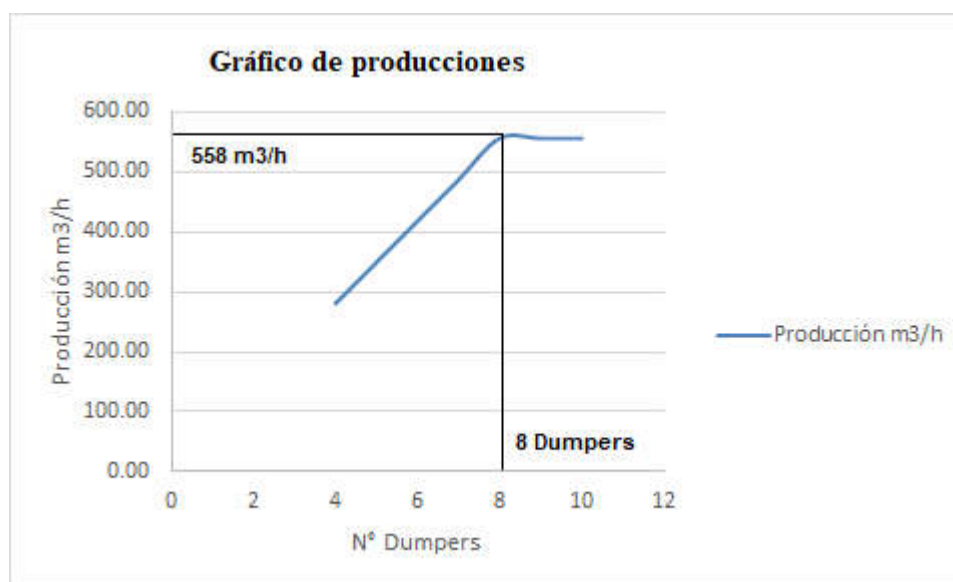


Figura 33. Gráfico de producciones de camiones articulados CAT 740B, de acarreo de material drenante.

Fuente: Autor de tesis

La excavadora 390D, realiza trabajos de carguío de material drenante a camiones CAT 740B con cucharón de $6 m^3$ de capacidad y desempeña rendimiento promedio de $558 m^3/h$.

Luego de la evaluación se obtuvo que se puede trabajar de forma eficiente con 8 camiones articulados CAT 740B carguío de material drenante en cantera con descarga en la excavación de subdren P-04, distancia de acarreo 3.133 km.

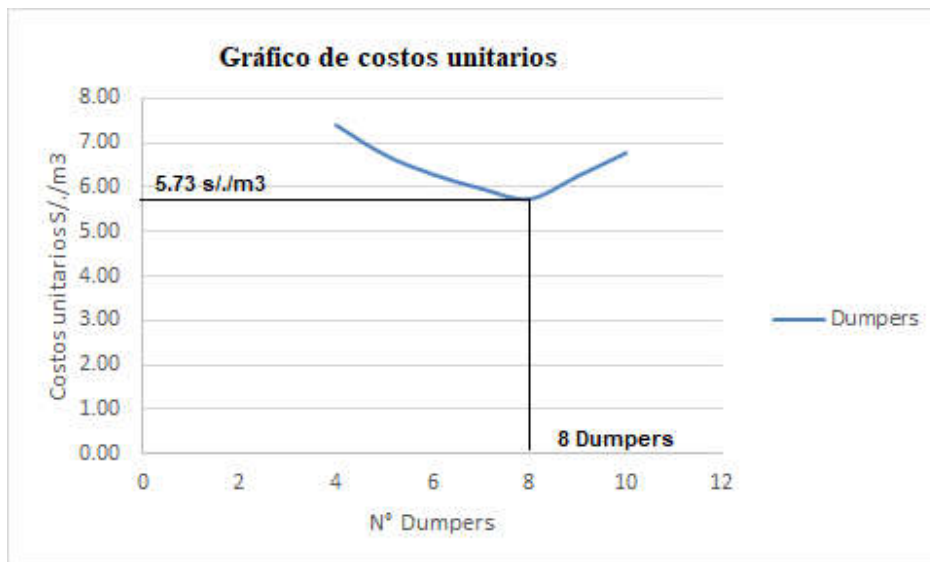


Figura 34. Gráfico de costos unitarios de acarreo de material drenante

Fuente: Autor de tesis

Realizando el análisis con 8 camiones articulados CAT 740B, se optimiza el costo a 5.73 s./m^3 . La excavadora Caterpillar modelo 336D L tiene capacidad de cucharón de 1.5 m^3 los rendimientos promedio al realizar selección de material drenante en cantera es $57.54 \text{ m}^3/\text{h}$.



Imagen 18. Excavadora 390D L carguío de material drenante a camiones articulado 740B para relleno controlado en subdren P04

Fuente: Autor de tesis

4.2.1.2 Evaluación de equipos de acarreo de material inadecuado

Tabla 41. Tabla de producciones y costos de equipos de acarreo de material inadecuado a distancia de 1.842 km

Tabla de producciones y costos				
Equipo T=Tractor, P=palas, D= Dumpers, E= Excavadoras	Costo horario total (s./h)	Producción m^3/h	Match Factor	Coste unitario (s./ m^3)
1T - 1P - 4D - 1E	2344.10	450.39	0.58	5.20
1T - 1P - 5D - 1E	2628.94	562.99	0.73	4.67
1T - 1P - 6D - 1E	2913.77	675.59	0.88	4.31
1T - 1P - 7D - 1E	3198.61	788.18	1.02	4.06
1T - 1P - 8D - 1E	3483.44	788.18	1.17	4.42
1T - 1P - 9D - 1E	3768.27	788.18	1.31	4.78
1T - 1P - 10D - 1E	4053.11	788.18	1.46	5.14

Fuente: Autor de tesis

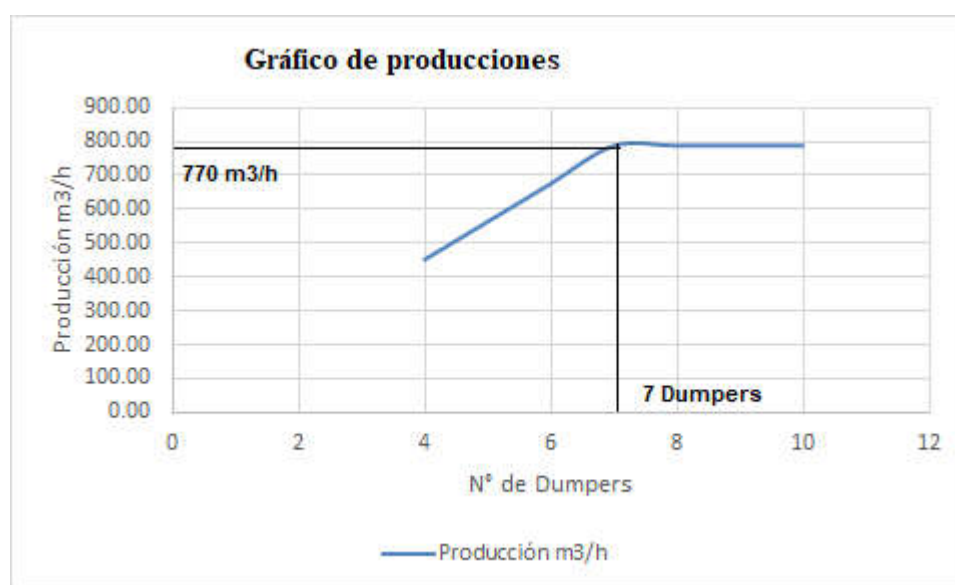


Figura 35. Gráfico de producciones de acarreo de material inadecuado

La excavadora 390D, realiza trabajos de carguío de material producto de la excavación de la caja de subdren P-04, la eliminación de material se realiza con camiones CAT 740B, la capacidad del cucharón de la excavadora es de $6 m^3$ y desempeña rendimiento promedio de $770 m^3/h$ en material de limo con 50% de roca.

De acuerdo a la evaluación se puede trabajar de forma eficiente con 7 camiones articulados CAT740B.

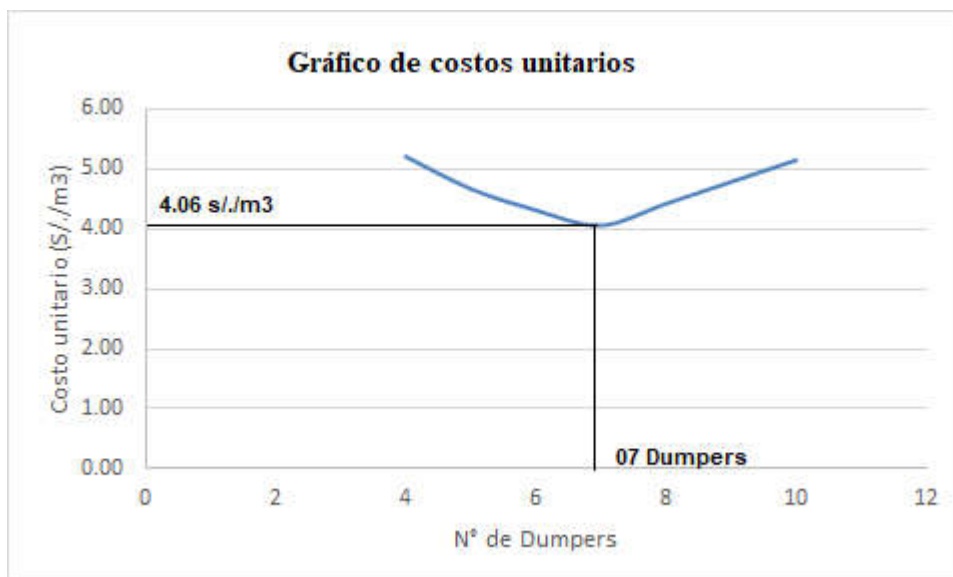


Figura 36. Gráfico de costo unitario de acarreo de material inadecuado

Fuente: Autor de tesis

A realizar el trabajo con 7 camiones articulados CAT 740B, podemos realizar el minado a 4.06 S./m^3 de material.

La excavadora hidráulica 390D L, realiza excavación de caja para enrocado de subdren de 10.5 m. de ancho por 04 metros de profundidad, pero la morfología del terreno exige realizar mayor altura de corte para controlar el alineamiento del subdren, estas alturas de corte varían de 05 a 07 metros de profundidad.

La excavadora 336D realiza trabajos de limpieza, alimenta el material inadecuado a la excavadora de carguío y el fin del perfilado del canal es para dejar en buenas condiciones de calidad la construcción, el rendimiento promedio es $160 \text{ m}^3/\text{h}$.



Imagen 19. Excavadora 390D L Excavación de caja de subdren y carguío de material de corte a camiones 740B

Fuente: Autor de tesis

4.2.1.3 Evaluación de equipos de acarreo de material para procesar material filtro en la chancadora

Tabla 42. Tabla de producciones y costos de acarreo de material volado a chancadora a distancia de 0.606 km

Tabla de producciones y costos				
Equipo (T = Cargador, P = palas, D= Dumpers)	Costo horario total (s./h)	Producción m^3/h	Match Factor	Coste unitario s./ m^3
1C - 1P - 1D	1782.33	213.49	0.40	8.35
1C- 1P - 2D	2299.39	426.98	0.81	5.39
1C - 1P - 3D	2816.46	640.47	1.21	4.40
1C - 1P - 4D	3333.52	640.47	1.21	5.20
1C - 1P - 5D	3850.58	640.47	2.29	6.01

Fuente: Autor de tesis

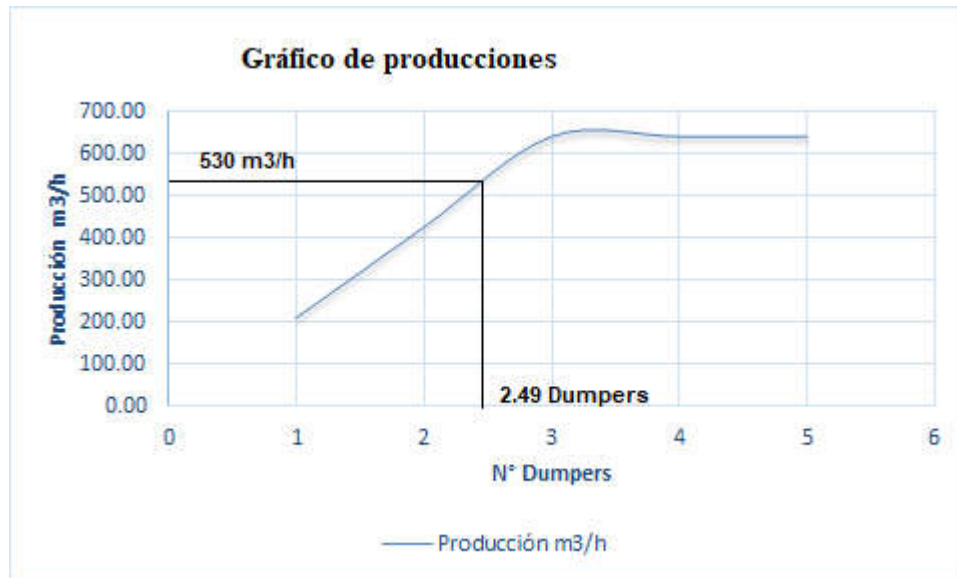


Figura 37. Gráfico de producciones de acarreo de material volado a chancadora.

Fuente: Autor de tesis

La excavadora hidráulica CAT 390D L, logra rendimiento de $530 \text{ m}^3/\text{h}$ en material volado monzonita y realizando la evaluación se puede trabajar con 2 camiones rígidos CAT 773F y 01 Camión articulado CAT 740B para evitar demoras en espera de equipo de carguío.

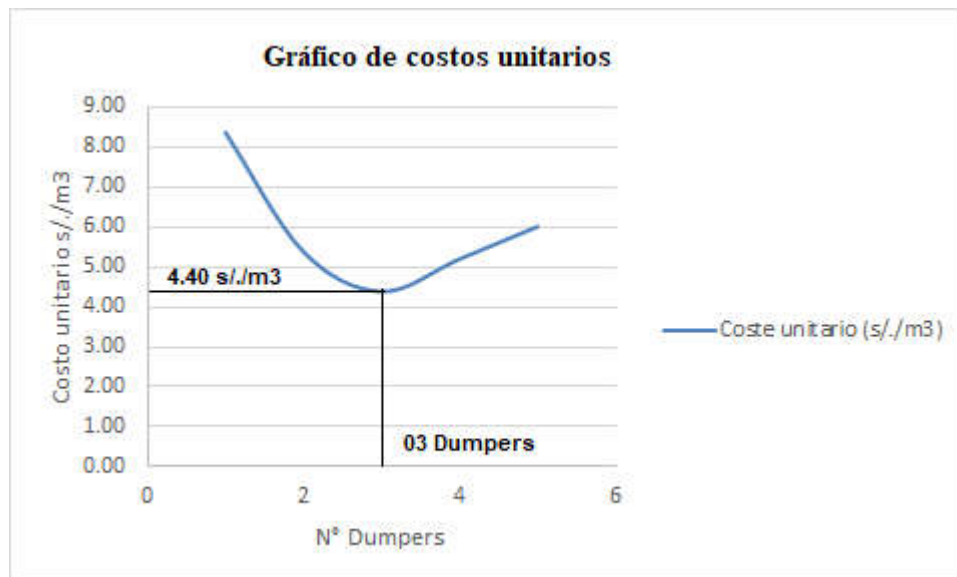


Figura 38. Gráfico de costo unitario de acarreo de material volado a chancadora para procesar material filtro y drenante

Fuente: Autor de tesis

Por medio de este grafico se puede evaluar, cuando se trabaja con 3 camiones rígidos CAT 773F se logra obtener costo unitario de $4.40 \text{ S/} \cdot / \text{m}^3$.

La excavadora CAT 345C L cuenta con capacidad de cucharón de 3.0 m^3 , al realizar abastecimiento de material de voladura a la chancadora para procesar material filtro, brinda rendimiento promedio de $165 \text{ m}^3/\text{h}$.

Producción de material filtro de la chancadora es de $120 \text{ m}^3/\text{h}$ con porcentaje de rechazo de 20 %.

El cargador frontal CAT 988H cuenta con capacidad de cucharón de 7 m^3 al realizar acarreo de material filtro y rechazo a distancia de 50 metros brinda rendimiento promedio de $272.8 \text{ m}^3/\text{h}$



Imagen 20. La excavadora 390D, Carguío de material drenante en cantera.

Fuente: Autor de la tesis

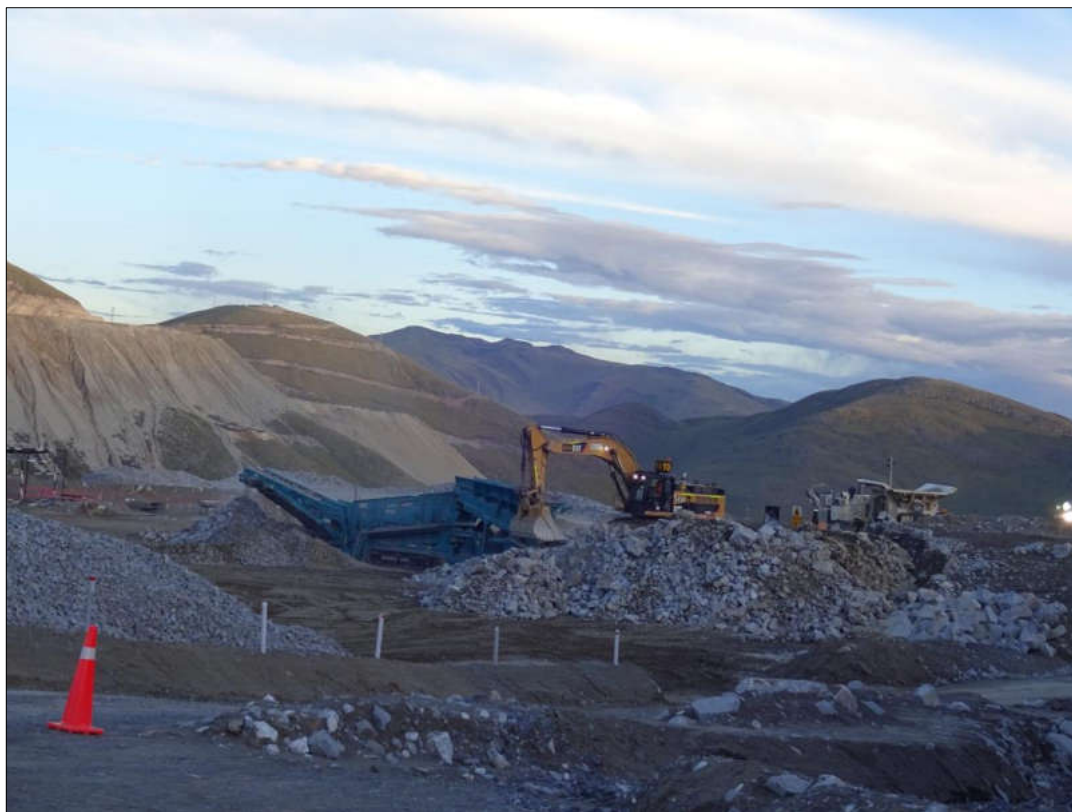


Imagen 21. Excavadora Hidráulica 345C L Abastecimiento de material a la chancadora

Fuente: Autor de tesis

4.2.1.4 Evaluación de equipos de carguío de material filtro a camiones CAT 740

Tabla 43. Tabla de producciones y costos de acarreo de material filtro a 3.133 km de distancia.

Tabla de producciones y costos				
Equipo (T = Tractor, P = palas, D= Dumpers)	Costo horario total (s./h)	Producción m^3/h	Match Factor	Coste unitario s./ m^3
1T - 1P - 8D	3194.77	539.72	0.70	5.92
1T - 1P - 9D	3479.60	607.18	0.79	5.73
1T - 1P - 10D	3764.44	674.65	0.87	5.58
1T - 1P - 11D	4049.27	742.11	0.96	5.46
1T - 1P - 12D	4334.11	742.11	1.05	5.84
1T - 1P - 13D	4618.94	742.11	1.14	6.22
1T - 1P - 14D	4903.77	742.11	1.22	6.61

Fuente: Autor de tesis

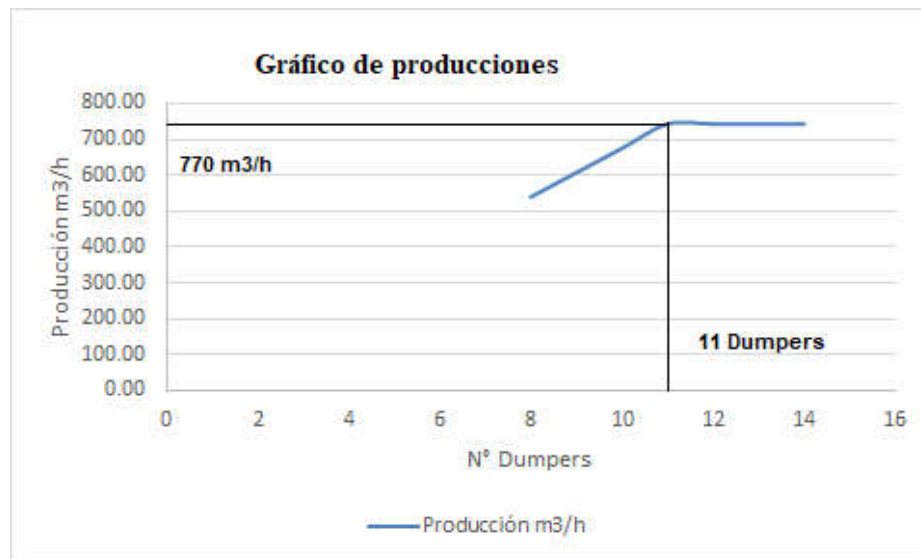


Figura 39. Gráfico de producciones de acarreo de material filtro ha subdren P-04

Fuente: Autor de tesis

La excavadora hidráulica CAT 390D L, cuenta con capacidad de cucharón de 6 m^3 al realizar carguío de material filtro a camiones CAT 740B, brinda rendimiento promedio de $770 \text{ m}^3/\text{h}$, y el rendimiento promedio de camiones CAT 740 para distancia de acarreo de 3.133 Km, número de camiones necesarios 11.

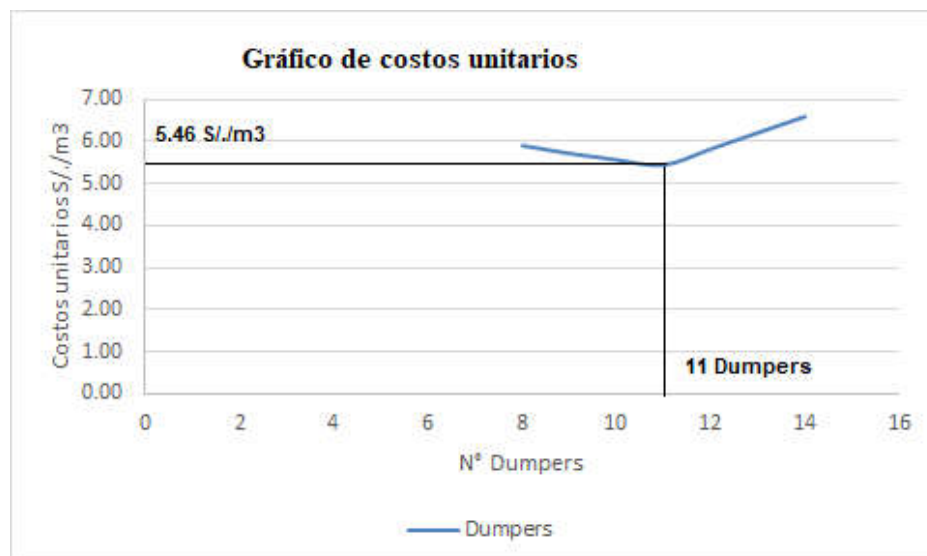


Figura 40. Gráfico de costos unitarios de acarreo de material filtro a subdren P-04

Fuente: Autor de tesis

El costo óptimo para transporte de material filtro es 5.46 s./ m^3 cuando se trabaja con 11 camiones articulados CAT 740B.

4.2.1.5 Evaluación de equipos de empuje de material de descarga

El rendimiento promedio de tractor D8T en empuje de material de descarga en distancia de 15 m es de 633.68 m^3/h , puede variar $\pm 5\%$ por tipo de material a empujar.

4.2.1.6 Evaluación de equipos de mantenimiento de vías

La motoniveladora CAT 14H, cuenta con rendimiento en mantenimiento de caminos de acarreo es 2.77 hectáreas/h

Rodillo modelo CS56 en mantenimiento de vías de acarreo realiza 02 pasadas a una velocidad de 4 km/h, brinda rendimiento de 3000 m^2/h .

4.2.1.7 Evaluación de equipos de perforación

Realizaremos comparativo de rendimiento de perforadora Roc L6, Roc L7 y Roc L8

Experiencia ROC L6

Según (Atlas Copco, 2008) La naturaleza cambiante de la industria de las canteras ha hecho de la seguridad un factor importante en cada operación. La perforación eficiente, el bajo consumo de combustible y los costos de mano de obra controlada también ocupan un lugar destacado en la lista de deseos del operador. Para **Hogan**, las máquinas ROC L6 han mejorado la productividad general de perforación de 16 m/h a 25 m/h para pozos de 110 mm, con 30 m/h como máximo registrado. Estas cifras se basan en una semana de 50 h e incluyen el tiempo pasé de cantera a cantera. Se perforan agujeros de mm hasta 20 m de profundidad, utilizando martillos DTH con varillas de 4 m y 5 m. En circunstancias especiales, se pueden perforar pozos de 30 m, sujeto a la exención del inspector local de canteras (pág. 135).

4.2.2 Supervisión en movimiento de tierras

El supervisor es un elemento clave dentro de cualquier organización. Aunque existen diferentes estilos de supervisor, existen algunas generalidades que todos deben tener, ya que la calidad del trabajo, el rendimiento, la moral y el desarrollo de buenas actitudes por parte de los trabajadores depende de él. Son labores imprescindibles del supervisor dirigir y evaluar el trabajo de todos los trabajadores, quienes debe conocer uno a uno. Pero no son las únicas. Las funciones del supervisor son claves dentro de las pymes y, en general, en cualquier empresa. (Sanchez, 2010)

El supervisor moderno ha dejado de ser un simple capataz y debe ser el líder nato del grupo para convertirse en un especialista del comportamiento humano, en lo que concierne a la práctica de la habilidad administrativa y de los aspectos técnicos de su cargo. (Sanchez, 2010)

Una de las cosas más importantes para ser un buen supervisor es el desarrollo de actitudes y conocimientos que favorezcan la dirección y la gestión de equipos, ya que el resultado de la empresa dependerá del trabajo realizado por los empleados. Los 10 mandamientos del supervisor ofrecen una serie de consejos y métodos de trabajo que aseguran el éxito empresarial de esta figura dentro de la organización. (Sanchez, 2010)

La misión del supervisor es técnica: implica organizar, inspeccionar, planificar y motivar al personal, respetarlo, evaluarlo, capacitarlo, aprovechar lo mejor de cada empleado, estimular la actitud colaborativa, escuchar al personal y orientarlo, organizar los elementos materiales, la materia prima y las máquinas, para maximizar su rendimiento. (DeConceptos.com, 2019)

4.2.3 Costos de construcción de subdren P-04

Estimaremos de costos considerando el volumen a mover y rendimientos de equipos

4.2.3.1 Costos directos de construcción de subdren P-04

Tabla 44. Costos unitarios de movimiento de material en la construcción de subdren P-04

	UND	Volumen metrado	V. metrado esponjado	Costo unitario (s./m ³)	Parcial (S/.)
Producción de material filtro	m ³	20090.00	20090.00	6.32	127055.68
Acarreo de material inadecuado	m ³	51250.00	71750.00	4.10	293839.92
Acarreo de material drenante	m ³	29520.00	44280.00	5.72	253362.43
Acarreo de material filtro	m ³	11480.00	14924.00	5.33	79533.30
Costo directo (total)					S/753,791.33
Análisis de costos unitarios					
Producción de material filtro					
	Rend.	5300	m ³ /día	Tiempo de ejecución	
	Jornada	10	h/día	T.E. (días)	3
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/./h)	Parcial (s./m³)
Excavadora hidráulica CAT 390D	HM	0.60	0.001	522.78	0.59
Camión de obras civiles CAT 773F	HM	3.00	0.006	482.78	2.73
Cargador frontal CAT 988H	HM	1.00	0.002	658.61	1.24
Excavadora hidráulica CAT 345C	HM	1.00	0.002	269.54	0.51
Motoniveladora CAT 14H	HM	0.60	0.001	269.54	0.31
Chancadora 120 m3/h	HM	1.00	0.002	500.00	0.94
Costo Unitario(C.U.)					6.324

Acarreo de material inadecuado					
	Rend.	7700.00	$m^3/día$	Tiempo de ejecución	
	Jornada	10	h/día	T.E. (Días)	9
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/./h)	Parcial (s/./ m^3)
Excavadora hidráulica CAT 390D	HM	1.00	0.001	522.78	0.68
Camión articulados CAT 740B	HM	7.00	0.009	265.54	2.41
Tractor de orugas CAT D8T	HM	1.00	0.001	340.58	0.44
Excavadora hidráulica CAT 336D	HM	1.00	0.001	269.54	0.35
Motoniveladora CAT 14H	HM	0.60	0.001	269.54	0.21
				Costo Unitario(C.U.)	4.095
Acarreo de material drenante					
	Rend.	5500.00	$m^3/día$	Tiempo de ejecución	
	Jornada	10	h/día	T.E. (Días)	8
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/./h)	Parcial (s/./ m^3)
Excavadora hidráulica CAT 390D	HM	1.00	0.002	522.78	0.95
Camión articulados CAT 740B	HM	8.00	0.015	265.54	3.86
Motoniveladora CAT 14H	HM	0.60	0.001	265.54	0.29
Tractor de orugas CAT D8T	HM	1.00	0.002	340.58	0.62
				Costo Unitario(C.U.)	5.722
Acarreo de material filtro					
	Rend.	7400.00	$m^3/día$	Tiempo de ejecución	
	Jornada	10	h/día	T.E.(Días)	2
Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/./h)	Parcial (s/./ m^3)
Cargador frontal CAT 988H	HM	1.00	0.001	522.78	0.71
Camión articulados CAT 740B	HM	11.00	0.015	265.54	3.95
Motoniveladora CAT 14H	HM	0.60	0.001	265.54	0.22
Tractor de orugas CAT D8T	HM	1.00	0.001	340.58	0.46
				Costo Unitario(C.U.)	5.329

Días estimados 22

Fuente: Elaborado por autor de tesis

4.2.3.2 Gastos generales

Los gastos generales no se pueden optimizar debido a que se presupuesta considerando temas de personal administrativo, alimentación, lavandería, logística, transporte, seguridad y equipos de protección de personal. El monto asciende a **805, 637.51 soles**

4.2.3.3 Costo de combustible

Tabla 45. Consumo de combustible de maquinaria en la construcción del subdren P-04 Botadero Ferrobamba

Item	Equipo	Precio Hr. Maquina (S/.)	Costo Indirecto de Operación 2%	Utilidad 5%	Valor Venta S./h	Número de equipos solicitados	Turno (día y noche	h/guardia	H. de trabajo en la obra (h)	Combustible (g/h)	Combustible (gl)	Costo de combustible (s/.)	
1	Perforadora Atlas Copco ROC L8	514.78	10.30	26.25	551.33	1	1.00	10	100	9.5	950	13775	
2	Excavadora Caterpillar 390DL	522.78	10.46	26.66	559.90	2	1.50	10	600	16	9600	139200	
3	Excavadora Caterpillar 345	269.54	5.39	13.75	288.67	1	1.00	10	150	9	1350	19575	
4	Excavadora Caterpillar 336 DL	269.54	5.39	13.75	288.67	2	1.50	10	750	8.8	6600	95700	
5	Dumper Articulado Caterpillar 740B	265.95	5.32	13.56	284.83	6	2.00	10	2400	5.5	13200	191400	
6	Bulldozer Caterpillar D8T	340.58	6.81	17.37	364.76	2	2.00	10	800	6	4800	69600	
7	Motoniveladora Caterpillar 14H	230.14	4.60	11.74	246.48	1	1.00	6	120	4	480	6960	
8	Camiones Caterpillar 773F	482.784	9.66	24.62	517.06	2	1.00	8	240	12	2880	41760	
9	Cargador Frontal Caterpillar 988H	658.608	13.17	33.59	705.37	1	1.00	10	250	9.5	2375	34437.5	
10	Rodillo Caterpillar	145.024	2.90	7.40	155.32	1	1.00	6	150	4.5	675	9787.5	
11	Cisterna de Agua	265.952	5.32	13.56	284.83	1	1.00	6	150	5.5	825	11962.5	
13	Cisterna de Combustible 5000 GLns	44.54	0.89	2.27	47.70	1	1.00	10	250	2	500	7250	
	Total					21					44235	S/ 641,407.50	
								Costo de combustible (s./gl): 14.5					

Nota: Se realizó el cálculo considerando el rendimiento de las maquinaria y el tiempo que se empleó de 22 días para entrega de la obra.

Fuente: Elaborado por el autor de tesis

4.2.3.4 Costo de construcción del subdren P-04 en Botadero Ferrobamba

Considerando los resultados de rendimiento de los equipos y factor de seguridad de 20 % en caso de afectar condiciones climáticas se llegó a conseguir los siguientes resultados:

Costo total del proyecto: Costos directos + Gastos generales + costo de combustible

Tabla 46. Costo de construcción de subdren P-04 Botadero Ferrobamba . las Bambas 2016

ITEM		Volumen a mover (m ³)	V. metrado esponjado (m ³)	Costo unitario (s/./m ³)	Parcial (S/.)
1.1	Producción de material filtro	20090	20090	20.69	27055.68
1.2	Acarreo de material inadecuado	51250	71750	5.43	293839.92
1.3	Acarreo de material drenante	29520	44280	8.23	253362.43
1.4	Acarreo de material filtro	11480	14924	7.81	79533.30
1.5	Costo de combustible	44235		14.50	641407.50
Subtotal					1'395,198.33
Gastos generales					805,637.51
Costo total del subdren P-04					2'200,836.3

Nota: Se realizó el cálculo considerando rendimiento de equipos y se obtuvo 20 días hábiles para concluir el proyecto.

Fuente: Elaborado por el autor de tesis

Realizando el análisis se propone trabajar con los siguientes equipos:

Tabla 47. Equipos propuestos para construir el subdren p-04 en Botadero Ferrobamba

Equipos de contrato			Equipos propuestos		
Equipo	Precio (S/./h)	N. de eq	Equipos propuestos	Comentarios	Cant. De Eq.
Perforadora Atlas Copco ROC L8	514.78	1	Perforadora Atlas Copco Roc L6	Se podría suplir con la Roc L6, tambien se puede evidenciar rendimiento de perforación lineal de 16 a 25 m/h	1
Excavadora Caterpillar 390DL	522.78	2	Excavadora Caterpillar 390DL	La excavadora Cat 390D, es vital en los frentes de carguio y excavción	2
Excavadora Caterpillar 345	269.54	1	Excavadora Caterpillar 336 DL	La excavadora Cat 336D, tiene rendimiento de 160 m3/h, mayor que la producción de la chancadora que tiene rendimiento de 120 m3/h	1
Excavadora Caterpillar 336 DL	269.54	2	Excavadora Caterpillar 336 DL	Se mantiene esta excavadora por ser el equipo mas liviano	1
Dumper Articulado Caterpillar 740B	265.95	6	Dumper Articulado Caterpillar 740B	Se puede aumentar a 10 camiones articulados.	7
Bulldozer Caterpillar D8T	340.58	2	Bulldozer Caterpillar D8T	Se mantiene el tractor CAT D8T porque es compatible con equipos que se construye	2
Motoniveladora Caterpillar 14H	230.14	1	Motoniveladora Caterpillar 160 H	Se puede reemplazar con motoniveladora de menor tamaño como la CAT 160H	1
Camiones Caterpillar 773F	482.784	2	Dumper Articulado Caterpillar 740B	Mientras que el minado de material inadecuado se ejecuta durante el turno día podemos disponer 03 articulados para acarrear material a la chancadora	3
Cargador Frontal Caterpillar 988H	658.608	1	Cargador Frontal Caterpillar 988H	Tambien se puede emplear cargador Cat 966H para acarrear el material filtro y rechazo de la chancadora movil	1
Rodillo Caterpillar	145.024	1	Rodillo Caterpillar	Se matienen este equipo, para compactar los materiales sueltos en la vía expuestos por la tracción del camión articulados	1
Cisterna de Agua	265.952	1	Cisterna de Agua	El camión cisterna se mantiene por la versatilidad de desplazamiento en mayor pendiente	1
Cisterna de Combustible 5000 GLns	44.54	1	Cisterna de Combustible 5000 GLns	Cisterna de combustible se mantiene	1
Total		21			22

Fuente: Autor de tesis

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Al dimensionar equipos para la construcción de subdren P-04, como antecedente se empleaba excavadora Cat 336D de 1.5 m³ de capacidad de balde para realizar el carguío a camiones articulados CAT 740B de 24 m³ de capacidad caja, en la actualidad empleamos excavadora CAT 390D de 6 m³ de capacidad de balde, con esto se redujo tiempo de carguío. la excavadora CAT 390D también brinda mejor desgarrar al realizar corte de material rocoso y mayor alcance en la excavación, se puede evidenciar en la tabla de especificaciones y rendimiento de la excavadora Cat 390D. También podemos evidenciar el dimensionamiento de los camiones articulados en, donde se aprecia que se requiere para el circuito de acarreo más de 06 camiones debido a que contamos con equipos de mayor capacidad de balde en frentes de carguío, realizando el análisis de tractor de orugas Cat D8T el empuje de material de descarga podemos llegar a conclusión que el tractor tiene rendimiento de 633 m³/h en una distancia de empuje de 15 a 20 m de distancia, esto explica que hay relación con la producción en carguío de la excavadora Cat 390D que tiene rendimiento de 676 m³/h.
- Se logró reducir el tiempo de ejecución de la construcción de subdren P-04 a 20 días, esto permitió reducir los costos de combustible planeado de S/. 924,120.50 a S/. 641,407.50. reduciendo costo de combustible S/.282, 713.00.
- La supervisión de campo es un elemento clave en los trabajos de movimiento de tierras, porque depende de sus decisiones el dimensionamiento de los equipos, la calidad del trabajo, el rendimiento y la buena actitud del personal para entregar los trabajos dentro del plan.

Recomendaciones

1. La excavadora CAT 390D tiene mayor rendimiento en trabajos de excavación y carguío a camiones articulado Cat 740 y CaT 773, excavación de poza, excavación de canal, desquinche de rocas a mayor alcance.
2. La excavadora CAT 390D puede realizar con mayor eficaz la excavación en terrenos duros, mientras las excavadoras livianas Modelo 336D es recomendable realizar trabajos en terrenos suaves a semiduros y trabajos de arte.
3. El cargador frontal CAT 988H es compatible en el carguío de camiones articulado 740B y Camiones rígidos 773F realiza el carguío con mayor seguridad y demuestra mejor rendimiento
4. El cargador frontal CAT 988H al realizar el trabajo de acarreo de material filtro y rechazo proveniente del proceso de chancado cuenta con tiempos muertos porque la producción de la chancadora es 120 m³/h y rendimiento del cargador 988H es 400 m³/h.
5. La excavadora de orugas CAT 345C tiene capacidad de cucharón de 3.1 m³ y su rendimiento es de 230 m³/h. y la chancadora tiene capacidad de producción de 120 m³/h. es recomendable usar excavadora CAT 336D con rendimiento de 160 m³/h de esta manera se puede reducir el consumo de combustible.
6. La motoniveladora CAT 14H tiene rendimiento en mantenimiento en vías de acarreo 27667.5 m²/h, en esta obra es recomendable emplear equipos CAT 120H o 140H para reducir el consumo de combustible.
7. Los tractores CAT D8T su rendimiento en trabajos de empuje de material de descarga es de 700 m³/h y es compatible con acarreo de camiones articulado CAT 740B.
8. Los camiones articulados son recomendables para realizar trabajos en condiciones de vía extremos y trepan con facilidad hasta pendientes de 30 % de inclinación

Bibliografía

- Aguamarket.com. (05 de 10 de 2019). *Aguamarket.com - Diccionario*. Obtenido de <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=7589&termino=material+inadecuado>
- Apaza, D. E. (2017). *Disminución de tiempos improductivos para incrementar la*. Trujillo: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9400/Apaza%20Risco%2C%20Elmer%20Danilo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Recuperado 27/08/2019.
- Aprobada por Resolución Directoral N° 18-2013-MTC/14. (2013). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima: <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2013/Julio/14/RD-18-2013-MTC-14.pdf>, recuperado 01/10/2019.
- Atlas Copco. (2008). *Surface Drilling*. Fourth edition 2008.
- Atlas, Copco. (20 de 12 de 2017). *Plataforma de perforación Atlas Copco para trabajos abiertos*. Obtenido de Plataforma de perforación Atlas Copco para trabajos abiertos: http://nova-prom.com/image/catalog/katalog_burovye_stanki_atlas_copco_razdel_11.pdf
- Aznar, J. A., García, J. J., & Velasco, J. F. (2018). *Mining Waste and Its Sustainable Management*. España: <file:///C:/Users/Concasa/Downloads/minerals-08-00284.pdf> Recuperado 27/10/2019.
- Ballester Muñoz, F., & Peral San Emeterio, Á. (1988). *Aplicación mediante ordenador del factor de acoplamiento en equipos de carga y transporte*. España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Bambas, L. (09 de 2015). *Las Bambas*. (Las Bambas, Intérprete) Perumin 32, Arequipa, Arequipa, Perú. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/208497191/Movimiento-de-Tierras-en-Mineria-Superficial>
- Blanco P., H. (s.f.). *Glozario de terminos (Ingeniería civil)*. https://www.academia.edu/7799970/GLOSARIO_DE_TERMINOS_Ingenier%C3%ADa_civil?auto=download, Recuperado 01/10/2019.
- Casals, M., Forcada, N., & Roca, X. (2003). *A methodology to select construction equipment*. Terrassa, Barcelona, Spain,: <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/isarc2003-01.pdf>. recuperado 01/07/2019.
- Caterpillar 14H. (2002). Motoniveladora CAT 14H. *Especificaciones*, 1-20.
- Caterpillar 336DL. (2008). Excavadora Hidráulica de orugas CAT 336D L. *Especificaciones*, 1-24.
- Caterpillar 345CL. (2005). Excavadora hidráulica de orugas CAT 345C L. *especificaciones*, 1-36.
- Caterpillar 390D. (2010). Excavadora hidraulica de orugas CAL 390D L. *Especificaciones*, 1-28.
- Caterpillar 740B. (2009). Camión articulado 740. *especificaciones*, 1-20.

- Caterpillar 773F. (2006). Maquinarias Pesadas. *Camión de obras 773F especificaciones*, 1-28.
- Caterpillar CS56. (2009). Compactadores de suelos vibratorios CAT CS56. *Especificaciones*, 1-20.
- Caterpillar D10T. (2010). Tractor de cadenas CAT D10T. *Especificaciones*, 1-20.
- Caterpillar D8T. (2014). Tractor de cadenas CAT D8T. *Especificaciones*, 1-20.
- Caterpillar M.R.C. (2009). *Manual de rendimiento caterpillar*. EE.UU.: Edición 39.
- Caterpillar M.R.C. (2012). *Manual de rendimiento Caterpillar*. EE. UU.: Edición 42.
- Cherné, T. J., & Gonzales, A. (s.f.). *Maquinaria en el movimiento de tierras*. Construcciones Industriales 5º Ingeniería Industrial. Obtenido de Movimiento de Tierras : <https://grupos.unican.es/gidai/web/assignaturas/CI/MMT.pdf>
- DeConceptos.com. (11 de 10 de 2019). *DeConceptos.com*. Obtenido de DeConceptos.com: <https://deconceptos.com/ciencias-sociales/supervisor>
- Huamán, J. C. (2008). Criterios de selección y reemplazamiento de equipo. En J. C. Huamán. Lima - Perú: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/2145/Barreto_hj.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Recuperado 01/07/2019.
- INGEMMET. (2009). *Geología economica de la región Apurímac*. Lima: INGEMMET.
- Jimenez, G. J. (2005). *Rendimiento de la maquinaria pesada*. Instituto Tecnológico de Oaxaca: Departamento de ciencias de la tierra.
- Kumar, S. P., Norval, S., & Bharti, S. (01 de 07 de 2018). *ANALYSIS OF PERFORMANCE OF HEAVY EARTH MOVING MACHINERIES IN AN OPEN CAST METAL MINE*. Indía: https://www.researchgate.net/publication/328233985_ANALYSIS_OF_PERFORMANCE_OF_HEAVY_EARTH_MOVING_MACHINERIES_IN_AN_OPEN_CAST_METAL_MINE. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/328233985_ANALYSIS_OF_PERFORMANCE_OF_HEAVY_EARTH_MOVING_MACHINERIES_IN_AN_OPEN_CAST_METAL_MINE. Recuperado 01/07/2019
- Las Bambas. (2010). *Estudio de impacto ambiental proyecto las Bambas*. Arequipa: Informe N° 089-4152085.
- Mamani, I. F. (Junio de 2017). *Instituto de ingenieros de minas del Perú*. Obtenido de Construcción de botaderos de gran altura: <http://www.mineriaonline.com.pe/tecnico-cientifico/construccion-de-botaderos-de-gran-altura> Recuperado 28/08/2019
- Maquinarias pesadas. (15 de 11 de 2017). *Manual de entrenamiento: Perforadoras Roc L6/L8 Atlas Copco*. Obtenido de <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/369-manual-entrenamiento-perforadoras-roc-l6l8-atlas-copco>

- Mauricio, G. W. (2015). *Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo*. Lima: file:///C:/Users/Concasa/Downloads/mauricio_qg.pdf Recuperado 27/08/2019.
- Peter, b. C., Lighthall, C., Sellars, D., & Burton, W. (1985). *DESIGN OF WASTE DUMPS WITH FLOW-THROUGH ROCK DRAINS*. Colombia Britanica: <https://pdfs.semanticscholar.org/a332/a113b102f797af050831946101ab423fb677.pdf> Recuperado 26/08/2019.
- Rivera, M. (Marzo de 2011). *Yacimientos minerales del Perú*. (M. Rivera, Intérprete) Instituto de ingenieros de minas del Perú, Lima, Lima, Perú.
- Sanchez, L. (16 de 03 de 2010). *Emprende Pyme.net*. Obtenido de Emprende Pyme.net: <https://www.emprendepyme.net/que-es-un-supervisor.html>
- Suarez, J. (18 de 11 de 1998). *Deslizamiento - Tecnicas de remediación*. Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Obtenido de Capitulo II Obras de drenaje y subdrenaje: file:///C:/Users/Concasa/Downloads/librodeslizamientost2_cap2%20(1).pdf
- Suarez, J. (s.f.). *Deslizamientos: Tecnicas de remediación*. www.erosion.com.co. Recuperado 28/08/2019.
- Ullah, A., Islam, S., Khattak, S. B., Rahman, S. U., Maqsood, S., & Ullah, M. (2015). *MAINTENANCE SYSTEM FOR HEAVY EARTH MOVING EQUIPMENT*. Peshawar: https://www.researchgate.net/publication/297136914_MAINTENANCE_SYSTEM_FOR_HEAVY_EARTH_MOVING_EQUIPMENT. recuperado 01/07/2019.
- Vidal, M. A. (2010). *Estudio de cálculo de flotas para una operación minera a cielo abierto*. Lima: Pontificia universidad Católica del Perú.

Anexos

Anexo 01: Subdrenes construidos en Botadero Ferrobamba



Imagen 22. Subdren P-01 en Botadero Ferrobamba.

Fuente: Autor de Tesis



Imagen 23. Subdren principal P-01. Tapado con material filtro.

Fuente: Autor de Tesis



Imagen 24. Subdren secundario S-03 en Botadero Ferrobamba

Fuente: Autor de tesis



Imagen 25. Subdren principal P-04 del Botadero Ferrobamba

Fuente: Autor de Tesis



Imagen 26. Vista de eliminación de material inadecuado en la proyección de subdren P-04

Fuente: Autor de tesis



Imagen 27. Enrocado de subdren P-04 Botadero Ferrobamba

Fuente: Autor de Tesis



Imagen 28. Evidencias del funcionamiento del subdren P-04 Botadero Ferrobamba

Fuente: Autor de tesis



Imagen 29. Depósito de material inadecuado en Botadero Ferrobamba

Fuente: Autor de tesis

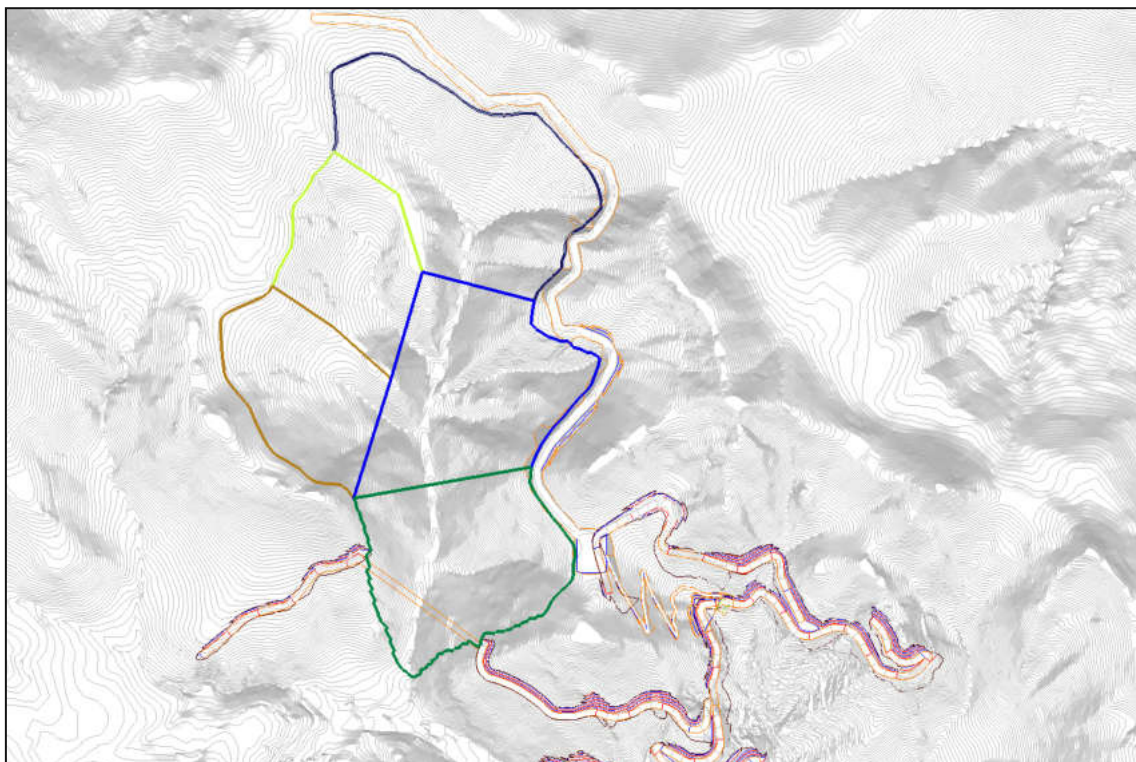


Figura 41. Vista panorámica de Botadero Ferrobamba

Fuente: Planeamiento mina

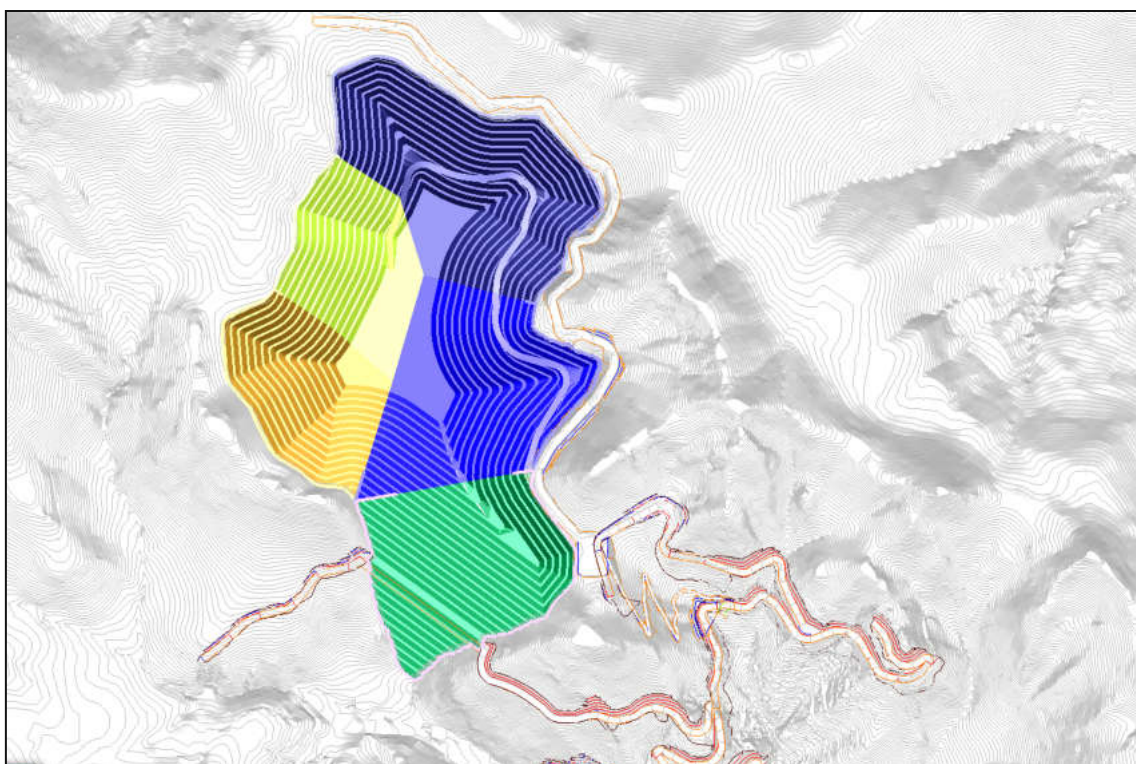


Figura 42. Diseño en 3D la descarga de material en Botadero Ferrobamba

Fuente: Planeamiento Mina

Anexo 02: Cuadros de cálculo de rendimiento de las maquinarias

Calculo de rendimiento de tractor de Orugas D8T

Factores de corrección según las condiciones de trabajo	Tractor de cadenas	Distancia de empuje (m.)	30		Distancia de empuje (m.)	60	
Operador:		Demora durante el ciclo de trabajo	Vel. Prom. (km/h)	Tiempo (seg)	Demora durante el ciclo de trabajo	Vel. Prom. (km/h)	Tiempo (seg)
Excelente	1	Puesta e movimiento e hínca de la hoja		1	Puesta e movimiento e hínca de la hoja		1
Bueno	0.75	Excavación	3.4	32	Excavación	3.4	64
Deficiente	0.6	Parada		0	Parada		0
Material:		Giro		0	Giro		0
Suelto y amontonado	1.2	Inversión en marcha		0	Inversión en marcha		0
Difícil de cortar; congelado;- con cilindro de inclinación lateral	0.8	Retroceso	6.1	18	Retroceso	6.1	35
sin cilindro de inclinación lateral	0.7	Parada		0	Parada		0
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, no cohesivo) o material muy pegajoso.	0.8	Giro		0	Giro		0
Rocas desgarradas o de voladura	0.60-0.80	Inversión en marcha		0	Inversión en marcha		0
Empuje por metodo zanja	1.2	T Ciclo de trabajo (seg)		50.469624	T Ciclo de trabajo		100
Con dos tractores juntos	1.15-1.25	Capacidad de hoja	SU GLP (m3)	8.5	Capacidad de hoja	SU GLP (m3)	8.5
Visibilidad:							
Polvo, lluvia, nive, niebla, oscuridad	0.8	Factor de corrección	Criterio		Factor de corrección	Criterio	
Eficiencia del trabajo:		Operador	bueno	0.75	Operador	bueno	0.75
50 min/h	0.83	Material	suelto		Material	desgarrado y dinamitada	0.6
40 min/h	0.67	Empuje por método	Zanja	1.2	Empuje por método	Zanja	1.2
Hojas		Eficiencia de trabajo	50 min/h	0.83	Eficiencia	50 min/h	0.83
Ajuste según la capacidad SAE de la hoja básica que se usa en las gráficas de los cálculos de producción		Visibilidad	polvo	0.8	Visibilidad	polvo	0.8
Pendientes - Vea grafica		Corrección de la pendiente	5%	1.1	Corrección de la pendiente	5%	1.1
		Corrección de la densidad	1800 kg/m3	0.77	Corrección de la densidad	1800 kg/m3	0.77
		N° pasadas/hora		71	N° pasadas/hora		36
		Producción teórica (m3/h)		606	Producción teórica (m3/h)		306
		Producción real (m3/h)		368	Producción real (m3/h)		93
		Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar edición 39					

Fuente: Calculo elaborado por el autor de la tesis

Calculo de rendimiento de tractor de Orugas D10T

Factores de corrección según las condiciones de trabajo		Tractor de cadenas	
Operador:			
Excelente		1	
Bueno		0.75	
Deficiente		0.6	
Material:			
Suelto y amontonado		1.2	
Difícil de cortar; congelado;- con cilindro de inclinación lateral		0.8	
sin cilindro de inclinación lateral		0.7	
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, no cohesivo) o material muy pegajoso.		0.8	
Rocas desgarradas o de voladura		0.60-0.80	
Empuje por método zanja		1.2	
Con dos tractores juntos		1.15-1.25	
Visibilidad:			
Pobro, lluvia, nieve, niebla, oscuridad		0.8	
Eficiencia del trabajo:			
50 min/h		0.83	
40 min/h		0.67	
Hojas			
Ajuste según la capacidad SAE de la hoja básica que se usa en las gráficas de los cálculos de producción			
Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar edición 39			

Distancia de empuje (m.)		30	
Demora durante el ciclo de trabajo		Vel. Prom. (km/h)	Tiempo (seg)
Puesta e movimiento e hincia de la hoja			1
Excavación		4	27
Parada			0
Giro			0
Inversión en marcha			0
Retroceso		7.2	15
Parada			0
Giro			0
Inversión en marcha			0
T Ciclo de trabajo			43
Capacidad de hoja	SU GLP (m3)	18.5	
Factor de corrección	Criterio		
Operador	bueno	0.75	
	desgarrado y dinamitado	0.6	
Material			
Corrección de la pendiente	5%	1.1	
Eficiencia	50 min/h	0.83	
Visibilidad	polvo	0.8	
Corrección de la pendiente	5%	1.1	
Corrección de la densidad	1800 kg/m3	0.77	
Nº pasadas/hora		84	
Producción teórica (m3/h)		1549	
Producción real (m3/h)		431	

Distancia de empuje (m.)		60	
Demora durante el ciclo de trabajo		Vel. Prom. (km/h)	Tiempo (seg)
Puesta e movimiento e hincia de la hoja			1
Excavación		4	54
Parada			0
Giro			0
Inversión en marcha			0
Retroceso		7.2	30
Parada			0
Giro			0
Inversión en marcha			0
T Ciclo de trabajo			85
Capacidad de hoja	SU GLP (m3)	18.5	
Factor de corrección	Criterio		
Operador	bueno	0.75	
	desgarrado y dinamitado	0.6	
Material			
Corrección de la pendiente	5%	1.1	
Eficiencia	50 min/h	0.83	
Visibilidad	polvo	0.8	
Corrección de la pendiente	5%	1.1	
Corrección de la densidad	1800 kg/m3	0.77	
Nº pasadas/hora		42	
Producción teórica (m3/h)		784	
Producción real (m3/h)		218	

Fuente: Cálculo elaborado por el autor de la tesis

Calculo de rendimiento de excavadora de orugas CAT 390D L

Transporte		Carguio en cantera			
Ciclo de la excavadora	Tiempo (seg.)	Ciclo de la excavadora	Tiempo (seg.)	Fe: Factor de eficacia de la maquina, entre Factor de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno	70-80 % Fe'
Excavación y carga	6	Excavación y carga	6		
Inversión en marcha	1	Inversión en marcha	1	Terreno flojo	90-100 %
Retroceso cargada	3	Retroceso cargada	3	Terreno medio	80-90 %
Giro	1	Giro cargado	1	Terreno duro	50-80 %
Parar	1	Parar	1	Tiempo de duración en segundos	Tc
Descenso carga	4	Descenso carga	4	Terreno flojo	15-20 seg.
Invertir marcha	1	Invertir marcha	1	Terreno medio	20-25 seg.
Transporte	L/12*3.6	Transporte	4.5	Terreno duro	25-30 seg.
Parar	1	Parar	1		
Voltear carga	4	Voltear carga	4		
Invertir marcha	1	Invertir marcha	1		
Retroceder	2	Retroceder	2		
Giro	1	Giro vacio	1	$R \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{Tc}$	402.6
Avance frente	L/20*3.6	Avance frente	2.7		
Parar	1	Parar	1		
T. Total		T. Total	34.2		
Distancia (m)	15				
$TOTAL = 27 + 3.6L \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{20} \right) \text{ seg}$					
	34.182				

Fuente: Cherneré T. Juan, Movimiento de tierras - construcciones industriales pág. 72-75

Fuente: Calculo elaborado por el autor de la tesis

Calculo de rendimiento de excavadora de orugas CAT 345C L

Transporte		Carguio en cantera			
Ciclo de la excavadora	Tiempo (seg.)	Ciclo de la excavadora	Tiempo (seg.)	Factor de eficacia de la maquina, entre	70-80 %
Excavación y carga	6	Excavación y carga	6	Factor de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno	
Inversión en marcha	1	Inversión en marcha	1	Terreno flojo	90-100 %
Retroceso cargada	3	Retroceso cargada	3	Terreno medio	80-90 %
Giro	1	Giro cargado	1	Terreno duro	50-80 %
Parar	1	Parar	1	Tiempo de duración en segundos	
Descenso carga	4	Descenso carga	4	Terreno flojo	15-20 seg.
Invertir marcha	1	Invertir marcha	1	Terreno medio	20-25 seg.
Transporte	L/12*3.6	Transporte	6	Terreno duro	25-30 seg.
Parar	1	Parar	1		
Voltear carga	4	Voltear carga	4		
Invertir marcha	1	Invertir marcha	1	$R\left(\frac{m^3}{h}\right) = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{Tc}$	250.82
Retroceder	2	Retroceder	2		
Giro	1	Giro vacio	1		
Avance frente	L/20*3.6	Avance frente	3.6		
Parar	1	Parar	1		
T. Total	36.6	T. Total	36.6		
Distancia	20				
$TOTAL = 27 + 3.6L\left(\frac{1}{12} + \frac{1}{20}\right) \text{ seg}$					
Fuente: Chierne T. Juan, Movimiento de tierras - construcciones industriales pág. 72-75					

Fuente: Calculo elaborado por el autor de la tesis

Calculo de rendimiento de excavadora de orugas CAT 336D L

Transporte		Carguio en cantera			
Ciclo de la excavadora	Tiempo (seg.)	Ciclo de la excavadora	Tiempo (seg.)	Factor de eficacia de la maquina, entre	70-80 %
Excavación y carga	6	Excavación y carga	6	Factor de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno	
Inversión en marcha	1	Inversión en marcha	1	Terreno flojo	90-100 %
Retroceso cargada	3	Retroceso cargada	3	Terreno medio	80-90 %
Giro	1	Giro cargado	1	Terreno duro	50-80 %
Parar	1	Parar	1	Tiempo de duración en segundos	
Descenso carga	4	Descenso carga	4	Terreno flojo	15-20 seg.
Invertir marcha	1	Invertir marcha	1	Terreno medio	20-25 seg.
Transporte	L/12*3,6	Transporte	6	Terreno duro	25-30 seg.
Parar	1	Parar	1		
Voltear carga	4	Voltear carga	4	$R \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{Tc}$	112.9
Invertir marcha	1	Invertir marcha	1		
Retroceder	2	Retroceder	2		
Giro	1	Giro vacio	1		
Avance frente	L/20*3,6	Avance frente	3,6		
Parar	1	Parar	1		
T. Total	36.6	T. Total	36.6		
Distancia	20				
$TOTAL = 27 + 3.6L \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{20} \right) \text{ seg}$					
Fuente: Cherné T. Juan, Movimiento de tierras - construcciones industriales pág. 72-75					

Fuente: Calculo elaborado por el autor de la tesis

Calculo de rendimiento de camión articulados CAT 740B

	Equipo								
	CAT 345D	CAT 390D	CAT 988H	CAT 966H	Excavadoras hidráulicas	385C	365C	345D	
Capacidad manual del cucharón (m3)	4	6	7	4	Capacidad del Cargador (Toneladas) _ 50 hr. Mín	954-1,193	750-1,100	665-805	
Factor de cucharón	0.9	0.9	0.9	0.9	Capacidad del Cargador (Toneladas) _ 50 hr. Mín	1,049-1,314	825-1,210	735-885	
Capacidad real del cucharón	3.6	5.4	6.3	3.6	Pasadas	3 _ 4	5	6	
Tipo de material					Fuente: Especificaciones del camión articulado 740				
Tiempo pasadas (min)	0.33	0.33	0.42	0.42					
Distancia de acarreo (m)	2000	3000	2000	2000	Cargador de ruedas	988H	980H	972H	966H
Capacidad del Camión (m3)	24	24	24	24	Capacidad del Cargador (Toneladas) _ 50 hr. Mín	565-790	590-650	490-565	400-535
Factor de llenado de Camión	0.9	0.8	0.9	0.9	Capacidad del Cargador (Toneladas) _ 50 hr. Mín	625-870	650-717	540-625	440-590
Capacidad operativo del cucharón (m3)	21.6	19.2	21.6	21.6	Pasadas	3 _ 4	4	5	5 _ 6
Nro. Pasadas	6.0	3.6	3.4	6	Fuente: Especificaciones del camión articulado 740				
Velocidad de acarreo (km/h)	20.00	20	20	20					
Velocidad vuelta vacío (km/h)	30	30	30	30					
Tiempos									
Tiempo de carguio (min)	2.0	1.2	1.4	2.5					
Tiempo ida cargado	6	9	6	6					
Tiempo de descarga (min)	0.62	0.62	0.62	0.62					
Tiempo vuelta vacío (min)	4	6	4	4					
Tiempo Ciclo (min)	12.62	16.80	12.05	13.12					
Camiones 740B necesarios									
Nro. Camiones	6	14	8	5					
Producción por hora									
Nro. Viajes por hora	4.76	3.57	4.98	4.57					
Volumen (m3/h)	102.7	68.6	107.6	98.8					

Fuente: Calculo elaborado por el autor de la tesis

Calculo de rendimiento de camión rígido CAT 773F

	Equipo				
	CAT 345D	CAT 390D	CAT 988H	CAT 992K	
Capacidad manual del cucharón (m3)	4	6	7	11	
Factor de cucharón	0.9	0.9	0.9	0.9	
Capacidad real del cucharón	3.6	5.4	6.3	9.9	
Tipo de material	Común	Común	Común	Común	
Tiempo pasadas (min)	0.33	0.33	0.52	0.52	
Distancia de acarreo (m)	750	750	750	750	Sistemas adaptados. El 773F ha sido diseñado para trabajar como un óptimo sistema de carga con el Cargador de Ruedas 988H, que lo puede cargar en 4 pasadas, y con el 990H, que lo puede cargar en 3 pasadas y con la Excavadora Hidráulica 385C, que la puede cargar en 6 pasadas
Capacidad del Camión (m3)	35	35	35	35	
Factor de llenado de Camión	0.9	0.85	0.9	0.9	
Capacidad operativo del cucharón (m3)	31.5	29.75	31.5	31.5	
Nro. Pasadas	8.8	5.5	5.0	3.18	
Velocidad de acarreo (km/h)	20.00	20	20	20	
Velocidad vuelta vacío (km/h)	30	30	30	30	
Tiempos					Fuente: Especificaciones de camión de obras civiles 773 pág. 15
Tiempo de carguio (min)	2.9	1.8	2.6	1.64	
Tiempo ida cargado	2.25	2.25	2.25	2.25	
Tiempo de descarga (min)	0.62	0.62	0.62	0.62	
Tiempo vuelta vacío (min)	1.5	1.5	1.5	1.5	
Tiempo Ciclo (min)	7.3	6.2	7.0	6.0	
Camiones 740B necesarios					
Nro. Camiones	2	3	3	4	
Producción por hora					
Nro. Viajes por hora	8.24	9.67	8.63	9.98	
Volumen (m3/h)	259.5	287.8	271.9	314.4	

Fuente: Calculo elaborado por el autor de la tesis

Calculo de rendimiento de motoniveladora CAT 14H

Rendimiento de motoniveladora				Longitud de la vertedera m	Longitud efectiva, m angulo de la hoja 30 grados	Longitud efectiva, m angulo de la hoja 45 grados
$A = S * (Le - Lo) * 100 * E$				3.658	3.17	2.59
				3.962	3.43	2.8
				4.267	3.7	3.02
A= Area de operación horaria (m2/h)				4.877	4.22	3.45
S= Velocidad de operación (km/h)				7.315	6.33	5.17
Le= Longitud efectiva de la hoja (m)						
Lo= Ancho de superposición (m)						
E= Eficiencia de trabajo				Ancho de superposición	0.6	2 pies
				Eficiencia del trabajo:	70%	85%
Velocidad de operación:						
Velocidades de operación típicas por aplicación:				Producción de motoniveladora:	Modelo	CAT 14H
	V. min(km/h)	V max (km/h)	V. prom. (km/h)		m2/hr	Hectarias/hr
Nivelación y acabado:	0	4	2	Nivelación y acabado:	5270.00	0.53
Trabajo pesado con la hoja:	0	9	4.5	Trabajo pesado con la hoja:	11857.50	1.19
Reparación de zanjas:	0	5	2.5	Reparación de zanjas:	6587.50	0.66
Desgarramiento:	0	5	2.5	Desgarramiento:	6587.50	0.66
Mantenimiento de carreteras:	5	15	10	Mantenimiento de carreteras:	26350.00	2.64
Mantenimiento de caminos de acarreo:	5	16	10.5	Mantenimiento de caminos de acarreo:	27667.50	2.77
Movimiento de nieve:	7	21	14	Movimiento de nieve:	36890.00	3.69
Limpieza de nieve:	15	28	21.5	Limpieza de nieve:	56652.50	5.67

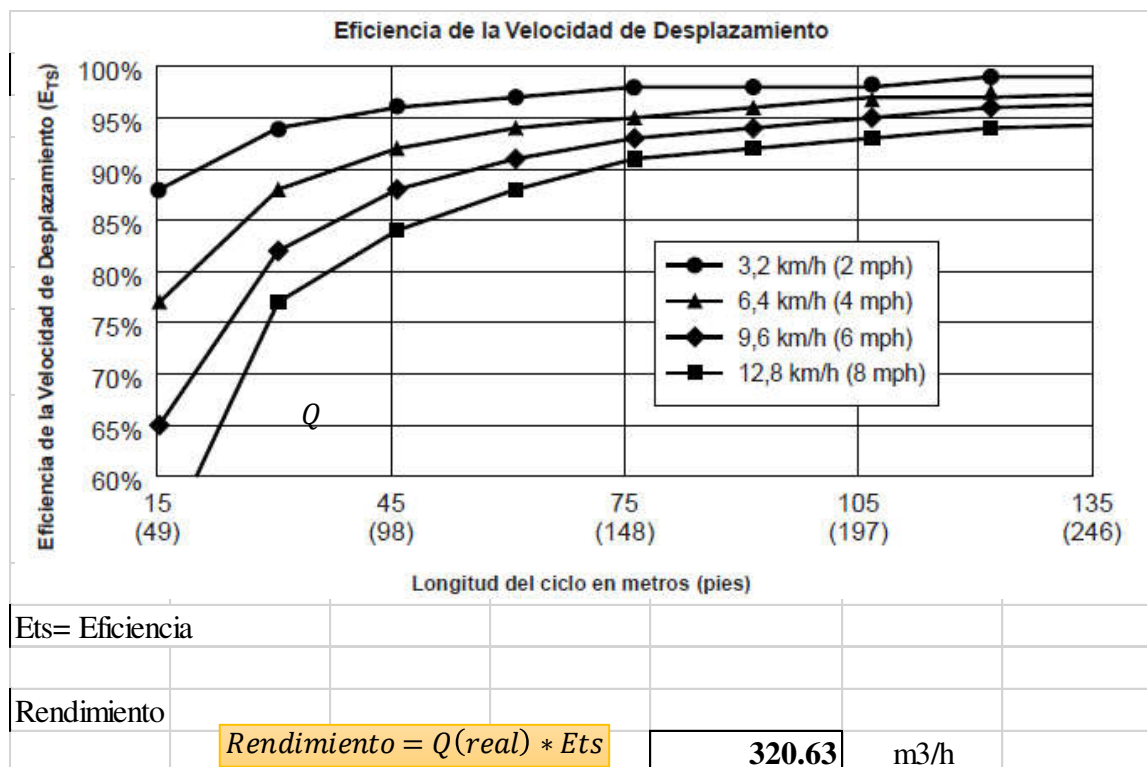
Fuente: Calculo elaborado por el autor de la tesis

Calculo de rendimiento de cargador frontal CAT 988H

Factores que influyen en el rendimiento de cargadores frontales a ruedas											
Tiempo ciclo de cargadores						Eficiencia de trabajo				Producción requerido	
Modelo	T(min)			min/h. de trab.	Factor					988H	
	minimo	medio	maximo								
914G-962H	0.45	0.48	0.5	55	0.92					Tiempo de ciclo	
966H-980H	0.5	0.53	0.55	50	0.83					Ciclo basico	0.55
988H-990H	0.55	0.58	0.6	45	0.75					Material	>150 mm
992K-994K	0.6	0.65	0.7	Fuente: Caterpillar performance handbook edition 47.						Varios	
Fuente: Caterpillar performance handbook edition 47.										Camión I.	0.04
										Trab. Const	-0.04
Maquinaria											
Manipulador de materiales				-0.05							
Materiales											
Mezclados				0.02						Ciclo total	0.58
Hasta 3 mm (1/8 pulg)				0.02							
De 3 mm (1/8 pulg) a 20 mm (3/8 pulg)				-0.02						Nro. Ciclos / hora	86.21
De 20 mm (1/8 pulg) a 150 mm (6 pulg)				0							
Más de 150 mm (6 pulg)				0.03							
Banco o fracturado				0.04						Volumen del cucharón(m3)	7
Pila											
Apilado por transportador o tapadora a mas de 3 m (10 pies)				0							
Apilado por transportador o tapadora a menos de 3 m (10 pies)				0.01							
Descargado por camión				0.02							
Varios											
Mismo propietario de camiones y cargadores				Hasta		-0.04					
Propietario independiente de camiones				Hasta		0.04					
Operación constante				Hasta		-0.04					
Operación intermitente				Hasta		0.04					
Punto de carga pequeño				Hasta		0.04					
Punto de carga fragil				Hasta		0.05					
Fuente: Caterpillar performance handbook edition 47.											

Calculo de rendimiento de rodillo liso CAT S5C

CALCULO DE PRODUCCIÓN														
Las tablas en esta sección indican los cálculos de producción suponiendo las siguientes condiciones										$Q(real) = Q(supuesto) * Fs * Ft * Fp$				337.5
Velocidad nominal de desplazamiento de la máquina: 6,4 km/h (4,0 mph)														
Ancho de superposición de compactación: 15,2 cm (6,0 pulgadas)										Q(real)=Productividad ajustada				
Los valores en la tabla dan valores de producción representativos para tres condiciones frecuentes en construcción: Zanjas, carreteras y areas abiertas (> 15 m o 50 pies).										Q(supuesto)= Productividad de la tabla				
										Fs= Ajuste de la velocidad de la maquina				
Modelo	Ancho del tambor		Espesor de la capa		Pasadas necesarias	Cálculo de producción				Ft= Ajuste por el espesor de la capa				
	cm	pulg	cm	pulg			Zanja de 3,7 m (12 pies)	Base de carretera 9,15 m (30 pies)	Areas abiertas	Fp=Ajuste por el numero de pasadas				
CS323C	127.0	50	10.2	4	6	m3/hr	80	111	122					
CS423E, CS433E	167.6	66	10.2	4	4	m3/hr	159	249	249	$Fs = \frac{Velocidad\ real}{velocidad\ supuesta}$				0.63
CS533E, CS56	213.4	84	15.2	6	6	m3/hr	239	299	324					
CS64	213.4	84	15.2	6	5	m3/hr	—	373	405	$Fs = \frac{Espesor\ real}{espesor\ supuesta}$				2.00
CS74	213.4	84	15.2	6	4	m3/hr	—	448	486					
CS76	213.4	84	15.2	12	6	m3/hr	—	598	648	$Fs = \frac{Pasadas\ reales}{pasadas\ supuestas}$				0.83
CS76 XT	213.4	84	15.2	12	4	m3/hr	—	896	972					
CP323C	127.0	50	15.2	6	6	m3/hr	120	133	183					
CP433E	167.6	66	15.2	6	6	m3/hr	159	199	249					
CP533E, CP56	213.4	84	30.5	12	6	m3/hr	478	647	647					
CP76	213.4	84	30.5	12	6	m3/hr	—	598	648					



Fuente: Calculo elaborado por el autor de la tesis

Anexo 03: Ingeniería de detalle de Botadero Ferrobamba

