

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RENDIMIENTO REAL DE MAQUINARIA PESADA PARA EXCAVACIÓN EN MOVIMIENTO DE TIERRAS EN CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS DE UN PROYECTO MINERO EN CAJAMARCA”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:
Ingeniero Civil

Autor:

Jaime Cercado Atalaya

Asesor:

Mg. Ing. Hugo Emmanuel Rodríguez Chico
<https://orcid.org/0000-0001-8936-5986>

Cajamarca - Perú

2024

INFORME DE SIMILITUD

Trabajo de Suficiencia profesional FINAL.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	revista-ps.costosperu.com Fuente de Internet	<1%
2	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	docslide.us Fuente de Internet	<1%
4	edoc.pub Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1%
7	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Instituto Tecnológico de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1%
9	Submitted to Submitted on 1688570618161 Trabajo del estudiante	

Tabla de contenidos

INFORME DE SIMILITUD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
RESUMEN EJECUTIVO	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Contextualización de la Experiencia Profesional.....	14
1.2. Año de Fundación de la Empresa	16
1.3. Organigrama de la Empresa	17
1.4. Tipos de Productos o Servicios que Brinda.....	19
1.5. Información Relevante de la Empresa	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	25
2.1. Bases Teóricas Aplicadas.....	27
2.1.1. Movimiento de Tierras	27
2.1.2. Criterio Organizacional de una Obra de Movimiento de Tierras	29
2.1.2.1. Características del Terreno y/o Tipo de Suelo.....	30
2.1.2.2. Altitud y geografía de trabajo.....	30
2.1.2.3. Condiciones Ambientales.	31
2.1.2.4. Caminos Auxiliares de Acarreo.	31
2.1.2.5. Evaluación de los Volúmenes de Trabajo (cubicación).	32
Volumen en Banco.	33
Volumen Suelto.	33
Volumen Compactado.	33
Factor volumétrico de conversión o factor de expansión.....	33
Factor de compresibilidad.....	33
2.1.2.6. Productividad del Equipo.	33
2.1.2.7. Selección del Equipo.	34
2.1.2.8. Plazo de Ejecución.	34
2.1.2.9. Costo de la Obra.	35
2.1.3. Estados de Materiales Durante el Proceso.....	35
2.1.3.1. Corte de Material Suelto.....	36
2.1.3.2. Corte Roca Suelta.	36
2.1.3.3. Corte Roca Fija.....	38
2.1.4. Maquinaria para Movimiento de Tierras	40
2.1.5. Tipos de Máquinas para Movimiento de Tierras.....	40
2.1.5.1. Máquinas que Excavan y Trasladan la Carga.	41

2.1.5.2. Máquinas que Excavan Situadas Fijas.....	41
2.1.5.3. Máquinas Especiales.....	42
2.1.6. Características de Maquinaria de Movimiento de Tierras.....	42
2.1.6.1. Partes de una Excavadora.	43
2.1.6.2. Pluma y Brazo de la Excavadora 336D2L.	44
2.1.6.3. Identificación de Excavadora CAT 336D2 LME.....	44
2.1.6.4. Especificaciones Generales de la Excavadora.....	45
2.1.7. Elección de Excavadora para Movimiento de Tierras.....	48
2.1.7.1. Potencia del Motor.....	50
Perdida de Potencia por altura.	50
2.1.7.2. Velocidad de la Maquina y Trabajo.	51
2.1.7.3. Capacidad de Carga.....	51
2.1.7.4. Tecnología.....	52
2.1.8. Rendimientos de Excavadora.....	54
2.1.8.1. Rendimiento Teórico.	55
Carga Útil del Cucharón.	56
2.1.8.2. Calculo de los Tiempos para el Rendimiento Teórico.	58
Tiempo Según Condiciones de Excavación (Texc.).	58
Tiempo Según el Angulo de Giro.....	59
Tiempo de Descarga.	59
2.1.8.3. Rendimiento Teórico – Práctico.....	62
2.1.8.4. Rendimiento Real.	64
2.1.9. Factores y Coeficientes Principales de Rendimientos.....	64
2.1.9.1. Factor de Capacidad del Operador (Fco).	64
2.1.9.2. Factor Tipo de Material (Ftm).	65
2.1.9.3. Factor Eficiencia de Trabajo (Fet)	66
2.1.9.4. Factor de Altitud del Terreno (Fat).....	66
2.1.9.5. Factor de Visibilidad (Fv).	67
2.1.9.6. Factor de Maniobra (Fm).	67
2.1.9.7. Factor de Acarreo (Fa).	68
2.1.9.8. Factor Volumétrico del Terreno (Fvt).....	68
2.1.9.9. Factor de Pendiente del Terreno (Fpt).	69
2.1.10. Productividad – Filosofía Lean	69
2.1.10.1. Productividad.....	69
2.1.10.2. Filosofía Lean.	70
2.1.10.3. Sistema de Producción Toyota (Toyota Production System).....	71
2.1.10.4. Lean Construction.	72
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	73
3.1. Personas Involucrado en el Proyecto Laboral	74
3.2. Funciones que Desarrolle en el Proyecto.....	75
3.3. Ubicación del Proyecto	75
3.4. Problema del Proyecto.....	77
3.5. Finalidad, Objetivo y Metas del Proyecto	78
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos.....	78
3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos.....	79

3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos	79
3.7. Desarrollo del Trabajo y Etapas	79
3.7.1. Rendimiento real para licitación.....	79
3.7.1.1. Calculo de la Carga útil del Cucharón.	80
3.7.1.2. Calculo del Tiempo por Ciclo.....	81
3.7.1.3. Determinación del Rendimiento Teórico.....	81
3.7.1.4. Elección de los Factores de Corrección.	82
3.7.1.5. Determinación del Rendimiento Real para Licitación	83
3.7.2. Rendimiento Real en Campo.....	84
3.7.3. Rendimiento por Volumen de Valorización.....	89
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	90
4.1. Resultados del Rendimiento de Excavadora para Licitación	90
4.2. Resultados del Rendimiento Real por Ciclo de Excavación.....	91
4.3. Rendimiento Real por Volumen de Excavación.....	92
4.4. Comparación de los Rendimientos Reales.....	92
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
5.1. Conclusiones.....	95
5.2. Recomendaciones	97
REFERENCIAS	99
ANEXOS	101
ANEXO A: Rendimiento de retroexcavadora sierra más de 3,800 m.s.n.m.	101
ANEXO B: Correo de adjudicación de la buena pro de licitación: “Servicio de Construcción de Accesos, Plataformas y Pozas de Sedimentación – LAZ10923”	102
ANEXO C: Organigrama Especifico – Inversiones e Industrias Sánchez S.A.C.	103
ANEXO D: Formato de recojo de información	104
ANEXO E: Panel Fotográfico.	105
ANEXO F: Propiedad Intelectual y Confidencialidad	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Altitud m.s.n.m. a tener en cuenta en los trabajos a organizar.....	30
Tabla 2 Rendimiento por tipo de corte de material suelto	36
Tabla 3 Rendimiento por tipo de corte en roca suelta.....	37
Tabla 4 Excavación y desquinche en roca suelta	37
Tabla 5 Perforación y disparo en roca suelta	38
Tabla 6 Rendimiento por tipo de corte en roca fija.....	38
Tabla 7 Excavación y desquinche en roca fija	39
Tabla 8 Perforación y disparo en roca fija	39
Tabla 9 Características de la pluma y brazo de excavadora.....	44
Tabla 10 Especificaciones generales de excavadora 336D2 LME	46
Tabla 11 Capacidad aproximado de llenado de lubricantes de excavadora 336D2L ME	47
Tabla 12 Características de excavadoras Caterpillar a elegir.....	53
Tabla 13 Factor de llenado del Cucharón según manipulación	57
Tabla 14 Factor de llenado del cucharón cargador de ruedas, por tipo de material..	57
Tabla 15 Tiempo de excavación maquinas (Texc)	58
Tabla 16 Tiempo de giro y condición de trabajo	59
Tabla 17 Tiempo de descarga del cucharón	59
Tabla 18 Estimador de eficiencia del trabajo	60
Tabla 19 Tabla de estimación de producción (m ³ /h).....	61
Tabla 20 Rendimiento retroexcavadora para la sierra con más de 3,800 m.s.n.m....	63
Tabla 21 Factor de Capacidad del operador.....	65
Tabla 22 Factor tipo de material y zona de trabajo	65
Tabla 23 Factor de eficiencia en el trabajo	66
Tabla 24 Factor de altitud del terreno	66
Tabla 25 Factor de Condición de visibilidad en obra	67
Tabla 26 Factor de maniobra.....	67
Tabla 27 Factor de acarreo	68
Tabla 28 Factor volumétrico del terreno	68

Tabla 29	Accesibilidad de ubicación del proyecto	76
Tabla 30	Rendimientos licitaciones perdidas.....	78
Tabla 31	Carga útil del cucharón	81
Tabla 32	Calculo del tiempo por ciclo de licitación	81
Tabla 33	Rendimiento teórico por tipo de material	82
Tabla 34	Rendimiento real para licitación	84
Tabla 35	Medición 01 ciclo real de excavadora CAT 336.....	85
Tabla 36	Medición 02 ciclo real de excavadora CAT 336.....	86
Tabla 37	Estimador de eficiencia del trabajo	87
Tabla 38	Factor de Conversión volumétrica	88
Tabla 39	Rendimiento volumétrico, según valorizaciones	89
Tabla 40	Comparación de rendimiento de licitaciones	90
Tabla 41	Rendimiento real de licitación por día	91
Tabla 42	Rendimiento real por ciclo de excavación	92
Tabla 43	Rendimiento real según volumen de valorización	92
Tabla 44	Comparación de rendimientos reales	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Organigrama de la empresa Inversiones e Industrias Sánchez S.A.C.	18
Figura 2	Partes de una excavadora.....	43
Figura 3	Identificación excavadora 336D2 LME	45
Figura 4	Capacidad de llenado de cucharón	56
Figura 5	Factores que influyen en la productividad de obras civiles.....	70
Figura 6	Ubicación del Proyecto.....	76
Figura 7	Rendimiento máximo de licitación de material suelto	91
Figura 8	Comparación rendimientos reales m ³ /h	93
Figura 9	Comparación rendimientos reales m ³ /10h.....	94
Figura 10	Productividad del proyecto en ejecución.....	94
Figura 11	Inspección de área de plataforma a trabajar	105
Figura 12	Reunión con ingenieros encargados del proyecto	105
Figura 13	Reunión con operadores y capataz	106
Figura 14	Excavadora realizando el carguío de volquete	106
Figura 15	Excavadora cortando y cargando.....	107
Figura 16	Plataforma terminada.....	107
Figura 17	Excavadora nivelando la plataforma	108
Figura 18	Excavadora trabajando en material suelto	108
Figura 19	Plataforma en proceso de construcción	109
Figura 20	Acceso a la plataforma 75	109
Figura 21	Corte y carguío de material suelto.....	110
Figura 22	Panorámica del Proyecto	110

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Factor Volumétrico de conversión o expansión.....	33
Ecuación 2: Factor de Compresibilidad.....	33
Ecuación 3: Perdida de potencia de la máquina.....	51
Ecuación 4: Rendimiento de excavadora (m^3/h).....	55
Ecuación 5: Rendimiento Teórico	56
Ecuación 6: Carga útil estimada del cucharón.....	58
Ecuación 7: Tiempo del ciclo de excavación.....	58
Ecuación 8: Producción real por hora, según fabricante Caterpillar	60
Ecuación 9: Producción efectiva (m^3/h).....	62
Ecuación 10: Rendimiento real por día ($N^{\circ} h/día$).....	62
Ecuación 11: Productividad	69
Ecuación 12: Rendimiento Real para licitación.....	80
Ecuación 13: Rendimiento de excavadora en campo	87

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional está determinado por la experiencia de trabajo en el área de oficina técnica, para los trabajos de obras civiles de movimiento de tierras, en la misma que se buscó determinar el rendimiento real y productividad de la maquina principal excavadora, cuyo problema es que: no se conocía los rendimientos reales de la maquinaria pesada excavadora para excavación de movimiento de tierras en construcción de plataformas de perforación de un proyecto minero de Cajamarca, para cotizaciones a precios unitarios en volúmenes de excavación, donde el objetivo y meta es; determinar y tener los rendimientos reales de la maquinaria pesada excavadora, para excavación de movimiento de tierras en construcción de plataformas de perforación de un proyecto minero de Cajamarca, para cotizaciones a precios unitarios en volúmenes de excavación. A través del presente trabajo se llegó a la conclusión que el rendimiento real de la excavadora Caterpillar 336D2L con 311 hp; es de 138 metros cúbicos por hora y en una jornada laboral de 8 horas de trabajo por día es de 1104 metros cúbicos por día, en las condiciones de trabajo de altitud mayor a 3800 m.s.n.m., tipo de terreno material suelto.

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

REFERENCIAS

- Cantú, A. (2018). *Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles*.
- Caterpillar Rendimiento ed. 44. (2014). *Manual de Rendimiento Caterpillar, ed. 44*.
- Caterpillar Rendimiento Ed. 46. (2016). *Manual de Rendimiento Caterpillar, ed. 46*.
- Cherné, J., & Gonzáles, A. (s. f.). *Movimiento de Tierras*. Recuperado 13 de marzo de 2024, de https://www.academia.edu/35953374/Movimiento_de_Tierras
- Delgado, M. (2023). *Mejora de Productividad en Ejecución de Obra de Movimiento de Tierras para Actividades de Carguío y Acarreo con Carta Balance (ICCE2018)*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Abed, K. (2013). Tendencias para optimizar la productividad en los proyectos de construcción en Palestina. *Revista ingeniería de construcción*, 28(2), 173-206. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732013000200005>
- Excavadoras hidráulicas, productividad y comparativas*. (s. f.). Recuperado 14 de marzo de 2024, de <https://angelmendizabal.com/activos/analisis-comparativa-y-productividad-de-excavadoras-hidraulicas/>
- Guevara Martínez, F. (2015). *Análisis y Ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa*. Universidad de puira.
- Gutiérrez, V. E., & Pereira, R. A. (2006). *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Maquinaria y Equipo de Construcción*. Universidad Mayor de San Marcos.
- Ibañez, W. (2012). *Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales: Vol. I (Primera edición)*. Empresa Editora Macro E.I.R.L.
- Linares Sánchez, M. M. (2016). *Escritura Pública de Constitución de S.A.C.*
- Londoño Londoño, J. (2010). *Maquinaria Pesada Para Movimiento De Tierras*. <https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/2986>
- Manuales de Especificaciones Maquinaria Pesada*. (2024). Maquinaria Pesada. <https://www.maquinariaspesadas.org/s/manuales>

OEE, S. (2016, septiembre 26). *Lean Manufacturing*. Sistemas OEE - Technology to Improve. <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/>

Orozco, J. J. A., Alvarado, J. N., & Alarcón, P. S. (2018). *Cálculo de Productividad y Optimización del Equipo Pesado utilizado en Movimiento de Tierras* (ICCE2018, Universidad de Guayaquil). <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/587>

Revista digital Costos Perú. (2021, julio 19). *Cálculo del Rendimiento de Maquinarias de Construcción – Productos y Sistemas*. <https://revista-ps.costosperu.com/maquinaria-y-equipos/calculo-del-rendimiento-de-maquinarias-de-construccion/>

Domínguez, D., & Cáceres, L. (2022). *Comparación del Rendimiento de Campo de la Maquinaria y las Especificaciones del Fabricante en las Actividades de Movimiento de Tierras de la Construcción de Una Poza en la Mina Summa Gold Corporation – Huamachuco, 2021*. [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29587>

Salazar-Castillo, D. (2018). *Metodología para la determinación de rendimiento de maquinaria para la compañía Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte (PINDECO. S.A.)*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10486>

Serpell, A. (2002). *Administración de Operaciones de Construcción*.

Tiktin, J. (1997). *Procedimientos Generales De Construcción - Movimiento de Tierras* (3era ed.).

Villalba, N. A. (2010). *Manual de Construcción de Carreteras*. Grupo Universitario.