



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS DE LA EXCAVADORA TIPO  
ORUGA DOOSAN DX225LCA DE 148 HP PARA EL MOVIMIENTO DE  
TIERRAS.

ANDRADE MALDONADO ALONSO ENRIQUE  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2017



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS DE LA EXCAVADORA  
TIPO ORUGA DOOSAN DX225LCA DE 148 HP PARA EL  
MOVIMIENTO DE TIERRAS.

ANDRADE MALDONADO ALONSO ENRIQUE  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2017



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS DE LA EXCAVADORA TIPO ORUGA  
DOOSAN DX225LCA DE 148 HP PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS.

ANDRADE MALDONADO ALONSO ENRIQUE  
INGENIERO CIVIL

TACURI RIVAS MARCO ANTONIO

MACHALA, 21 DE AGOSTO DE 2017

MACHALA  
21 de agosto de 2017

**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Determinación de rendimientos de la excavadora tipo oruga DOOSAN DX225LCA de 148 hp para el movimiento de tierras., hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



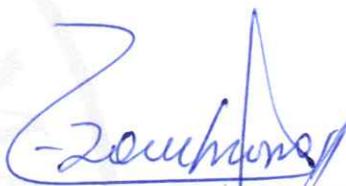
---

TACURI RIVAS MARCO ANTONIO  
0702217944  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA  
0703642850  
ESPECIALISTA 2



---

ZAMBRANO ZAMBRANO WILMER EDUARDO  
0701139941  
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 23 de agosto de 2017 - 10:31

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TESINA ALONSO ANDRADE PDF.pdf (D29650678)  
**Submitted:** 2017-07-14 18:20:00  
**Submitted By:** aeandrade\_est@utmachala.edu.ec  
**Significance:** 1 %

Sources included in the report:

TESINA FINAL.pdf (D29595372)

Instances where selected sources appear:

1

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ANDRADE MALDONADO ALONSO ENRIQUE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Determinación de rendimientos de la excavadora tipo oruga DOOSAN DX225LCA de 148 hp para el movimiento de tierras., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 21 de agosto de 2017



ANDRADE MALDONADO ALONSO ENRIQUE  
1104475593

## **Determinación del rendimiento de la excavadora tipo oruga DOOSAN DX225LCA de 148 hp para el movimiento de tierras.**

Autor: Alonso Enrique Andrade Maldonado

C.I. 1104475593

aeandrade\_est@utmachala.edu.ec

### **RESUMEN**

El planteamiento del presente trabajo de investigación está orientado a examinar la conveniencia de utilizar la excavadora tipo oruga para movimiento de tierras, mediante la aplicación de varios métodos como: observación directa, formulas y reglas y mediante tablas facilitadas por la empresa fabricante.

Con estos tres métodos se puede estimar valores aproximados, para ello se tomó en cuenta el ámbito de trabajo de la excavadora de oruga DOOSAN DX225LCA de 148 hp aplicada en el proyecto de regeneración urbana de la ciudad de Loja, el cual abarcó el retiro de material y movimientos de tierras en los sectores intervenidos del casco central urbano de la ciudad; por tanto en su proceso se efectuó la medición del rendimiento en el tiempo de 60 minutos. Para ello se tomó en cuenta los siguientes factores de corrección que se necesita para el análisis, el cual influyen en el rendimiento de la máquina como son: la capacidad del cucharón, factor de llenado del cucharón, el tiempo del ciclo, factor de eficiencia horaria, factor de carga, factor de abundamiento y factor de altitud, ya que el trabajo se está realizando en una ciudad de la región sierra.

Los datos obtenidos, analizados y corroborados con la información, contrastan con los valores recolectados en el campo. Esto permite confirmar que el rendimiento de la excavadora se dá por la cantidad de material movido y depende de la capacidad productiva de la misma.

**Palabras Clave:** Excavadora, oruga, movimiento de tierras, fórmulas.

**Determination of the performance of the DOOSAN DX225LCA crawler excavator of 148 hp for earthmoving.**

Author: Alonso Enrique Andrade Maldonado

C.I. 1104475593

aeandrade\_est@utmachala.edu.ec

**ABSTRACT**

The approach of this dissertation is orientated towards examining the convenience of using the crawler excavator for land movement through the application of various methods such as: direct observation, formulas, rules and through tables facilitated by the manufacturer.

With these three methods the approximate values can be estimated, for this the aspect of work processes of the crawler excavator DOOSAN DX225LCA of 148 hp was taken into account, applied in the project of urban regeneration of the city of Loja, which covered the removal of material and movement of land in the sectors intervened from the central urban core of the city; therefore, in the process measurements were taken of its performance in the time of 60 minutes. This was done taking in mind the following factors of correction that are needed for the analysis and which influence the efficiency of the machine: the capacity of the bucket, how full the bucket is, the length of the cycle, factor of hourly efficiency, load, abundance and, as the project was done in a city of the sierra region the altitude was also considered.

The data obtained, analysed and corroborated with the information, contrasts with the values collected in the field. This allows the confirmation of the fact that the performance of the excavator depends on the quantity of material moved and also on the capacity of the machine.

**Keywords:** crawler excavator, movement of land, formulas.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1. DESARROLLO</b> .....	2
1.1 Movimiento de tierras.....	2
1.2 Proceso del movimiento de tierras.....	2
1.2.1 <i>Excavación</i> .....	2
1.2.2 <i>Carga</i> .....	2
1.2.3 <i>Acarreo</i> .....	2
1.2.4 <i>Descarga</i> .....	2
1.2.5 <i>Extendido</i> .....	2
1.2.6 <i>Compactación</i> .....	3
1.2.7 <i>Perfilado</i> .....	3
1.3 Maquinaria en el movimiento de tierras.....	3
1.4 La excavadora en el movimiento de tierras.....	4
1.5 Tipos de excavadora.....	5
1.5.1 <i>Excavadora de ruedas</i> .....	5
1.5.2 <i>Excavadora de orugas</i> .....	5
1.6 Partes de la Excavadora.....	5
1.7 Rendimiento de la excavadora.....	5
1.8 Métodos para determinar el rendimiento de la excavadora.....	6
1.8.1 <i>Observación directa</i> .....	6
1.8.2 <i>Tablas de rendimiento aportados por la empresa fabricante</i> .....	6
1.8.3 <i>Fórmulas y reglas</i> .....	6
1.9 Elementos del rendimiento de la excavadora.....	7
1.9.1 <i>Capacidad del cucharón</i> .....	7
1.9.2 <i>Tiempo de ciclo en segundos</i> .....	7
1.9.3 <i>Factor de Eficiencia Horaria</i> .....	8
1.9.4 <i>Factor de carga</i> .....	8
1.9.5 <i>Factor de abundamiento</i> .....	8
1.9.6 <i>Factor de llenado del cucharón</i> .....	8
1.9.7 <i>Factor de Altitud</i> .....	9
2. Cálculo del rendimiento de la excavadora.....	9
<b>3. CONCLUSIONES</b> .....	10
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	11
<b>ANEXOS</b> .....	13

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pag.</b>
ANEXO A: Tablas de los factores de corrección.....	13
ANEXO B: Cálculo del rendimiento en excavación de zanjas.....	17
ANEXO C: Cálculo del rendimiento en carga de material en volquetas.....	21
ANEXO D: Memoria fotográfica.....	25
ANEXO E: Características y dimensiones de la excavadora DOOSAN DX225LCA...	27

## INTRODUCCIÓN

En tiempos de antaño “el proceso de trabajo era rudimentario, siendo la mayor parte de las operaciones de carácter manual, con poca participación de máquinas y herramientas [1]”, no obstante en la actualidad existen una gama de maquinarias que han ido reemplazando el talento humano, otorgando mayor eficiencia y rapidez.

El desarrollo de diversos proyectos de obra civil en la actualidad contempla de forma primordial, la utilización de maquinarias o equipos de construcción para conllevar a un trabajo más ágil, efectivo y concreto para dar cumplimiento oportuno a la obra propuesta.

Desde esta perspectiva se fundamenta la importancia del presente trabajo investigativo, considerando que las maquinarias hidráulicas constituyen un instrumento de gran valor en la determinación de la capacidad del movimiento de tierras, debido a que con la información derivada se puede elegir de manera más acertada el equipo que aporta el máximo rendimiento y concretar la obra con el menor costo de producción, caso contrario el equipo se considerará crítico, “afectando de modo directo la continuidad del proceso productivo, ya que interrumpe la operación y afecta directamente los parámetros de productividad [2]”

La metodología aplicada se conformó a través de los métodos de observación directa, tablas aportadas por la empresa fabricante y por fórmulas y reglas que permitieron recabar información precisa sobre la operatividad de la máquina analizada.

En consecuencia, este tipo de análisis ayuda a conocer el rendimiento de la maquinaria como un factor fundamental a la hora de seleccionar el equipo de trabajo que se va a realizar; tomando en cuenta que su análisis contribuye a promover la mayor eficiencia del personal que opera la misma para la obtención de su máximo rendimiento y de esta forma concretar el proyecto planificado previamente.

# **1. DESARROLLO**

## **1.1 Movimiento de tierras**

Consiste en la transformación del estado natural del suelo mediante el desarrollo de una serie de actividades correspondientes al proceso constructivo de cualquier tipo de obra civil. En una obra el uso de maquinarias es indispensable para poder ejecutar grandes proyectos de una manera más eficiente, para lo cual “debe lograrse fundamentalmente sobre la base del incremento de los rendimientos, la productividad y la disminución de los costos de producción [3]” de los equipos y maquinarias pesadas.

A medida que el tiempo transcurre, los avances en innovación y tecnología han ido desarrollando “sistemas de posicionamiento para el guiado de maquinaria en cualquier tipo de infraestructura, como es el movimiento de tierras el cual tiene importantes y beneficiosas implicaciones tanto en el aspecto económico y de planificación de la obra, como en el ámbito medioambiental y de seguridad de los trabajadores.[4]”

## **1.2 Proceso del movimiento de tierras.**

*1.2.1 Excavación.* Es la acción de remover, perforar, modificar, escarbar el suelo de su estado natural para un fin determinado. Esta acción se la puede realizar de manera manual o con la utilización de maquinarias, dependiendo de la magnitud del trabajo, cabe resaltar que el estado del suelo cumple un papel fundamental al momento de realizar este movimiento de tierras.

*1.2.2 Carga.* Es el proceso de recoger el material del suelo mediante el manejo de cualquier tipo de maquinaria que cuente con las condiciones necesarias para realizar este tipo de acción.

*1.2.3 Acarreo.* Es el traslado de los materiales cargados dirigidos hacia un lugar específico de descarga.

*1.2.4 Descarga.* Es el acto de depositar el material transportado al sitio escogido para ello.

*1.2.5 Extendido.* Consiste en distribuir de forma equitativa el material depositado en el suelo, cuidando que el nivel de espesor sea equitativo, por lo general esta operación se efectúa mediante excavadora o motoniveladora. Por ejemplo en la construcción de una carretera la

motoniveladora es la máquina encargada de realizar el extendido de las diferentes capas que conforman la estructura de dicha carretera.

*1.2.6 Compactación.* Es una propiedad del suelo causada por los diferentes fenómenos naturales a medida que transcurre el tiempo. También consiste en la aplicación de cargas externas al suelo, ya sea de forma manual o con la ayuda de equipos pesados, con el fin de reducir el porcentaje de vacíos internos en el mismo.

*1.2.7 Perfilado.* Es el acto de reconformar la plataforma de la vía luego de colocarse la grava o la tierra, de tal forma que su apariencia sea lo más homogénea a la original.

### **1.3 Maquinaria en el movimiento de tierras**

La maquinaria comprende el conjunto de máquinas, las cuales se aplican actualmente en diversos trabajos relacionados a la construcción o remodelación de obras civiles, considerando que permiten tener conocimiento sobre la contextura del suelo con relación a su condición, volumen de soporte y demás especificaciones técnicas que deben estimarse en el sistema de operación del suelo; que coadyuvan al desarrollo eficiente y oportuno de estas obras civiles.

A partir de ello se identifica entre las principales maquinarias y equipos más sofisticados para el movimiento de tierras a las: Retroexcavadora, excavadora, motoniveladora, cargadora frontal, tractor, mototrailla, pavimentadoras, volqueta y rodillo; mismos que se caracterizan por ser equipos de alta vanguardia y de gran desempeño en actividades correspondientes a la agricultura, Ingeniería y minería.

Cada una de estas máquinas cumplen funciones específicas, y a la vez se complementan con la ayuda de otras maquinarias, es decir trabajan en conjunto sincronizadamente para poder realizar un trabajo determinado.

Además, “el mantenimiento predictivo surge como respuesta a la necesidad de reducir los costos de los métodos tradicionales de mantenimiento, preventivo y correctivo, y parte del conocimiento del estado de los equipos [5]”, por esta razón es importante tomar medidas de

control en cuanto a la operación y funcionamiento de la máquina, con la finalidad de que estas no pierdan su eficiencia en la productividad a lo largo del tiempo.

Es de vital importancia recalcar que las obras civiles “han tenido un desarrollo extraordinario en los últimos años, gracias a la incorporación de maquinarias con tecnología de vanguardia. Esta maquinaria no sólo ha permitido aumentar la productividad sino también la seguridad en las operaciones [6]”.

En ingeniería civil las maquinarias o equipos desempeñan un papel importante, debido a que gracias a estas, las empresas constructoras pueden realizar trabajos o proyectos de gran escala sin ninguna dificultad, otorgándole seguridad para sus trabajadores y lo más importante productividad en las diferentes actividades que se realizan en la obra.

#### **1.4 La excavadora en el movimiento de tierras.**



Figura 1: <http://www.directindustry.es>

Es una máquina autopropulsada capaz de girar los 360 grados, teniendo como característica principal la acción de excavar en grandes magnitudes de una manera más rápida y eficiente. Las excavadoras pueden estar montadas sobre orugas o sobre neumáticos.

“Las principales máquinas utilizadas para movimiento de tierra son excavadoras, cargadoras (también llamadas cargadora de pala frontal o pala cargadora frontal) y los grandes camiones que trasladan el material de un lugar a otro. En el caso de las primeras, como su nombre lo indica, se usan para realizar excavaciones, donde el equipo se posiciona sobre el terreno y con una “cuchara” arranca el material que arrastra y deposita en su interior, gracias a un

movimiento que va desde abajo hacia arriba. Dentro de las variantes de esta máquina está la retroexcavadora que a diferencia de la anterior realiza la excavación de arriba hacia abajo y es utilizada para trabajar el movimiento de tierras a nivel inferior al plano de apoyo o un poco superior a este [7]”.

“La utilización del brazo hidráulico permite la operación del implemento con rapidez y facilidad, proporcionándole gran movilidad para trabajar sobre taludes, plantilla y bordos de canales, drenes y caminos, aún cuando se presenten cercas u obstáculos naturales [8]”

## **1.5 Tipos de excavadora.**

*1.5.1 Excavadora de ruedas.* Es aquella máquina de excavación montada sobre ruedas, ideales en lugares planos y de poco relieve. A diferencia de la excavadora de orugas su principal ventaja es su facilidad de transportarse de un lugar a otro.

Esta máquina tiene incorporado en sus lados laterales apoyos que le permiten tener mayor estabilidad al momento de realizar una excavación; por más mínima que sea su magnitud. Por lo general esta máquina se la utiliza en trabajos de menor importancia.

*1.5.2 Excavadora de orugas.* Esta máquina se traslada mediante cadenas, siendo la más común en trabajos de excavación, carga de material y perfilación de taludes. Su principal ventaja es la estabilidad y anclaje con la que cuenta al momento de realizar una acción, permitiéndole realizar sin ningún problema trabajos en lugares remotos y de difícil acceso de trabajabilidad. En conclusión las excavadoras de orugas tienen mayor tracción y facilidad de maniobrabilidad en terrenos muy difíciles.

## **1.6 Partes de la Excavadora.**

La excavadora es una máquina diseñada especialmente para excavar en cualquier tipo de terreno para ello cuenta con las siguientes partes principales: chasis de translación (tren de rodaje, bastidor H, corona de giro), superestructura (cabina, motor) y equipo de trabajo (pluma, brazo y cazo).

## **1.7 Rendimiento de la excavadora.**

El rendimiento constituye la productividad de la máquina en sí con respecto al volumen de operación realizada en un tiempo específico que de manera general se lo determina en el lapso de una hora. “El rendimiento está afectada positivamente por la innovación [9]”.

El rendimiento es la principal base para generar información sobre el procedimiento de planificación que debe implementarse en proyectos de tipo civil para la identificación de costos y sistema de control que contribuya a realizar ajustes en el cronograma de actividades para ejecutar el movimiento de tierras, por lo que el rendimiento se lo determina en forma general a través de la siguiente fórmula:

## **1.8 Métodos para determinar el rendimiento de la excavadora.**

Los métodos aplicados para conocer el nivel de productividad o rendimiento de la maquinaria son: Observación directa, Tablas de rendimiento aportadas por la empresa fabricante y por fórmulas y reglas.

*1.8.1 Observación directa.* Este método consiste en realizar una inspección física, observando directamente el trabajo de la maquinaria para poder determinar su rendimiento. En este método se puede constatar que el rendimiento no es siempre igual al rendimiento teórico, debido a que en la práctica se pueden presentar causas o circunstancias no esperadas en ese momento, dando como resultado el incumplimiento de las actividades previamente planificadas.

*1.8.2 Tablas de rendimiento aportados por la empresa fabricante.* Este se desarrollará al obtener de la empresa que fabrica la maquinaria analizada, los manuales con las especificaciones técnicas de la misma, cuya información en relación a lo observado servirán de fundamento para determinar los datos que facilitarán la aplicación de la fórmula.

*1.8.3 Fórmulas y reglas.* Este método se ejecutará al calcular el nivel de rendimiento de la máquina con la fórmula establecida previamente, tomando los datos de los elementos que comprende la misma para promover el reajuste de su operatividad en aporte a la concreción de la obra.

En este método se debe considerar los diferentes factores de corrección, según la maquinaria que se esté analizando, para que de este modo los resultados sean de mayor precisión en el cálculo del rendimiento de la misma. En el caso de la excavadora se ha tomado la siguiente fórmula:

**Donde:**

**C**= Volumen o capacidad del cucharón

**FG**= Factor de llenado del cucharón

**FE**= Factor de eficiencia horaria

**FC**= Factor de carga

**FS**= Factor de abundamiento

**FA**= Factor de altitud y temperatura

**1.9 Elementos del rendimiento de la excavadora.**

Para poder determinar el rendimiento de una maquinaria es importante considerar los diversos factores que influyen en la misma, con el fin de poder determinar un rendimiento aproximado a la realidad. Entre ellos tenemos: Capacidad del cucharón, tiempo de ciclo en segundos, factor de eficiencia horaria, factor de carga, factor de abundamiento, factor de llenado del cucharón y factor de altitud.

*1.9.1 Capacidad del cucharón.* Es la cantidad de material que puede ingresar en su interior, para el cual fue diseñada la misma por el fabricante.

*1.9.2 Tiempo de ciclo en segundos.* Este elemento representa el tiempo que la excavadora emplea en excavar, cargar, elevar, girar y descargar el material del suelo. Este factor es de gran importancia para la determinación de rendimientos de cualquier maquinaria, para ello, es necesario tomar varios tiempos de ciclos, en el cual se toma un valor medio y posteriormente

se obtiene un resultado más preciso de la duración de un ciclo y del rendimiento de la máquina a estudiar.

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 empresa Komatsu hace referencias de tiempos de ciclo estándar a través de la tabla 1. (Ver anexo A).

*1.9.3 Factor de Eficiencia Horaria.* “Se refiere al tiempo real o minutos trabajado por la máquina en una hora, este factor de eficiencia horaria o factor operacional (operating factor) se expresa generalmente en minutos trabajados / hora transcurrida. Un factor de eficiencia horaria de 100% o 1 es el ideal o utópico, pues es imposible de alcanzar en las condiciones reales de la obra, un valor de eficiencia horaria de 0.83 o 83% se considera óptimo en condiciones reales de la obra [10]”. Este factor está dado por la tabla 2. (Ver anexo A)

*1.9.4 Factor de carga.* Consiste en la facilidad de trabajar que tiene la máquina al momento de realizar una acción o trabajo. Este factor depende del material en donde se va a realizar la operación, es decir mientras más suave sea el terreno su factor de carga será mayor. Este factor está dado por la tabla 3. (Ver anexo A)

*1.9.5 Factor de abundamiento.* Estimando que en la actividad de excavación practicada en las obras civiles, el suelo experimenta una elevación de volumen debido al aire que penetra por los poros que se presentan entre las partículas que lo conforman y que se denomina abundamiento o esponjamiento, es importante conocer su nivel ya que repercute en la medición del rendimiento de la máquina.

“Al excavar el material en banco, resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen. Este hecho ha de ser tenido en cuenta para calcular la producción de excavación y dimensionar adecuadamente los medios de transporte necesarios. En todo momento se debe saber si los volúmenes de material que se manejan corresponden al material en banco (Banco) o al material ya excavado (Suelto) [11]”.

Este factor se produce al dividir la masa volumétrica compacta para el valor de mullida y sirve para conocer el nivel de producción de la máquina en relación a su capacidad de compactación. Este factor está dado por la tabla 4. (Ver anexo A)

*1.9.6 Factor de llenado del cucharón.* Este componente radica en conocer la capacidad total que la excavadora tiene para llenar la volqueta con el material transportado, tomando en cuenta la cantidad total por hora y la capacidad del cucharón.

“El porcentaje del volumen disponible en un cuerpo, cucharón o caja que realmente se usa se llama factor de llenado. Un factor de llenado del 87% de una unidad de acarreo significa que un 13% de su capacidad nominal no se usa para acarrear el material. Los cucharones tienen, a menudo, factores de llenado mayores del 100% [12]”.

Este factor está dado por la tabla 5. (Ver anexo A)

*1.9.7 Factor de Altitud.* Este factor es considerado influyente en lugares de altas elevaciones geográficas, debido a que los motores de las maquinarias no efectuaran todo su potencial, por conceptos de presión atmosférica, disminuyendo así su rendimiento.

“El comportamiento de los factores climáticos muestra una tendencia creciente, y el efecto hacia la producción y rendimiento son negativas [13]”.

Este factor está dado por la tabla 6. (Ver anexo A)

## **2. Cálculo del rendimiento de la excavadora**

Para conocer el rendimiento de la excavadora tipo oruga DOOSAN DX225LCA de 148 hp se midió la gestión de la misma en dos tipos de trabajos que son: Excavación de zanjas para la colocación de tuberías para Aguas sanitarias y para cargar material en volquetas de 12m<sup>3</sup>.

Así mismo se realizó trabajos de campo, de modo que se pudo observar que la producción de las máquinas depende mucho de las condiciones del terreno, clima, operador y sobre todo del grado de dificultad que tenga el lugar de trabajo.

Cabe resaltar que el rendimiento del trabajo de excavación de zanjas se lo determinó en el estado de trabajo en banco, razón por la cual se tomó en cuenta el factor de abundamiento, siendo este mismo no tomado en consideración para el tipo de trabajo de carga de material en las volquetas.

A partir de ello se plasmó el trabajo de campo al inicio, durante la operación y al concluir la misma, obteniendo el nivel de rendimiento conforme a la elaboración de la fórmula

anteriormente expuesta, corroborando que el rendimiento de la máquina es de alrededor de 100 m<sup>3</sup>/h en excavación de zanjas. (Ver anexo B)

Y en cargas de material de volquetas se ha determinado un rendimiento de 177 m<sup>3</sup>/h. (Ver anexo C)

### 3. CONCLUSIONES

- Al conocer el nivel de rendimiento del equipo utilizado para el movimiento de tierras en obras civiles, se contribuye a la aplicación de medidas correctivas que permitan agilizar la culminación de las mismas.
- El rendimiento y la productividad que puede generar la excavadora dependen de muchos factores que no permiten que rinda en su totalidad, en este proyecto se pudo observar en los análisis, que el rendimiento no era el mismo en los diferentes lugares analizados, dado que el proyecto está en la parte céntrica de la ciudad, existen inconvenientes con mayor dificultad de maniobrabilidad que en otros, ya sea por el poco espacio de las vías y los cables existentes en cada lugar,
- El factor de altitud y temperatura es de gran importancia y se debe considerar en lugares de elevaciones geográficas ya que se observa que el rendimiento teórico es mayor al rendimiento calculado, esto se debe que la presión atmosférica es superior en mayores alturas, por ello la potencia de los motores disminuyen y sus fuerzas de tracción son menores.
- Una vez finalizado este trabajo investigativo, podemos concluir que el método de fórmulas y reglas es el más apropiado para determinar el rendimiento de las maquinarias, debido a que en él, se puede considerar los diferentes factores de corrección que ayudan a que los resultados sean más precisos y aproximados a la realidad.
- El rendimiento de la excavadora DOOSAN DX225LCA de 148 hp para trabajos de excavación de zanjas es de 100 m<sup>3</sup>/h, mientras que en el trabajo de carga de material en volquetas de 12m<sup>3</sup> es de 176.8 m<sup>3</sup>/h, cabe destacar que estos rendimientos serían aplicables o considerados para trabajos realizados en la región sierra.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. En, L. A. A. Rgentina, and D. Bil, “Mercado y fabricacion de maquinaria e implementos agricolas en la Argentina (1870-1940),” pp. 7–32, 2009.
- [2] J. B. M and R. O. H, “Gestión de Riesgos Operacionales en Excavación Subterránea ( Equipos y Maquinaria de Movimiento de Tierra ),” vol. 5, pp. 11–20, 2006.
- [3] M. Caballero, L. Gutiérrez, C. Hernández, and R. Carbajal, “Aplicación de un modelo económico- matemático en el completamiento del parque de maquinarias de una empresa arrocera,” vol. 16, 2007.
- [4] R. Suarez, D. E. B. Gutierrez, and D. E. L. A. Vega, “Reduccion del impacto ambiental de la maquinaria de movimiento de tierras en las obras forestales,” pp. 1–10, 2009.
- [5] L. Buchelli-Carpio and G.-G. Vicente, “Detección temprana de fallas en motores de combustión interna a diesel mediante la técnica de análisis de aceite The use of using oil analysis for early detection of faults in diesel internal combustion engines,” vol. 8, pp. 84–95, 2015.
- [6] E. Acuña, F. Drake, and M. Garcias, “Redalyc.UNA APLICACIÓN DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES PARA EL COSTEO DE MAQUINARIAS DE COSECHA FORESTAL,” vol. 35, pp. 165–172, 2011.
- [7] M. González and M. Noroña, “Diseño e Implemenacion de Maquina Cargadora Frontal sobre ruedas L120E Volvo para la limpieza y remocion de tierra por deslaves en la via Alog-Santo Domingo,” vol. 1, no. 11, pp. 71–90, 2016.
- [8] J. Lomeli and N. Alvarez, “Control de Maleza en Distritos de Riego con Equipos Ligeros,” vol. 63, no. 2416, pp. 5661–5667, 2010.
- [9] G. Gongora, D. Garcia, and A. Madrid, “Efecto del apoyo público sobre el comportamiento innovador y el rendimiento en PYMES,” vol. XVI, pp. 400–417, 2010.
- [10] F. D. E. Ingenieria, E. N. Ciencias, D. E. L. A. Tierra, and M. R. Rivera, “Equipo caminero para movimiento de tierras características y cálculo del rendimiento de la maquinaria,” ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL

LITORAL FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
“Equipo, 2013.

- [11] C. F. M. Quijada, “EVALUACIÓN DE RENDIMIENTOS DE EQUIPOS EN LAS OPERACIONES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN EL MINADO CERRO NEGRO YANACocha – CAJAMARCA,” UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, 2014.
- [12] Caterpillar\_Inc., “Manual de Rendimiento Caterpillar,” *Caterp. Inc., Peoria, Illinois, EE.UU.*, vol. 1, p. 1394, 2009.
- [13] F. Carrasco Choque, “EFECTOS DEL CAMBIO CLIMATICO EN LA PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE LA QUINUA EN EL DISTRITO DE JULI, PERIODO 1997-2014,” vol. 7, 2016.

**Anexo A: Tablas de los factores de corrección.**

**Tabla 1. Tiempo de ciclo estándar**

Rango Modelo	Angulo de Giro	
	45 - 90	90 - 180
PC60	10 - 13	13 - 16
PC100	11 - 14	14 - 17
PW100,PW130ES	11 - 14	14 - 17
PC120, PC130	11 - 14	14 - 17
PC160	13 - 16	16 -19
PW170ES	13 - 16	16 -19
PC180	13 - 16	16 -19
PC200, PC210	13 - 16	16 -19
PW200, 220	14 - 17	17 - 20
PC220, PC230	14 - 17	17 - 20
PC240	15 -18	18 -21
PC270	15 -18	18 -21
PC300, PC350	15 -18	18 -21
PC380	16 -19	19 - 22
PC400, PC450	16 -19	19 - 22
PC600	17 - 20	20 - 23
PC750	18 -21	21 - 24

**Fuente: Manual de rendimiento Komatsu**

**Tabla 2.Factor de Eficiencia horaria**

Tiempo Real Trabajado en una hora	Factor Eficiencia Horaria	Condiciones
60	$60/60 = 100 \%$	Ideales
<u>50</u>	<u><math>50/60 = 83\%</math></u>	<u>Optimas</u>
40	$40/60 = 67\%$	Medias
30	$30/60 = 50\%$	Pobres

**Fuente: Ing. Juan Tiktin. Movimiento de Tierras**

**Tabla 3. Factor de Carga.**

PESO DE LOS MATERIALES	SUELTO		EN BANCO		F. DE CARGA
	Kg/m <sup>3</sup>	lb/yd <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	lb/yd <sup>3</sup>	
Basalto	1960	3300	2970	5000	0,67
Bauxita, Caolin	1420	2400	1900	3200	0,75
Caliche	1250	2100	2260	3800	0,55
Carnotita, mineral de uranio	1630	2750	2200	3700	0,74
Ceniza	560	950	860	1450	0,66
Arcilla en su lecho normal	1660	2800	2020	3400	0,82
seca	1480	2500	1840	3100	0,81
mojada	1660	2800	2080	3500	0,8
Arcilla y grava ---- secas	1420	2400	1660	2800	0,85
mojadas	1540	2600	1840	3100	0,85
Carbon - Antracita en bruto	1190	2000	1600	2700	0,74
lavada	1100	1850			0,74
ceniza, carbon bituminoso	530-650	900-1100	590-890	1000-1500	0,93
bituminoso en bruto	950	1600	1280	2150	0,74
lavado	830	1400			0,74
Roca descompuesta					
75% roca, 25% tierra	1960	3300	2790	4700	0,7
50% roca, 50% tierra	1720	2900	2280	3850	0,75
25% roca, 75% tierra	1570	2650	1960	3300	0,8
Tierra - Apisonada seca	1510	2550	1900	3200	0,8
Excavada y mojada	1600	2700	2020	3400	0,79
Marga	1250	2100	1540	2600	0,81
Granito fragmentado	1660	2800	2730	4600	0,61
Grava - como sale de cantera	1930	3250	2170	3650	0,89
seca	1510	2550	1690	2850	0,89
seca de 6 a 50 mm	1690	2850	1900	3200	0,89
Mojada de 6 a 50 mm	2020	3400	2260	3800	0,89
Yeso -- Fragmentado	1810	3050	3170	5350	0,57
Triturado	1600	2700	2790	4700	0,57
Hematita mineral de hierro	1810-2450	4000-5400	2130-2900	4700-6400	0,85
Piedra caliza -- fragmentada	1540	2600	2610	4400	0,59
Triturada	1540	2600	--	--	
Magnetita mineral de hierro	2790	4700	3260	5500	0,85
Pirita mineral de hierro	2580	4350	3030	5100	0,85
Arena -- seca y suelta	1420	2400	1600	2700	0,89
Humeda	1690	2850	1900	3200	0,89
Mojada	1840	3100	2080	3500	0,89
Arena y arcilla - suelta	1600	2700	2020	3400	0,79
compactada	2400	4050			
Arena y grava - seca	1720	2900	1930	3250	0,89
mojada	2020	3400	2230	3750	0,91
Arenisca	1510	2550	2520	4250	0,6
Pizarra bituminosa	1250	2100	1660	2800	0,75
Escorias fragmentadas	1750	2950	2940	4950	0,6
Nieve - seca	130	220			
mojada	520	860			
Piedra triturada	1600	2700	2670	4500	0,6
Taconita	1630-1900	3600-4200	2360-2700	5200-6100	0,58
Tierra vegetal	950	1600	1370	2300	0,7
Roca fragmentada	1750	2950	2610	4400	0,67
Virutas de madera	--	--	--	--	--

Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar Edición 39.

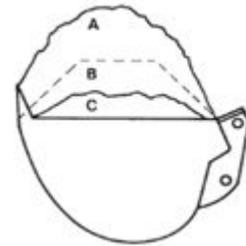
**Tabla 4. Factor de Abundamiento**

MATERIAL		$d_s$ (T/m <sup>3</sup> )	$d_B$ (T/m <sup>3</sup> )	$S_w$ (%)	$F_w$
CALIZA		1.54	2.61	70	0.59
ARCILLA	Estado Natural	1.66	2.02	22	83
	Seca	1.48	1.84	25	0.81
	Húmeda	1.66	2.08	25	0.8
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	0.7
	50% roca 50 % tierra	1.72	2.28	33	0.75
	25 % roca 75 % tierra	1.57	1.06	25	0.8
TIERRA	Seca	1.51	1.9	25	0.8
	Húmeda	1.6	1.02	26	0.79
	Barro	1.25	1.54	33	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		1.6	2.02	26	0.79
YESO FRAGMENTADO		1.81	3.17	75	0.57
ARENISCA		1.51	2.52	67	0.6
ARENA	Seca	1.42	1.6	13	0.89
	Húmeda	1.69	1.9	13	0.89
	Empapada	1.84	2.08	13	0.89
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

**Fuente: Ing. Juan Tiktin. Movimiento de Tierras**

**Tabla 5. Factor de llenado.**

MATERIAL	FACTOR DE LLENADO (% DE LA CAPACIDAD COLMADA DEL CUCHARON)
Marga mojada o arcilla arenosa	A -- 100-110%
Arena y grava	B -- 95-110%
Arcilla dura y compactada	C -- 80-90%
Roca bien fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%



**Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar Edición 39**

**Tabla 6. Disminución de potencia en función del altura y temperatura**

*Altitud en m	Temperatura en ° C						
	42°	32°	21°	15°	10°	4°	-7°
0	95.40	97.10	99.10	100	100.8	101.8	103.9
305	92.00	93.70	95.50	96.40	97.40	98.40	103.3
915	85.50	87.20	88.80	89.60	90.5	91.40	93.30
1525	79.50	80.90	82.25	83.30	84.20	89.90	86.70
2136	73.80	75.20	86.70	77.50	78.20	79.00	80.60
2745	68.60	69.90	71.30	72.00	72.70	73.40	74.80

**Ref: M.I. Eduardo Medina W. (Publicación de Universidad Iberoamericana A.C. México)**

## ANEXO B

### CALCULO DEL RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA DE ORUGA DOOSAN DX225LCA

Calle Bernardo Valdiviezo entre Azuay y Mercadillo

TIPO DE TRABAJO: EXCAVACION DE ZANJAS PARA LA COLOCACION DE TUBERIA DE AASS.

#### ENSAYO 1

#### METODO 1: OBSERVACION DIRECTA (EN BANCO)

DIMENSIONES DE LA ZANJA REALIZADA:

$$L = 35 \text{ m}$$

$$A = 1.5 \text{ m}$$

$$H = 1.6 \text{ m}$$

$$R = L * A * H$$

$$R = 35 * 1.5 * 1.6$$

$$R = 84 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### METODO 2: POR FORMULAS Y REGLAS

DATOS:

$$C = 1.10 \text{ m}^3$$

$$FG = 1.05$$

$$FE = 0.66$$

$$FC = 0.77$$

$$FS = 0.84$$

$$FA = 0.77$$

$$\text{Tiempo ciclo (seg)} = 16 \text{ seg}$$

$$R = C * FG * FE * FC * FS * FA * \frac{3600}{\text{Tiempo ciclo (seg)}}$$

$$R = 1.10 * 1.05 * 0.66 * 0.77 * 0.84 * 0.77 * \frac{3600}{16}$$

$$R = 85.42 \text{ m}^3/\text{h}$$

### METODO 3: MEDIANTE TABLAS PROPORCIONADAS POR LA EMPRESA FABRICANTE

Metros cúbicos por hora de 60 minutos\*

Tiempo en		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																			Tiempo de Ciclo Calculados	
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	Ciclos por min.	Ciclos por seg.
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																			72	1.2	72

EL RENDIMIENTO SEGÚN LA EMPRESA CATERPILLAR ES DE : 247 m<sup>3</sup>/h

OBSERVACIONES:

#### ENSAYO 2

##### METODO 1: OBSERVACION DIRECTA (EN BANCO)

Calle Azuay entre 18 de Noviembre y Sucre

DIMENSIONES DE LA ZANJA REALIZADA:

L = 47 m

A = 1.5 m

H = 1.6 m

$$R = L * A * H$$

$$R = 47 * 1.5 * 1.6$$

$$R = 112.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

##### METODO 2: POR FORMULAS Y REGLAS

DATOS:

C = 1.10 m<sup>3</sup>

FG = 1.05

FE = 0.66

FC = 0.77

FS = 0.84

FA = 0.77

Tiempo ciclo (seg) = 13 seg

$$R = C * FG * FE * FC * FS * FA * \frac{3600}{\text{Tiempo ciclo (seg)}}$$

$$R = 1.10 * 1.05 * 0.66 * 0.77 * 0.84 * 0.77 * \frac{3600}{13}$$

$$R = 105.13 \text{ m}^3/\text{h}$$

### METODO 3: MEDIANTE TABLAS PROPORCIONADAS POR LA EMPRESA FABRICANTE

Metros cúbicos por hora de 60 minutos\*

Tiempo de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																	Tiempo 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	544	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

EL RENDIMIENTO SEGÚN LA EMPRESA CATERPILLAR ES DE : 297 m3/h

OBSERVACIONES:

### ENSAYO 3

#### METODO 1: OBSERVACION DIRECTA (EN BANCO)

Calle Mercadillo entre Bolívar y Bernardo Valdiviezo

DIMENSIONES DE LA ZANJA REALIZADA:

$$L = 45 \text{ m}$$

$$A = 1.5 \text{ m}$$

$$H = 1.6 \text{ m}$$

$$R = L * A * H$$

$$R = 45 * 1.5 * 1.6$$

$$R = 108 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### METODO 2: POR FORMULAS Y REGLAS

DATOS:

$$C = 1.10 \text{ m}^3$$

$$FG = 1.05$$

$$FE = 0.66$$

$$FC = 0.77$$

$$FS = 0.84$$

$$FA = 0.77$$

$$\text{Tiempo ciclo (seg)} = 13 \text{ seg}$$

$$R = C * FG * FE * FC * FS * FA * \frac{3600}{\text{Tiempo ciclo (seg)}}$$

$$R = 1.10 * 1.05 * 0.66 * 0.77 * 0.84 * 0.77 * \frac{3600}{13}$$

$$R = 105.13 \text{ m}^3/\text{h}$$

### METODO 3: MEDIANTE TABLAS PROPORCIONADAS POR LA EMPRESA FABRICANTE

Metros cúbicos por hora de 60 minutos\*

Tiempo de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																	Tiempo 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	900	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	544	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

EL RENDIMIENTO SEGÚN LA EMPRESA CATERPILLAR ES DE : 297 m<sup>3</sup>/h

RESULTADOS:

METODO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
OBSERVACION DIRECTA	84	112.8	108	101.6
FORMULAS Y REGLAS	85.42	105.13	105.13	98.56
TABLAS PROPORCIONADAS POR LA EMPRESA FABRICANTE	247	297	297	280.3

El rendimiento de la excavadora DOOSAN DX225LCA en excavación de zanjas es de 100 m<sup>3</sup>/h, valor determinado a través del promedio entre el rendimiento del método de observación directa y el método por fórmulas y reglas.

**ANEXO C**

**CALCULO DEL RENDIMIENTO DE LA EXCAVADORA DE ORUGA DOOSAN DX225NLC**

Av Emiliano Ortega entre las Calles Juan de Salinas y Jose Felix de Valdiviezo

TIPO DE TRABAJO: CARGA DE MATERIAL EN VOLQUETAS DE 12 m<sup>3</sup>

**ENSAYO 1**

**METODO 1: OBSERVACION DIRECTA (EN BANCO)**

Nº DE VOLQUETAS LLENADAS EN UNA HORA = 14

$$R = 14 * 12 = 168 \text{ m}^3/\text{h}$$

**METODO 2: POR FORMULAS Y REGLAS**

DATOS:

C = 1.10 m<sup>3</sup>

FG = 1.10

FE = 0.83

FC = 0.89

FA = 0.77

Tiempo ciclo (seg) = 15 seg

$$R = C * FG * FE * FC * FA * \frac{3600}{\text{Tiempo ciclo (seg)}}$$

$$R = 1.10 * 1.10 * 0.83 * 0.89 * 0.77 * \frac{3600}{15}$$

$$R = 165.18 \text{ m}^3/\text{h}$$

**METODO 3: MEDIANTE TABLAS PROPORCIONADAS POR LA EMPRESA FABRICANTE**

Metros cúbicos por hora de 60 minutos\*

Tiempo de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																	Tiempo 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	544	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		

EL RENDIMIENTO SEGÚN LA EMPRESA CATERPILLAR ES DE : 198 m<sup>3</sup>/h

**ENSAYO 2****METODO 1: OBSERVACION DIRECTA (EN BANCO)**

Azúay entre Juan Jose Peña y Olmedo

N° DE VOLQUETAS LLENADAS EN UNA HORA = 16

$$R = 16 * 12 = 192 \text{ m}^3/\text{h}$$

**METODO 2: POR FORMULAS Y REGLAS**

DATOS:

$$C = 1.10 \text{ m}^3$$

$$FG = 1.10$$

$$FE = 0.83$$

$$FC = 0.89$$

$$FA = 0.77$$

$$\text{Tiempo ciclo (seg)} = 13 \text{ seg}$$

$$R = C * FG * FE * FC * FA * \frac{3600}{\text{Tiempo ciclo (seg)}}$$

$$R = 1.10 * 1.10 * 0.83 * 0.89 * 0.77 * \frac{3600}{13}$$

$$R = 190.59 \text{ m}^3/\text{h}$$

**METODO 3: MEDIANTE TABLAS PROPORCIONADAS POR LA EMPRESA FABRICANTE**

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	544	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		

EL RENDIMIENTO SEGÚN LA EMPRESA CATERPILLAR ES DE : 297 m3/h

**ENSAYO 3****METODO 1: OBSERVACION DIRECTA (EN BANCO)**

Nº DE VOLQUETAS LLENADAS EN UNA HORA = 14

$$R = 14 * 12 = 168 \text{ m}^3/\text{h}$$

**METODO 2: POR FORMULAS Y REGLAS**

DATOS:

$$C = 1.10 \text{ m}^3$$

$$FG = 1.10$$

$$FE = 0.83$$

$$FC = 0.89$$

$$FA = 0.77$$

$$\text{Tiempo ciclo (seg)} = 14 \text{ seg}$$

$$R = C * FG * FE * FC * FA * \frac{3600}{\text{Tiempo ciclo (seg)}}$$

$$R = 1.10 * 1.10 * 0.83 * 0.89 * 0.77 * \frac{3600}{14}$$

$$R = 176.98 \text{ m}^3/\text{h}$$

**METODO 3: MEDIANTE TABLAS PROPORCIONADAS POR LA EMPRESA FABRICANTE**

Metros cúbicos por hora de 60 minutos\*

Tiempo de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																		Tiempo 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	544	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

EL RENDIMIENTO SEGÚN LA EMPRESA CATERPILLAR ES DE : 264 m<sup>3</sup>/h

**RESULTADOS:**

<b>METODO</b>	<b>ENSAYO 1</b>		<b>ENSAYO 2</b>		<b>ENSAYO 3</b>		<b>PROMEDIO</b>
OBSERVACION DIRECTA	168		192		168		<b>176</b>
FORMULAS Y REGLAS	165.2		190.6		176.98		<b>177.6</b>
TABLAS PROPORCIONADAS POR LA EMPRESA FABRICANTE	198		297		264		<b>253</b>

El rendimiento de la excavadora DOOSAN DX225LCA en carga de material en volquetas es de 176.8 m<sup>3</sup>/h, valor determinado a través del promedio entre el rendimiento del método de observación directa y el método por fórmulas y reglas.

**ANEXO D: Memoria fotográfica.**





## ANEXO E: Características y dimensiones

### MOTOR

- **Modelo**  
Doosan DB58T15  
4 válvulas por cilindro, inyectores verticales, enfriado por agua, turboalimentado con interenfriador de aire a aire. Los niveles de emisiones están muy por debajo de los valores requeridos para la fase II.
- **Cantidad de cilindros**  
6
- **Potencia al volante nominal**  
116 kW (155 hp) a 1.900 rpm (SAE J1995, bruta)  
110 kW (148 hp) a 1.900 rpm (SAE J1349, neta)
- **Par motor máx.**  
61,5 kgf•m (603 N•m) a 1.400 rpm
- **Desplazamiento del pistón**  
5.785 cm<sup>3</sup> (353 pulg.<sup>3</sup>)
- **Diámetro y carrera**  
102 mm x 118 mm (4,0" x 4,6")
- **Motor de arranque**  
24 V / 4,5 kW
- **Baterías**  
2 x 12 V / 100 Ah
- **Filtro de aire**  
De doble elemento con autoevacuación de polvo.

### PESO

Pluma 5.700 mm (18' 8") • Brazo 2.900 mm (9' 6") • Cuchara SAE 0,92 m<sup>3</sup> (1,20 yd<sup>3</sup>)

	Ancho de la zapata	Peso operativo	Presión sobre el suelo (kgf/cm <sup>2</sup> )
Garra triple	(Std) 600 mm (2')	21.500 kg (47.399 lb)	0,45 kgf/cm <sup>2</sup> (44 kpa, 6,40 psi)
	700 mm (2' 4")	21.800 kg (48.060 lb)	0,40 kgf/cm <sup>2</sup> (39 kpa, 5,69 psi)
	800 mm (2' 8")	22.100 kg (48.721 lb)	0,35 kgf/cm <sup>2</sup> (34 kpa, 4,78 psi)
	900 mm (2' 11")	22.400 kg (49.383 lb)	0,31 kgf/cm <sup>2</sup> (30 kpa, 4,41 psi)

### SISTEMA HIDRÁULICO

El corazón del sistema es el e-EPOS (Sistema Electrónico de Optimización de Potencia). El mismo permite optimizar la eficiencia del sistema para todas las condiciones de trabajo, y minimiza el consumo de combustible.

- El sistema hidráulico permite tanto operaciones combinadas como independientes.
- Sus dos posiciones de desplazamiento permiten seleccionar un par motor incrementado o una velocidad de desplazamiento elevada.
- Sistema de bombas con regulación de potencia 'Cross-sensing' que permite ahorros de combustible.
- Sistema de autodesaceleración.
- Dos modos de operación y dos modos de potencia.
- Botón de control de caudal en los circuitos de equipos auxiliares.
- Control de potencia de las bombas asistido por ordenador.

#### Bombas principales

2 bombas de pistón axial de desplazamiento variable  
Caudal máximo: 2 x 206,5 l /min (2 X 55 US gpm, 2 X 45 Imp gpm)

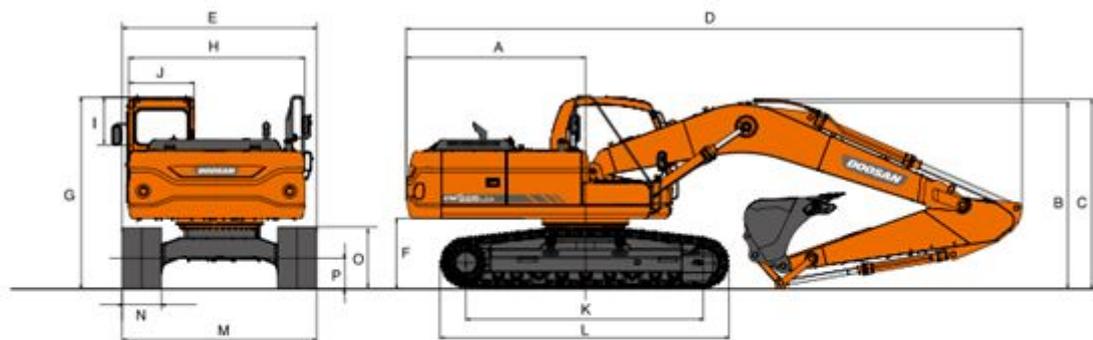
#### Bomba piloto

Bomba de engranajes – caudal máximo: 28,5 l /min l  
(7,5 US gpm, 6,3 Imp gpm)

#### Presión máxima del sistema

Pluma/brazo/cuchara:  
Modo normal: 330 kgf/cm<sup>2</sup> (324 bars)  
Modo de potencia: 350 kgf/cm<sup>2</sup> (343 bars)  
Desplazamiento: 330 kgf/cm<sup>2</sup> (324 bars)  
Giro: 270 kgf/cm<sup>2</sup> (264 bars)

# DIMENSIONES



## \* DIMENSIONES

Lanza 5.700 mm (18'8") - Braço 2.900 mm (9'6") - Sapata 600 mm (2') - Padrão

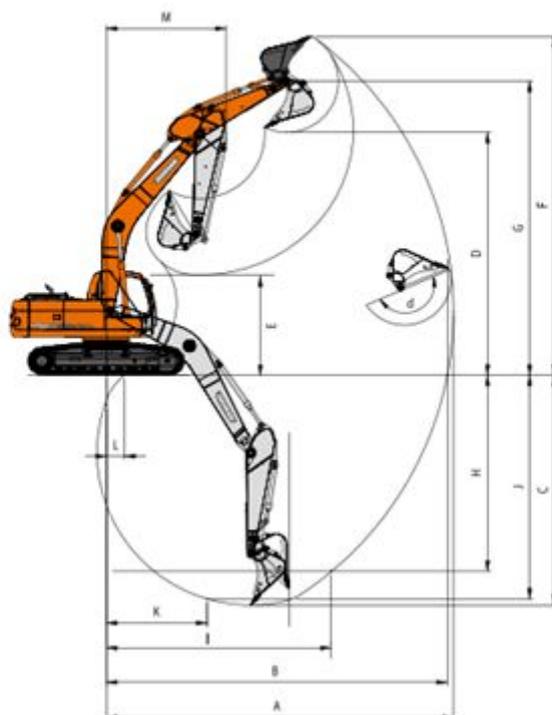
Tipo de pluma (una pieza)	5.700mm(18'8")		5.200mm(17'1")		
Tipo de brazo	2.400mm (7'10")	(Std.) 2.900mm (9'6")	3.500mm (11'6")	2.000mm (6'7")	2.400mm (7'10")
Tipo de cuchara (PCSA)	1,05m <sup>3</sup>	(Std.) 0,92m <sup>3</sup>	0,81m <sup>3</sup>	1,28m <sup>3</sup>	1,17m <sup>3</sup>
A Radio de giro de la parte trasera	---	2.750mm (9')	---	---	---
B Altura para transporte (pluma)	3.045mm (10')	2.940mm (9'8")	3.225mm (10'7")	3.145mm (10'4")	2.985mm (9'10")
C Altura para transporte (manguera)	3.110mm (10'2")	3.005mm (9'10")	3.290mm (10'10")	3.210mm (10'6")	3.050mm (10')
D Largo para transporte	9.500mm (31'2")	9.485mm (31'1")	9.500mm (31'2")	9.080mm (29'9")	8.990mm (29'6")
E Ancho para transporte	---	2.990mm (9'10")	---	---	---
F Despeje del contrapeso	---	1.055mm (3'6")	---	---	---
G Altura hasta la parte superior de la cabina	---	2.975mm (9'9")	---	---	---
H Ancho del cuerpo	---	2.710mm (8'11")	---	---	---
I Altura de la cabina sobre el cuerpo	---	845mm (2'9")	---	---	---
J Ancho de la cabina	---	960mm (3'2")	---	---	---
K Distancia entre ejes de tambores	---	3.650mm (11'12")	---	---	---
L Longitud de las orugas	---	4.445mm (14'7")	---	---	---
M Ancho del chasis de orugas	---	2.990mm (9'10")	---	---	---
N Ancho de zapata	---	600mm (2')	---	---	---
O Altura de las orugas	---	947mm (3'1")	---	---	---
P Despeje parte inferior chasis	---	480mm (1'7")	---	---	---

## \* FUERZA DE EXCAVACIÓN (ISO)

Cuchara (PCSA)	0,51m <sup>3</sup>	0,81m <sup>3</sup>	(Std.) 0,92m <sup>3</sup>	1,05m <sup>3</sup>	1,17m <sup>3</sup>	1,28m <sup>3</sup>
Fuerza de excavación	15.200 kgf	15.200 kgf	15.200 kgf	15.200 kgf	15.200 kgf	15.200 kgf
	149,2 kN	149,2 kN	149,2 kN	149,2 kN	149,2 kN	149,2 kN
	33.510 lbf	33.510 lbf	33.510 lbf	33.510 lbf	33.510 lbf	33.510 lbf
Brazo	2.000mm	2.400mm	(Std.) 2.900mm	3.500mm		
	15.300 kgf	12.600 kgf	10.800 kgf	9.700 kgf		
	150,1 kN	123,7 kN	106 kN	95,2 kN		
Fuerza de excavación	33.730 lbf	27.778 lbf	23.810 lbf	21.385 lbf		

# RANGOS DE TRABAJO

DX225LCA



## RANGOS DE TRABAJO

Largo de pluma	5,700mm(18'8")		5,200mm(17'1")		
	2,400mm (7'10")	(Std.) 2,900mm (9'6")	3,500mm (11'6")	2,000mm (6'7")	2,400mm (7'11")
Tipo de brazo					
Tipo de cuchara (PCSA)	1,05m <sup>3</sup>	(Std.) 0,92m <sup>3</sup>	0,81m <sup>3</sup>	1,28m <sup>3</sup>	1,17m <sup>3</sup>
A Alcance de excavación máx.	9,480 (31'1")	9,900 (32'6")	10,340 (33'11")	8,580 (28'2")	8,950 (29'4")
B Alcance de excavación máx. a nivel del suelo	9,300 (30'6")	9,730 (31'11")	10,230 (33'7")	8,380 (27'6")	8,760 (28'9")
C Profundidad de excavación máx.	6,110 (20'1")	6,620 (21'9")	7,220 (23'8")	5,355 (17'7")	5,755 (18'11")
D Altura de descarga máx.	6,830 (22'5")	6,990 (22'11")	7,150 (23'6")	6,085 (20')	6,300 (20'8")
E Altura de descarga mín.	3,070 (10'1")	2,555 (8'5")	1,953 (6'5")	3,370 (11'1")	3,195 (10'6")
F Altura de excavación máx.	9,630 (31'7")	9,750 (32')	9,870 (32'5")	8,845 (29')	9,065 (29'9")
G Altura del perno de la cuchara, máx.	8,299 (27'3")	8,450 (27'9")	8,612 (28'3")	7,555 (24'9")	7,770 (25'6")
H Profundidad de excavación de pared vertical, máx.	5,390 (17'8")	5,640 (18'6")	6,010 (19'9")	4,435 (14'7")	4,880 (16')
I Radio vertical máx.	6,050 (19'10")	6,410 (21')	6,750 (22'2")	5,790 (19')	5,842 (19'2")
J Profundidad de excavación máx. (nivel 2,44 m / 8')	5,910 (19'5")	6,430 (21'1")	7,050 (23'2")	5,115 (16'9")	5,545 (18'2")
K Radio mín. línea 2,44 m / 8'	2,880 (9'5")	2,865 (9'5")	2,830 (9'3")	2,495 (8'2")	2,510 (8'3")
L Alcance de excavación mín.	1,698 (5'7")	519 (1'8")	-224 (-9')	1,819 (6')	640 (2'1")
M Radio de giro mín.	3,410 (11'2")	3,410 (11'2")	3,440 (11'3")	3,370 (11'1")	3,190 (10'6")
d Ángulo de la cuchara (grados)	166°	166°	166°	166°	166°

