

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

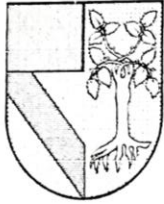
CAMPUS GUADALAJARA

OPTIMIZACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA PARA PRESUPUESTOS

Jesús Alfredo Vargas Castellanos

Tesis presentada para optar por el grado de
Maestro en Administración de la Construcción
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., junio de 2017



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

Zapopan, Jalisco, Febrero 2018

MTRO. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE
EXÁMENES DE GRADO
P R E S E N T E.

Me permito hacer de su conocimiento que el Sr. Jesús Alfredo Vargas Castellanos, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de titulación con la alternativa TESIS, titulada:

“OPTIMIZACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA PARA
PRESUPUESTOS”

Manifiesto que, después de haber sido dirigida y revisada previamente, reúne todos los requisitos técnicos para solicitar fecha de Examen de Grado.

Agradezco de antemano la atención prestada y me pongo a sus órdenes para cualquier aclaración.

A T E N T A M E N T E

MTRO. FRANCISCO MORENO ABRIL
ASESOR DE TESIS



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
CAMPUS GUADALAJARA

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

C. Sr. Jesús Alfredo Vargas Castellanos
P r e s e n t e.

En mi calidad de presidente de la Comisión de Exámenes de Grado, y después de haber analizado el trabajo de titulación presentado por usted en la alternativa de **TESIS**, titulada:

“OPTIMIZACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA PARA
PRESUPUESTOS”

Le manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor para ser presentado ante el H. Jurado del Examen de Grado, por lo que deberá de entregar ocho ejemplares como parte de su expediente al solicitar el examen.

ATENTAMENTE

DR. FRANCISCO ALEJANDRO OROZCO ARGOTE
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN
DE EXAMENES DE GRADO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi esposa Nathalia por estar a mi lado y a mis hijos Alejandro y Renata, por ser mi motor, mi alegría y mi combustible durante todo este proceso. A mis padres por su apoyo incondicional y dedicación durante toda mi vida.

Adicionalmente, pero sin minimizar la importancia, agradezco a mi asesor, el Mtro. Francisco Moreno, por su apoyo incondicional hasta la finalización de esta investigación, por su excelente profesionalismo como profesor, pero sobre todo, por su gran calidad como persona.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 EL PORQUÉ DE LA TESIS	10
1.2 ANTECEDENTES	11
1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	12
1.3.1 Hipótesis.....	12
1.3.2 Objetivos.....	12
1.3.2.1 Objetivo general.....	12
1.3.2.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.5 METODOLOGÍA	13
1.6 DESCRIPCIÓN DE LA TESIS.....	14
II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 INTRODUCCIÓN.....	16
2.2 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	16
2.3 OPTIMIZAR	16
2.4 PRESUPUESTO	17
2.5 PRECIO UNITARIO DE ACUERDO CON LA LEY DE OBRA PÚBLICA.	17
2.6 COSTO HORARIO DE MAQUINARIA DE ACUERDO CON LA LEY DE OBRA PÚBLICA.	18
2.7 TRABAJOS REALIZADOS POR LA MAQUINARIA EN OBRAS DE URBANIZACIÓN 23	
2.7.1 Despalme.....	23
2.7.2 Corte.....	23
2.7.3 Excavación en cepas.....	24
2.7.3.1 Material tipo I	24
2.7.3.2 Material tipo II	25
2.7.3.3 Material tipo III	25
2.7.4 Tendido de material	25

2.7.5	<i>Sub base</i>	26
2.7.6	<i>Base</i>	26
2.7.7	<i>Compactación de material</i>	26
2.7.7.1	<i>PROCTOR</i>	27
2.7.8	<i>Carga mecánica de material</i>	27
2.8	<i>URBANIZACIÓN</i>	28
2.9	<i>DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA A SER ANALIZADA</i>	28
2.9.1	<i>Retroexcavadora</i>	28
2.9.2	<i>Excavadora</i>	29
2.9.3	<i>Motoconformadora</i>	30
2.9.4	<i>Rodillo vibrador liso</i>	31
2.9.5	<i>Cargador frontal</i>	33
2.10	<i>RENDIMIENTO DE MAQUINARIA</i>	34
III.	MEDICIÓN	36
3.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	36
3.1.1	<i>Población y muestra</i>	36
3.1.1.1	<i>Tamaño de la muestra de Población</i>	36
3.2	<i>MÉTODO DE MEDICIÓN</i>	38
3.2.1	<i>Encuesta a medio de la construcción</i>	38
3.2.2	<i>Entrevista en campo operadores</i>	39
3.3	<i>DISEÑO DE MEDICIÓN</i>	39
3.3.1	<i>Diseño de la encuesta a personal directivo</i>	39
3.3.2	<i>Diseño de la encuesta a operadores</i>	41
3.4	<i>RESULTADOS</i>	42
3.4.1	<i>Encuesta a personal directivo</i>	42
3.4.1.1	<i>Preguntas cerradas</i>	42
3.4.1.2	<i>Preguntas abiertas</i>	43
3.4.2	<i>Resultados encuestas a operadores</i>	45
3.4.2.1	<i>Motoconformadora</i>	45
3.4.2.2	<i>Excavadora</i>	46

3.4.2.3	Vibrocompactador.....	48
3.4.2.4	Cargador Frontal.....	48
3.5	OBSERVACIONES Y COMENTARIOS	49
IV.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	50
4.1	INTRODUCCIÓN.....	50
4.2	MÉTODO DE ANÁLISIS.....	50
4.3	ANÁLISIS DE MUESTRA	51
4.3.1	<i>Análisis de la encuesta a personal directivo</i>	<i>51</i>
4.3.1.1	Pregunta 1	51
4.3.1.2	Pregunta 2	51
4.3.1.3	Pregunta 3	52
4.3.1.4	Pregunta 4	53
4.3.1.5	Pregunta 5	53
4.3.1.6	Pregunta 6	55
4.3.1.7	Pregunta 7	55
4.3.1.8	Pregunta 8	56
4.3.1.9	Pregunta 9	57
4.3.1.10	Pregunta 10	58
4.3.1.11	Pregunta 11	59
4.3.1.12	Pregunta 12	60
4.3.1.13	Pregunta 13	61
4.3.1.14	Pregunta 14	63
4.3.1.15	(Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011b) & (Ojeda López, 1990) Pregunta 15	64
4.3.2	<i>Análisis de rendimientos de campo</i>	<i>66</i>
4.3.2.1	Motoconformadora.....	66
4.3.2.2	Excavadora.....	69
4.3.2.3	Vibrocompactador Liso	74
4.3.2.4	Cargador Frontal.....	76
4.4	OBSERVACIONES Y COMENTARIOS	77

V. CONCLUSIONES.....	77
5.1 INTRODUCCIÓN.....	77
5.2 CONCLUSIONES.....	78
5.3 RECOMENDACIONES	79
5.4 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rendimientos óptimos de maquinaria (Caterpillar Inc., 2010)	35
Tabla 2 Formato de tabla para elaboración de encuesta a personal operativo	41
Tabla 3 Resultados encuestas personal directivo, preguntas 1 a la 12. ...	42
Tabla 4 Respuesta pregunta 13.....	43
Tabla 5 Respuesta pregunta 14.....	44
Tabla 6 Respuesta pregunta 15.....	44
Tabla 7 Respuesta operadores Motoconformadora 12 H o similar.....	45
Tabla 8 Respuesta motoconformadora 140 H, o similar	46
Tabla 9 Rendimientos reales para excavadora 320 o similar, tipos de suelo.	46
Tabla 10 Rendimientos reales para excavadora 330 o similar, por tipo de suelo.	47
Tabla 11 Rendimientos reales para excavadora 416 o similar, en diferentes tipos de suelo.....	47
Tabla 12 Rendimientos reales para vibrocompactador liso o similar en diferentes capas de material.....	48
Tabla 13 Rendimientos reales para cargador frontal 904 o similar	48
Tabla 14 Rendimientos reales para Retroexcavadora 416 o similar.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Retroexcavadora 416, Caterpillar	29
Figura 2 . Excavadora 320, mca Hitachi	30
Figura 3 Motoconformadora M 140, Caterpillar	31
Figura 4 Rodillo vibratorio, mca Caterpillar	32
Figura 5 Cargador Frontal, JCB.....	33
Figura 6 Encuesta a personal directivo.....	40
Figura 7 En porcentaje ¿qué tan importante considera optimizar los presupuestos de su empresa?.....	51
Figura 8 Dentro de su empresa ¿qué tan frecuentemente se busca optimizar sus presupuestos?.....	52
Figura 9 Para el análisis de precios de maquinaria, ¿se consideran rendimientos basados en datos históricos de la empresa?	52
Figura 10 Dentro de su empresa ¿se lleva un control del rendimiento real de la maquinaria?	53
Figura 11 ¿Qué tan confiable considera los rendimientos de la maquinaria publicados por los fabricantes?	54
Figura 12 ¿Qué tan fiables considera los rendimientos de la maquinaria publicados por la CMIC?	55
Figura 13 ¿Utilizaría rendimientos obtenidos directamente en obra, para la elaboración de futuros presupuestos?.....	56
Figura 14 ¿Maneja precio de rescate para los costos de la maquinaria? .	56
Figura 15 ¿Monitorea a los operadores de la maquinaria para ver la productividad de las máquinas?	57
Figura 16 En porcentaje, ¿cómo evaluaría la capacidad de sus empleados para operar la maquinaria.....	58
Figura 17 ¿Considera que la experiencia de los operadores está relacionada con el rendimiento de la maquinaria?	59
Figura 18 Antes de iniciar un trabajo ¿llevas a los operadores para explicarles como atacar los frentes?.....	60

Figura 19 ¿Ha analizado a detalle los rendimientos de la maquinaria? Frecuencia.....	61
Figura 20 ¿Ha analizado a detalle los rendimientos de la maquinaria?....	61
Figura 21 ¿Ha analizado a detalle los rendimientos de la maquinaria? Respuestas Negativas.....	62
Figura 22 Factores que afectan la eficiencia de la maquinaria.....	63
Figura 23 Una evaluación de equipos y rendimientos por los operadores ¿le sería funcional?	64
Figura 24 Una evaluación de equipos y rendimientos por los operadores ¿le sería funcional?	64
Figura 25 Una evaluación de equipos y rendimientos por los operadores ¿le sería funcional?	65
Figura 26 Comparación de rendimientos en motoconformadora Modelo CAT-12H en base hidráulica.....	66
Figura 27 Comparación de rendimientos en motoconformadora Modelo CAT-12H en sub bases	67
Figura 28 Comparación de rendimientos en motoconformadora tipo Cat 140H en bases.....	67
Figura 29 Comparación de rendimientos en motoconformadora tipo Cat 140H en sub bases.....	68
Figura 30 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 320 en material tipo A.....	69
Figura 31 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 320 en material tipo B.....	70
Figura 32 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 320 en material tipo C.....	70
Figura 33 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 330 en material tipo A.....	71
Figura 34 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 330 en material tipo B.....	72

Figura 35 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 330 en material tipo C.....	72
Figura 36 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 416 en material tipo A.....	73
Figura 37 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 416 en material tipo B.....	73
Figura 38 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 416 en material tipo C.....	74
Figura 39 Comparación de rendimientos en vibrocompactador liso tipo Cat 423 en base hidráulica.....	74
Figura 40 Comparación de rendimientos en vibrocompactador liso tipo Cat 423 en sub base	75
Figura 41 Comparación de rendimientos en cargador frontal tipo Cat 416	76

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de muestra a partir de una población finita (Bolaños, 2012)	37
---	----

I. INTRODUCCIÓN

1.1 El porqué de la Tesis

Mi primera directriz es mediante este documento poder titularme de la maestría, an

74te esto me he hecho varias preguntas, ¿cuál es el tema que más me gusta? y ¿cómo puedo yo aportar al conocimiento desde mi punto de vista?

Partiendo de estas premisas y de mi experiencia profesional, en la cual me he topado con proyectos de urbanización y de infraestructura vial. He notado una gran diferencia entre los costos presentados por cada participante en licitaciones o concursos de los mencionados proyectos, al analizarlo al detalle he encontrado diferencias en los costos horarios de la maquinaria, sin dar explicación propia a este problema.

Las causas pueden ser muy variadas, pero la Ley Obra Pública supone que se debe tener maquinaria cotizada como nueva dentro de sus análisis de precio, para poder estar en condiciones equitativas entre los concursantes. Pero aun con este requerimiento las diferencias son grandes, sin dar un motivo aparente.

Por este motivo he decidido realizar esta investigación, donde mi tema a desarrollar buscará identificar estos rendimientos, cuestionando al personal operativo, y a su vez a los empresarios, para identificar el interés sobre este tema. Para que esto genere un costo real y adecuado para realizar los trabajos de terracería en urbanizaciones e infraestructura vial, optimizando el rendimiento de la maquinaria y los presupuestos.

1.2 Antecedentes

En tiempos pasados el éxito de un constructor frecuentemente dependía de su habilidad para manejar recursos humanos, materiales, maquinaria y equipo, en función de la ejecución de una obra en el menor tiempo, al más bajo costo y de la mejor calidad posible, orientada únicamente por su intuición y sus experiencias personales. Hoy en día, este sistema ha sido reemplazado, casi en su totalidad, por la planeación minuciosa de cada paso de la obra antes de que ésta se inicie, seleccionando los recursos idóneos para realizar un proyecto definido, determinando así, los mejores métodos constructivos para su correcta ejecución. Una forma que surgió como una solución para realizar los análisis fue el Precio Unitario (PU) (Suarez Salazar & Suarez, 1987).

Los Precios Unitarios en la administración pública, aparecieron en 1983, mediante decreto, en el Diario Oficial de la Federación. Después, en septiembre de 2001, entró en vigor un nuevo Reglamento de la Ley de Obras Públicas y los Servicios Relacionados con las mismas (RLOPYSRM), el cual abrogó las reglas creadas anteriormente (Varela Alonso, 2011).

En este nuevo reglamento menciona cómo realizar el análisis de los PU. En su artículo 194 hace mención a la forma de realizar el costo horario por maquinaria, mencionando lo que debe de integrar en su análisis, a su vez en el artículo 195 hasta el 210, complementan el costo fijo, con los costos de recuperación y de consumo de la maquinaria (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2001).

Para realizar este análisis es importante relacionar la maquinaria y equipo requerido para la obra o servicio en cada concepto, inclusive la de instalación permanente, correlacionando a cada rubro la cantidad de horas requeridas para producir una unidad del concepto y el costo horario por unidad. Lo que permite calcular el costo directo por cada rubro de equipo; así como obtener el costo directo por equipo y/o maquinaria, en

concordancia con costos horarios de maquinaria y equipo. (Sectoria de Comunicaciones y Transportes, 2014).

1.3 Hipótesis y Objetivos

Para llevar a cabo esta investigación se han planteado la siguiente hipótesis y objetivos:

1.3.1 Hipótesis

La hipótesis planteada es la siguiente:

“Si se obtienen rendimientos reales de la maquinaria involucrada en la ejecución de proyectos de urbanización, se optimizan los presupuestos”

1.3.2 Objetivos

1.3.2.1 Objetivo general

El objetivo general de esta investigación es:

Encontrar los rendimientos reales de la maquinaria involucrada en proyectos de urbanización y evaluar su uso ante los empresarios.

1.3.2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar el conocimiento por parte de los empresarios y directivos de empresas acerca de los rendimientos de su maquinaria.
- Determinar los rendimientos de la maquinaria involucrada en este tipo de obras en conjunto con el personal operativo.
- Comparar e identificar las diferencias que existen con los rendimientos obtenidos en campo contra los publicados por los fabricantes de la maquinaria.

1.4 Alcance de la Investigación

La siguiente investigación está limitada a obras de tipo de infraestructura vial y/o proyectos de urbanización, en los cuales se tenga el manejo de maquinaria pesada dentro del mismo, aplicado dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara, tanto en el sector público como privado, buscando a los empresarios que puedan delimitar nuestra encuesta.

Y en una segunda parte de la encuesta se buscará en las mismas obras a los operadores de las maquinarias, para que nos delimiten los tiempos y/o rendimientos de las máquinas de acuerdo a las encuestas que se plantearon.

1.5 Metodología

Consulta de información bibliográfica en la diversidad de literatura existente y en páginas de Internet, sobre rendimientos establecidos por los fabricantes e instituciones, con una fecha límite para su terminación del 08 de enero de 2016.

Realizar la medición directamente en el lugar donde se ejecutan los trabajos, para obtener la base para realizar el análisis; esto se entregará antes del 20 de febrero de 2016.

Generar una encuesta estratégica para directivos de las diferentes empresas muestra, que permita identificar el conocimiento y control que se tiene dentro de las organizaciones. 20 de febrero de 2016 como fecha límite de terminación.

Encuestar al personal directivo de las empresas seleccionadas. Se pretende realizar esta actividad antes del 11 de marzo de 2016.

Agrupar los resultados en diferentes tablas y gráficas para su posterior análisis, con fecha máxima para su entrega del 15 de marzo de 2016.

Una vez obtenidos los resultados de las encuestas, se iniciará el análisis de los mismos, esto en conjunto con el Director de Tesis, estableciendo como fecha límite el 15 de abril de 2016.

Las conclusiones serán trabajadas en conjunto con el Director de Tesis, como fecha límite para su terminación se estableció el día 30 de abril de 2016.

1.6 Descripción de la tesis

A lo largo de esta tesis se desarrollará el tema de Optimización de rendimientos de maquinaria para obras de urbanización, el cual se pretende abordar desde una perspectiva enfocada a la maquinaria que participa en la ejecución de obras de infraestructura y urbanización.

Esta tesis está compuesta de cinco capítulos, divididos de la siguiente manera:

1. En el primero de estos, se inicia con la descripción del problema, donde se menciona la necesidad de realizar un estudio acerca de los rendimientos reales de la maquinaria involucrada en la ejecución de proyectos de urbanización. Además, está incluido en este capítulo el

punto medular de esta investigación, la hipótesis, la cual afirma que “Si se obtienen rendimientos reales de la maquinaria involucrada en la ejecución de proyectos de urbanización, se optimizan los presupuestos”.

2. En el segundo capítulo, se desarrolla el marco teórico, en donde se plasma la bibliografía que servirá como sustento para respaldar esta investigación. Están incluidos conceptos básicos como definiciones de los diferentes tipos de trabajos observados y cómo es que estos se clasifican, también contiene información acerca de las características propias de la maquinaria a analizar, rendimientos y alcances en su funcionamiento.
3. En el tercer capítulo está plasmada la medición realizada por parte del autor, en esta sección se presenta la información obtenida en campo, y los resultados de las encuestas, plasmada en diferentes tablas, que servirán como base para llevar a cabo el análisis y, en base a esto, la conclusión de esta investigación.
4. En el cuarto capítulo se presenta el análisis de cada uno de los resultados obtenidos, tanto con los empresarios en su conocimiento y manejo, así como el de los operadores dando pie a poder evaluar los objetivos planteados en el capítulo 1.
5. Para finalizar, se presenta el quinto capítulo, que detalla la conclusión a la que se ha llegado, tras los análisis de las dos encuestas, observando los objetivos particulares y generales para poder llegar a un resultado de la hipótesis planteada originalmente. Adicionalmente se presentan recomendaciones y futuras líneas de investigación sobre el tema

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

En este capítulo se presenta la información que servirá como sustento al tema de investigación, plasmando los conceptos básicos de los trabajos que son desarrollados por la maquinaria. Para los cuales se analizarán exclusivamente los siguientes equipos: excavadora, retroexcavadora, motoconformadora, vibrocompactador liso y cargador frontal, siendo seleccionados por ser los más comúnmente utilizados en obras de urbanización e infraestructura vial.

Además, está incluida la información que se encuentra publicada por los proveedores de la maquinaria, información que servirá como base para determinar las variaciones con los resultados de las futuras mediciones y con esto analizar su comportamiento.

2.2 Fuentes de información

El marco teórico de esta tesis está basado en las siguientes fuentes de información:

- Bibliotecas Públicas.
- Sitios web oficiales de los fabricantes de la maquinaria.
- Obras literarias.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.
- Ley de Obra Pública, del estado de Jalisco.
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas

2.3 Optimizar

Optimizar es un verbo, que se utiliza para indicar una acción de encontrar la mejor manera para hacer una actividad. Optimizar significa la búsqueda

para tener mejores resultados, de una forma más eficiente, y mediante un mayor desempeño de las tareas (7Graus, 2013).

El hacer mención de que se ha optimizado algo (tarea, actividad, sistema, proceso, metodología, entre otros), es una vez que se han realizado los cambios en la forma normal de hacer las cosas, y por la cual se han logrado resultados que han mejorado el desempeño del desarrollo del proceso u actividad, por encima de lo esperado. Visto desde este punto optimizar, es la realizar una mejor administración de los recursos para poder alcanzar los objetivos buscados de una forma más eficiente.

2.4 Presupuesto

Recibe el nombre de presupuesto o estudio económico de una construcción, el monto total que implicará la inversión a efectuar en su ejecución. Permitiendo establecer a priori el precio total de una determinada obra antes de la ejecución de la misma. Es necesario establecer una serie de criterios centrados sobre la obra que se pretende presupuestar (Suarez Salazar & Suarez, 1987) & (Varela Alonso, 2011).

Este presupuesto estará formado por todos los conceptos que incluirán los trabajos el alcance de los mismo y la forma de contratación puede ser variada.

2.5 Precio unitario de acuerdo con la Ley de Obra Pública.

A continuación se presenta una copia de los lineamientos presentados por licitaciones públicas federales en el cual establece los alcances y limitaciones para determinar los precios unitarios en cumplimiento con LOPYSRM (Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con los Mismos),

para los que se presenta una copia textual de los inicios presentados en el Proyecto Cineteca Nacional Siglo XXI (CONACULTA, 2012):

- Que los análisis de los precios unitarios estén estructurados con costos directos, indirectos, de financiamiento, cargo por utilidad y cargos adicionales.
- Que los costos directos se integren con los correspondientes a materiales, equipos de instalación permanente, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción.
- Que los precios básicos de adquisición de los materiales considerados en los análisis correspondientes, se encuentren dentro de los parámetros de precios vigentes en el mercado.
- Que los costos básicos de la mano de obra se hayan obtenido aplicando los factores de salario real a los sueldos y salarios de los técnicos y trabajadores.
- Que el cargo por el uso de herramienta menor, se encuentre incluido, bastando para tal efecto que se haya determinado aplicando un porcentaje sobre el monto de la mano de obra, requerida para la ejecución del concepto de trabajo de que se trate.
- Que los costos horarios por la utilización de la maquinaria y equipo de construcción se hayan determinado por hora efectiva de trabajo, debiendo analizarse para cada máquina o equipo, incluyendo, cuando sea el caso, los accesorios que tenga integrados

2.6 Costo Horario de Maquinaria de acuerdo con la Ley de Obra Pública.

A continuación se presentan los artículos de LOPYSRM en los cuales en su Reglamento establece la forma de realizar el cálculo de los precios unitarios para la maquinaria y sus costos horarios (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2001)

Artículo 194x.-

El costo horario directo por maquinaria o equipo de construcción es el que se deriva del uso correcto de las máquinas o equipos adecuados y

necesarios para la ejecución del concepto de trabajo, de acuerdo con lo estipulado en las normas de calidad y especificaciones generales y particulares.

Artículo 196.-

El costo horario por depreciación es el que resulta por la disminución del valor original de la maquinaria o equipo de construcción, como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica. Se considerará que la depreciación es lineal, es decir, que la maquinaria o equipo de construcción se deprecia en una misma cantidad por unidad de tiempo.

Artículo 197.-

El costo horario por la inversión es el costo equivalente a los intereses del capital invertido en la maquinaria o equipo de construcción, como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica.

Artículo 198.-

El costo horario por seguros es el que cubre los riesgos a que está sujeta la maquinaria o equipo de construcción por los siniestros que sufra. Este costo forma parte del costo horario, ya sea que la maquinaria o equipo se asegure por una compañía aseguradora, o que la empresa constructora decida hacer frente con sus propios recursos a los posibles riesgos como consecuencia de su uso.

Artículo 199.-

El costo horario por mantenimiento mayor o menor es el originado por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria o equipo de construcción en buenas condiciones durante toda su vida económica. Para los efectos de este artículo se entenderá por:

- I. Costo por mantenimiento mayor: las erogaciones correspondientes a las reparaciones de la maquinaria o equipo de construcción en talleres especializados o aquellas que puedan realizarse en el campo, empleando personal especializado y que requieran retirar la máquina o equipo de los frentes de trabajo. Este costo incluye la mano de obra, repuestos y renovaciones de partes de la maquinaria o equipo de construcción, así como otros materiales que sean necesarios.

- II. Costo por mantenimiento menor: las erogaciones necesarias para realizar los ajustes rutinarios, reparaciones y cambios de repuestos que se efectúan en las propias obras, así como los cambios de líquidos para mandos hidráulicos, aceite de transmisión, filtros, grasas y estopa. Incluye el personal y equipo auxiliar que realiza estas operaciones de mantenimiento, los repuestos y otros materiales que sean necesarios.

Artículo 200.-

Los costos por consumos son los que se derivan de las erogaciones que resulten por el uso de combustibles u otras fuentes de energía y, en su caso, lubricantes y llantas.

Artículo 201.-

El costo horario por combustibles es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina y diésel para el funcionamiento de los motores de combustión interna de la maquinaria o equipo de construcción.

Artículo 202.-

El costo por otras fuentes de energía es el derivado por los consumos de energía eléctrica o de otros energéticos distintos a los señalados en el

artículo anterior. La determinación de este costo requerirá en cada caso de un estudio especial.

Artículo 203.-

El costo horario por lubricantes es el derivado del consumo y de los cambios periódicos de aceites lubricantes de los motores.

Artículo 204.-

El costo horario por llantas es el correspondiente al consumo por desgaste de las llantas durante la operación de la maquinaria o equipo.

Artículo 205.-

El costo horario por piezas especiales es el correspondiente al consumo por desgaste de las piezas especiales durante la operación de la maquinaria o equipo de construcción.

Artículo 206.-

El costo horario por salarios de operación es el que resulta por concepto de pago del o los salarios del personal encargado de la operación de la maquinaria o equipo de construcción por hora efectiva de trabajo.

Artículo 207.-

El costo por herramienta de mano corresponde al consumo por desgaste de herramientas de mano utilizadas en la ejecución del concepto de trabajo.

Artículo 208.-

En caso de requerirse el costo por máquinas-herramientas éste se calculará en la misma forma que el costo directo por maquinaria o equipo de construcción, según lo señalado en este Reglamento.

Artículo 209.-

El costo directo por equipo de seguridad corresponde al valor del equipo necesario para la protección personal del trabajador para ejecutar el concepto de trabajo.

Artículo 210.-

El costo horario por maquinaria o equipo de construcción en espera y en reserva es el correspondiente a las erogaciones derivadas de situaciones no previstas en el contrato.

Para el análisis, cálculo e integración del costo a que se refiere el párrafo anterior se entenderá por:

- I. Maquinaria o equipo de construcción en espera: aquél que por condiciones no previstas en los procedimientos de construcción debe permanecer sin desarrollar trabajo alguno, en espera de algún acontecimiento para entrar en actividad, considerando al operador.
- II. Maquinaria o equipo de construcción en reserva: aquél que se encuentra inactivo y que es requerido por orden expresa de la dependencia o entidad para enfrentar eventualidades tales como situaciones de seguridad o de posibles emergencias, siendo procedente cuando:
 - a. Resulte indispensable para cubrir la eventualidad de que se trate debiéndose apoyar en una justificación técnica.
 - b. Resulten adecuados en cuanto a capacidad, potencia y otras características, y sean congruentes con el proceso constructivo.

El costo horario de las máquinas o equipos en las condiciones de uso o disponibilidad descritas en las fracciones anteriores deberán ser acordes con las condiciones impuestas a los mismos, considerando que los costos fijos y por consumos deberán ser menores a los calculados por hora efectiva en operación.

2.7 Trabajos realizados por la maquinaria en obras de urbanización

A continuación, se hará una breve descripción de los trabajos que comúnmente realiza la maquinaria en obras de urbanización e infraestructura vial (Ojeda López, 1990).

2.7.1 Despalme

El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de la terracería (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011b) & (Ojeda López, 1990).

El despalme se ejecutará en terrenos que contengan material tipo I o II. El espesor de la capa a despallar por lo general será de 20 cm o el que especifique el proyecto para cada caso. Los trabajos de desmonte y despalme se ejecutarán con maquinaria, siempre y cuando la topografía y las condiciones del terreno así lo permitan.

2.7.2 Corte

Los cortes, son excavaciones a cielo abierto en el terreno natural para la formación de la sección de proyecto, estos pueden ser realizados con uso

ó sin uso de explosivos. Cuando el material producto de las excavaciones cumpla con las especificaciones, puede ser utilizado en la formación de terraplenes (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011a) & (Ojeda López, 1990).

2.7.3 Excavación en cepas

Se refiere a las excavaciones que se ejecutan a cielo abierto con un ancho determinado, dependiendo de las características de la obra, en el terreno natural o en rellenos existentes, para alojar la infraestructura urbana, como son instalaciones de agua potable y drenaje. Para su realización se utilizan generalmente excavadoras y/o retroexcavadoras, dependiendo las dimensiones de las cepas y las condiciones del terreno (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011a) & (Ojeda López, 1990).

De acuerdo a las características del material, se pueden clasificar tres diferentes tipos de suelos, tipo I (A), tipo II (B), tipo III (C), los mismos que se explican a continuación:

2.7.3.1 Material tipo I

Es un material blando o suelto que puede ser excavado con escrepa de capacidad adecuada para ser jalada con tractor de orugas. Este tipo de materiales considera suelos poco o nada cementados. Los materiales más comúnmente clasificados de este tipo son los suelos agrícolas, los limos y las arenas (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011a) & (Ojeda López, 1990).

2.7.3.2 Material tipo II

Es el material que por su dificultad de extracción y carga solo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable o con pala mecánica sin el uso de explosivos. Los materiales más comúnmente clasificados son los suelos conglomerados medianamente cementados, arenas blandas y tepetates (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011a) & (Ojeda López, 1990).

2.7.3.3 Material tipo III

Es el material que por su dificultad de extracción solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos, químicos expansivos y/o martillos hidráulicos. Entre los materiales clasificados se encuentran rocas basálticas, conglomerados fuertemente cementados, granitos, entre otras (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011b) & (Ojeda López, 1990).

2.7.4 Tendido de material

Este proceso se refiere a expandir material adecuado, de acuerdo a las características de la capa especificada en proyecto, con espesores semejantes. Este material deberá ser homogéneo y presentar características uniformes (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011c).

El espesor de estas capas será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles en obra, se pueda obtener el grado de compactación exigido, comúnmente varía entre los 15 y 20 cm. Por lo general, para realizar este trabajo se utilizan motoconformadoras, ya que son las más indicadas para hacerlo (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011c).

2.7.5 Sub base

Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la sub-rasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la base de un pavimento, soportar las cargas que éste le transmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011c).

2.7.6 Base

Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la sub-base o la subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la capa de rodadura asfáltica o la carpeta de concreto hidráulico; soportar las cargas que éstas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y proporcionar a la estructura del pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011c).

2.7.7 Compactación de material

Una vez extendido el material en una capa uniforme y habiendo conseguido el grado de humedad óptimo, se procede a la última fase del proceso. El objetivo de este trabajo es aumentar la estabilidad y resistencia mecánica de la capa, esto se consigue comunicando energía de vibración a las partículas que conforman el suelo, produciendo su reordenación. La maquinaria empleada en la compactación es muy diversa, aunque suelen

emplearse rodillos vibratorios lisos, compactadores neumáticos o rodillos pata de cabra, según el tipo de suelo (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011b).

2.7.7.1 PROCTOR

Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011b).

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro con volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener la curva que relaciona la humedad y la densidad seca máxima a determinada energía de compactación. El punto máximo de esta curva corresponde a la densidad seca máxima en ordenadas y a la humedad óptima en abscisas.

Las principales normativas que definen estos ensayos son las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing Materials, Sociedad Estadounidense para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Proctor estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado.

2.7.8 Carga mecánica de material

Este proceso refiere a la acción realizada por maquinaria, la cual consiste en cargar material producto de excavación y/o demolición en unidades de acarreo, para su posterior retiro del lugar. Para su ejecución por lo general se utilizan cargadores frontales o dependiendo el caso se puede utilizar una

retroexcavadora (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2011b) & (Varela Alonso, 2011).

2.8 Urbanización

Se refiere a la construcción de una zona originariamente de tipo rural y está asociado al natural crecimiento de los núcleos urbanos. Crear una urbanización supone la puesta en marcha de grandes infraestructuras: canalización de agua, electricidad, pavimentación de calles, parques y, en definitiva, toda una serie de zonas y servicios para que la población pueda asentarse con normalidad (Varela Alonso, 2011).

La formación de esta modalidad de infraestructura resuelve parcialmente las necesidades demográficas. Al mismo tiempo, crean nuevas fuentes de riqueza, no sólo por la construcción de las mismas, sino también por la actividad económica que se genera.

2.9 Descripción de la maquinaria a ser analizada

2.9.1 Retroexcavadora

Estas máquinas son de control y funcionamiento hidráulico y son excelentes para realizar excavaciones por debajo del nivel en el que se apoyan. Constan principalmente de una pluma en forma recta o de cuello de ganso y llevan articulado un brazo con un cucharón adaptado en su extremo superior (Figura 1) (Caterpillar Inc., 2010).

La pluma como el brazo son vigas a base de placas de acero con una sección en caja, el cucharón está reforzado en uno de sus extremos por una serie de dientes para facilitar la penetración. Tiene un giro de 180° para la óptima retención de la carga y la fácil excavación. Estos componentes son de acero de gran resistencia y tratados térmicamente en las zonas propensas al desgaste.

Complementan a esta máquina un par de puntales estabilizadores y una cabina de operación con amplia visibilidad.

Entre las aplicaciones de estas máquinas se pueden mencionar las excavaciones poco profundas.



Figura 1 Retroexcavadora 416, Caterpillar

2.9.2 Excavadora

Las excavadoras actualmente están sentadas sobre orugas, tienen la capacidad de realizar giros de 360°. Están constituidas principalmente por una superestructura o unidad giratoria, la cual está formada por una cabina metálica apoyada sobre una plataforma de acero, que sirve para proteger a la máquina y al operador de la intemperie, así como para controlar desde el interior su funcionamiento (Figura 2) (Caterpillar Inc., 2010).

La parte complementaria o unidad de tránsito sirve para el desplazamiento de la máquina y sobre ella se encuentran montados el motor, la transmisión, la superestructura, la cabina del operador, en sí, toda la maquinaria de operación.

La superestructura de esta máquina está compuesta esencialmente por una pluma y el cucharón y su brazo. La pluma es una viga larga y maciza ligeramente inclinada hacia adelante, contiene en su parte extrema una vigueta o brazo articulado que soporta al cucharón. El cucharón es una caja

de acero en forma de cubo, abierta en su parte inferior; utiliza un juego de dientes con puntas removibles para mejorar el desempeño de sus funciones.

Entre sus aplicaciones se puede mencionar las excavaciones de zanjas de mediana profundidad, movimientos de material y carga de materiales diversos.



Figura 2 . Excavadora 320, mca Hitachi

2.9.3 Motoconformadora

Estas máquinas son utilizadas principalmente para el extendido, conformación y acabado de materiales, de gran diversidad de tipos y tamaños. Su potencia varía desde treinta hasta doscientos caballos de fuerza. Básicamente constan de un bastidor compuesto por dos travesaños contraventeados que en su parte trasera soportan el motor y la cabina de control, y en su parte delantera convergen hasta formar una viga sencilla y curva, para terminar sobre el eje frontal de las llantas (Figura 3) (Caterpillar Inc., 2010).

La cuchilla, que es de acero de alta resistencia y semejante al de un bulldozer, pero más esbelta, va provista en sus bordos laterales de placas intercambiables y soportada al bastidor mediante un anillo que permite el

movimiento de rotación con giros horizontales y verticales, así como desplazamientos en forma lateral.

Normalmente el desplazamiento se realiza mediante dos llantas delanteras y cuatro traseras de tracción, colocadas en tándem. Puede variar a dos llantas traseras, en este caso las llantas delanteras serán motrices.

Una particularidad de esta máquina está en las ruedas delanteras, ya que pueden inclinar su plano de rodadura, permitiéndole semi-acostarse para evadir los materiales que van siendo movidos por la cuchilla, o para no rozarse con las paredes verticales de los cortes.

Entre las aplicaciones de este tipo de máquinas está el desplazamiento de grandes volúmenes de material, el tendido y afine de base y sub-base en vialidades.



Figura 3 Motoconformadora M 140, Caterpillar

2.9.4 Rodillo vibrador liso

Este equipo está diseñado exclusivamente para la compactación y confinamiento de materiales sueltos, expulsando el agua y aire de su interior mediante el constante golpeo o apisonamiento de la máquina sobre el terreno (Figura 4) (Caterpillar Inc., 2010).

Gracias a este equipo es posible obtener una compactación rápida y efectiva en cada una de sus aplicaciones, ya que de otra manera se tardaría de dos a tres años para lograrse en forma natural.

En general la acción producida por estas máquinas sobre el terreno se reduce al apisonado que se realiza mediante el repetido tránsito de los rodillos sobre las mismas franjas, y al confinamiento por golpeo que se logra por medio del efecto vibratorio de las ruedas o rodillos de la máquina.

Este elemento se compone de un tambor o rodillo liso vibratorio y de un robusto bastidor apoyado sobre el eje del primero. Un dispositivo con suspensión elástica, colocado sobre el eje del tambor que consiste en una combinación de resortes y elementos de caucho que impiden la transmisión de las vibraciones al bastidor y motor.

Sus aplicaciones radican en la compactación de materiales granulares como sub-bases, bases y sub-rasantes de vialidades y plataformas.



Figura 4 Rodillo vibratorio, mca Caterpillar

2.9.5 Cargador frontal

Este tipo de máquinas son exclusivas para la carga de material suelto, básicamente consisten en un cucharón adaptado en la parte delantera, generalmente sobre un tractor con neumáticos (Figura 5) (Caterpillar Inc., 2010).

El cucharón es una caja de constitución simple de acero templado y con una hilera de dientes que sirven para realizar las excavaciones en roca. Su sistema de control y movimiento es hidráulico. Su aplicación es la carga y movimiento de materiales sueltos en distancias cortas.



Figura 5 Cargador Frontal, JCB

Por dar algún ejemplo de los tipos de maquinaria pesada comunes en los procesos constructivos de urbanización e infraestructura vial.

2.10 Rendimiento de maquinaria

El rendimiento es un concepto asociado al trabajo realizado por las máquinas (Suarez Salazar & Suarez, 1987), (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2001), & (Caterpillar Inc., 2010).

Obtener un buen rendimiento supone obtener buenos y esperados resultados con poco trabajo. En la construcción, este concepto se define como el cociente entre el trabajo que realiza una máquina y el intervalo de tiempo necesario para ejecutarlo.

En la actualidad existe mucha información donde proporcionan datos acerca de los rendimientos óptimos de maquinaria, a continuación se presenta la información publicada por los fabricantes de la maquinaria (Caterpillar Inc., 2010), mostrando los rendimientos de los equipos que serán analizados más adelante (tabla 1):

Tabla 1 Rendimientos óptimos de maquinaria (Caterpillar Inc., 2010)

Rendimientos publicados por los fabricantes			
Tipo de Material	Máquina analizada	Unidad	Rendimiento
A	Excavadora tipo 416	m ³ /hr	19.8
	Excavadora tipo 320	m ³ /hr	40.3
	Excavadora tipo 330	m ³ /hr	54.9
B	Excavadora tipo 416	m ³ /hr	17.5
	Excavadora tipo 320	m ³ /hr	35.9
	Excavadora tipo 330	m ³ /hr	52.2
C	Excavadora tipo 416	m ³ /hr	5.6
	Excavadora tipo 320	m ³ /hr	12.5
	Excavadora tipo 330	m ³ /hr	15.5
Base	Motoconformadora tipo 12H	m ² /hr	3225.0
	Motoconformadora tipo 140H	m ² /hr	3485.0
Sub base	Motoconformadora tipo 12H	m ² /hr	8000.0
	Motoconformadora tipo 140H	m ² /hr	9000.0
Base	Vibrocompactador liso tipo 423	m ² /hr	735.2
Sub base	Vibrocompactador liso tipo 423	m ² /hr	920.5
Material Suelto	Cargador Frontal tipo 904	m ³ /hr	225.0
	Retroexcavadora tipo 416	m ³ /hr	170.0

III. MEDICIÓN

3.1 Introducción

Dentro de esta investigación nos hemos dado a la tarea tanto de conocer a la industria en su conocimiento y manejo de rendimientos, como el presentar un levantamiento de los rendimientos más comunes dado por los operadores de las maquinarias.

Con estos datos se busca obtener el rendimiento de la maquinaria más cercano al real que, dependiendo del tipo de trabajo ejecutado, se obtendrán m^2 o m^3 realizados por jornal de 8 horas.

Tratando de presentar las dos partes de la cara de la moneda, lo considerado por los ingenieros y empresarios, y lo tiempos reales generados en campo por los operadores, para poder dar una alimentación al conocimiento de la materia.

3.1.1 Población y muestra

3.1.1.1 Tamaño de la muestra de Población

Para la realización de esta investigación se obtendrán dos diferentes muestras.

La primera muestra se tomará del registro de las empresas que se encuentran registradas en la CMIC (Cámara Mexicana de industria de la Construcción), las cuales están clasificadas como especialistas en obras de urbanización, en este caso existen 112. Para el cálculo se utilizará la fórmula para obtener una muestra a partir de una población finita.

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{e^2(N-1) + \sigma^2 Z^2}$$

Ecuación 1: Cálculo de muestra a partir de una población finita (Bolaños, 2012)

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población (112)

σ = Desviación estándar de la población (0.5)

Z= Nivel de confianza (96%)

e= Límite aceptable de error muestral (0.06)

Sustituyendo en la fórmula queda de la siguiente manera:

$$n = \frac{112 \cdot 0.5^2 \cdot 0.96^2}{0.06^2(112 - 1) + 0.5^2 \cdot 0.96^2}$$

$$n = 41$$

Con este número, el total de encuestas a personal directivo será de 41.

Para el segundo tamaño de población será limitado por el total de obras de infraestructura en ejecución dentro del sector público, en la Zona Metropolitana de Guadalajara de acuerdo a la información publicada en la página web de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, para lo cual se tienen 21 obras registradas.

Para este caso nuestros valores serán:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población (21)

σ = Desviación estándar de la población (0.5)

Z= Nivel de confianza (95%)

e= Límite aceptable de error muestral (0.07)

Sustituyendo los datos en la ecuación, obtenemos los siguientes resultados:

$$n = \frac{21 \cdot 0.5^2 \cdot 0.95^2}{0.07^2(21 - 1) + 0.5^2 \cdot 0.95^2}$$

$$n = 16$$

Con este número, el total de encuestas por tipo de maquinaria será de 16.

3.2 Método de medición

Este estudio, como se comentaba, va dirigido con dos encuestas en medios distintos, en la primera se irá a los directivos, analistas de costos y supervisores, y la segunda será dirigida a los operadores de las maquinarias; a continuación, se detalla cada una.

3.2.1 Encuesta a medio de la construcción

Se implementará una encuesta estratégica, dirigida al personal directivo de las empresas seleccionadas para poder determinar el conocimiento que se tiene sobre este tema y la importancia que se le da dentro de su organización a la mejora de sus presupuestos. Esta encuesta incluye preguntas cerradas, donde se tienen seis posibles respuestas, en un rango de 0% a 100% con intervalos de 20%, lo cual genera un abanico más amplio para emitir una respuesta más acertada.

3.2.2 Entrevista en campo operadores

Para esta parte de la medición se implementará una entrevista muy sencilla, donde se visitará directamente al personal que opera la maquinaria en estudio, y se le cuestionará el volumen de producción diaria de la maquinaria bajo las diferentes condiciones de trabajo que pudiesen encontrarse en obra como, por ejemplo, diferentes tipos de terreno en excavaciones, diferentes tipos de materiales y grados de compactación, por mencionar algunos.

3.3 Diseño de medición

A continuación, se presentan los cuestionarios que serán aplicados en cada una de las encuestas:

3.3.1 Diseño de la encuesta a personal directivo

Para llevar a cabo la encuesta, se diseñó un cuestionario formado por quince preguntas, de las cuales tres de ellas son abiertas y las doce, restantes, son de opción múltiple, las cuales tienen seis posibles respuestas.

A continuación, se presenta de manera muy general el contenido de este cuestionario (Figura 6):

Optimización de rendimientos para presupuestos de obras de urbanización

Esta encuesta está diseñada con fines académicos y de investigación, dirigida para personal directivo de empresas constructoras, especializadas en obras de urbanización en la Zona Metropolitana de Guadalajara, con la finalidad de proporcionar información para la tesis nombrada "Optimización de rendimientos de maquinaria para presupuestos de obras de urbanización" para lograr el grado de Maestro en Administración de la Construcción en la Universidad Panamericana.

Agradecemos contestar con sinceridad las siguientes preguntas eligiendo la mejor opción que se acerque a su punto de vista.

*Obligatorio

Nombre: *

Nombre de la empresa:

Puesto *

1. En porcentaje ¿qué tan importante considera optimizar los presupuestos de su empresa? *

Nombre de la empresa:

Puesto *

1. En porcentaje ¿qué tan importante considera optimizar los presupuestos de su empresa? *

2. Dentro de su empresa ¿qué tan frecuentemente se busca optimizar sus presupuestos? *

3. Para el análisis de precios de maquinaria, ¿se consideran rendimientos basados en datos históricos de la empresa? *

4. Dentro de su empresa ¿se lleva un control del rendimiento real de la maquinaria? *

5. ¿Qué tan confiable considera los rendimientos de la maquinaria publicados por los fabricantes? *

6. ¿Qué tan fiables considera los rendimientos de la maquinaria publicados por la CMIC? *

7. ¿Utilizaría rendimientos obtenidos directamente en obra, para la elaboración de futuros presupuestos? *

8. ¿Maneja precio de rescate para los costos de la maquinaria? *

9. ¿Monitorea a los operadores de la maquinaria para ver la productividad de las máquinas? *

10. En porcentaje, ¿como evaluaría la capacidad de sus empleados para operar la maquinaria? *

11. ¿Considera que la experiencia de los operadores esta relacionada con el rendimiento de la maquinaria? *

12. Antes de iniciar un trabajo ¿llevas a los operadores para explicarles como atacar los frentes? *

13. ¿Ha analizado a detalle los rendimientos de la maquinaria? si o no y ¿por qué? *

14. ¿Qué factores considera que afectan la eficiencia de la maquinaria? Menciona tres. *

15. Una evaluación de equipos y rendimientos por los operadores ¿le sería funcional? si o no y ¿por qué? *

Figura 6 Encuesta a personal directivo

3.3.2 Diseño de la encuesta a operadores

Para esta parte se diseñó una tabla (Tabla 2) en la que serán registrados los datos proporcionados por los operadores de la maquinaria, la principal idea es realizar la intervención en no más de cinco minutos, para no volver el encuentro pesado, haciendo preguntas objetivas.

Tabla 2 Formato de tabla para elaboración de encuesta a personal operativo

ETAPA DE MEDICIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA TESIS TITULADA: " OPTIMIZACIÓN DE RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA PARA PRESUPUESTOS DE OBRAS DE URBANIZACIÓN ", PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL ING. JESÚS ALFREDO VARGAS CASTELLANOS							
Maquinaria analizada							
CONSECUTIVO	AÑOS EXPERIENCIA	RENDIMIENTO 1			RENDIMIENTO 2		
		MINIMO	MAXIMO	PROM	MINIMO	MAXIMO	PROM
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

3.4 Resultados

3.4.1 Encuesta a personal directivo

3.4.1.1 Preguntas cerradas

Tabla 3 Resultados encuestas personal directivo, preguntas 1 a la 12.

No	Respuestas											
	100		80		60		40		20		0	
	frec	%	frec	%	frec	%	frec	%	frec	%	frec	%
1	32	76	10	24	0	0	0	0	0	0	0	0
2	11	26	15	36	14	33	2	5	0	0	0	0
3	10	24	14	33	12	29	6	14	0	0	0	0
4	5	12	11	26	16	38	10	24	0	0	0	0
5	0	0	1	2	7	17	18	43	8	19	8	19
6	0	0	10	24	16	38	10	24	6	14	0	0
7	19	45	18	43	5	12	0	0	0	0	0	0
8	28	67	7	17	4	10	2	5	1	2	0	0
9	5	12	10	24	16	38	10	24	0	0	1	2
10	15	36	27	64	0	0	0	0	0	0	0	0
11	27	64	13	31	2	5	0	0	0	0	0	0
12	3	7	2	5	4	10	13	31	9	21	11	26

3.4.1.2 Preguntas abiertas

Tabla 4 Respuesta pregunta 13.

	¿Por qué?	Frec	%
SI	No coinciden los rendimientos con los presupuestados	1	2
	Para mejorar presupuestos futuros	13	31
	Como proceso de monitoreo de rendimientos	2	5
NO	Por falta de tiempo	10	24
	Se hacen presupuestos de acuerdo a experiencia de los analistas de costos	2	5
	Ya se cuentan con parámetros dentro de la empresa	2	5
	Por falta de recursos	8	19
	Se "confía" en los operadores	2	5
	Se manejan pagos por volumen ejecutado	1	2
	No se consideran claves para mejorar presupuestos	1	2

Tabla 5 Respuesta pregunta 14.

Factores	Frec	%
Capacidad del operador	36	86
Calidad y aplicación oportuna del mantenimiento	26	62
Retrabajos	3	7
Condiciones del equipo utilizado	16	38
Capacidad de la maquinaria	1	2
Falta de planeación en la ejecución de la obra	11	26
Capacidad del residente y de su equipo de trabajos (topógrafo)	8	19
Las condiciones climatológicas	12	29
Restricciones de la obra realizada	13	31

Tabla 6 Respuesta pregunta 15

	¿Por qué?	Frec	%
SI	Mejoraría futuros presupuestos	21	50
	Proporcionaría datos mas certeros por su origen	8	19
	Existe carencia de datos de esta naturaleza	1	2
	Se podría detectar rendimientos excedidos en los presupuestos	2	5
	Para comparar contra los rendimientos actuales de la empresa	1	2
NO	Por las diferencias que existen ente una obra y otra	5	12
	No ya que la empresa trabaja con sus propios datos	4	10

3.4.2 Resultados encuestas a operadores.

3.4.2.1 Motoconformadora

Tabla 7 Respuesta operadores Motoconformadora 12 H o similar.

Operador	Experiencia (años)	Rendimiento en capa de base hidráulica m ² /hr			Rendimiento en capa sub base m ² /hr		
		min	max	prom	min	max	prom
1	6	2,400	2,600	2,500	6,000	6,000	6,000
2	11	2,500	2,600	2,550	5,800	6,000	5,900
3	10	2,500	2,800	2,650	5,500	5,500	5,500
4	7	2,000	2,200	2,100	6,000	6,200	6,100
5	7	2,500	2,700	2,600	6,000	6,000	6,000
6	6	2,100	2,200	2,150	5,800	6,000	5,900
7	5	2,200	2,300	2,250	6,000	6,000	6,000
8	14	2,500	2,500	2,500	6,500	6,500	6,500
9	12	2,300	2,300	2,300	6,000	6,300	6,150

Tabla 8 Respuesta motoconformadora 140 H, o similar

Operador	Experiencia (años)	Rendimiento en capa de base hidráulica m ² /hr			Rendimiento en capa sub base m ² /hr		
		min	max	prom	min	max	prom
1	7 AÑOS	2,500	2,500	2,500	6,000	6,200	6,100
2	11 AÑOS	2,300	2,300	2,300	6,500	6,500	6,500
3	15 AÑOS	2,500	2,700	2,600	5,800	6,000	5,900
4	12 AÑOS	2,600	2,800	2,700	6,200	6,500	6,350
5	7 AÑOS	2,400	2,500	2,450	6,000	6,000	6,000
6	10 AÑOS	2,600	2,600	2,600	6,200	6,200	6,200

3.4.2.2 Excavadora

Tabla 9 Rendimientos reales para excavadora 320 o similar, tipos de suelo.

Operador	Experiencia (años)	Rendimiento material tipo A (m ³ /hr)			Rendimiento material tipo B (m ³ /hr)			Rendimiento material tipo C (m ³ /hr)		
		min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom
1	4	12	12	12	10	10	10	5.4	5.4	5.4
2	7	12	14	13	12	12	12	5.2	5.4	5.3
3	11	10	12	11	8	10	9	5	6	5.5
4	6	11	11	11	8	8	8	6	6	6
5	2	14	16	15	12	12	12	5.5	5.5	5.5
6	6	12	12	12	10	10	10	5.5	5.5	5.5
7	5	14	16	15	10	10	10	6	6	6
8	9	14	14	14	8	8	8	7	7	7
9	3	12	14	13	12	12	12	5	5	5

Tabla 10 Rendimientos reales para excavadora 330 o similar, por tipo de suelo.

Operador	Experiencia (años)	Rendimiento material tipo A (m ³ /hr)			Rendimiento material tipo B (m ³ /hr)			Rendimiento material tipo C (m ³ /hr)		
		min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom
1	3	18	18	18	13.2	13.2	13.2	7.2	7.2	7.2
2	6	17	20	18.5	15	15	15	7	7	7
3	1	16	16	16	13	13	13	8	8	8
4	11	20	20	20	12	14	13	7	8	7.5
5	8	18	20	19	12	12	12	6	8	7
6	6	19	19	19	12	14	13	7	7	7

Tabla 11 Rendimientos reales para excavadora 416 o similar, en diferentes tipos de suelo

Operador	Experiencia (años)	Rendimiento material tipo A (m ³ /hr)			Rendimiento material tipo B (m ³ /hr)			Rendimiento material tipo C (m ³ /hr)		
		min	max	prom	min	max	prom	min	max	prom
1	11	7.2	7.2	7.2	4.5	4.5	4.5	1.35	1.35	1.35
2	13	8	8.2	8.1	4	4	4	1.5	2	1.75
3	4	7	8	7.5	5	5	5	1	1	1
4	8	8	8	8	4	5	4.5	1.5	1.5	1.5
5	7	6	8	7	4	4	4	2	2	2
6	4	8	10	9	6	8	7	2	2.5	2.25
7	11	7	7.5	7.25	5	5	5	1	1.5	1.25
8	12	6	8	7	4	5	4.5	1.5	1.5	1.5
9	7	7	8	7.5	4	6	5	1	1	1

3.4.2.3 Vibrocompactador

Tabla 12 Rendimientos reales para vibrocompactador liso o similar en diferentes capas de material

Maquinaria analizada		Vibrocompactador modelo 423 o similar					
Operador	Experiencia (años)	Rendimiento en capa de base hidráulica m ² /hr			Rendimiento en capa sub base m ² /hr		
		min	max	prom	min	max	prom
1	3	200	200	200	250	250	250
2	3	225	250	238	280	300	290
3	4	225	225	225	250	270	260
4	9	187.5	187.5	188	250	250	250
5	2	190	190	190	220	250	235
6	13	150	200	175	250	250	250
7	4	200	250	225	250	300	275
8	8	180	200	190	250	250	250
9	5	200	200	200	280	300	290

3.4.2.4 Cargador Frontal

Tabla 13 Rendimientos reales para cargador frontal 904 o similar

Operador	Experiencia (años)	Rendimiento en carga de material (m ³ /hr)		
		min	max	prom
1	6	75	87.5	81.25
2	12	80	90	85

Tabla 14 Rendimientos reales para Retroexcavadora 416 o similar

Operador	Experiencia (años)	Rendimiento en carga de material (m ³ /hr)		
		min	max	prom
1	12	28	42	35
2	7	42	42	42

3.5 Observaciones y comentarios

Durante esta etapa se presentaron diversos problemas, entre ellos, la negativa de acceder a contestar la encuesta por parte de personal directivo (Tablas 3, 4, 5 y 6), y aunque está formulada de una forma muy sencilla y no tarda más de 5 minutos en ser contestada, preferían rechazar la oportunidad de aportar su valiosa experiencia a este trabajo.

El cargador frontal solo pudo ser evaluado en cuatro casos, no se pudo completar el total de la muestra ya que no es utilizado generalmente en las obras, por este motivo solo se realizaron estas cuatro entrevistas.

Con respecto a la entrevista con el personal operativo (Tablas 7 a la 14), en su gran mayoría se mostraban muy accesibles y accedían a apoyar la investigación, la labor más problemática, en esta parte, fue definir los rendimientos de manera precisa, por lo que decidí manejar márgenes para facilitar las respuestas. Pero a pesar de ello, considero que la información recabada es muy valiosa y aportará en gran parte a la conclusión de esta tesis.

IV. Análisis de resultados

4.1 Introducción

En este capítulo se observarán los resultados obtenidos de las dos encuestas, y se analizarán las respuestas obtenidas. En cada uno de los casos con la finalidad de poder aportar a la respuesta de nuestros objetivos, planteados en el capítulo 1, y buscando la solución a nuestro problema planteado originalmente.

Para esto nuevamente dividiremos en dos partes, la parte directiva y la parte numérica de los rendimientos de los operadores. Para en conjunto abordar el tema de nuestra tesis

4.2 Método de análisis

Para el análisis de la encuesta a personal directivo se utilizarán gráficos de barras para cada inciso, esto con la finalidad de identificar fácilmente la tendencia de las respuestas.

Para realizar el análisis a las entrevistas al personal operativo se utilizan gráficos apertura, máximos mínimos y cierre, un gráfico que incluirá los cuatro rendimientos comparables, como lo son el rendimiento publicado por los fabricantes, los máximos y mínimos obtenidos en campo y al final el promedio de estos últimos, lo anterior para cada una de las máquinas ensayadas. Estas gráficas permiten identificar de manera sencilla la variación que existe entre los diferentes rendimientos.

4.3 Análisis de muestra

4.3.1 Análisis de la encuesta a personal directivo

4.3.1.1 Pregunta 1

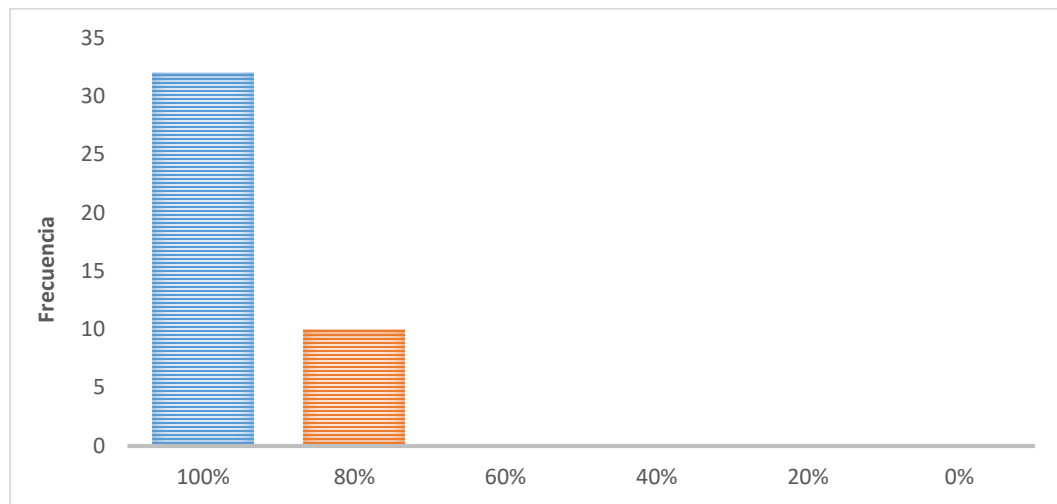


Figura 7 En porcentaje ¿qué tan importante considera optimizar los presupuestos de su empresa?

Con estos resultados, se puede observar (Figura 7) el interés de empresarios a mejorar las propuestas económicas dentro de la industria, con una mejora continua y buscando nuevas oportunidades para optimizar.

4.3.1.2 Pregunta 2

En el gráfico (figura 8) se puede observar la tendencia por parte de los empresarios a buscar optimizar sus presupuestos, confirmando la respuesta del inciso anterior, lo que nos da una oportunidad para integrar los resultados de este documento en sus empresas.

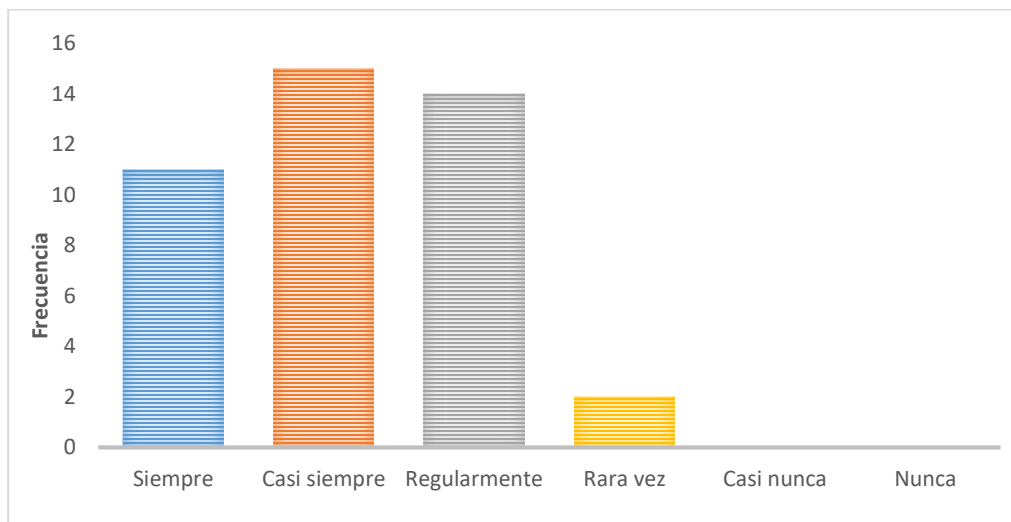


Figura 8 Dentro de su empresa ¿qué tan frecuentemente se busca optimizar sus presupuestos?

4.3.1.3 Pregunta 3

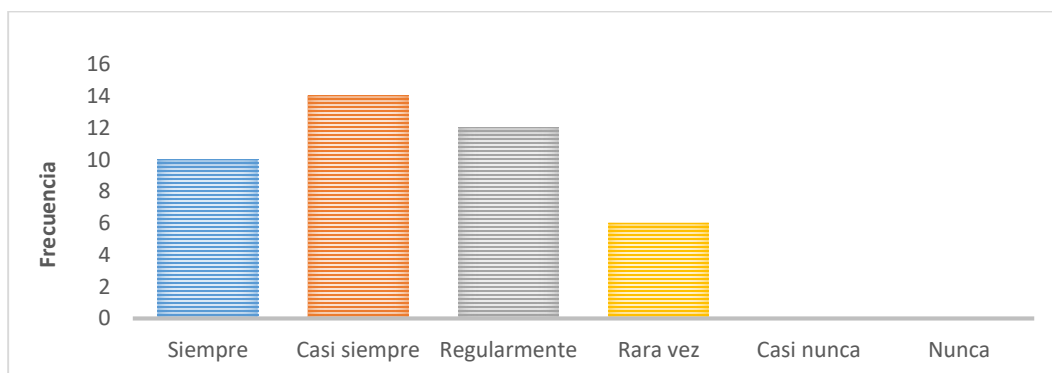


Figura 9 Para el análisis de precios de maquinaria, ¿se consideran rendimientos basados en datos históricos de la empresa?

En este inciso se observa (Figura 9) una clara tendencia de las empresas a incluir en sus presupuestos rendimientos tomados en históricos propios, pero no en su totalidad. Lo anterior muestra que aún falta la cultura de

control y seguimiento de presupuestos en las empresas, permitiendo a esta investigación ser una buena opción para optimizar presupuestos.

4.3.1.4 Pregunta 4

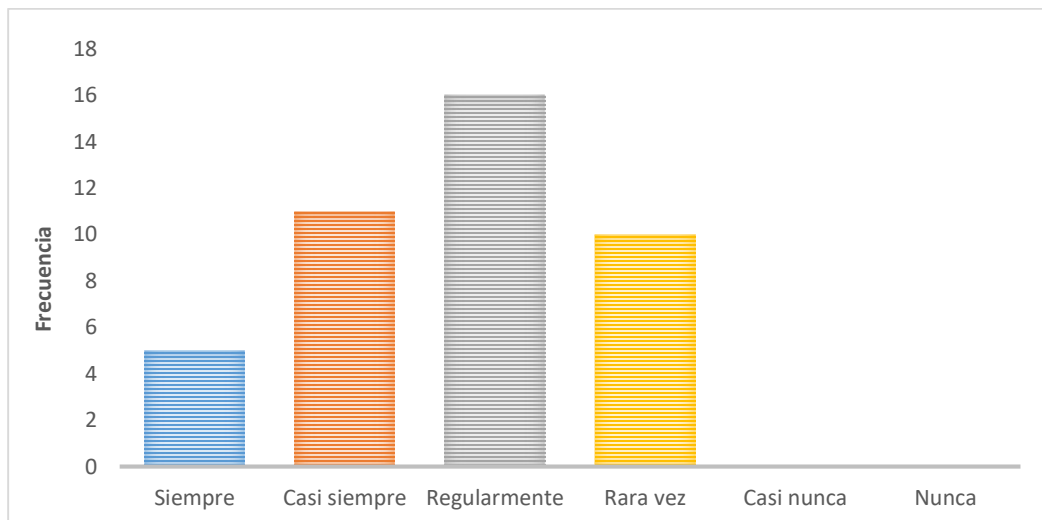


Figura 10 Dentro de su empresa ¿se lleva un control del rendimiento real de la maquinaria?

Con este reactivo se puede confirmar que existe poco control y monitoreo de los rendimientos de la maquinaria durante la ejecución de estas obras, convirtiéndose en un punto relevante el conocer por qué no son monitoreados, pregunta que es resuelta más adelante (Figura 10).

4.3.1.5 Pregunta 5

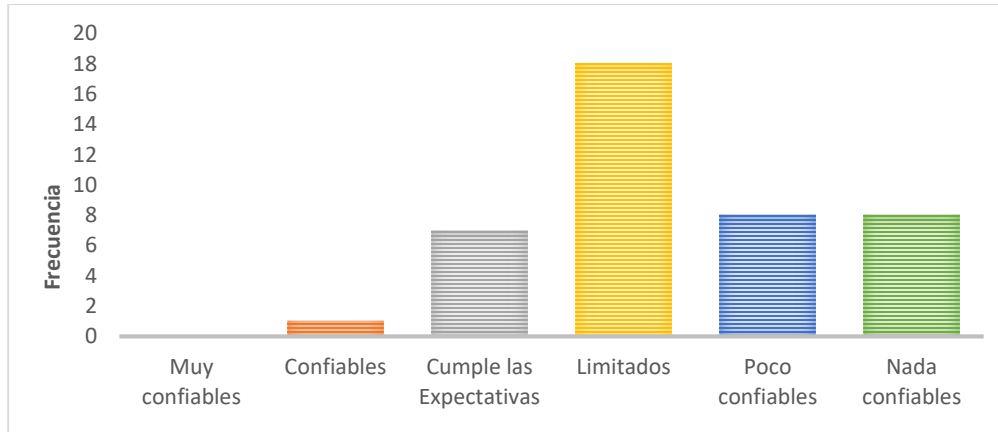


Figura 11 ¿Qué tan confiable considera los rendimientos de la maquinaria publicados por los fabricantes?

Con los resultados recabados de esta pregunta (Figura 11), se puede afirmar que la gran mayoría de los empresarios no confían en los rendimientos publicados por los fabricantes, debido a la diferencia de factores que influyen durante la ejecución de una obra, con esto se valida la necesidad de encontrar rendimientos reales, que puedan ser considerados en futuros presupuestos.

4.3.1.6 Pregunta 6

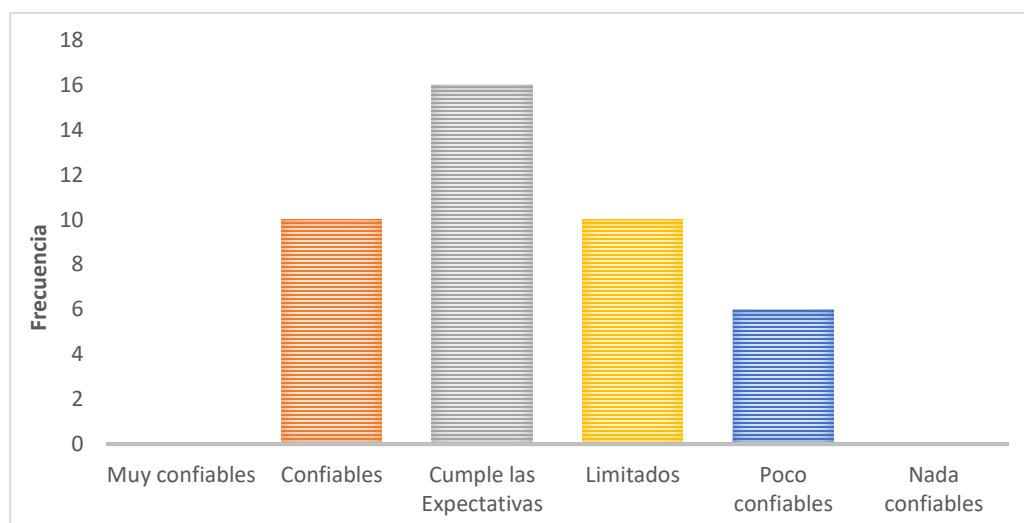


Figura 12 ¿Qué tan fiables considera los rendimientos de la maquinaria publicados por la CMIC?

En este gráfico (Figura 12) se puede observar como la confianza que se tiene a los rendimientos publicados por la CMIC es limitada, aunque sí es mejor que la que se tiene a los fabricantes, confirmando la necesidad de obtener nuevos rendimientos que sean tan confiables que puedan ser utilizados en cualquier presupuesto.

4.3.1.7 Pregunta 7

En este gráfico (Figura 13) se observa una clara tendencia por parte de los empresarios a utilizar rendimientos realmente obtenidos en campo, lo que abre una oportunidad a proponer nuevos rendimientos que permitan a los directores de las pequeñas, medianas y grandes empresas optimizar sus presupuestos utilizando los resultados de esta investigación.

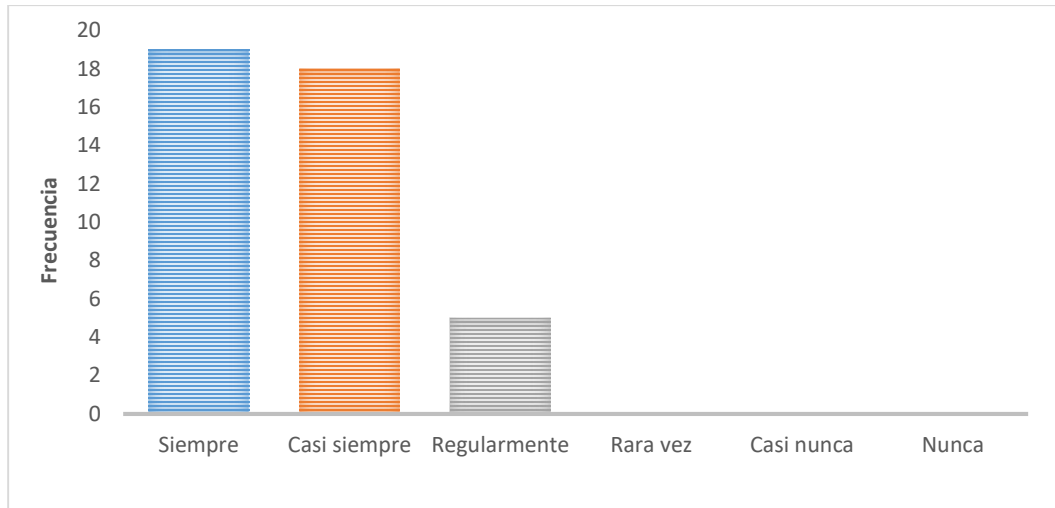


Figura 13 ¿Utilizaría rendimientos obtenidos directamente en obra, para la elaboración de futuros presupuestos?

4.3.1.8 Pregunta 8

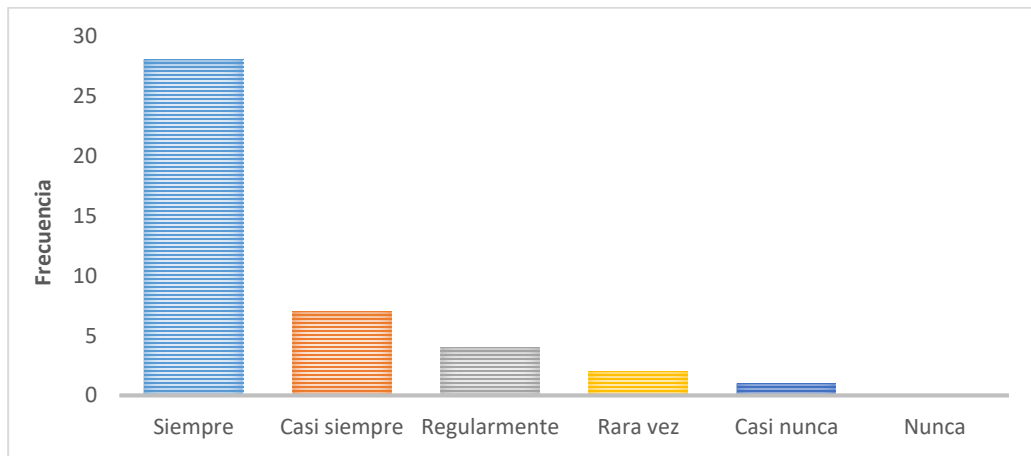


Figura 14 ¿Maneja precio de rescate para los costos de la maquinaria?

Para este inciso se observa (Figura 14) una clara tendencia por parte de los empresarios a manejar precios de rescate de la maquinaria en sus presupuestos, esto nos da que están preocupados con la finalidad de reponer la maquinaria en un futuro no muy lejano y de esta forma seguir siendo una empresa de maquinaria por varios años.

4.3.1.9 Pregunta 9

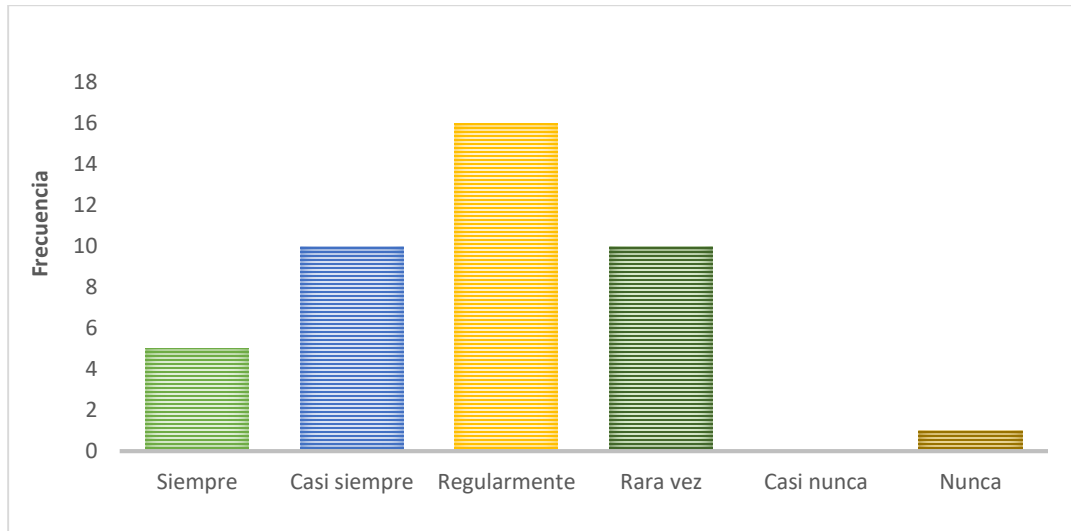


Figura 15 ¿Monitorea a los operadores de la maquinaria para ver la productividad de las máquinas?

Como en la pregunta número 4, se puede observar (Figura 15) que, dentro de las empresas, regularmente no existe un buen control de la maquinaria, los operadores y su rendimiento, lo que reafirma un punto de mejora que tendría que ser atendido dentro de las empresas, con esto optimizar sus nuevos presupuestos.

4.3.1.10 Pregunta 10

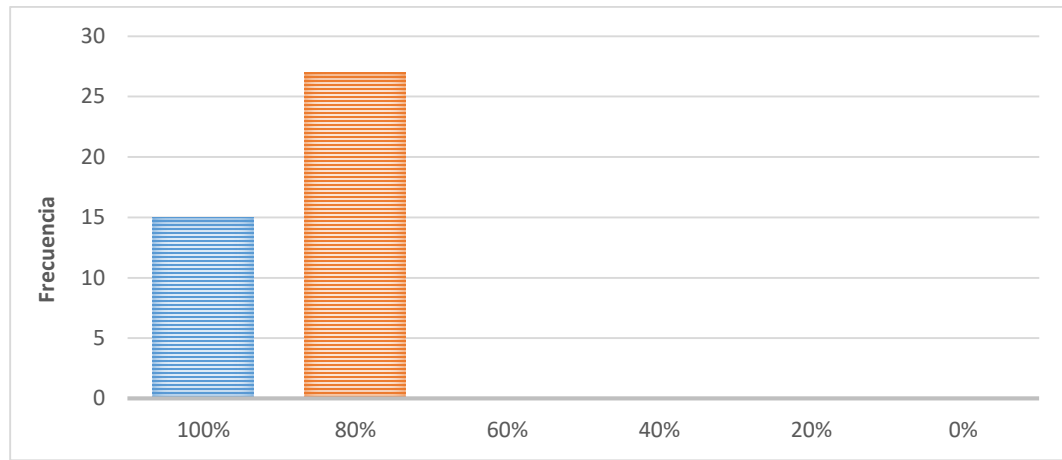


Figura 16 En porcentaje, ¿cómo evaluaría la capacidad de sus empleados para operar la maquinaria

En este inciso se observa que, por lo general, las empresas cuentan con personal capacitado y con experiencia para el manejo de la maquinaria, lo que permite concentrar los esfuerzos en otros puntos que repercutan en mayor forma los rendimientos de la maquinaria.

4.3.1.11 Pregunta 11



Figura 17 ¿Considera que la experiencia de los operadores está relacionada con el rendimiento de la maquinaria?

En este inciso se observa una tendencia positiva de la percepción por parte de los empresarios a la relación que guarda la experiencia de los operadores con el rendimiento de la maquinaria. A mayor experiencia y conocimiento de las máquinas el operador puede dar lo mejor de la maquinaria y hacer óptimo su uso.

4.3.1.12 Pregunta 12

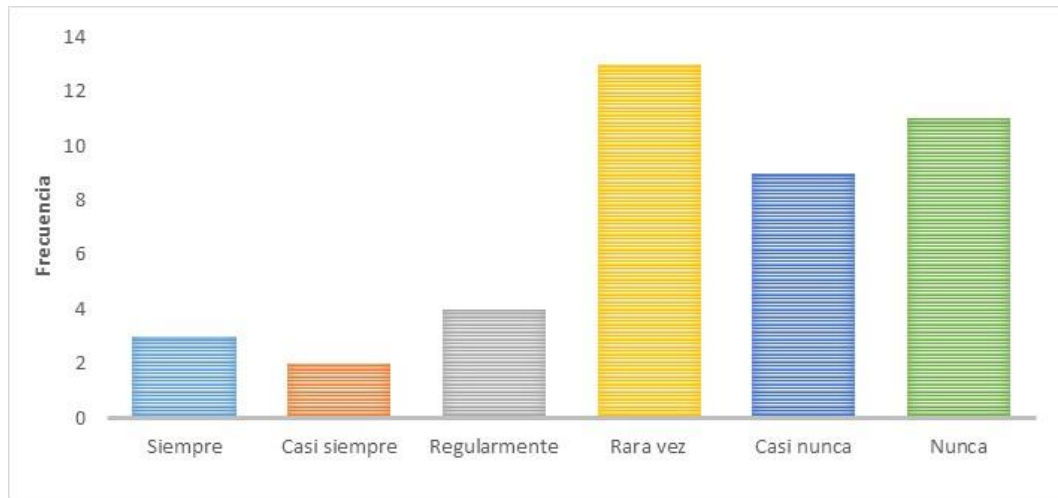


Figura 18 Antes de iniciar un trabajo ¿llevas a los operadores para explicarles como atacar los frentes?

En este inciso, se puede observar, una tendencia negativa a incluir a los operadores en la planeación de la ejecución de un trabajo, lo cual puede repercutir en diferencias entre los rendimientos planeados contra los rendimientos reales, debido a que no se consideran los diferentes factores que los mismos operadores, basados en su experiencia, pueden visualizar antes de iniciar la ejecución.

4.3.1.13 Pregunta 13

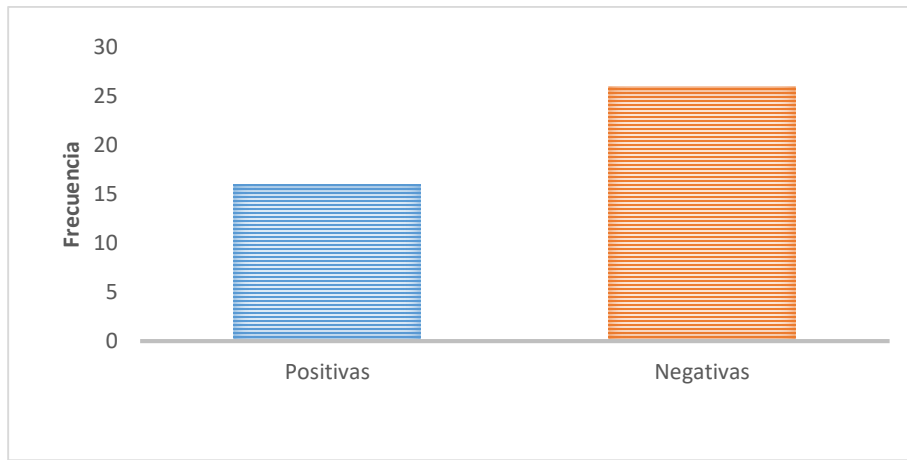


Figura 19 ¿Ha analizado a detalle los rendimientos de la maquinaria? Frecuencia

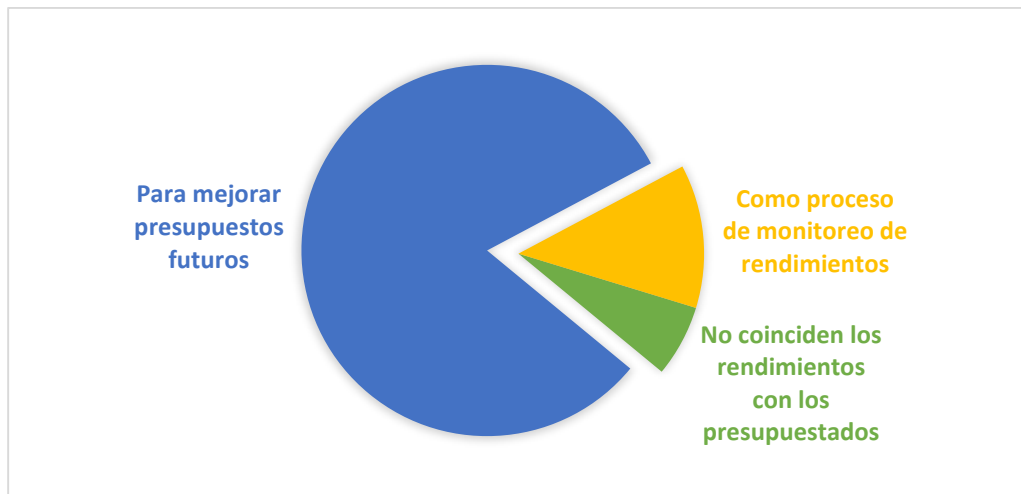


Figura 20 ¿Ha analizado a detalle los rendimientos de la maquinaria?

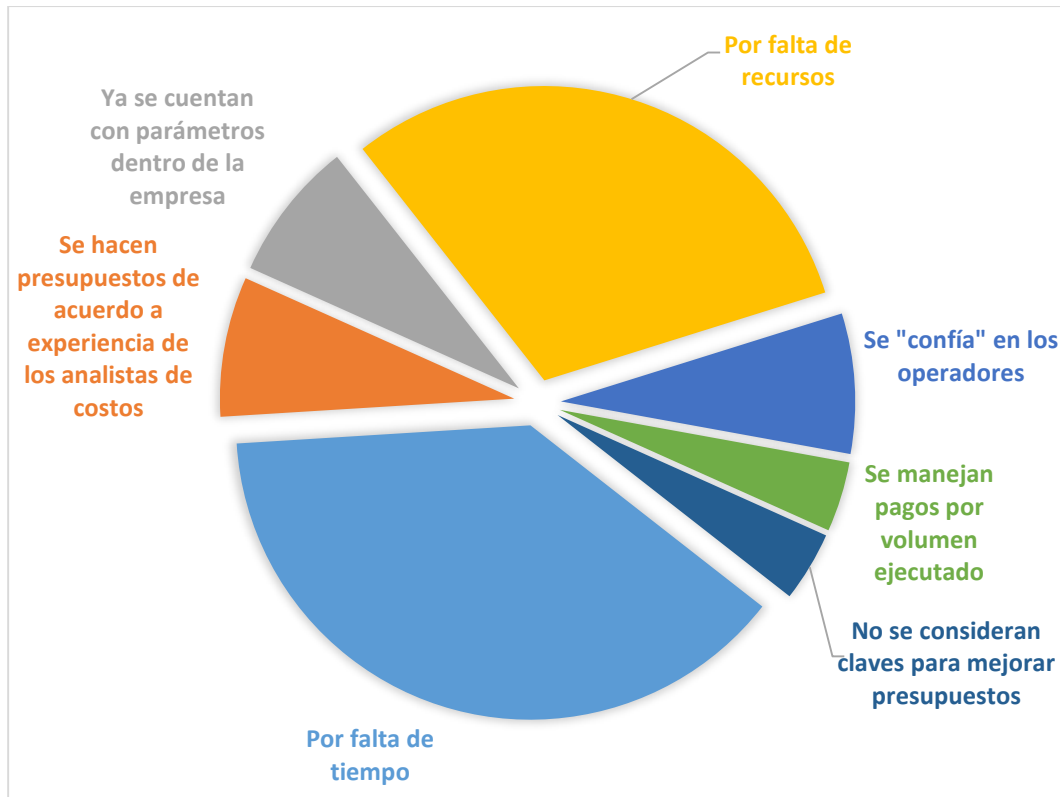


Figura 21 ¿Ha analizado a detalle los rendimientos de la maquinaria? Respuestas Negativas

Para esta pregunta, se encontraron (Figuras 19, 20 y 21) diferentes respuestas, pero la gran mayoría de los empresarios (62%), coinciden en la negativa al análisis de los rendimientos de la maquinaria en su empresa. Donde podemos observar que este problema se presenta por la falta de tiempo y recursos en la empresa para llevar a cabo este monitoreo.

4.3.1.14 Pregunta 14

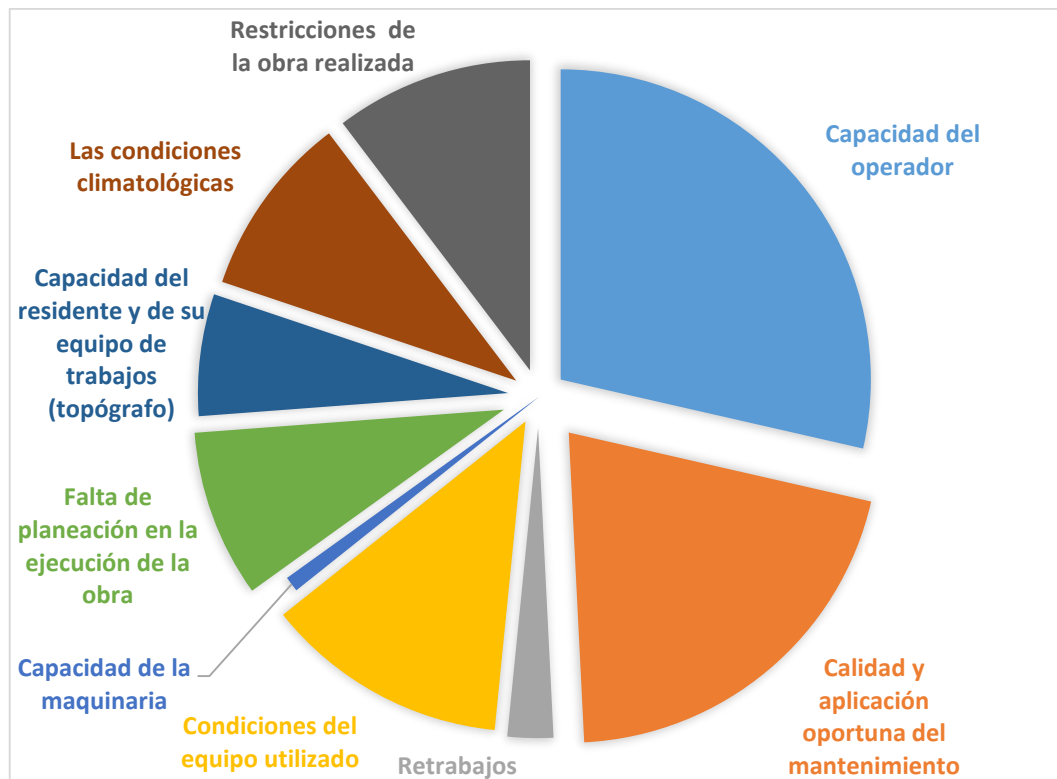


Figura 22 Factores que afectan la eficiencia de la maquinaria

Para esta pregunta se identificaron (Figura 22) diversos factores que los empresarios consideran que afectan la eficiencia y rendimiento de la maquinaria, entre los que más se presentan está la capacidad del operador, las condiciones del equipo y el mantenimiento oportuno a la maquinaria. Derivado de esto se puede afirmar que, si se atienden estos factores, se puede lograr optimizar el uso de la maquinaria, sin minimizar los efectos que pueden generar los demás factores mencionados en las respuestas, siendo necesario evaluar todas las condiciones que puedan presentarse, de acuerdo al lugar y tiempo en que sean realizados los trabajos.

4.3.1.15 Pregunta 15

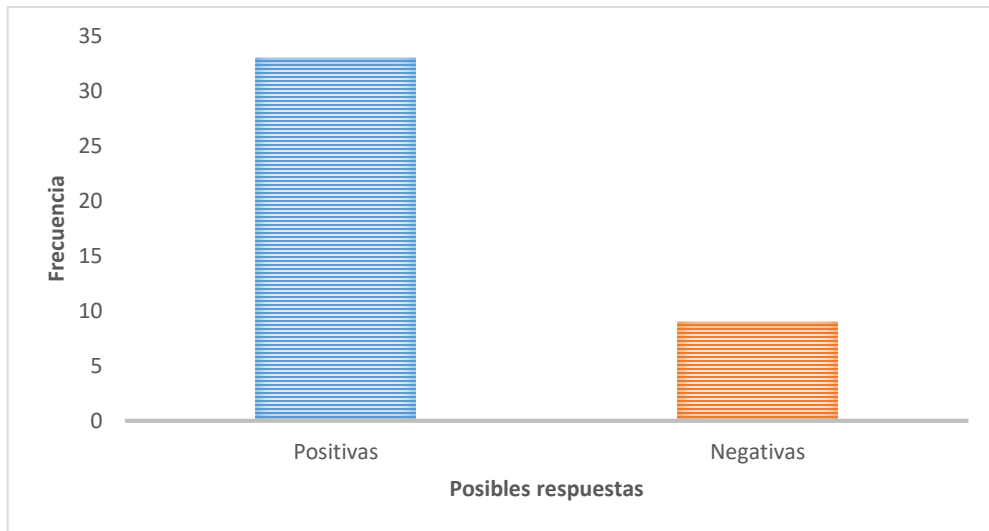


Figura 23 Una evaluación de equipos y rendimientos por los operadores ¿le sería funcional?

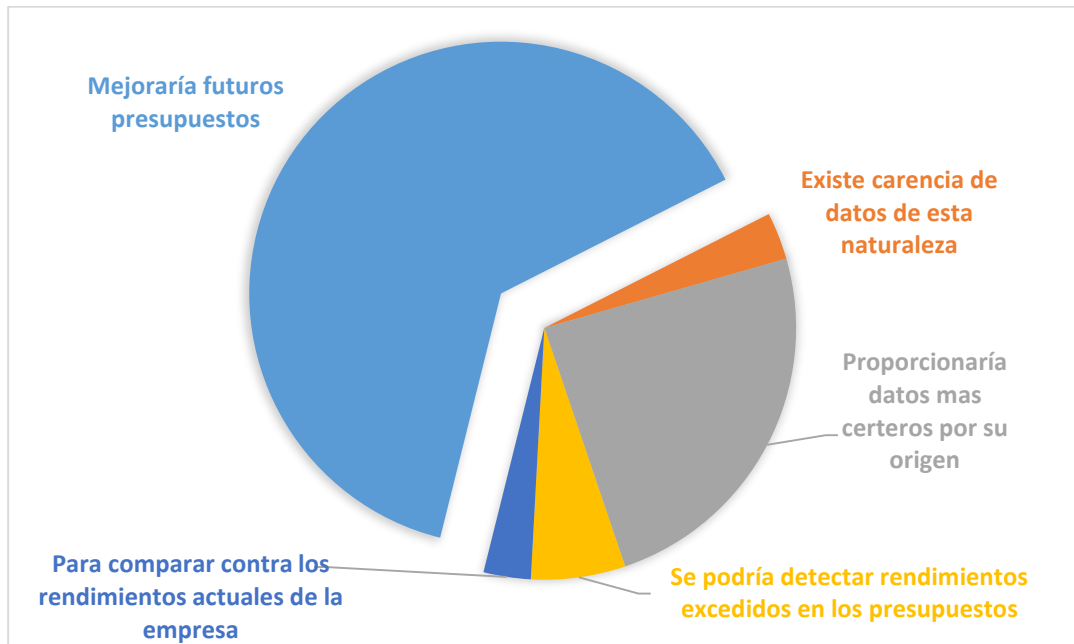


Figura 24 Una evaluación de equipos y rendimientos por los operadores ¿le sería funcional?

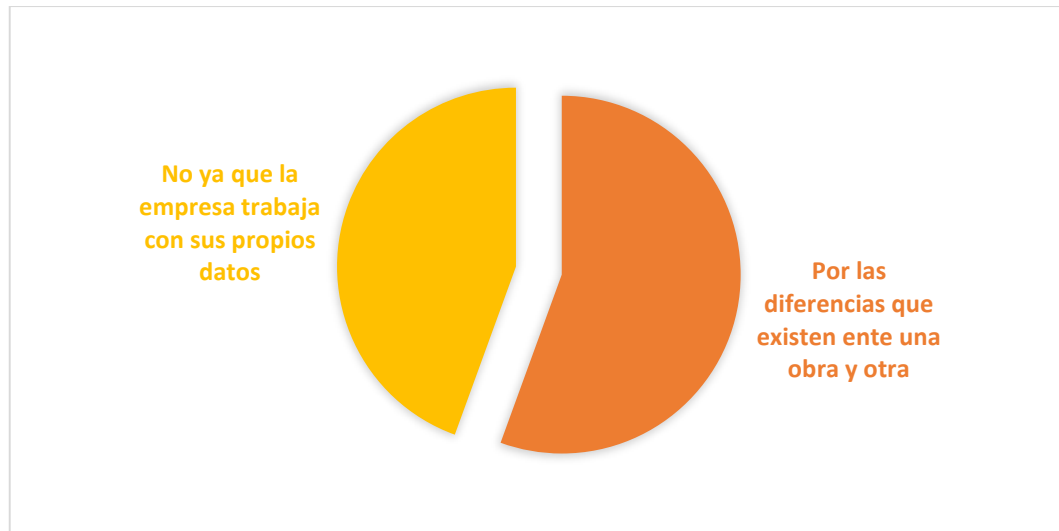


Figura 25 Una evaluación de equipos y rendimientos por los operadores ¿le sería funcional?

Para esta pregunta se puede observar (Figuras 23, 24 y 25) una clara tendencia positiva (78%) por parte de los empresarios a evaluar la eficiencia de sus máquinas y operadores para obtener el rendimiento óptimo de sus equipos.

Como resultado de esta encuesta podemos llegar a concluir que los empresarios están necesitando el mejorar sus rendimientos y aun cuando lo saben, no lo realizan, esto mismo puede ser monitoreado con herramientas de control que faciliten el trabajo para el levantamiento, que puede realizar el cabo o supervisor en los trabajos que se realizan en campo.

4.3.2 Análisis de rendimientos de campo

4.3.2.1 Motoconformadora

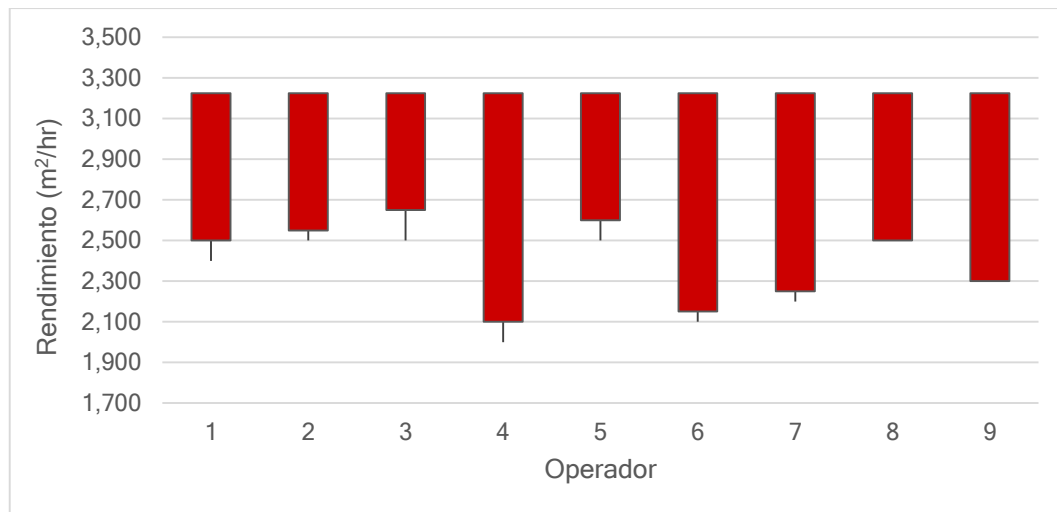


Figura 26 Comparación de rendimientos en motoconformadora Modelo CAT-12H en base hidráulica

En la gráfica (Figura 26) se observa con claridad la gran diferencia que existe entre los rendimientos publicados por los fabricantes, donde la totalidad de los operadores se encuentran por debajo del rendimiento óptimo, lo que nos muestra una clara brecha de mejora de nuestros presupuestos.

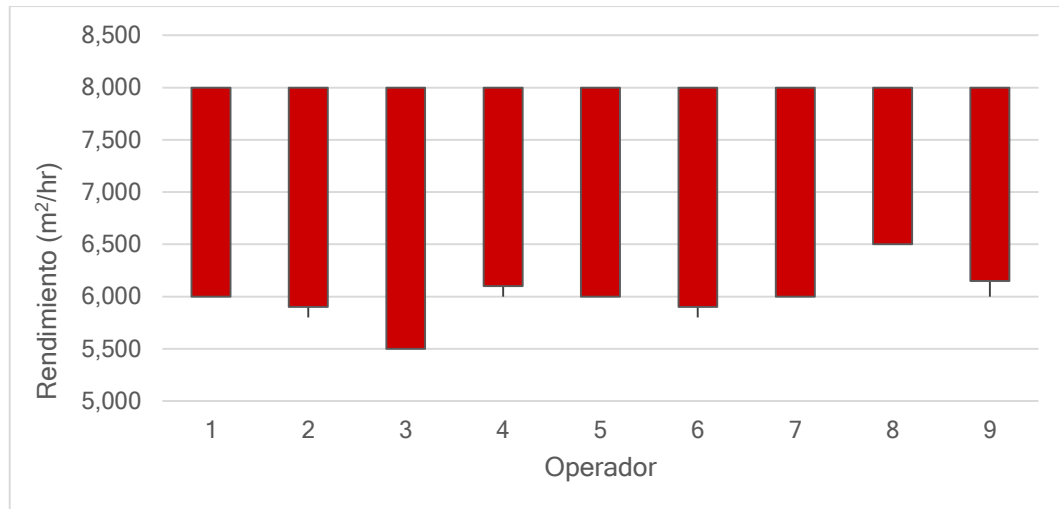


Figura 27 Comparación de rendimientos en motoconformadora Modelo CAT-12H en sub bases

Nuevamente en este gráfico (Figura 27), se observa que, las respuestas de las encuestas al personal operativo se encuentran por debajo de lo publicado por los fabricantes, comportamiento que se repite en todos y cada uno de los operadores.

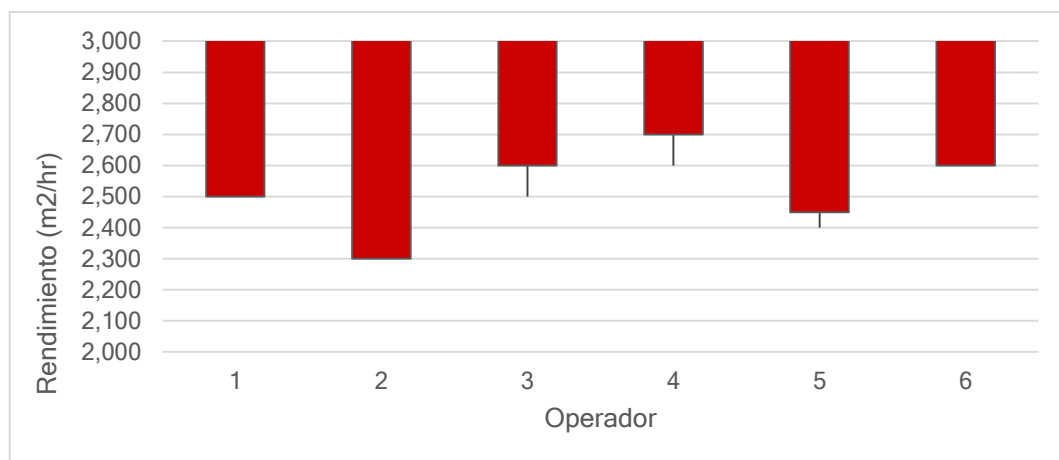


Figura 28 Comparación de rendimientos en motoconformadora tipo Cat 140H en bases

Para el caso de una motoconformadora realizando trabajos de tendido de base hidráulica, el cual implica revolver el material y extenderlo, también se presentan (Figura 28) diferencias considerables entre la información publicada en el manual de rendimientos de Caterpillar Inc. y los obtenidos en campo, lo que nos muestra un punto muy importante de mejora para nuestros presupuestos.

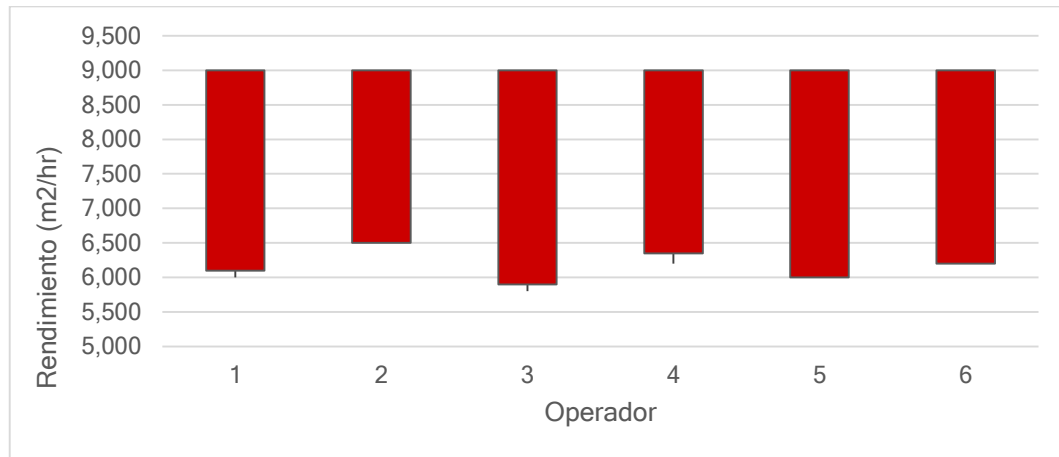


Figura 29 Comparación de rendimientos en motoconformadora tipo Cat 140H en sub bases

Nuevamente se observa (Figura 29) una diferencia considerable entre los diferentes rendimientos, siendo importante mencionar que en la totalidad de los operadores coincide esta tendencia.

4.3.2.2 Excavadora

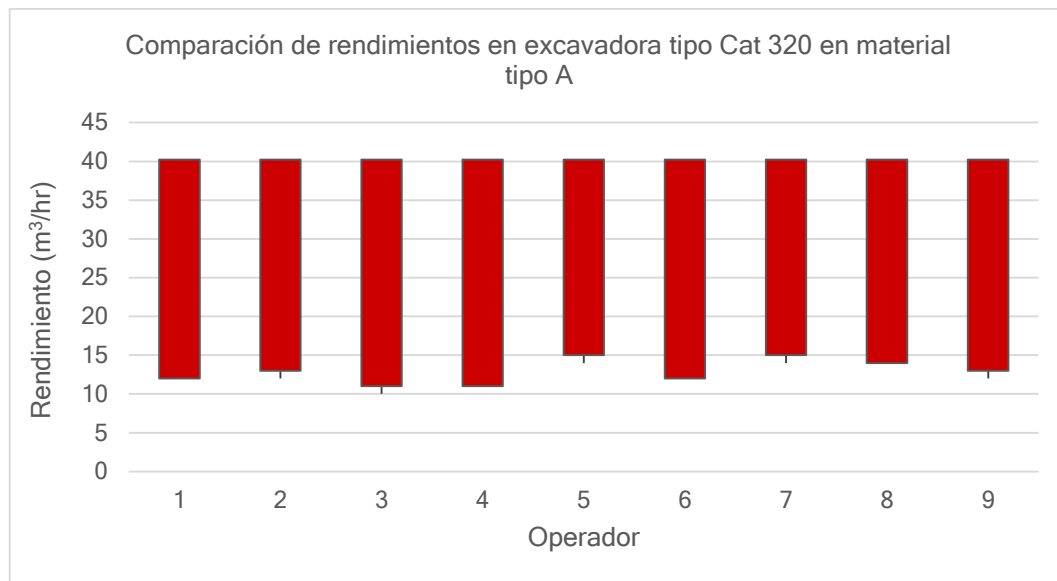


Figura 30 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 320 en material tipo A

Para las excavadoras, al igual que el apartado anterior, se observa una gran diferencia entre los rendimientos publicados por los fabricantes comparados contra los reales, en este gráfico (Figura 30) se puede apreciar que los rendimientos reales se encuentran muy por debajo de los óptimos.

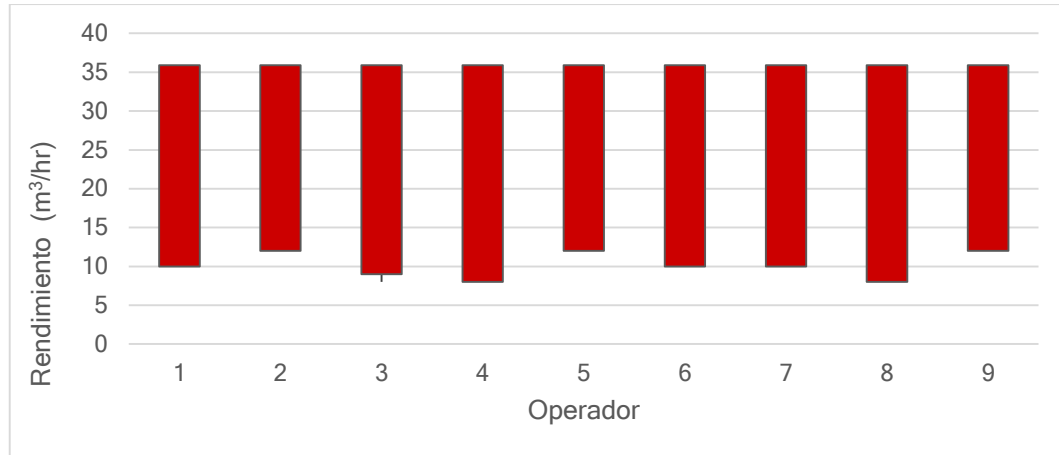


Figura 31 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 320 en material tipo B

Nuevamente se observa (Figura 31) una importante variación en los diferentes rendimientos, esto derivado de las diferencias de las condiciones de cada obra. Se aprecia que la mayoría de los operadores coinciden en un rendimiento que va desde los 8 a 12 m³ por hora, lo cual está muy por debajo de lo óptimo que se encuentra en 35m³ por hora.

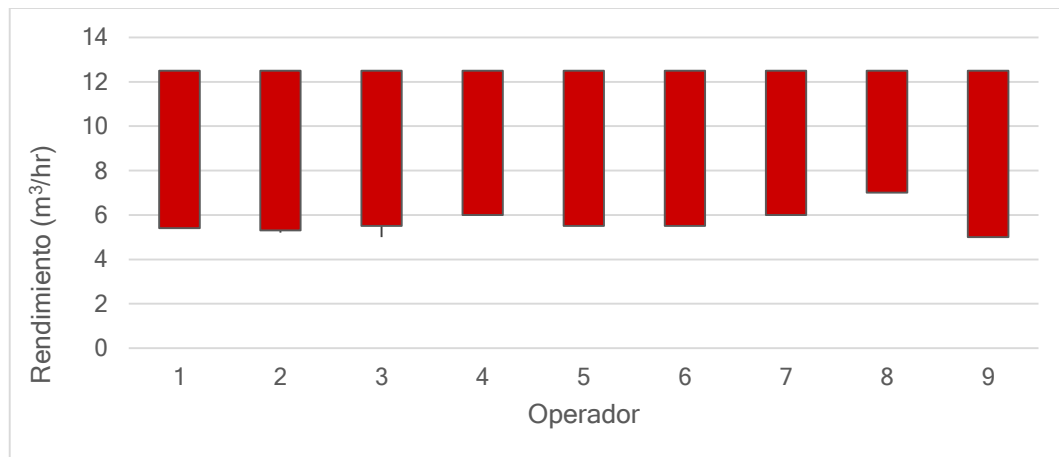


Figura 32 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 320 en material tipo C

En este gráfico (Figura 32) se puede observar de nuevo una diferencia muy amplia entre los diferentes rendimientos, en este caso el rendimiento óptimo

duplica el rendimiento real, por lo tanto, se si desea mejorar cualquier presupuesto se deberán considerar rendimientos reales.

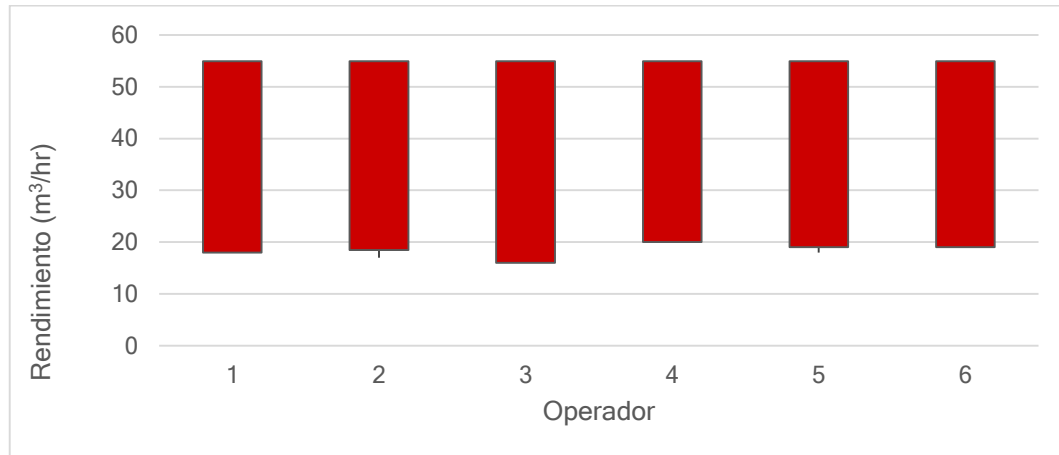


Figura 33 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 330 en material tipo A

Para el caso de las excavaciones con una maquinaria tipo 330 (Figura 33), existe una diferencia aún mayor entre los diferentes rendimientos, lo que origina tiempos muertos aún mayores, impactando en los costos considerablemente. Por este motivo deberá realizarse el correcto análisis y la planeación de la ejecución antes de incluir esta maquinaria en los frentes de trabajo.

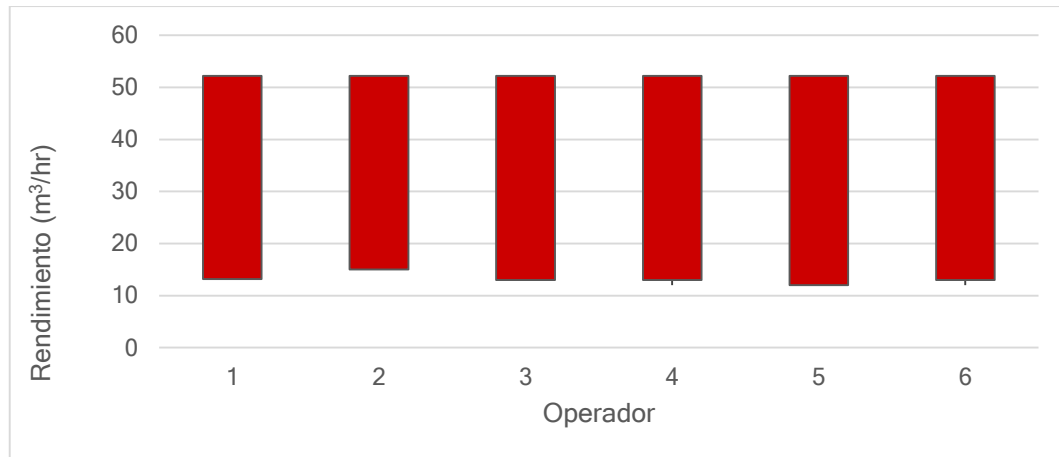


Figura 34 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 330 en material tipo B

En ésta (Figura 34), como en la gráfica anterior, se puede observar una variación muy importante en los rendimientos, derivado de la gran capacidad que tienen estas máquinas, y generalmente no son aprovechadas al máximo, por diferentes factores.

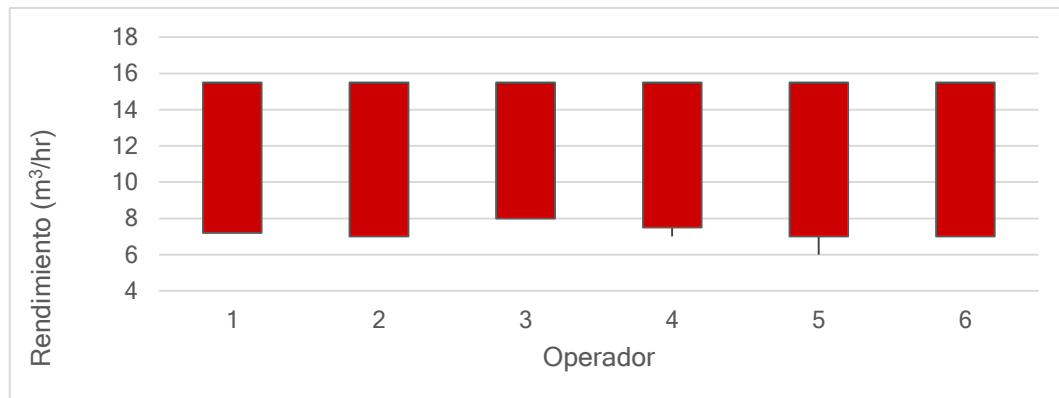


Figura 35 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 330 en material tipo C

En este gráfico (Figura 35), al igual que en los anteriores, se observa una variación negativa en los rendimientos, donde los reales se encuentran por

debajo de los óptimos publicados por los fabricantes, siendo muy importante considerar estas variaciones para nuevos presupuestos, ya que, de hacerlo, se mejorarían notablemente los presupuestos.

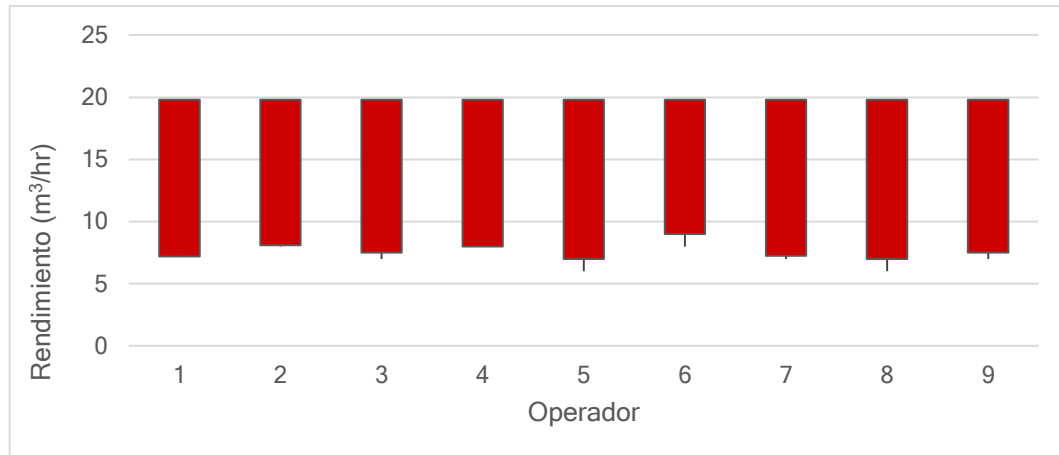


Figura 36 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 416 en material tipo A

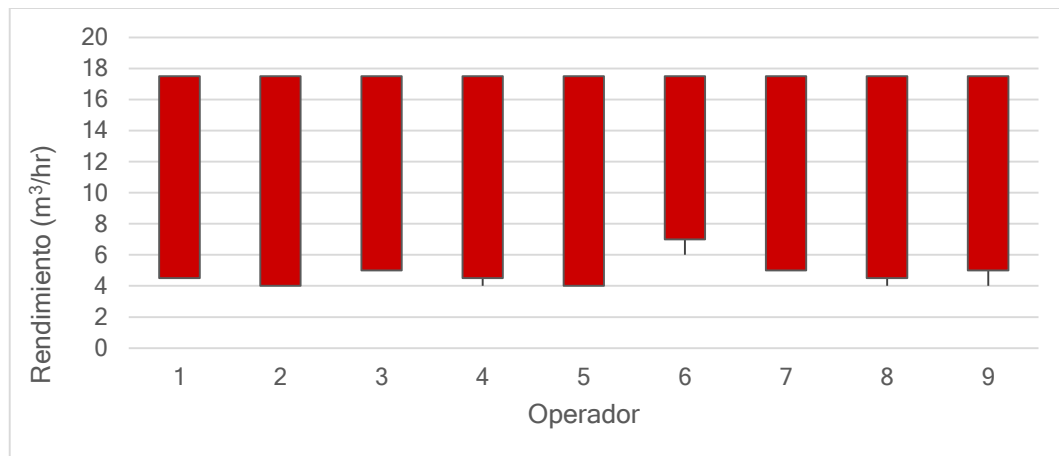


Figura 37 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 416 en material tipo B

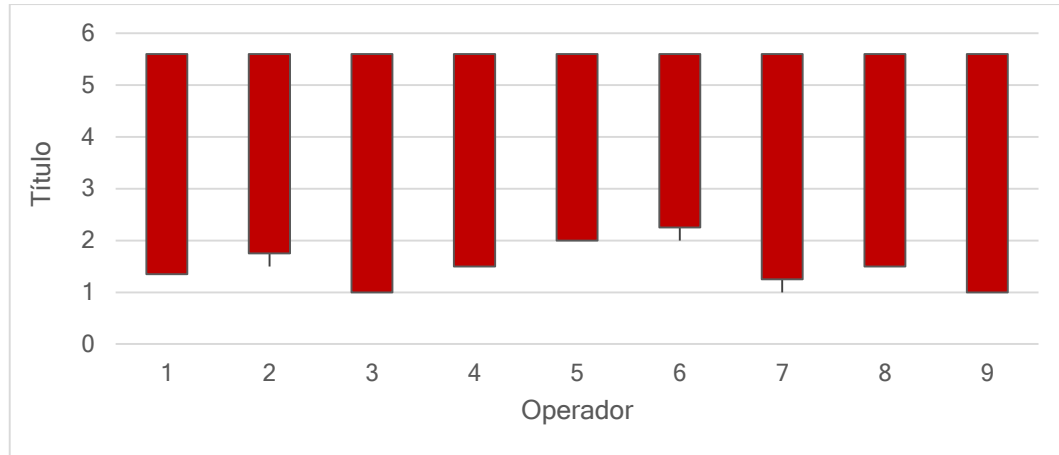


Figura 38 Comparación de rendimientos en excavadora tipo Cat 416 en material tipo C

4.3.2.3 Vibrocompactador Liso

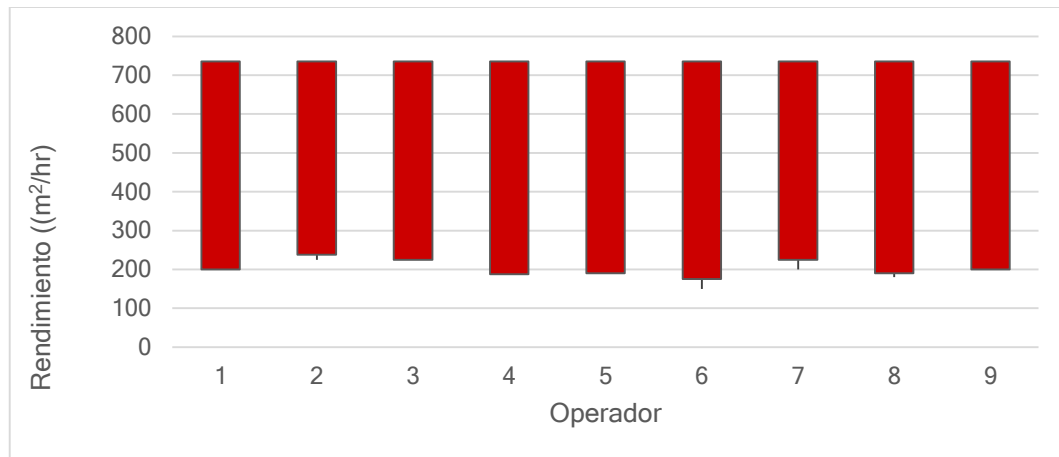


Figura 39 Comparación de rendimientos en vibrocompactador liso tipo Cat 423 en base hidráulica

En este nuevo apartado, se puede observar (Figura 39) la misma tendencia de los resultados, donde se observa una diferencia muy importante, debido a los tiempos muertos que tiene este equipo, lo que convierte a una estrategia de ejecución vital para el aumento del rendimiento.

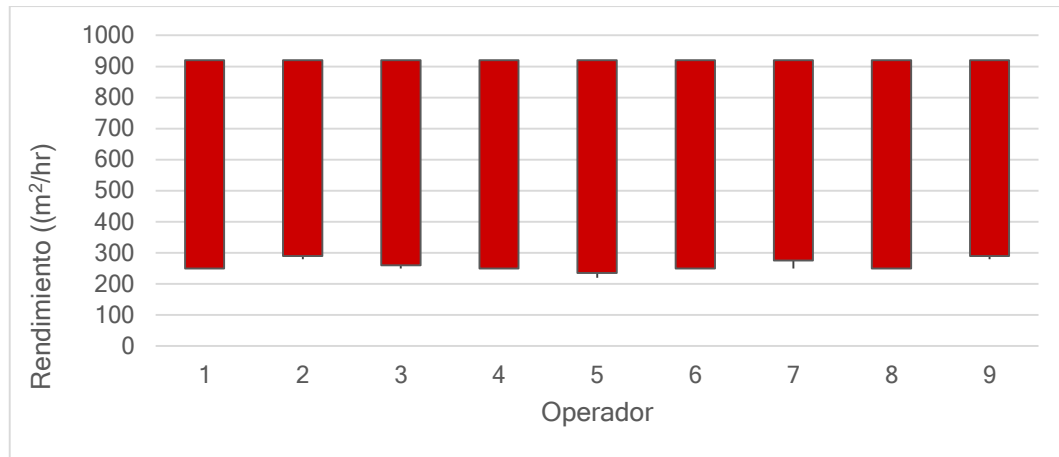


Figura 40 Comparación de rendimientos en vibrocompactador liso tipo Cat 423 en sub base

Al igual que el análisis anterior, se observa (Figura 40) una gran diferencia entre los rendimientos, en este caso se encuentra aproximadamente al 25% del rendimiento óptimo, lo que convierte a este equipo en el menos productivo, producto de los tiempos muertos ocasionados por la falta de planeación en la ejecución de los trabajos.

4.3.2.4 Cargador Frontal

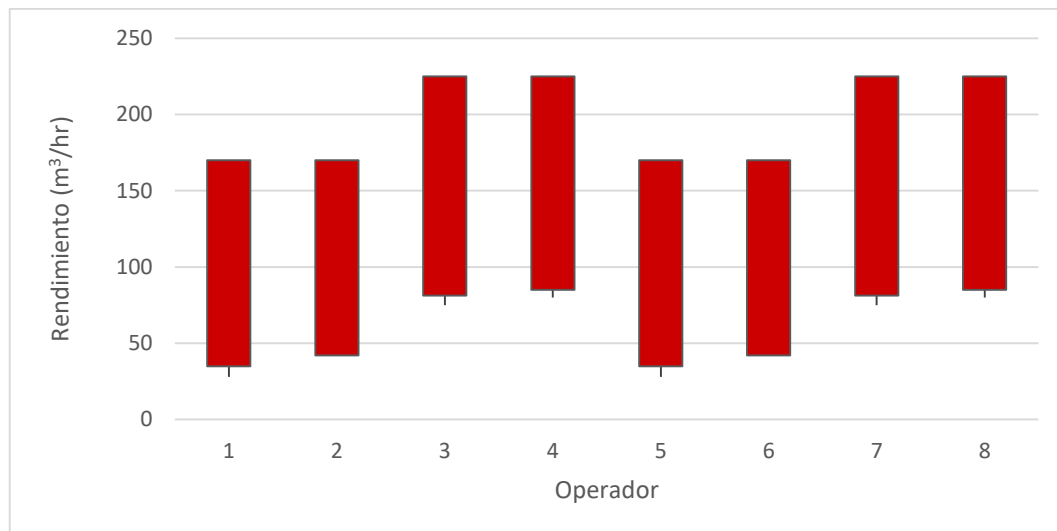


Figura 41 Comparación de rendimientos en cargador frontal tipo Cat 416

Para este cargador frontal, se integraron en la misma gráfica (Figura 41) los resultados obtenidos de ambas máquinas analizadas, esto para realizar la comparación entre la productividad de estos equipos, y aunque, de acuerdo a los resultados publicados por los fabricantes, un cargador frontal tiene mayor rendimiento que el obtenido por una retroexcavadora, se deberá analizar la posibilidad de no incluirlo en la ejecución, lo que implica realizar un programa de ejecución detallado, que contemple no utilizar un cargador frontal.

Con esta encuesta que fue realizada en 15 días en las diversas obras que existen en la zona metropolitana de Guadalajara, fue fácil acceso y medición, para obtener los reactivos, esto indica que el control y monitoreo de los datos, puede ser realizado sin un esfuerzo muy grande, y con resultados bastante positivos para la empresa.

4.4 Observaciones y comentarios

Durante esta etapa de la investigación, en la parte de análisis de rendimientos obtenidos en campo, se tuvo que introducir una nueva gráfica para poder comparar los resultados obtenidos, y no limitarnos a un simple promedio, lo que nos permitió tener un panorama más amplio de las respuestas.

Durante este proceso se observó también una gran diferencia en los rendimientos publicados por los fabricantes, contra los obtenidos en campo, debiéndose a las diferentes condiciones a las que son sometidas durante las pruebas, las cuales son de cierta manera programadas para que el proceso funcione sin contratiempos. Esto genera que, al intentar realizar un presupuesto con rendimientos demasiado óptimos, arroje resultados totalmente erróneos.

V. CONCLUSIONES

5.1 Introducción

En este capítulo, se analizará si se alcanzaron a cumplir los objetivos planteados en el capítulo 1, y de esta forma poder dar respuesta la hipótesis planteada. Esto basado en los resultados obtenidos en capítulo 3, y su correspondiente análisis de los resultados.

Este trabajo me ha servido para afianzar mi interés para seguir investigando y poder documentar a detalle los resultados a la industria y poderlos presentar en algún simposio y/o congreso. Tras estos comentarios se presenta a continuación el resultado de esta investigación.

5.2 Conclusiones

Ante un tema tan común y de uso diario se puede llegar a pensar su sencillez y practicidad, pero esto da pie a que comentamos errores por considerar datos tradicionalistas, en lugar de tomar los datos que tus propias máquinas te pueden dar.

El llegar a analizar las encuestas realizadas al personal directivo de las empresas, se puede concluir que en el medio existe una tendencia positiva a optimizar presupuestos (con valores de tablas de fabricantes), pero no se tienen dentro de las empresas mecanismos de monitoreo y control sobre el rendimiento de la maquinaria, por lo tanto, es indispensable incluir un nuevo sistema que permita controlar y monitorear los rendimientos, ya que, aunque como resultado de esta investigación se puedan ofrecer rendimientos reales que mejoren presupuestos, si no se monitorean los trabajos, siempre se estará caminando a ciegas, lo que no permite visualizar las fallas en los presupuestos, retrasos o posible disminuciones de producción.

El hecho de manejar rendimientos reales de tu propia maquinaria y con las habilidades de tus operadores, te permite que tus presupuestos sean óptimos, da acuerdo a tu propia realidad, dando precios unitarios reales y no datos tomados de fabricantes o de manuales, esto te permite que tus precios unitarios sean adecuados a tu realidad, y evitas el tener malos análisis y estar en desventaja por manejar precios no reales ante concurso, dando pie a que tengamos posibles pérdidas.

Por lo anterior se puede concluir que la hipótesis planteada “Si se obtienen rendimientos reales de la maquinaria involucrada en la ejecución de proyectos de urbanización, se optimizan los presupuestos”, es AFIRMATIVA.

5.3 Recomendaciones

Este trabajo de investigación debe de ser realizado por empresa, analizando su maquinaria y operadores para poder tener los rendimientos óptimos ante la competencia, y ser más eficiente en su manejo.

Tomando la frase de la filosofía de Lean Production, podemos determinar que:

“Lo que no se mide, no se mejora”.

5.4 Futuras líneas de investigación

Se proponen las siguientes investigaciones:

- Comparar presupuestos reales, con presupuestos optimizados para ver el valor ganado de esta revisión.
- Generar unas tablas de resultados por maquinaria, y ser presentados a la sociedad constructora.

BIBLIOGRAFÍA

7Graus. (2013). *Significados*. Recuperado el 12 de 2 de 2016, de <https://www.significados.com/optimizar/>

Bolaños, E. (Enero de 2012). *Muestra y Muestreo*. Obtenido de Gestión Tecnológica (Estadística para el Desarrollo Tecnológico): https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tizayuca/gestion_tecnologica/muestraMuestreo.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (20 de agosto de 2001). *Reglamento de la Ley de Obras Públicas y los Servicios relacionados con las mismas*. Obtenido de Cámara de Diputados: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/abro_Reg_LOPSRM.doc

Caterpillar Inc. (2010). *Manual de rendimiento Caterpillar*. Illinois, E.E.U.U.: Peoria.

CONACULTA. (1 de 2012). *LICITACIÓN PÚBLICA NACIONAL NO. 11230001-001-12*. Recuperado el 20 de 1 de 2016, de Convocatoria a Licitación Publica Nacional: http://www.cinetecanacional.net/ptrc/recmat_doc/11230001-001-12.pdf

Ojeda López, M. Á. (1990). *Maquinaria para Construcción*. Hermosillo, Sonora: Universidad de Sonora, Escuela de Ingeniería.

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (8 de diciembre de 2011a). *CTR-CAR-1-01-007/11 Terracerías, excavación para estructuras*. Obtenido de Normativa para la Infraestructura del transporte: <http://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-007-11.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (8 de diciembre de 2011b). *CTR-CAR-1-01-003-11 Terracerías, corte*. Obtenido de Normativa

para la infraestructura del transporte:
<http://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-003-11.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (8 de diciembre de 2011c).
CTR-CAR-1-04-002-11 Pavimentos. Obtenido de Normativa para la
Infraestructura del Transporte: <http://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-04-002-11.pdf>

Sectraia de Comunicaciones y Transportes. (1 de Septiembre de 2014).
Proceso de Planeación de la Obra Pública. Obtenido de Secretaria
de Comunicaciones y Transportes:
<http://www.sct.gob.mx/obrapublica/MarcoNormativo/1/1-5/1-5-7.pdf>

Suarez Salazar, C., & Suarez, C. (1987). *Costo y tiempo en edificación*.
D.F.: Limusa.

Varela Alonso, L. (2011). *Ingeniería de Costos. Teoría y práctica en construcción*. . México: Intercost, S.A. de C.V.