

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA VIBROPISÓN DE EMPRESA**  
**BARANLLONI Y CANDIA CONSTRUCTORES**

Trabajo de Titulación para optar al  
Título de Técnico Universitario en  
MECÁNICA INDUSTRIAL

Alumno:

Ronald Kurth Lebel Gaete

Pablo Andrés López Cortes

Profesor Guía:

Sr. Carlos Baldi González

## RESUMEN

**KEYWORDS:** MANTENIMIENTO, CONSTRUCTORA, VIBROPISÓN

En el siguiente trabajo de título está directamente enfocado en la realización de un plan de mantenimiento para el principal equipo crítico que se encuentra disponible dentro de la empresa Baranlloni & Candia Constructores.

Actualmente en Chile el proceso de construcción está visiblemente en aumento debido al incremento de las reconstrucciones que se efectúan en el país debido a los constantes desastres naturales que lo han azotado en el caso de Valparaíso principalmente han sido incendios. Es debido a esto que los equipos dentro de la construcción no pueden presentar fallas que los limiten en su funcionamiento por lo cual el mantenimiento se hace de vital importancia dentro de este tipo de empresas, ya que con esto se pueden eliminar de manera efectiva las detenciones de los equipos y así disminuir los tiempos de entrega con los cuales trabaja la empresa.

En función a lo anterior se crean los objetivos generales y específicos de este trabajo, los que se enfocan en generar un plan de mantenimiento para la empresa, para ello se decidió iniciar por identificar el proceso productivo, de esta forma se puede apreciar de forma precisa los equipos que se necesitan para concluir la obra.

Este plan de mantenimiento se llevará a cabo utilizando diversas metodologías del mantenimiento, en primera instancia se utilizará el análisis cualitativo de los equipos que se encuentran dentro de la empresa, determinando así cual equipo corresponde al equipo crítico dentro de las instalaciones de la empresa, posterior al paso realizado se realizará un análisis del equipo crítico el cual corresponde al vibropisón, tomando en consideración su funcionamiento y características técnicas que este posee. Por consiguiente, se desarrollará el análisis de modo de falla, efectos y criticidad (FMECA) con lo que se obtendrá las principales fallas que presenta el equipo las cuales generan que el equipo deje de funcionar tanto parcial como completamente. Esto se verá complementado con el uso del número de prioridad de riesgo (RPN) con el objeto de obtener de manera más exacta aquellas fallas que necesitan de una mayor atención e importancia por parte del encargado del mantenimiento del equipo.

Finalizado el proceso anterior se comienza con la elaboración del plan de mantenimiento en sí, lo cual nos entregará como resultado ordenes de trabajo con el fin de entregar de manera explícita como se deben realizar de manera correcta las reparaciones que se describen en el FMECA, de la misma forma se obtendrá una planificación de dicho plan la cual se ve reflejada en una carta Gantt.

Posterior a esto se procede a entregar tanto los costos asociados a este plan de mantenimiento, como lo son el precio de insumos y mano de obra del mecánico encargado del mantenimiento, los cuales deben ser contemplados por la empresa en caso de querer poner en marcha el plan de mantenimiento realizado en el siguiente trabajo de título.

Mediante este trabajo se logró determinar que la implementación en la constructora se verá beneficiada en el aumento de la disponibilidad de vibropisones y en el costo económico asociado actualmente en servicio técnico.

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

### SIGLAS

FMECA	:	Análisis de modo de fallas, efectos y criticidad.
MINVU	:	Ministerio de vivienda y urbanismo.
RPM	:	Revoluciones por minuto.
RPN	:	Número de prioridad de riesgo.
SAE	:	<i>Society Automotive Engineers</i> (Sociedad de ingenieros automotrices)
SERVIU	:	Servicio de vivienda y urbanismo.
\$	:	Peso chileno

### SIMBOLOGÍA

A:	:	Amperes.
cm <sup>3</sup>	:	Centímetros cúbicos
Hp	:	<i>Horse Power</i> (Caballo de fuerza)
h	:	Hora
kg	:	Kilogramo
gr	:	Gramos
l	:	Litro
m	:	Metro
M	:	Mega
min	:	Minuto
ml	:	Mililitro
mm	:	Milímetro
N	:	Newton
Pa	:	Pascales
%	:	Porcentaje
”	:	Pulgada

## ÍNDICE DE MATERIAS

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES
  - 1.1. LA EMPRESA
    - 1.1.1. Proceso productivo
  - 1.2. EQUIPOS DE LA CONSTRUCTORA
  - 1.3. METODOLOGÍA PARA SELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO
  - 1.4. EQUIPO SELECCIONADO
  - 1.5. PROBLEMÁTICA
    - 1.5.1. Problemática actual
    - 1.5.2. Solución
  - 1.6. METODOLOGÍA

CAPÍTULO 2: ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)

2. ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)
  - 2.1. EL VIBROPISÓN
    - 2.1.1. Motor
    - 2.1.2. Sistema de amortiguación
  - 2.2. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)
  - 2.3. NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (RPN)
  - 2.4. INTENCIÓN DEL DISEÑO
  - 2.5. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA) DEL VIBROPISÓN
  - 2.6. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA) DEL SISTEMA AMORTIGUADOR

CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE ORDENES DE TRABAJO Y COSTOS DEL MANTENIMIENTO.

3. ELABORACIÓN DE ORDENES DE TRABAJO Y COSTOS DEL MANTENIMIENTO.

- 3.1. MANTENIMIENTO
  - 3.1.2. Tipos de mantenimiento
    - 3.1.2.1. Mantenimiento Correctivo
    - 3.1.2.2. Mantenimiento Preventivo
  - 3.1.3. Mantenimiento seleccionado
- 3.2. PLAN DE MANTENIMIENTO
  - 3.2.1. Activos de la empresa
  - 3.2.2. Equipo crítico de la empresa
  - 3.2.3. Plan de tareas
  - 3.2.4. Herramientas
  - 3.2.5. Insumos
  - 3.2.6. Ordenes de trabajo
- 3.3. COSTOS DEL MANTENIMIENTO

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## BIBLIOGRAFÍA

- ANEXO A: TABLAS DE VALORES NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO RPN
- ANEXO B: ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)
- ANEXO C: CARTA GANTT DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
- ANEXO D: ORDENES DE TRABAJO

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

- Figura 1-1. Logo empresa.
- Figura 1-2. Ubicación oficina central.
- Figura 1-3. Ubicación geográfica de instalación de faena.
- Figura 1-4. Fachada instalación de faena.
- Figura 1-5. Imagen de referencia de Betonera.
- Figura 1-6. Imagen de referencia placa compactadora.
- Figura 1-7. Imagen de referencia equipo electrógeno.
- Figura 1-8. Esquema de análisis cualitativo.
- Figura 1-9. Esquema del análisis cualitativo realizado en la empresa.
- Figura 1-10. Imagen de referencia de un vibropisón.

- Figura 2-1. Despiece de motor WM100.  
Figura 2-2. Despiece sistema apisonador.  
Figura 3-1. Tipos de mantenimiento.  
Figura 3-2. Curva de mantenimiento correctivo.  
Figura 3-3. Curva de mantenimiento preventivo.  
Figura 3-4. Orden de trabajo para vibropisón.  
Figura 3-5. Cotización de herramientas realizada en Ferretería O'Higgins.

### **ÍNDICE DE DIAGRAMAS**

- Diagrama 1-1. Flujograma del proceso productivo.  
Diagrama 2-1. Resumen de proceso productivo.

### **ÍNDICE DE TABLAS**

- Tabla 2-1. Componentes del motor WM100.  
Tabla 2-2. Componentes del sistema de amortiguación.  
Tabla 2-3. FMECA realizado con falla funcional total.  
Tabla 2-4. FMECA del motor con falla parcial.  
Tabla 2-5. FMECA del motor evaluado en falla total con el valor de RPN.  
Tabla 2-6. FMECA del motor evaluado en falla parcial con el valor del RPN.  
Tabla 2-7. FMECA sistema apisonador o de suspensión.  
Tabla 2-8. FMECA de la falla parcial del equipo.  
Tabla 2-9. RPN del sistema de amortiguación en su falla total.  
Tabla 2-10. RPN del sistema de amortiguación en su falla parcial.  
Tabla 3-1. Activos de la empresa.  
Tabla 3-2. Plan de tareas para el equipo crítico.  
Tabla 3-3. Herramientas presentes en la empresa.  
Tabla 3-4. Herramientas que debe adquirir la empresa en caso de aplicar el plan de mantenimiento.  
Tabla 3-5. Insumos básicos que debe adquirir la empresa.  
Tabla 3-6. Costos por insumos para el plan de mantenimiento.



## **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, en Chile, el rubro de la construcción ha ido en aumento en función al crecimiento de la población esto se observa en las estadísticas entregados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), el cual dice que en el año 2011 las construcciones de viviendas alcanzaban un número de 14.252 viviendas lo cual en el año 2015 se transforma en 22.357 viviendas lo cual demuestra el gran incremento de las construcciones en la región de Valparaíso. Además, debido a la adversidad de catástrofes que ha sufrido el país ya sea por terremotos, aluviones, incendios, etc. Está muy de moda el término reconstrucción. Junto a ello la cantidad de maquinaria y herramientas utilizadas para suplir las necesidades de las personas, es por esto que es de suma importancia tener en cuenta un plan de mantenimiento para poder tenerlas funcionando con su máximo rendimiento.

El siguiente trabajo está enfocado en la empresa Baranlloni & Candia Constructores la cual se desempeña en el rubro de la construcción dentro de la región de Valparaíso, esta empresa presenta problemas dentro del área de mantenimiento de las maquinarias utilizadas dentro del proceso productivo de esta, lo cual obliga a la empresa a buscar arriendo de equipos o tener que pagar grandes sumas de dinero por el arreglo. Por datos entregados por la empresa se gasta aproximadamente \$480.000 pesos mensuales solo por concepto de arriendo, cuando el tiempo de la reparación es de carácter prolongado, provoca una detención en parte de la faena de construcción. De igual forma los costos de las reparaciones son elevados, encontrándose en un rango desde los \$100.000 para fallas simples y \$1.000.000 para problemas graves que implican más de 3 días servicio de mantención.

Dado lo anterior se propone una solución al problema que presenta la empresa, donde se procederá a generar un plan de mantenimiento específicamente para un vibropisón (Equipo de compactación de tierra) mediante la utilización de la estrategia de mantenimiento FMECA (Análisis de modos de falla, efectos y criticidad), con lo cual se busca generar un orden dentro de la gestión que presenta hoy en día la constructora para el mantenimiento de sus equipos utilizados en el proceso productivo de esta.

### Objetivo general

- Elaborar plan de mantenimiento para vibropisón presente en la empresa Baranlloni & Candia Constructores con el fin de obtener un orden en la gestión del mantenimiento mediante la realización de un plan de mantenimiento usando la metodología FMECA.

### Objetivos específico

- Conocer el proceso productivo utilizado por la constructora, con el fin de conocer dónde y cómo se desempeña el equipo entregado por la empresa.
- Generar planillas de metodología análisis de modo de falla, efecto y criticidad (FMECA) con el fin de tener un registro de posibles fallas que afectan al equipo.
- Generar órdenes de trabajo con la intención de establecer una correcta ejecución de las reparaciones y sus costos asociados.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

### 1.1. LA EMPRESA

Baranlloni & Candia Constructores corresponde a una empresa dedicada al rubro de la construcción de obras civiles dentro de la zona de la quinta región, esta empresa se dedica principalmente a la construcción de casas mediante el sistema constructivo metalcon.

La misión y la visión son aspectos importantes de la empresa en los cuales se encuentran considerados sus valores, quedando definidas de la siguiente manera.

#### Misión

Nuestra misión es desarrollar proyectos inmobiliarios con la mejor relación Precio - Calidad y Espacio, otorgando un servicio integral a nuestros clientes respecto a Producto y Servicio de Post - Venta.

Para esto trabajamos y construimos con responsabilidad y honestidad, utilizando nuestro capital humano y alta capacidad de gestión en el desarrollo de proyectos rentables, sin desatender el cuidado de nuestro medio ambiente en todo el territorio nacional.

#### Visión

Nuestra visión es ser la empresa líder del mercado en eficiencia operativa, en construcción y gestión inmobiliaria.

Nos adaptamos por medio de nuestros proyectos a las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, manejando así una amplia gama de productos, manteniendo siempre la mejor relación - Calidad y Espacio.

En la figura 1-1 se observa el logo institucional de la empresa en la cual se desarrolla el trabajo de título.



Fuente: Pagina web Baranlloni & Candia Constructores.

Figura 1-1. Logo empresa

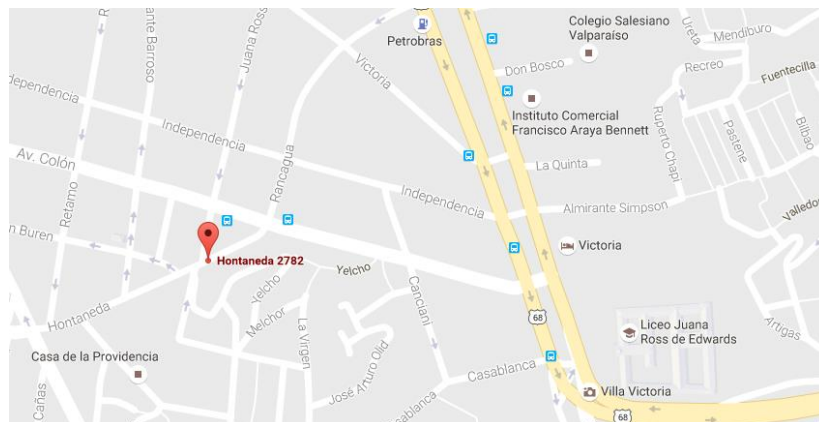
Baranlloni & Candia Constructores se encuentra ubicada actualmente dentro de la zona de la quinta región y consta de dos sucursales una la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Viña del Mar y la cual corresponde a las oficinas centrales que posee, la cual se encuentra ubicada en Arlegui #1334, ver figura 1-2.



Fuente: [www.Google.cl/Maps](http://www.Google.cl/Maps)

Figura 1-2. Ubicación oficina central

La otra dependencia de la empresa la cual corresponde a la instalación de faena, donde se encuentran todos los equipos que posee esta y donde se enfocara principalmente el desarrollo del plan de mantenimiento a los vibropisones, se encuentra ubicada dentro de la ciudad de Valparaíso específicamente en la calle Hontaneda #2782 como se muestra en la figura 1-3.



Fuente: [www.Google.cl/Maps](http://www.Google.cl/Maps)

Figura 1-3. Ubicación geográfica de instalación de faena.



Fuente: [www.Google.cl/Maps](http://www.Google.cl/Maps)

Figura 1-4. Fachada instalación de faena.

Actualmente la empresa se desempeña en proyectos de reconstrucción implementados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y licitados por el SERVIU (Servicio de Vivienda y Urbanismo) en la ciudad de Valparaíso, el cual consta de construcción de casas en diversos sectores como lo son Cerro el Litre, Mariposas, Puertas Negras y La Fontaine.

#### 1.1.1. Proceso productivo

Baranlloni & Candia Constructores presenta dentro de su proceso productivo la utilización del sistema constructivo metalcon el cual favorece el proceso de construcción ya que este proceso es de rápida realización lo cual ayuda a bajar los tiempos de construcción de las viviendas los cual se ve reflejado en la cantidad de dinero que le debe invertir a cada proyecto.

Generalmente el proceso de producción de la empresa comienza con la adjudicación de licitaciones, generalmente es un organismo público el que realiza este procedimiento.

En este proceso la constructora Baranlloni y Candia compite con una serie de empresas del mismo rubro en el cual el organismo que requiere dicho servicio selecciona a la empresa que cumple con los requisitos de dicha licitación.

El modelo y la cantidad de casas a construir dependen de las necesidades del organismo que contrato los servicios.

Posterior a esto la Constructora B y C. se dirigen al sitio donde se debe construir el modelo de casa especificado y define las medidas de mitigación para realizar el proyecto.

Aprobado el punto anterior se le da el visto bueno al proyecto y se comienza con la remoción de escombros que se sitúen en el lugar de construcción, luego de esto se determinan las profundidades del cimiento según el modelo de casa especificado por el cliente.

A continuación, se procede con el denominado “movimiento de tierra” que consiste en escavar el suelo donde ira situada la casa a construir con el fin de instalar los cimientos. Acá se define la ubicación que tendrá el baño y la cocina para conectar así el servicio de alcantarillado.

Con los cimientos ya construidos se procede a la nivelación de estos, se realiza para preparar el área y construir el piso de la casa, que en este caso es de concreto. Si el proceso no está bien realizado toda la casa en si quedara desnivelada ya que todo se construirá sobre estos cimientos.

Luego de construir el piso de la casa se procede a la fabricación de la estructura de la casa que como todos los modelos de la constructora es de metalcon que sus especificaciones son: tipo C 3x2x0.85cm y un de largo de 240cm. Esta estructura va empotrada al piso y la estructura es ensamblada por perno de sujeción de diferentes dimensiones.

Ya ensamblada la estructura se procede a la instalación del siding que es un revestimiento de tablas de fibrocemento con superficie texturada tipo madera, que aparte de tener más resistencia que otros materiales usados para la construcción tiene una mejor apariencia para fachadas. Se realiza este proceso por la parte exterior de los paneles principales de la casa.

Ahora comienza el proceso de aislamiento térmico de la casa, se utiliza de fibra de vidrio para aislar paredes y el cielo de la casa en construcción.

Con el aislante térmico ya instalado el paso posterior es instalar los paneles de yeso- cartón para las paredes interiores, y el cielo de la casa.

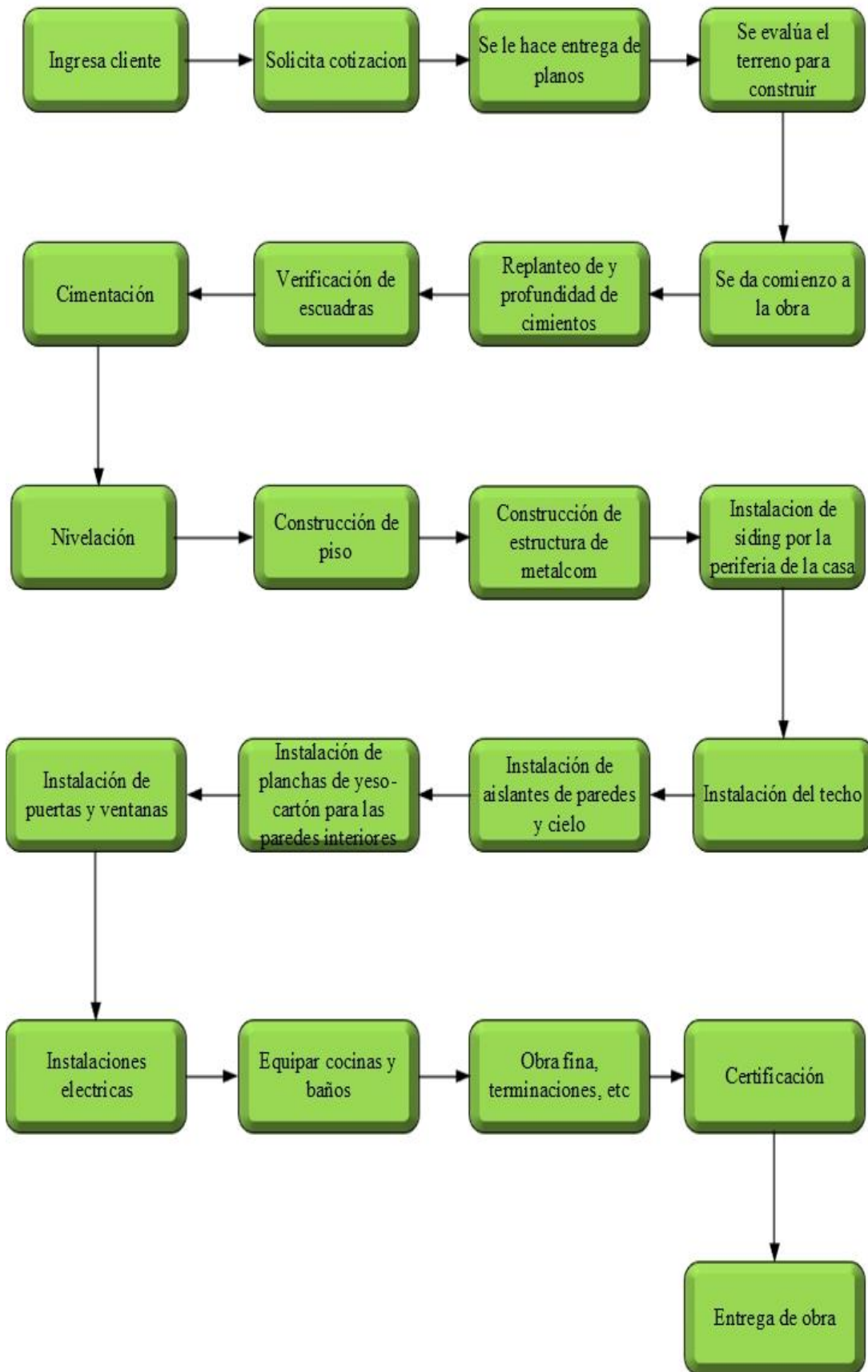
Las instalaciones eléctricas se realizan en este paso, las cuales son realizadas por técnicos eléctricos que posee la empresa y que deben ser certificados para poder así obtener el servicio básico de la luz.

Ya con la parte estructural se comienza con la instalación de puertas, ventanas, equipar la cocina y baño con sus respectivos implementos que son parte prioridad en una casa.

Al final de la construcción se realizan las obras finas y terminaciones de la casa, las que incorporan la instalación de cañerías para el servicio de agua y si el cliente así lo estipula también se realiza el servicio de pintado.

Ya acabando con la toda la obra de construcción y obras finas se produce a la certificación de la construcción del ente encargado por la empresa constructora que le da

el visto bueno para posteriormente ser entregada las llaves de la vivienda en una ceremonia a la empresa que contrato los servicios



Fuente: Elaboración Propia, en base al flujograma del proceso de B y C

Diagrama 1-1. Flujograma del proceso productivo.

## 1.2. EQUIPOS DE LA CONSTRUCTORA

Dentro de la constructora se encuentran disponible una gran cantidad de quipos aparte de lo que son los vibropisones, a continuación, se describen los equipos principales que se utilizan dentro de la constructora, dejando de lado aquellos equipos pequeños como los son taladros, roto martillos, esmeril angular, etc.

Betonera: Equipo de funcionamiento eléctrico el cual tiene como principal objetivo facilitar al operario la realización de la mezcla de los sólidos que componen el hormigón utilizado en la construcción de radieres, lozas, etc.



Fuente: [www.metalmarchile.cl](http://www.metalmarchile.cl)

Figura 1-5. Imagen de referencia de Betonera.

Placa Compactadora: Equipo de funcionamiento autónomo utilizado como compactador de los suelos sueltos antes de que estos reciban el hormigón o en caso de calles el asfalto.



Fuente: [www.emaresa.cl](http://www.emaresa.cl)

Figura 1-6. Imagen de referencia placa compactadora.

Equipo electrógeno: Más conocido como generadores, son equipos de funcionamiento autónomo el cual mediante la utilización de un motor y un generador eléctrico son capaces de proporcionarnos energía eléctrica en lugares donde este tipo de energía no se encuentra disponible, entregándonos la posibilidad de utilizar herramientas eléctricas en lugares aislados.



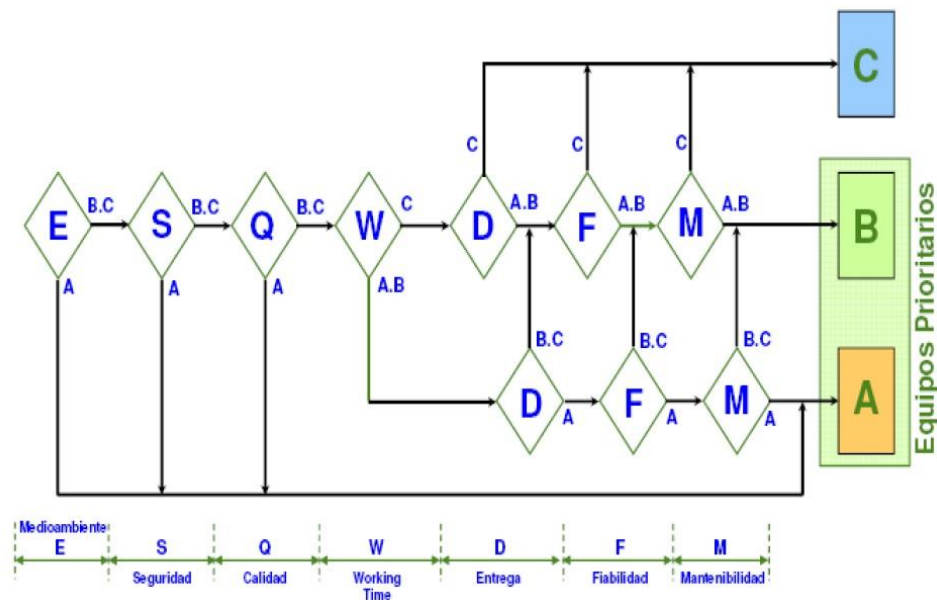
Fuente: [www.kipor.cl](http://www.kipor.cl)

Figura 1-7. Imagen de referencia equipo electrógeno.

### 1.3. METODOLOGÍA PARA SELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

La correcta selección del equipo crítico dentro de la empresa es de vital importancia, ya que con esto se logra obtener parámetros de que equipo dentro del proceso puede generar más fallas o bien daños al operario o el medio donde se encuentra desempeñándose, lo cual se traduce posteriormente en altas sumas de dinero tratando de arreglar dichos equipos.

En función a lo anterior se utilizará la metodología del análisis cualitativo, el cual no necesita un historial de fallas del equipo, solamente se debe analizar el equipo bajo algunos parámetros como lo son el daño al medio ambiente, la seguridad, la calidad del producto, el tiempo de trabajo, la entrega del producto, la fiabilidad y la mantenibilidad. Es debido a esto que se optó por utilizar este proceso en la empresa debido a que esta no posee historial de falla de los activos que se desempeñan dentro de la obra. En la siguiente imagen (Figura 1-8) se observa el esquema del análisis cualitativo.

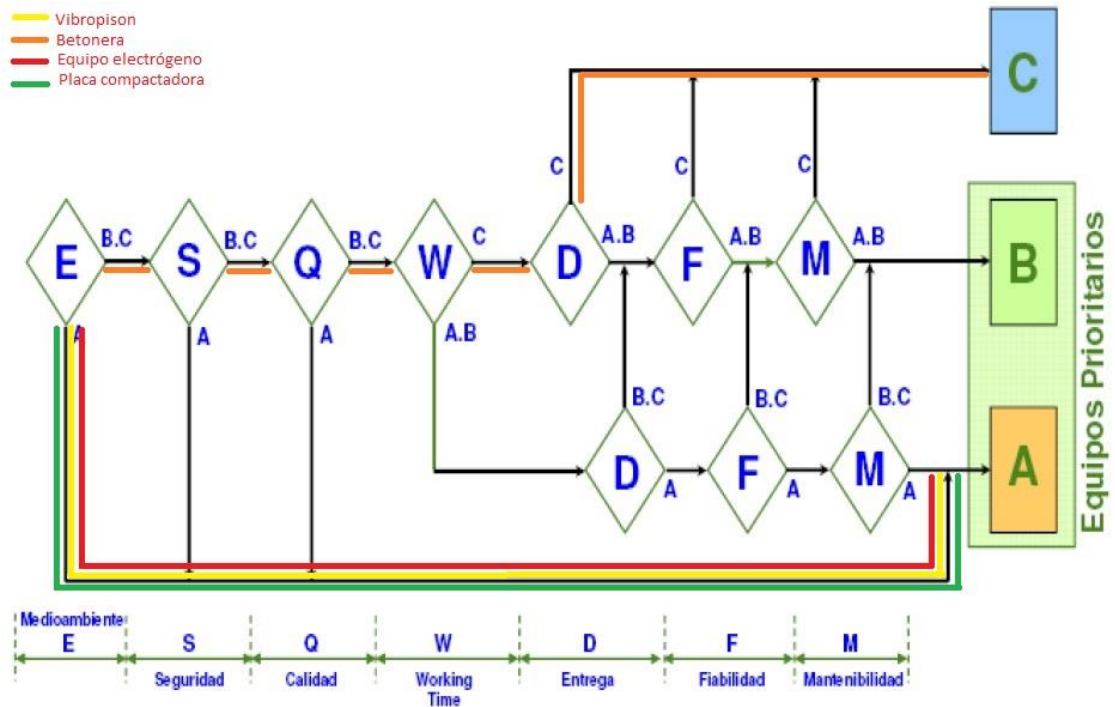


Fuente: Apunte gestión de mantenimiento, Carlos Baldi 20XX.

Figura 1-8. Esquema de análisis cualitativo

Al realizar este análisis dentro de la empresa se optó por eliminar todos los equipos eléctricos, es decir, taladros, atornilladores, esmeriles angulares, etc. Debido a que estos presentan muy pocas fallas y a la vez corresponden a equipos que son de fácil adquisición en caso de que estos fallen y de igual manera no altera el correcto avance de la obra. Debido a esto se procedió a analizar el resto de los equipos de la empresa los

cuales corresponden al vibropisón, la placa compactadora, la betonera y el equipo electrógeno. Como resultado de lo anterior obtenemos el siguiente esquema.



Fuente: Elaboración propia en base al análisis cualitativo realizado.

Figura 1-9. Esquema del análisis cualitativo realizado en la empresa.

Como se puede observar tres de los equipos que fueron analizados se encuentran ubicados en la zona de prioritarios (A-B) debido a que estos poseen motores a combustión los cuales generan daños al medio ambiente al momento de presentar fallas, además, pueden generar lesiones a las personas que las estén operando, debido a esto se procedió a realizar un análisis en conjunto con los antecedentes entregados por la empresa para así determinar cuál de los equipos es más crítico respecto a los otros.

Al realizar dicho análisis se llegó a la conclusión que el equipo más crítico corresponde al vibropisón debido, ya que este al fallar genera retrasos dentro de la obra debido a que no se pueden compactar correctamente los cimientos para realizar los radias de las casas, lo cual es parte fundamental del proceso de construcción que posee la empresa.

De igual manera se analizaron los otros dos equipos, pero se llegó a la conclusión que estos no generan gran impacto debido a que pueden ser reemplazados, por ejemplo, la tarea realizada por la placa compactadora puede ser realizada de igual manera con el vibropisón, pero no viceversa, y por el lado del

equipo electrógeno al trabajar en zonas pobladas las conexiones eléctricas están disponibles por lo cual se hace poco habitual el uso de dicho equipo.

#### 1.4. EQUIPO SELECCIONADO

Un vibropisón corresponde a una máquina utilizada para la compactación de suelos el cual es capaz de trabajar rápidamente debido a su capacidad de aplicar impactos de forma rápida y consecutiva con el fin de nivelar y compactar suelos uniformemente.

Estos equipos constan de un motor que corresponde comúnmente a motores de combustión interna de 4 tiempos los cuales funcionan a gasolina o diésel, este se encuentran acoplado mediante un embrague centrifugo que se encuentra instalado en cigüeñal del motor, el cual se activa al momento de aumentar las RPM del equipo, este embrague al acoplarse hace funcionar la caja de velocidades que posee el vibropisón que hace funcionar el amortiguador ubicado en la parte inferior, el cual genera los golpes consecutivos que hacen posible la compactación de los suelos.



Fuente: [www.chilemaq.cl](http://www.chilemaq.cl)

Figura 1-10. Imagen de referencia de un vibropisón

En este caso se procederá hacer un plan de mantenimiento para un vibropisón de la marca Wacker Neuson de modelo BS60-4S, el cual presenta las siguientes características técnicas.

#### Características del Vibropisón Wacker Neuson BS60-4S

- Dimensiones: 675-345-965(mm) (largo-ancho-alto)
- Peso: 71 (kg)
- Altura de salto de zapata: 68(mm)
- Régimen de percusión: 680 (golpes/min)
- Velocidad de avance: hasta 7,8 (m/min)
- Tipo de motor: Mono cilíndrico Wacker Neuson WM 100 de gasolina de cuatro tiempos refrigerado por aire.
- Cilindrada: 97 (cm<sup>3</sup>)
- Potencia: 3.2 (HP)
- Consumo combustible 1.2 (l/h)
- Depósito de combustible 3 (l)

### 1.5. **PROBLEMÁTICA**

La urbanización es un proceso complicado y arduo el cual no nos permite mantener tiempos muertos dentro de la obra ya que esto se ve reflejado directamente en pérdidas de tiempo que retrasan las obras donde se desempeña la empresa, lo que se ve reflejado posteriormente en grandes pérdidas monetarias.

#### 1.5.1. **Problemática actual**

Baranlloni & Candia Constructores en estos momentos presenta una nula mantención de los equipos utilizados durante su proceso productivo, por esa razón se generan fallas continuamente, las cuales son reparadas de manera rápida con el fin de que sigan funcionando, lo que conlleva posteriormente a generar fallas mayores en los equipos las cuales llegan a inutilizar completamente, esto se ve reflejado hoy en día en la constructora donde de los cinco vibropisones que posee la empresa 3 se encuentran sin funcionar almacenados en la instalación de faena.

Además, sumado a estos se observa dos factores externos a la empresa los cuales hacen más difícil poder suplir los equipos que no están funcionando en las obras.

Estos factores se describen continuación:

- Poca disponibilidad de equipos:

Los equipos dentro de las constructoras por lo general no son equipos que puedan ser encontrados en cualquier lugar, ya que estos no son comunes o son de gran envergadura por lo cual solo algunas empresas presentan disponibilidad de estos, y como en el proceso de urbanización son muchas las constructoras que compiten, los equipos se hacen pocos por esa razón se hace casi nula la disponibilidad de los equipos que se encuentran en la zona.

Según un análisis realizado sobre la disponibilidad de equipos se puede observar que en la zona donde se desempeña la constructora existen pocos establecimientos dedicados al arriendo de equipos ya que solo se cuenta con cinco tiendas que tienen estos equipos disponibles. Con lo cual se observa que se encuentran en total disponible un total de 25 – 30 equipos para todas las constructoras que se encuentran trabajando dentro de la zona de Valparaíso.

- Falta de servicios técnicos especializados:

Ya que los equipos de la construcción no son comunes y no son de fácil adquisición, por lo cual se necesitan servicios técnicos especializados, los cuales dentro de la zona escasean lo cual involucra que al momento de presentarse una falla que no sea reparable dentro de la obra necesariamente se debe mandar el equipo fuera de la región lo que involucra una gran pérdida de tiempo y de productividad dentro de la constructora, esto se puede observar en pérdidas económicas para la empresa.

Según datos entregados por la constructora dentro de la zona de Valparaíso solo se encuentran disponible dos servicios técnicos que trabajan la marca Wacker Neuson, la cual es la principal ocupada por la empresa.

### 1.5.2. Solución

La solución que se propone para poder mitigar en cierta forma la cantidad de fallas que se producen en los equipos y con esto poder reducir en gran parte los tiempos muertos que se presentan, se propone realizar un plan de mantenimiento enfocado en el equipo crítico de la empresa para ello se entregará una propuesta de plan de mantenimiento, con la cual se adjuntaran tanto las ordenes de trabajo como la carta Gantt donde se especifican las tareas a realizar.

Para realizar dicho plan de mantenimiento nos enfocaremos en utilizar la metodología del FMECA (Análisis de modos de falla, efectos y criticidad).

### 1.5.3. Beneficios

La realización de este plan de mantenimiento para el vibropisón puede conllevar con él una gran cantidad de beneficios para la empresa como lo son:

- Eliminar la mayoría las fallas que presentan los equipos continuamente.
- Disminuir costos de reparación de los equipos alrededor de un 15%.
- Eliminar costos por concepto de arriendo de equipos.

## 1.6. METODOLOGÍA

La elección de una correcta metodología antes de comenzar el desarrollo del plan de mantenimiento es un proceso fundamental ya que de esta deriva posteriormente todo el trabajo realizado dentro de la empresa.

Para este caso en específico se decidió por utilizar las metodologías como los son Análisis Cualitativo de los equipos sumado al Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad (FMECA) y el Numero de prioridad de riesgo (RPN).

**CAPÍTULO 2: ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA,  
EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)**

## 2. ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)

### 2.1. EL VIBROPISÓN

El equipo que se intervendrá para la realización de este plan de mantenimiento corresponde a un vibropisón de la marca Wacker Neuson modelo BS60-4S, este tipo de equipo es ocupados principalmente para la compactación de suelos, proceso que se realiza mediante los sucesivos golpes los cuales son generados por el equipo con una fuerza de 1.400 kg.

Este tipo de equipo está compuesto principalmente por dos grandes conjuntos los cuales son la unidad motriz que en este caso corresponde a un motor a combustión de 4 tiempos y el sistema apisonador o sistema de amortiguación el cual está compuesto principalmente por un conjunto de resortes lubricados con aceite los cuales son capaces de absorber y generar estos repetitivos golpes realizados por el equipo.

Para entender de mejor manera estos componentes, a continuación, se detallan con un despiece de cada uno de ellos.

#### 2.1.1. Motor

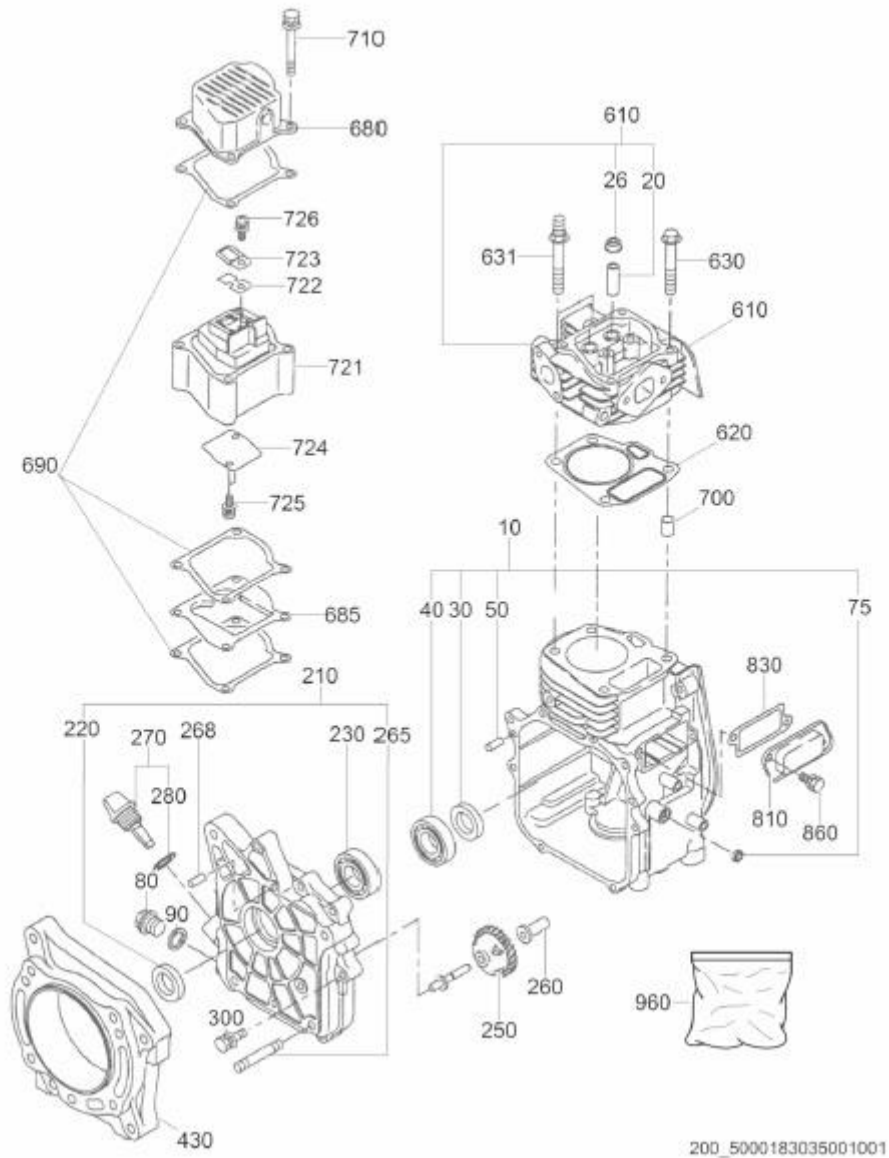
El motor utilizado en este equipo corresponde a un WM100 fabricado por la misma empresa la cual fabrica todo el conjunto, este corresponde a un motor de 4 tiempos lo cual quiere decir que posee el mismo funcionamiento del motor que se utiliza en un automóvil donde se encuentran presentes los tiempos de admisión, compresión, expansión y escape. Para comprender de mejor manera como está compuesto dicho motor se presenta en la figura 2-1 el despiece completo de este, de igual forma se entregan los componentes detallados en la tabla 2-1

Tabla 2-1. Componentes del motor WM100

Número identificación	Cantidad	Nombre
10	1	Cárter
20	2	Guía válvulas
26	1	Empaquetadura

30	1	Empaquetadura de aceite
40	1	Rodamiento de bolas
50	2	Espiga
75	1	Empaquetadura de aceite
80	1	Tapón roscado
90	1	Anillos Separador
210	1	Tapa del cárter completa
220	1	Empaquetadura de aceite
230	1	Rodamiento de bolas
250	1	Regulador completo
260	1	Manguito
265	4	Perno Prisionero
268	2	Espiga
270	1	Indicador de nivel de aceite
280	1	Anillo separador
300	9	Perno con arandela
430	1	Adaptador
610	1	Culata
620	1	Junta de culata
630	2	Perno
631	2	Perno
680	1	Tapa de cilindro
685	1	Espaciador
690	1	Junta
700	2	Tubo
710	4	Perno de reborde
721	1	Respiradero
722	1	Válvula
723	1	Retenedor
724	1	Placa de espaciador
725	2	Tornillo con arandela
726	1	Tornillo con arandela
810	1	Tapa
830	1	Junta
860	2	Perno con Arandela
960	1	Juego de juntas

Fuente: Elaboración propia, en base a la tabla entregada en el manual del motor WM100

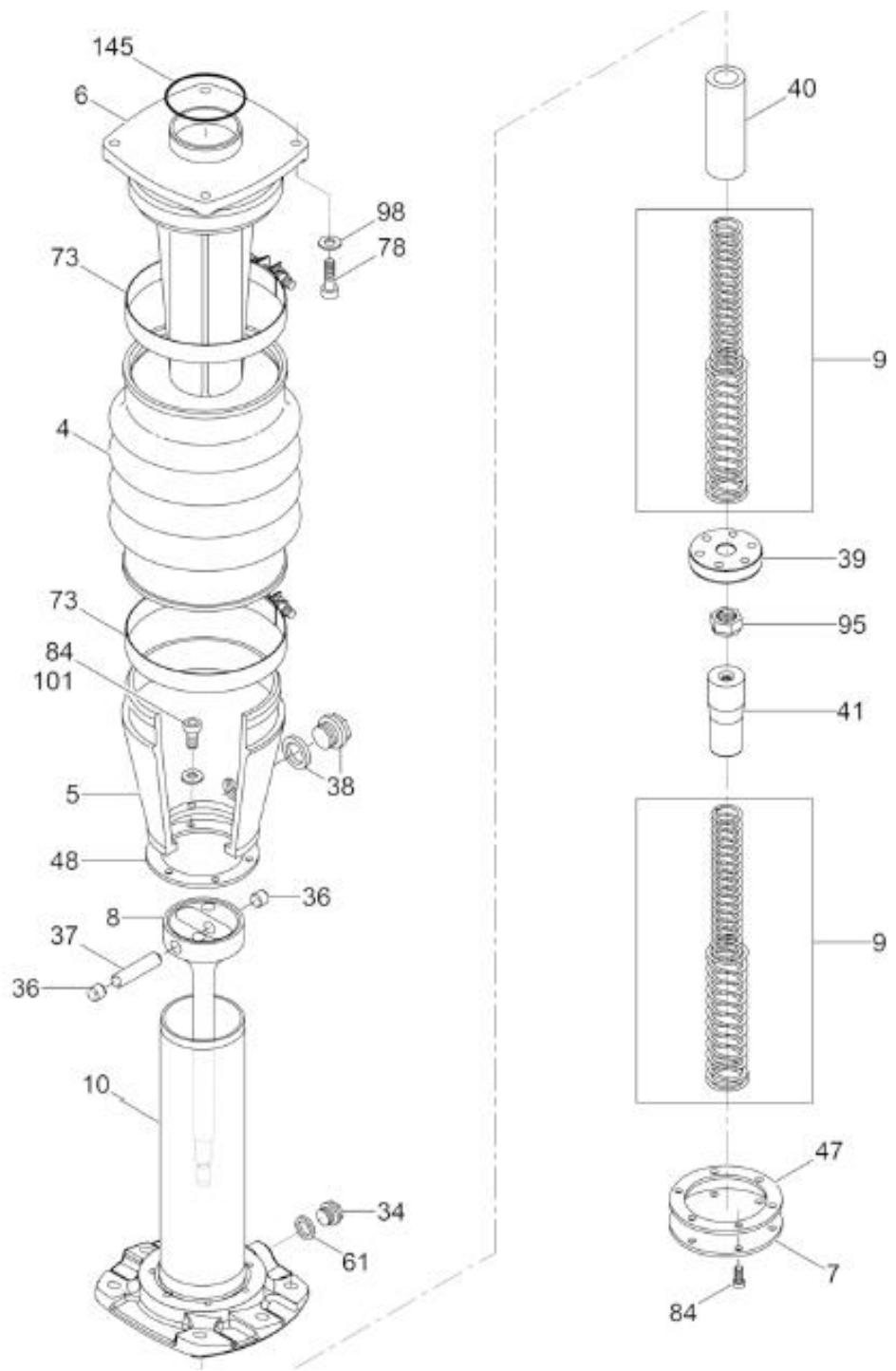


Fuente: Imagen extraída del manual Wacker Neuson para el motor WM100

Figura 2-1. Despiece de motor WM100

### 2.1.2. Sistema de amortiguación

El sistema de amortiguación o sistema vibroapisonador corresponde principalmente a un conjunto de resortes los cuales están encargados de absorber el movimiento generado por el motor y transformarlo posteriormente en una seguidilla de golpes los cuales son utilizados en la compactación de los suelos. Estos se encuentran especificados tanto en la figura 2-2 con su respectiva tabla de componentes (tabla 2-2).



Fuente: Manual del equipo Wacker Neuson BS60-4S

Figura 2-2. Despiece sistema apisonador.

Tabla 2-2. Componentes del sistema de amortiguación.

Número	Cantidad	Nombre
4	1	Fuelle
5	1	Tubo de protección
6	1	Cilindro guía
7	1	Tapa
8	1	Pistón
9	2	Juego de resorte
10	1	Cilindro de resorte
34	1	Tapón roscado
36	2	Tapón
37	1	Pasador de pistón
38	1	Mirilla de nivel de aceite
39	1	Guía de pistón
40	1	Buje
41	1	Buje
47	1	Junta
48	1	Junta
61	1	Anillo de junta
73	2	Abrazadera de manguera
78	4	Tornillo cilíndrico
84	14	Tornillo hueco
95	1	Contratuerca
98	4	Federring
101	7	Federring
145	1	Anillo-O

Fuente: Elaboración propia, en base a la tabla entregada en el manual del equipo Wacker Neuson BS60-4S

## 2.2. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)

El termino Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad (FMECA) corresponde a una metodología de mantenimiento la cual enfoca su funcionamiento en los modos de fallas y consecuencias que se generan, tomando en consideración fallas tanto parciales como totales del equipo a analizar.

Esta metodología con lleva varios pasos o términos para conseguir realizarlo de manera correcta estos se describen a continuación:

- Función principal:

Este aspecto toma como principal característica la función principal que cumple el objeto que se le está aplicando el FMECA, este objeto puede ser tanto del equipo completo o bien de un componente de este.

- Falla funcional:

En este punto se deben especificar las fallas, una total como también una parcial que posea el equipo o el componente que se está analizando, para así posteriormente realizar los siguientes pasos del FMECA enfocándose en estas fallas.

- Modos de fallo:

Los modos de fallo se enfocan principalmente en las fallas más pequeñas dentro del equipo que causan o contribuyen a que se produzca la falla funcional del equipo.

- Efectos de falla:

Este término se refiere a un síntoma que se genera previamente a producirse un modo de fallo dentro del equipo.

- Consecuencias:

Como último punto se deben considerar las consecuencias que se producen por los modos de fallo en el equipo, estos pueden ser descritos de manera más general cuando varios modos de fallos generar la misma consecuencia.

- Acciones correctivas:

Corresponde a las acciones que se deben realizar en el equipo con el fin de mitigar el efecto producido por la falla que afecta al equipo.

### 2.3. NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (RPN)

El RPN (*Risk Priority Number*) en sus siglas en inglés, en si corresponde al número de prioridad de riesgo, el cual determina en cierta manera que fallas deben tener mayor prioridad para el departamento de mantenimiento de cada empresa.

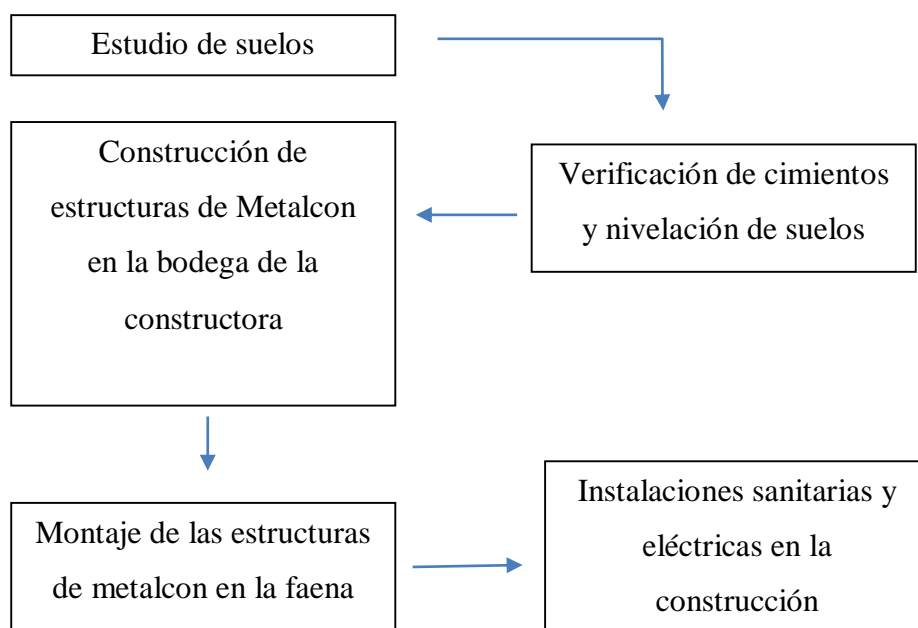
Este número se obtiene mediante la multiplicación de los valores de Severidad, Detección y Ocurrencia, entre mayor sea el valor obtenido presentara una mayor prioridad para el departamento de mantenimiento, de igual manera se observa que el valor de severidad será más alto cuando la falla genere un mayor impacto sobre el equipo, de igual forma el valor de detección aumentara cuando la falla sea más difícil de identificar dentro del equipo, y la ocurrencia se verá aumentada a medida que la falla se presente mayor cantidad de veces sobre el equipo.

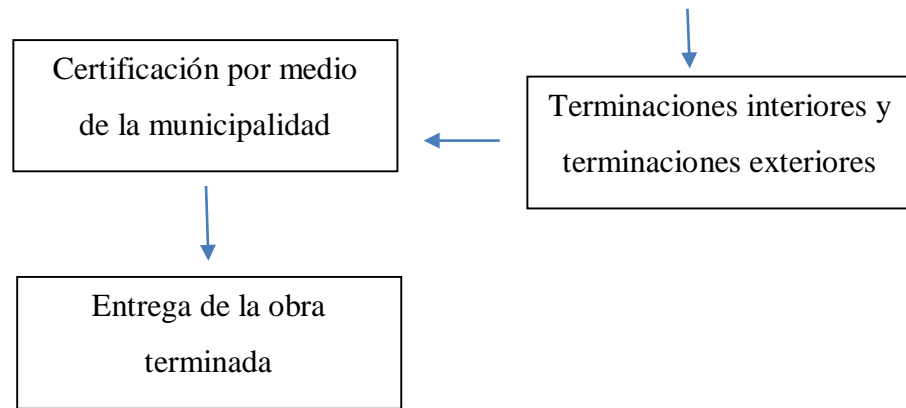
Estos valores se pueden determinar mediante las tablas de RPN que se adjuntan en el anexo A del trabajo.

### 2.4. INTENCIÓN DEL DISEÑO

El proceso productivo de la empresa está diseñado de tal manera que en ningún momento de la faena haya equipos detenidos con lo cual se aumenta la productividad de los equipos y las obras se realizan con mayor rapidez.

A continuación, se puede observar el proceso productivo de la empresa de manera resumida.





Fuente: Elaboración propia en base a proceso productivo de la empresa

Diagrama 2-1. Resumen de proceso productivo.

Como se puede observar el proceso productivo de la empresa no consta de muchas fases o etapas, pero cada una de estas etapas son de vital importancia para seguir con el curso normal de la construcción, de igual manera se puede mencionar que el equipo el cual está siendo analizado participa principalmente en dos etapas del proceso las cuales, son la construcción de radieres y las instalaciones sanitarias.

Cabe mencionar que las condiciones en las cuales se desempeña el equipo analizado corresponden principalmente a sectores de tierra por lo cual se genera una gran cantidad de partículas de polvo en suspensión, las que son aspiradas por el equipo y reduce su rendimiento, de igual manera este equipo se desempeña en ambientes de alta temperatura y humedad.

## 2.5. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA) DEL VIBROPISÓN

Para la realización del Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad (FMECA) en el caso del vibropisón presente en la empresa se procedió principalmente a identificar con la información entregada por el encargado de la obra de cual o cuales eran los componentes que presentaban mayor cantidad de fallas o aquellos que presentaban una alta frecuencia de fallas, con lo cual se determinó que los componentes que sufrían mayor cantidad de fallas correspondía a la unidad motriz de los vibropisones el cual corresponde al motor de combustión interna de 4 tiempos y el conjunto de suspensión que se acopla a dicha unidad mediante un embrague centrífugo.

Obtenidos los datos se procede a investigar cuales son las principales fallas que presentan este tipo de equipos constantemente, lo cual se realizó tomando en

consideración información entregada por la empresa y datos entregados por el manual de reparación que entrega el fabricante donde se mencionan fallas frecuentes de los equipos.

Obteniendo estos datos se procedió a realizar el Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad (FMECA) el cual se encuentra disponible en su totalidad en el anexo B del trabajo, el cual quedo en su primera parte como se observa a continuación:

Tabla 2-3. FMECA realizado con falla funcional total.

Función	Falla funcional	Modos de Fallo	Efectos de Fallo	Consecuencia
Generar movimiento rotacional el cual acciona el sistema de suspensión del equipo, con una potencia de 4 HP y una velocidad de 3000-5000 RPM	1.- Motor incapaz de arrancar	1.1 Filtro de aire saturado	Motor incapaz de levantar RPM al momento de acelerar.	Mezcla pobre por lo cual no se lograr realizar la combustión
		1.2 Desgaste excesivo de los anillos del pistón.	Nivel de aceite necesario para el funcionamiento bajo.	Motor incapaz de arrancar, y en su funcionamiento presenta humos de escape visible.
		1.3 Separación de electrodos de bujía incorrecta	Chispa de baja intensidad lo cual imposibilita el funcionamiento del motor	Chispa de baja intensidad lo cual genera una mala combustión de la mezcla dentro de la cámara de combustión
		1.4 Llave de paso de combustible trabada	Motor incapaz de arrancar, y presenta RPM disperejas en funcionamiento.	Motor imposibilitado para arrancar por falta de combustible en la cámara de combustión.
		1.5 Filtro de combustible tapado	Motor presenta RPM inestables (menor caudal de combustible)	

Fuente: Elaboración propia en base al FMECA realizado

Como se puede observar en la tabla 2-3 se le aplicó el FMECA al motor del equipo al cual en una primera instancia se le generó una falla funcional total, es decir, que el equipo queda inutilizable a causa de dicha falla.

De igual manera posteriormente se procedió a analizar cuáles eran las posibles causas que eran capaces de generar la falla total del equipo descrita en el FMECA, las cuales como se observa fueron enumeradas del 1.1 al 1.5, con el respectivo efecto y la consecuencia que genera dentro del equipo, más adelante se expondrá que estas fallas serán evaluadas mediante el RPN.

En la segunda parte del FMECA se procedió a generar una falla parcial del componente lo que implica que el equipo puede funcionar con dicha falla, pero no a su 100% lo cual genera una pérdida de producción del equipo. Las cuales fueron evaluadas de la misma manera que la falla total del equipo.

Tabla 2-4. FMECA del motor con falla parcial.

Función	Falla funcional	Modos de Falla	Efectos de Falla	Consecuencia
Generar movimiento rotacional el cual acciona el sistema de suspensión del equipo, con una potencia de 4 HP y una velocidad de 3000-5000 RPM	2.- Motor funciona a RPM disparejas	2.1 Chicleres de alta y baja tapados.	RPM presentes en el motor disparejas, detonación de gases de escape.	Motor le cuesta partir y presenta humos visibles por el escape, con RPM disparejas.
		2.2 Línea de combustible con filtración	Motor presenta dificultad al arranca, y nivel de combustible bajo.	Motor le cuesta arrancar; presenta RPM disparejas en funcionamiento.
		2.3 Bujías empastadas	Presenta humos visibles en funcionamiento y RPM disparejas.	Presenta RPM disparejas; y poca fuerza al momento de ser acelerado.
		2.4 Modulo de ignición mal regulado	Presenta RPM disparejas y dificultad en el arranque del equipo	Presenta RPM disparejas en su funcionamiento; presenta dificultad para ser puesto en marcha.

		2.5 Válvulas descalibradas	Ruido fuerte durante el funcionamiento del equipo, y aumento de consumo de combustible.	Inestabilidad de las RPM en el equipo además de aumento de temperatura y pérdida de potencia
--	--	----------------------------	---	--

Fuente: Elaboración propia en base al FMECA realizado

En esta última tabla se puede observar la falla parcial que se le genera con frecuencia a los vibropisones mientras se encuentran en funcionamiento, este tipo de fallas no comprometen de manera total el funcionamiento del equipo, sino que les permite funcionar, pero compromete el desempeño de este lo que en consecuencia afecta la productividad del equipo en la faena.

Una vez realizado el FMECA del componente principal en fallar es decir el motor se procede a evaluar dichas fallas en función del número de prioridad de riesgo o RPN, con lo cual logramos identificar que fallas presentan una mayor criticidad o suceden con mayor frecuencia dentro del equipo con lo cual generan constantemente detenciones.

A continuación, se muestra como queda dicho FMECA una vez que se le aplica el RPN.

Tabla 2-5. FMECA del motor evaluado en falla total con el valor de RPN.

	S	D	O	RPN	Acciones Correctiva
<b>1,1</b>	1	8	7	<b>56</b>	Limpieza del filtro ; Cambio del filtro
<b>1,2</b>	5	9	7	<b>315</b>	Rellenar el cárter de aceite del equipo y volver a encender
<b>1,3</b>	5	8	4	<b>160</b>	Cambiar bujía por un bujía nueva
<b>1,4</b>	1	6	2	<b>12</b>	Cambio de llave de paso de combustible
<b>1,5</b>	5	6	3	<b>90</b>	Remover filtro sucio y colocar filtro de combustible nuevo

Fuente: Elaboración propia en base a FMECA realizado

Tabla 2-6. FMECA del motor evaluado en falla parcial con el valor del RPN

	S	D	O	RPN	Acciones Correctiva
<b>2,1</b>	7	6	5	<b>210</b>	Colocar el carburador con la puesta a punto necesaria para que el equipo funcione correctamente
<b>2,2</b>	1	5	8	<b>40</b>	Rellenar el estanque de combustible.
<b>2,3</b>	4	8	8	<b>256</b>	Remover bujía y proceder a limpiar con bencina y una lija, y volver a colocar nuevamente
<b>2,4</b>	4	7	7	<b>196</b>	Regular el módulo de ignición a la separación correcta con el fin de poner a punto dicho parámetro
<b>2,5</b>	5	6	4	<b>120</b>	Regular válvulas tanto de admisión y escape

Fuente: Elaboración propia en base a FMECA realizado

En las tablas 2-5 y 2-6 se puede observar que el valor del RPN determina cuál de todos los modos de fallo aplicados son de importancia para el departamento de mantención que presenta cada empresa, en este caso dichas acciones deben ser consideradas por el encargado del mantenimiento de cada empresa, en la tabla se observa que los valores críticos y que deben ser tomados en consideración lo antes posibles se encuentran en color rojo y de igual manera se encuentran señalados aquellos que no presentan una gran importancia para el equipo en color amarillo, de esta misma forma se entregan dentro de la misma tabla las acciones correctivas que se deben ejecutar para revertir dicha falla y así volver a tener el equipo en funcionamiento en el menor tiempo posible.

## 2.6. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA) DEL SISTEMA AMORTIGUADOR

Otro componente que presenta fallas, pero con menor frecuencia que las que presenta el motor es el sistema de suspensión con lo cual se le procedió a realizar de igual manera un FMECA el cual se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 2-7. FMECA sistema apisonador o de suspensión.

Función	Falla funcional	Modos de Falla	Efectos de Falla	Consecuencia
Transmitir movimiento rotacional generado por el motor hacia el terreno en forma de golpes repetitivos. Fuerza de impacto 1520 kg con desplazamiento de 80 m/min	3.- Amortiguador incapaz de moverse	3.1 Ruptura del pasador de biela del amortiguador	Sonido proveniente de la parte superior del amortiguador y vibraciones.	Equipo incapaz de generar movimiento de compactación y genera vibraciones en su funcionamiento
		3,2 Embrague centrifugo con desgaste excesivo asbesto.	Ruido agudo por fricción de metal con metal	Equipo incapaz de generar movimiento de compactación con aumento de temperatura.

Fuente: Elaboración propia en base al FMECA realizado.

Tabla 2-8. FMECA de la falla parcial del equipo.

Función	Falla funcional	Modos de Falla	Efectos de Falla	Consecuencia
Transmitir movimiento rotacional generado por el motor hacia el terreno en forma de golpes repetitivos. Fuerza de impacto 1520 kg con desplazamiento de 80 m/min	<b>4.-</b> Amortiguador no es capaz desplazarse completamente (68 mm)	<b>4.1</b> Ruptura de fuelle exterior	Filtración del aceite contenido dentro del amortiguador.	Equipo con poca lubricación lo cual puede producir el agrupamiento del equipo y exceso de temperatura

Fuente: Elaboración propia en base al FMECA realizado.

Tabla 2-9. RPN del sistema de amortiguación en su falla total.

	S	D	O	RPN	Acciones Correctiva
<b>3,1</b>	8	7	4	<b>224</b>	Reemplazo del pasador de biela del amortiguador
<b>3,2</b>	8	6	4	<b>192</b>	Reemplazo del embrague centrifugo

Fuente: Elaboración propia en base al RPN realizado

Tabla 2-10. RPN del sistema de amortiguación en su falla parcial.

	S	D	O	RPN	Acciones Correctiva
<b>4,1</b>	7	6	5	<b>210</b>	Reemplazar fuelle roto, y revisar estado del amortiguador

Fuente: Elaboración propia en base al RPN realizado

Como se observa en el FMECA este componente no presenta gran cantidad de fallas lo cual implica que este no corresponde al más crítico dentro del equipo, de igual manera el Número de Prioridad de Riesgo (RPN) muestra que dichas fallas presentan un nivel de criticidad media por lo cual deben ser tomadas en consideración para el encargado de los equipos.

Ya determinados la criticidad de las fallas se procederá a realizar las órdenes de trabajo tanto para las fallas como para el resto de estas, con el fin de obtener un plan de mantenimiento.

**CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE ORDENES DE TRABAJO Y COSTOS DEL  
MANTENIMIENTO.**

### **3. ELABORACIÓN DE ORDENES DE TRABAJO Y COSTOS DEL MANTENIMIENTO.**

#### **3.1. MANTENIMIENTO**

Se entiende como mantenimiento la acción o función empresarial a la que le encomienda controlar el estado de las instalaciones que se encuentran presente en la empresa, para esto se toman en consideración tanto las que son auxiliares como de servicio.

De otra manera se puede decir que el mantenimiento es un conjunto de acciones las cuales tiene como principal función poder conservar o restablecer las condiciones en las cuales se desempeña el equipo con el fin de que este se desempeñe en óptimas condiciones y que el costo que se genere por este concepto sea el mínimo posible.

##### **3.1.2. Tipos de mantenimiento**

Existen variados tipos de mantenimiento los cuales son aplicados a cada equipo dependiendo de las necesidades que presenta este, esto se evalúa dependiendo tanto de los costos que significa realizar el cambio del repuesto en el activo y la cantidad de tiempo muerto que podría llegar a generarse por dicha falla.

A continuación, se mencionan los tipos de mantenimiento más utilizados dentro de la empresa.



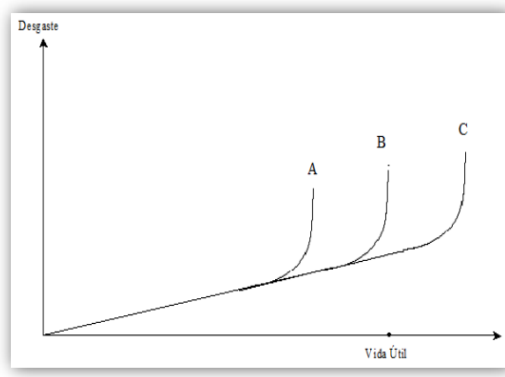
Fuente: Extraída de apunte de gestión de mantenimiento

Figura 3-1. Tipos de mantenimiento

#### 3.1.2.1. Mantenimiento Correctivo

También conocido como mantenimiento a la falla o por avería, este puede ser programado o no, de igual forma se aplica cuando los componentes presentan una falla, lo cual perjudica la producción de la empresa.

Este mantenimiento se utiliza principalmente en equipos donde el costo del componente es de gran valor económico con lo cual se busca utilizar la máxima vida útil de este.



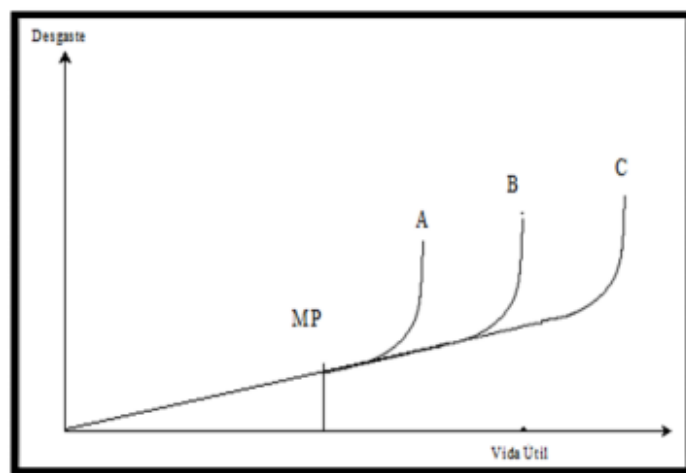
Fuente: Extraída de los apuntes de gestión de mantención

Figura 3-2. Curva de mantenimiento correctivo

### 3.1.2.2. Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento busca anticiparse a la falla que se puede generar en el equipo, por lo tanto, busca no tener interrupciones dentro de la producción.

Este tipo de mantenimiento las tareas son planificadas y programada, lo que en la práctica significa que la mantención del equipo se realiza en una detención programada.



Fuente: Extraída de apunte de gestión de mantenimiento

Figura 3-3. Curva de mantenimiento preventivo

### 3.1.3. Mantenimiento seleccionado

Para el equipo seleccionado se decidió por ocupar una mezcla de lo que es mantenimiento correctivo con preventivo, ya que son variadas las fallas que se producen dentro del equipo en las cuales se aplica un mantenimiento preventivo es decir acciones programadas cada cierto tiempo, y en otros casos son correctivas ya que el valor de intervenir dicho equipo para realizar esas reparaciones es alto tanto en el costo monetario como de tiempo muerto por la intervención del equipo.

### 3.2. PLAN DE MANTENIMIENTO

Un plan de mantenimiento corresponde a todas las acciones técnicas y administrativas que se encuentran enfocadas en realizar tareas las cuales tienen como objetivo conservar o bien restaurar dicho equipo a un estado óptimo para poder realizar la función para la cual está siendo requerida.

#### 3.2.1. Activos de la empresa

Los activos de la empresa corresponden a todos los equipos que se encuentran disponibles en esta los cuales se encuentran habilitados o no, en la siguiente tabla se observan todos los activos que posee la empresa disponible en estos momentos.

Tabla 3-1. Activos de la empresa.

Descripción
Vibropisón Wacker Neuson BS60-4s
Máquina termo fusión Vinilit
Vibropisón Wacker Neuson BS60-4s
Generador GM 3GF-ME
Betонера 130 l
Placa compactadora Emaresa
Placa compactadora Wacker Neuson
Compresor Indura Vento 3000
Generador Robin 5.0 EY 20-3
Placa compactadora Wacker Neuson
Compresor M&H Falcon 50 l
Soplador Makita UB1101
Máquina de soldar Indura 200A
Taladro percutor DeWalt DW 5085K-B20
Motosierra Einhell 86PC5045
Atornillador Bauker ESD600
Vibropisón Wacker Neuson BS60-4s
Vibropisón Wacker Neuson BS60-4s
Unidad motriz (Vibrador)

Máquina termo fusión Tigre
Tupi Skill 1830
Vibropisón Wacker Neuson BS60-4s
Demolador Bosch 650
Betонера 240 l
Lijadora de Banda Makita 9924B
Demolador Makita HM0810T
Rotomartillo Makita HR2230

Fuente: Elaboración propia en base a inventario presente en la empresa.

### 3.2.2. Equipo crítico de la empresa

El equipo crítico que presenta la empresa corresponde al Vibropisón Wacker Neuson BS60-4S el cual como se muestra en la tabla anterior posee la mayor cantidad de unidades dentro de la empresa, por consiguiente este lo convierte en el equipo seleccionado para la realización del plan de tareas el cual se describe a continuación.

### 3.2.3. Plan de tareas

Un plan de tareas corresponde a las actividades que se deben desarrollar dentro del equipo donde estas se ordenan dependiendo de la prioridad que presenten para el funcionamiento del equipo, a continuación, se muestra el plan de tareas que se realizó para poder realizar de manera correcta las actividades de mantenimiento al equipo crítico en cuestión.

Tabla 3-2. Plan de tareas para el equipo crítico.

Descripción	Duración Estimada (hr)	Prioridad	Tipo de tarea
Limpieza y/o cambio de filtro de Aire	00:05	Baja	M. Preventivo
Cambio de aceite y/o relleno	00:15	Alta	M. Preventivo
Reemplazo de bujía	00:15	Media	M. Preventivo
Reemplazo llave de paso	00:15	Baja	M. Preventivo
Reemplazo filtro de bencina	00:15	Media	M. Preventivo

Limpieza del vibropisón	00:30	Baja	M. Preventivo
Carburación	1:05	Media	M. Preventivo
Cambio de fuelle del amortiguador	01:00	Media	M. Correctivo
Revisión del amortiguador	2:05	Media	M. Preventivo
Rellenar combustible	00:10	Baja	M. Preventivo
Regulación de módulo de ignición	00:30	Medio	M. Preventivo
Regulación de válvulas	01:30	Medio	M. Preventivo
Reemplazo de pasador de biela	01:00	Medio	M. Preventivo
Regulación y/o cambio de embrague	02:00	Medio	M. Preventivo

Fuente: Elaboración propia en base a tareas generadas para el plan de mantenimiento.

Este plan de tareas se verá apoyado en la carta Gantt que se encuentra disponible en el anexo C, de este trabajo obteniendo así una claridad total tanto de las actividades que se deben realizar como también la frecuencia con la cual este tipo de reparaciones deben ser realizadas.

#### 3.2.4. Herramientas

Las herramientas son fundamentales para poder llevar a cabo las actividades de mantenimiento de manera correcta y así evitar posibles daños al equipo en el que se está trabajando, en estos momentos la empresa en la cual se desarrolla este plan de mantenimiento presenta las herramientas básicas que se ocupan dentro del rubro de la construcción debido a que todas las mantenciones de equipos son realizadas de manera externa.

Por consecuente a continuación se adjuntan las tablas de las herramientas que se presentan en el pañol y aquellas que deben ser adquiridas por la empresa si desea aplicar el plan de mantenimiento que se describe en este trabajo.

Tabla 3-3. Herramientas presentes en la empresa.

Nombre	Descripción
Juego de dados ½"	Dados de cuadrante ½", medidas 10 mm – 32 mm
Juego de llaves punta corona	Llaves punta corona 07 mm – 24 mm
Alicate universal	Alicate de punta universal

Alicate de punta	
Martillo	Martillo de peña
Destornillador Phillips	PH 2
Destornillador paleta	3

Fuente: Elaboración propia en base a herramientas presentes en la empresa

Tabla 3-4. Herramientas que debe adquirir la empresa en caso de aplicar el plan de mantenimiento.

Nombre	Descripción
Juego de llaves Allen	Juego de llaves Allen 1.5 mm – 10 mm
Llave de torque	Cuadrante ½”, rango de 10-180 Nm
Juego de dados	Cuadrante ¼”, rango 5.5 mm – 14 mm
Alicates para seguros segger	Exteriores e Interiores y Angular
Mazo de goma	500 gr
Juego de llave torx	Rango T9 – T40
Dado para bujías	16 mm
Embudo	
Cepillo	Cerdas metálicas
Extractor de resortes	
Pie de metro	Rango 0 mm – 150 mm

Fuente: Elaboración propia en base a herramientas descritas en el manual del equipo

### 3.2.5. Insumos

Los insumos corresponden a todos aquellos objetos que están destinados a la utilización dentro del equipo, con el fin de obtener una mantención correcta del este al cual se le está realizando la mantención.

En este caso la empresa no consta con los insumos básicos que son utilizados dentro de la mayoría de las actividades de mantenimiento que se describen, a continuación, se describen cuáles deben ser los insumos básicos que debe poseer la empresa para realizar las mantenciones.

Tabla 3-5. Insumos básicos que debe adquirir la empresa.

Nombre	Descripción
Paños de limpieza	
Fijador de roscas	Baja, mediana y alta resistencia
Bencina blanca	1 litro
Lubricante WD-40	500 ml
Aceite para motor	Para motores 4T 15W-30




Fuente: Elaboración propia en base a elementos descritos en el manual de la máquina.

Cabe mencionar que estos insumos corresponden a los básicos que se deben tener dentro de la empresa, ya que existen los insumos que corresponden a repuestos, pero estos al poseer un costo elevado, la empresa se inclina por comprarlos al momento de ser realizada la mantención.

### 3.2.6. Ordenes de trabajo

Una orden trabajo corresponde a una planilla elaborada por el encargado de mantenimiento en la cual se describen los procesos que se deben realizar para la actividad de mantenimiento, de igual manera se entregan los insumos, herramientas, tiempo estimado de duración, etc.

A continuación, se muestra una orden de trabajo que se realizó para la actividad de verificación del nivel de aceite y combustible del equipo, de igual manera se encuentran disponibles en el anexo D de este trabajo el resto de las ordenes de trabajo para el mantenimiento correcto del equipo en cuestión.

	N° 0001 Baranlloni & Candia Constructores	
Plan de tareas: Mantenimiento para vibropison BS60-4S		
Tarea: Limpieza y/o cambio de filtro de aire		
Tipo de tarea: Verificación	Prioridad: Media	
Tiempo de detencion del equipo 0:10:00	Duracion estimada 0:05:00	
Fecha: ___/___/___	Realizar: 200 horas	
Encargado:	Mantenedor	
Actividades		
1.- Utilizacion de los EPP entregados por la empresa		
2.- Limpiar zona de trabajo donde se realiza la inpeccion		
3.- Desmontar tapa protectora de motor con destornillador ph 2		
4.- Quitar tapa del filtro de aire con llave allen 5mm		
5.- En el caso de que el filtro se encuentre roto reemplazar de lo contrario limpiar		
6.- Ordenar y limpiar lugar donde se realizo el trabajo		
7.- Entrega de herramientas en el pañol		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	
Lentes de seguridad	1	Inventario
Mantenedor	1	Recursos humanos
Destornillado ph 2	1	Inventario
Guantes de seguridad	1	Inventario
Paños de limpieza	3	Inventario
Filtro aire wn BS60-4S	1	Inventario
Allen 5mm	1	Inventario
Observaciones:		
Firma encargado del mantenimiento		

Fuente: Elaboración propia en base a las actividades a realizar en el equipo

Figura 3-4. Orden de trabajo para vibropisón

### 3.3. COSTOS DEL MANTENIMIENTO

Los costos asociados al mantenimiento corresponden a una variable fundamental al momento de analizar la puesta marcha de dicho plan de mantenimiento en la empresa debido a los grandes costos que estos presentan, ya que se debe tener en consideración lo que son tanto insumos como las horas del mecánico mantenedor a cargo de realizar dicho procedimiento en el equipo.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla cuales serían los costos aproximados para poder poner en marcha de correcta forma el plan de mantenimiento antes descrito en un periodo de 12 meses.

Tabla 3-6. Costos por insumos para el plan de mantenimiento.

<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor total</b>
Aceite 4t 15W-30(1Lt)	25	9990	\$ 249.750
WD-40	3	4990	\$ 14.970
Paños de limpieza	3	9990	\$ 29.970
Grasa sin litio (500 gr)	2	14000	\$ 28.000
Traba roscas bajo torque	2	19990	\$ 39.980
Traba roscas alto torque	2	19990	\$ 39.980
Aceite de suspensión SAE 40 (1 l)	10	11500	\$ 115.000
<b>Total</b>			<b>\$ 517.650</b>

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones realizadas.

Nombre Producto	SKU Producto	Precio Neto Unitario	Cantidad Producto	Subtotal Neto	Acción	
JGO LLAVES ALLEN LARGAS 1.5-10 MM 9 PZ.	6394867	4.750	1	4.750	Actualizar	Borrar
JGO LLAVES ALLEN LARGAS 1/16"-3/8" 9 PZ.	6394893	4.750	1	4.750	Actualizar	Borrar
JGO LLAVES TORX PERFORADAS T9-T40 8 PZ.	6394925	4.259	1	4.259	Actualizar	Borrar
LLAVE EXTRACTORA DE FILTROS DE 3 PATAS, DE 2.1/2" A 4.3/4", SE USA CON CHICHARRA DE 3/8" O 1/2", EN BLISTER	6147360	9.342	1	9.342	Actualizar	Borrar
LLAVE TORQUE CAPACIDAD DE TORQUE 10-140 LBS/PIE, 10-180 NM, 1-18 KGM	5661001	135.780	1	135.780	Actualizar	Borrar
JGO. DADOS [1/2" 10-32 MM. 16 PZ. HEX.	6398150	41.150	1	41.150	Actualizar	Borrar
JGO. DADOS [1/4" 24 PZ., M/M., HEXAG.	6398140	25.553	1	25.553	Actualizar	Borrar
ALICATE SEGUROS EXTERIORES CURVOS 7"	6144455	7.786	1	7.786	Actualizar	Borrar
ALICATE SEGUROS EXTERIORES RECTOS 7"	6144445	7.786	1	7.786	Actualizar	Borrar
ALICATE SEGUROS INTERIORES CURVOS 7"	6144460	7.786	1	7.786	Actualizar	Borrar
ALICATE SEGUROS INTERIORES RECTOS 7"	6144450	7.786	1	7.786	Actualizar	Borrar
MACETA GOMA MANGO FIBRA VIDRIO DE 24 OZ.	6103305	3.498	1	3.498	Actualizar	Borrar
EMBUDO FLEXIBLE Y MOLDEABLE P/ACEITE DE MOTOR, REFRIGERANTE, ETC.	6399186	18.054	1	18.054	Actualizar	Borrar
ESCOBILLA ALAMBRE ACERO 3 X 12 CON MANGO #1010010	8031130	1.905	1	1.905	Actualizar	Borrar
PIE DE METRO 6" GRAD.1/128"-0.05 MM.	4901001	34.500	1	34.500	Actualizar	Borrar
HIDROLAVADORA DE AGUA FRIA 220 VOLTS, PRESION DE TRABAJO 150 BAR/2.200 PSI, CAUDAL DE AGUA 500 LTS/HORA, 2.5 KW., TEMPERATURA MAX.: 50°C, PESO 25 KGS.	5321050	254.380	1	254.380	Actualizar	Borrar
SubTotal:				569.065		

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones realizadas en página web Ferretería O'Higgins.

Figura 3-5. Cotización de herramientas realizada en Ferretería O'Higgins.

Sumado a los costos entregados por la compra de insumos básicos descritos en la tabla 3-4 y de las herramientas figura 3-5 los cuales entregan una suma de \$ 1.086.715, se le debe sumar las horas del mecánico las cuales corresponden a un total de 20.5 horas por cada vibropisón que se encuentra en la empresa. En estos momentos en la empresa se encuentran disponible cinco equipos, lo cual da un total de 102.5 horas/año, lo cual multiplicado por el valor hora del mecánico lo cual corresponde a \$15.000 pesos/hora, obtenemos un valor total de \$1.537.500 al año.

Lo cual por consecuente nos entrega un valor de \$2.624.215 pesos, a lo cual se le deben sumar los costos por los repuestos necesarios para la reparación de los equipos, los cuales no fueron tomados en consideración en la tabla de precios debido a que estos presentan costos variables ya que corresponden a productos de importación. Por lo cual se toma un estimativo de alrededor de \$1.000.000 para la compra de repuestos.

Con lo cual se nos da un valor total de \$3.624.215 pesos para poder realizar de manera correcta el plan de mantenimiento descrito anteriormente en este trabajo de título.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al concluir este trabajo de título, se logra observar un aspecto relevante en el ámbito donde se desempeñan las constructoras es lograr cumplir con los tiempos de entrega establecidos, es por esto que se hace de vital importancia conservar los equipos en buen estado, es decir, con un mantenimiento correcto.

Al identificar de manera correcta el proceso productivo que se desempeña en la empresa se puede obtener de manera clara y precisa la cantidad exacta de equipos, maquinaria y herramientas que son necesarias para la ejecución de la obra, con lo cual se obtuvieron los datos necesarios para la realización del análisis cualitativo, metodología necesaria al momento de realizar un plan de mantenimiento en una empresa donde se desconocen datos de fallas en sus equipos.

Como resultado del análisis FMECA (Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad) realizado se puede concluir que la falla de un conjunto no siempre está relacionada con la falla de todos los componentes presentes, si no bien puede ser solamente un elemento de este conjunto el que presente una falla, lo que en consecuencia genera la falla total del equipo.

Tomando en consideración los costos necesarios para poner en marcha el plan de mantenimiento se puede concluir que es favorable para la empresa la realización del plan de mantenimiento, debido a que estos valores son mucho menores a los costos que presenta la empresa en estos momentos por conceptos de arriendo y reparaciones de los equipos.

Como posibles soluciones a la problemática presente en la empresa, correspondería a realizar un análisis durante un periodo de seis meses con el fin de obtener una base de datos de las fallas que presentan los equipos, de esta manera se puede identificar con otro tipo de metodologías el equipo crítico, y de esta forma generar la planilla análisis de modo de falla, efectos y Criticidad (FMECA) y finalmente obtener un plan de mantenimiento para la empresa en cuestión.

Se recomienda, en una primera instancia a la empresa establecer un lugar adecuado para la realización del mantenimiento de manera eficiente y así aumentar la disponibilidad de los equipos que se encuentran dentro de la obra, obteniendo el máximo de vida útil del equipo.

Por otra parte, dirigiéndose al cuerpo docente de Mecánica Industrial se recomienda la utilización de una mayor cantidad de software de mantenimiento, con el fin de preparar de una manera eficaz el perfil de mecánico industrial, obteniendo así mayores competencias para afrontar dificultades laborales dentro de la industria.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Profesor Andrés Aranguiz G. Capítulo 2: Conceptos básicos de gestión del mantenimiento [diapositivas]. Viña del Mar, Universidad Técnica Federico Santa María: Departamento Mecánica. 201\_. 48 diapositivas, col.

Profesor Carlos Baldi González. Ciclo de gestión de mantenimiento [diapositivas]. Viña del Mar, Universidad Técnica Federico Santa María: Departamento Mecánica. 201\_. 107 diapositivas, col.

Wacker Neuson. Libro de repuestos vibro apisonadores BS60-4S [en línea]. <[http://products.wackerneuson.com/manuals/Parts/0620387\\_Rev210.pdf](http://products.wackerneuson.com/manuals/Parts/0620387_Rev210.pdf)> [ Fecha de consulta: 21 mayo 2017]

Wacker Neuson. Manual de reparaciones motor WM 90 [en línea]. <[http://products.wackerneuson.com/manuals/Engine/160157es\\_001Rep.pdf](http://products.wackerneuson.com/manuals/Engine/160157es_001Rep.pdf)> [ Fecha de consulta : 23 mayo 2017]

**ANEXO A: TABLAS DE VALORES NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO****RPN**

EFECTO	EFECTO EN EL CLIENTES	EFECTO EN MANUFACTURA/ENSAMBLE	CALIF .
Peligros o sin aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso.	Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso.	10
Peligros o con aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, con aviso.	Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso.	9
Muy alto	El producto/ítem es inoperable (perdida de la función primaria).	El 100% del producto puede tener que ser desechado o reparado con un tiempo o costo infinitamente mayor.	8
Alto	El producto/ítem es operable, pero con un reducido nivel de desempeño. Cliente muy insatisfecho.	El producto tiene que ser seleccionado y una parte desechada o reparada en un tiempo y costo muy alto.	7
Moderado	Producto/ítem operable, pero un ítem de confort/convivencia es inoperable. Cliente satisfecho.	Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo muy alto.	6
Bajo	Producto/ítem operable, pero un ítem de confort/convivencia son operables a niveles de desempeño bajos.	El 100% del producto puede tener que ser retrabajado o reparado fuera de la línea pero no necesariamente va al área de retrabajo.	5
Muy bajo	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por el 75% de los clientes.	El producto puede tener que ser seleccionado, sin deshecho, y una parte retrabajada.	4
Menor	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por el 50% de los clientes.	El producto puede tener que ser retrabajado, sin deshecho, en línea, pero fuera de la estación.	3
Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 25%).	El producto puede tener que ser retrabajado, sin deshecho, en línea, en la estación.	2
Ninguno	Sin efecto perceptible	Ligero inconveniente para la operación u operador, o sin efecto.	1

DETECCIÓN	CRITERIO	TIPO DE INSPECCIÓN			MÉTODOS DE SEGURIDAD DE RANGOS DE DETECCIÓN	CALIF.
		A	B	C		
Casi imposible	Certeza absoluta de no detección.			X	No se puede detectar o no es verificada.	10
Muy remota	Los controles probablemente no detectarán.			X	El control es logrado solamente con verificación indirecta o al azar.	9
Remota	Los controles tienen poca oportunidad de detección.			X	El control es logrado solamente con inspección visual.	8
Muy baja	Los controles tienen poca oportunidad de detección.			X	El control es logrado solamente con doble inspección visual.	7
Baja	Los controles pueden detectar.		X	X	El control es logrado con métodos gráficos con el CEP.	6
Moderada	Los controles pueden detectar.		X		El control se basa en mediciones por variables después de que las partes dejan la estación, o en dispositivos Pasa No Pasa realizado en el 100% de las partes después de que las partes han dejado la estación.	5
Moderadamente alta	Los controles tienen una buena oportunidad de detectar.	X	X		Detección de error en operaciones subsiguientes, o medición realizada en el ajuste y verificación de primera pieza (solo para causas de ajuste).	4
Alta	Los controles tienen una buena oportunidad de detectar.	X	X		Detección del error en la estación o detección del error en operaciones subsiguientes por filtros múltiples de aceptación: suministro, instalación, verificación. No puede aceptar parte discrepante.	3
Muy alta	Controles casi seguros para detectar.	X	X		Detección del error en la estación (medición automática con dispositivo de paro automático). No puede pasar la parte discrepante.	2
Muy alta	Controles seguros para detectar.	X			No se pueden hacer partes discrepantes porque el ítem ha pasado a prueba de errores dado el diseño del proceso/producto.	1

A: Aprueba de Error

B: Medición automatizada

C: Inspección visual manual

Probabilidad	Índice posibles fallas	ppk	Calif.
Muy alta: Fallas persistentes	100 por mil piezas	< 0.55	10
	50 por mil piezas	> 0.55	9
Alta: Fallas frecuentes	20 por mil piezas	> 0.78	8
	10 por mil piezas	> 0.86	7
Moderada: Fallas ocasionales	5 por mil piezas	> 0.94	6
	2 por mil piezas	> 1.00	5
	1 por mil piezas	> 1.10	4
Baja: Relativamente pocas fallas	0.5 por mil piezas	> 1.20	3
	0.1 por mil piezas	> 1.30	2
Remota: La falla es improbable	< 0.01 por mil piezas	> 1.67	1

**ANEXO B: ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (FMECA)**

Análisis de modos de falla, efectos y criticidad realizado para el vibropisón.

**ANEXO C: CARTA GANTT DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

Carta Gantt plan de mantenimiento

**ANEXO D: ORDENES DE TRABAJO**

- OT N°1 Cambio filtro de aire.
- OT N°2 Cambio de aceite.
- OT N°3 Cambio de bujía y/o limpieza.
- OT N°4 Cambio de llave de combustible.
- OT N°5 Cambio filtro de combustible.
- OT N°6 Carburación.
- OT N°7 Regulación módulo de ignición.

- OT N°8 Regulación de válvulas,
- OT N°9 Cambio pasador de biela.
- OT N°10 Cambio de fuelle.
- OT N°11 Inspección diaria.