

**PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL RCM EN UNA MOTOBOMBA  
CENTRIFUGA IHM 15 H -7.5 TW**

**Ing. PEDRO LUIS ABRIL BOLÍVAR**

**Ing. CRISTIAN ALEXANDER ARDILA MATEUS**

**Ing. JUAN SEBASTIAN CUBILLOS GUZMAN**

**UNIVERSIDAD ECCI**

**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN II**

**BOGOTÁ, D.C.**

**2016**

**PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL RCM EN UNA MOTOBOMBA  
CENTRIFUGA IHM 15 H -7.5 TW**

**Ing. PEDRO LUIS ABRIL BOLÍVAR**

**Ing. CRISTIAN ALEXANDER ARDILA MATEUS**

**Ing. JUAN SEBASTIAN CUBILLOS GUZMAN**

**Ing. MIGUEL ÁNGEL URIAN TINOCO**

**UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADO  
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN II  
BOGOTÁ, D.C.  
2016-2**

## Tabla de contenido

<b>1.</b>	<b>Título de la investigación .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Problema de investigación .....</b>	<b>6</b>
2.1.	<b>Descripción del problema .....</b>	<b>6</b>
2.2.	<b>Formulación del problema .....</b>	<b>6</b>
2.3.	<b>Sistematización del problema .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Objetivos de la investigación .....</b>	<b>8</b>
3.1.	<b>Objetivo general .....</b>	<b>8</b>
3.2.	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>Justificación Y Delimitación .....</b>	<b>9</b>
4.1.	<b>Justificación.....</b>	<b>9</b>
4.2.	<b>Delimitación.....</b>	<b>9</b>
4.3.	<b>Limitaciones.....</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>Marco Conceptual .....</b>	<b>11</b>
5.1.	<b>Marco teórico .....</b>	<b>11</b>
5.1.1.	<b>Bomba centrífuga .....</b>	<b>11</b>
5.1.2.	<b>Motor de inducción .....</b>	<b>13</b>
5.1.3.	<b>Mantenimiento centrado en confiabilidad .....</b>	<b>14</b>
5.2.	<b>Estado del arte.....</b>	<b>17</b>
5.2.1.	<b>Referencias nacionales.....</b>	<b>17</b>
5.2.2.	<b>Referencias internacionales.....</b>	<b>19</b>
5.3.	<b>Marco legal y normativo.....</b>	<b>23</b>
<b>6.</b>	<b>Tipo de investigación.....</b>	<b>24</b>
<b>7.</b>	<b>Marco metodológico.....</b>	<b>25</b>
7.1.	<b>Recolección de información.....</b>	<b>25</b>
7.1.1.	<b>Contexto operacional .....</b>	<b>25</b>
7.1.2.	<b>Diagrama de procesos.....</b>	<b>30</b>
7.1.3.	<b>Función del activo .....</b>	<b>31</b>
7.1.4.	<b>Estándar de ejecución y selección.....</b>	<b>31</b>
7.2.	<b>Análisis de la información .....</b>	<b>33</b>

7.3. Propuesta .....	33
7.4. Resultados esperados .....	33
<b>8. Fuentes de obtención de la información .....</b>	<b>35</b>
8.1. Fuentes primarias .....	35
8.2. Fuentes secundarias .....	35
<b>9. Análisis financiero. ....</b>	<b>36</b>
<b>10. Talento humano .....</b>	<b>39</b>
<b>11. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>40</b>
11.1. Conclusiones .....	40
11.2. Recomendaciones .....	40
<b>12. Bibliografía .....</b>	<b>42</b>
<b>13. Tabla de anexos.....</b>	<b>44</b>
13.1. Anexo 1.....	44
13.2. Anexo 2.....	44

## **1. Título de la investigación**

Propuesta para la aplicación del RCM en una motobomba centrífuga IHM 15 H -7.5

TW

## **2. Problema de investigación**

### **2.1. Descripción del problema**

El sector inmobiliario y los planes de ordenamiento territorial buscan la optimización del espacio, una de las principales formas de lograrlo es la construcción de edificios tanto comerciales como de vivienda, dentro del sistema global de funcionamiento de los edificios existe un subsistema principal encargado de suministrar continuamente y en la cantidad necesaria agua potable en todos los puntos de la construcción, para ello es necesario la instalación de bombas encargadas de cumplir esta función junto con una adecuada red de tuberías.

Teniendo en cuenta lo anterior es consecuente decir que las empresas buscan constantemente la optimización de recursos; una de las estrategias es el diseño de un modelo de mantenimiento con el fin de mantener operativo el sistema de presión de agua, teniendo en cuenta que la motobomba centrífuga 15H-7,5TW es el elemento más importante para el suministro de agua en cada punto de la red distribución, y a su vez extender su vida útil dentro de parámetros adecuados de funcionamiento.

### **2.2. Formulación del problema**

¿Cuál plan de mantenimiento es el más adecuado para garantizar la correcta operación de la bomba centrífuga asegurando una alta disponibilidad de funcionamiento?

### **2.3. Sistematización del problema**

- ¿Con la información recopilada del fabricante y el sitio de instalación de la motobomba se podrá obtener su contexto operacional?
- ¿Se puede determinar de acuerdo a inspecciones visuales y listas de chequeo los modos y efectos de falla para la propuesta RCM?
- ¿Cuál es la metodología adecuada para establecer una propuesta de RCM de un equipo de bombeo?

### **3. Objetivos de la investigación**

#### **3.1. Objetivo general**

Proponer un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para garantizar el correcto funcionamiento y disponibilidad de la motobomba centrífuga en los edificios.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Establecer el contexto operacional de la bomba teniendo en cuenta la información del fabricante y el sitio de funcionamiento de la bomba.
- Definir los parámetros de modos y efectos de falla para la propuesta del RCM por medio de una lista de chequeo e inspecciones visuales.
- Plantear las actividades a desarrollar en el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para corregir las fallas identificadas.



## **4. Justificación Y Delimitación**

### **4.1. Justificación**

Con este proyecto se pretende dar a conocer la importancia de proponer el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para establecer las actividades a desarrollar sobre las bombas centrífugas de referencia 15 H – 7.5 TW en la compañía Ignacio Gómez IHM SAS, ya que son las de más alta comercialización en el uso residencial, las cuales tiene como características una elevación de 80 m, con un caudal máximo de 115 GPM y así tener la red hidráulica presurizada para que todos los puntos siempre mantenga un nivel óptimo generando beneficios para los usuarios y así garantizar una mejor vida útil y continua de la motobomba.

Mediante este proyecto se favorece el impacto económico en las estructuras y empresas que utilicen estas bombas centrífugas, ya que al implementar estas actividades se busca disminuir los mantenimientos correctivos de igual manera se evitará la falta del recurso hídrico a todas las personas que realicen sus actividades dentro de estas instalaciones.

Con la implementación de RCM la empresa Ignacio Gómez IHM S.A.S mejorara la percepción hacia los clientes ofreciendo equipos y soporte de calidad.

### **4.2. Delimitación**

La presente investigación se desarrollara con base en la información obtenida de la empresa Ignacio Gómez IHM S.A.S donde se analizarán los datos en la ciudad de Bogotá teniendo en cuenta el uso residencial y el poco mantenimiento que se realiza actualmente en los conjuntos residenciales los cuales manejan un sistema de presión de motobomba centrífugas de referencia 15H-7,5TW.

### **4.3. Limitaciones**

- Económicas: Este proyecto está financiado por los autores
- Tiempo: Se realizara en un periodo comprendido entre 5 de septiembre del 2016 y 27 de octubre del 2016
- Técnica: porque la referencia de las motobombas tomada para la realización del proyecto son las demás altas rotación en la empresa Ignacio Gómez IHM SAS

## **5. Marco Conceptual**

Este capítulo contemplara la información teórica de las bombas centrifugas, en el cual se observara las clasificaciones, los componentes y sus aplicaciones, se expondrá el motor de inducción el cual está compuesto por su clasificación, componentes, y dando continuación con la debida información que debe contener el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad mostrando un énfasis en el proceso de aplicación

### **5.1. Marco teórico**

#### **5.1.1. Bomba centrifuga**

Una bomba centrifuga es una bomba rotativa en la que el flujo y la presión del fluido es generado dinámicamente. Una bomba centrífuga suministra energía útil al fluido en gran parte a través de los cambios de velocidad que se producen en el funcionamiento mecánico de la bomba y que este líquido fluye a través del impulsor y los conductos fijos asociados de la bomba lo cual deduce que es una bomba roto dinámica.

#### **Clasificación**

Las bombas centrifugas se clasifican por 5 aspectos principales:

- la dirección de flujo: bombas de flujo radial, bombas de flujo axial y bombas de flujo radio axial.
- La posición del eje: bombas de eje horizontal, bombas de eje vertical y bombas de eje inclinado.

- La presión generada: bombas de baja presión, bombas de media presión y bombas de alta presión.
- Números de flujos en la bomba: simple aspiración y doble aspiración.
- Números de rodets: un escalonamiento y varios escalonamientos.

## Componentes

Los principales componentes de una bomba centrífuga:

- Rodete: este elemento gira a la vez con el eje de la maquina impulsora y costa de un numero de alabes que entregan la energía cinética al fluido.
- Corona directriz: (corona de alabes fijos) este componente se encarga de recoger el fluido y trasformar la energía cinética entregada por el rodete en energía de presión.
- Caja espiral: (carcasa) se encarga de alojar el rodete y la corona directriz, a su vez le da la dirección de recorrido al fluido desde la tubería de entrada a la tubería de salida.
- Tubo difusor: elemento encargado de conducir la energía de presión a la tubería de salida.

## Usos

Las bombas centrífugas se emplean para desplazar o impulsar toda clase de líquidos como los son:

- Agua.
- Aceites de lubricación.
- Combustibles.
- Ácidos.
- Cerveza.
- Leche. (Mataix, 1986)

### 5.1.2. Motor de inducción

Es una maquina eléctrica que opera bajo el principio de inducción electromagnética, también se conocen como motores asíncronos ya que no llegan a trabajar nunca a su velocidad sincrónica.

Los motores de inducción trifásicos son aquellos que son más utilizados en la industria, puesto que son motores simples, resistentes y presentan una fácil mantenibilidad.

#### Clasificación

Los motores de inducción se pueden clasificar de dos maneras:

- Numero de fases: trifásicos, bifásicos y monofásicos.
- Tipo de rotor: rotor devanado, rotor jaula de ardilla. (HARPER, 2005)

#### Componentes de constitución

Un motor de inducción se compone fundamentalmente por los siguientes componentes:

- Estator: está formado por varias plaquetas de silicio el cual costa de un cuerpo cilíndrico hueco, el cual presenta varias ranuras distantes entre sí el cual proporciona el espacio para la ubicación del devanado del motor.
- Rotor: está compuesto también de láminas ranuradas las cuales se encuentran apiladas cuidadosamente para una serie de ranuras para el devanado del motor.

Existen dos tipos de rotores en los motores de inducción:

- Rotor de jaula de ardilla: está compuesto por barras de cobre desnudo las cuales están puestas en las ranuras del rotor por uno de extremos, donde los extremos

opuestos están soldados a dos aros de cobre con el fin de estos presentes continuidad y de este modo generen cortocircuito entre las barras .

- Rotor devanado: se usa principalmente en los motores trifásicos, su devanado se encuentra distribuido uniformemente en las ranuras está conectado Y o  $\Delta$  con tres conductores.
- Carcaza o soporte: es el elemento que contiene todos los componentes del motor de inducción
- Auxiliares: dependen del tipo de motor, puede variar desde su diseño. (WILDI, 2007)

### **5.1.3. Mantenimiento centrado en confiabilidad**

Es una metodología que busca eliminar todas las averías que se pueden originar en un sistema, se basa en analizar todo tipo de fallos presentes en el sistema, donde se estudia las consecuencias de las fallas, con el fin de tomar decisiones por medio de actividades de mantenimiento para anticiparse a dichas fallas.

Para la implementación de la metodología de RCM está compuesta por un proceso determinado por un número de pasos los cuales son fundamentales para llegar a un buen resultado.

#### **Proceso de RCM**

- **Contexto operacional**

Es el primer documento a redactar dentro del RCM, la descripción que se realiza del contexto operacional debe ser aplicada a todos los equipos que compongan el sistema

de estudio, se debe generar un documento con la información en el cual se debe tener presente las siguientes variables:

- Objetivos de la organización
- Ubicación del equipo
- Proceso productivo
- Equipos similares, que cumplan la misma función
- Parámetros de calidad
- Reglamentación sobre medio ambiente
- Seguridad
- Turnos o ciclos de trabajo del equipo
- Repuestos
- Tiempos de reparación actuales

- **Hoja de información**

Este documento está compuesto por una tabla donde se listan las funciones del sistema, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de falla

- Funciones: es aquella toda razón por la cual el sistema o alguna de sus partes ha sido puesta en su lugar, existen funciones principales y secundarias
- Fallas funcionales: estado en el tiempo donde se evidencia que el activo no puede ejecutar su función completamente, o la está ejecutando de forma ineficiente.  
Existen dos tipos de fallas, las fallas evidentes y las fallas ocultas.
- Modos de falla: es cualquier evento que puede causar la falla funcional del activo
- Efectos de falla: este punto se describe que es lo que pasaría si cada uno de los modos de falla sucedería, se debe realizar un párrafo completo, donde no se debe estimar ningún detalle.

- **Hoja de trabajo de decisión**

Esta hoja de trabajo se tiene en cuenta las consecuencias que se pueden llegar a generar cuando ocurra una falla en el sistema, estas consecuencias se debe analizar por medio del diagrama de decisión el cual nos permite determinar el efecto que tendrá en el sistema, con el fin de poder definir el plan de mantenimiento para que sean corregidas las fallas. (Moubray, 1997)



## 5.2. Estado del arte

Para elaborar el estado del arte de la presente investigación, se consultaron tesis e investigaciones relacionadas principalmente con los planes de mantenimiento basado en la fiabilidad y confiabilidad en general; para después identificar y proponer específicamente el mantenimiento RCM de motobombas, se estableció búsquedas inicialmente de la universidad ECCI y así mismo el estado de las investigaciones de todo el territorio nacional; de igual manera se tienen en cuenta referencias a nivel internacional.

### 5.2.1. Referencias nacionales

La tesis del ingeniero León Augusto Martínez Giraldo “Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional”; propone una forma de utilizar tecnologías existentes de mantenimiento basado en confiabilidad, el monitoreo a condición y el análisis de riesgo aplicada a equipos eléctricos del Sistema de Transmisión Nacional en empresas del sector eléctrico, con el fin de programar las actividades de mantenimiento requeridas por los equipos. La metodología es aplicada para una familia de interruptores con históricos de fallas desde el año 1999 hasta el 2013, la información es clasificada y agrupada para realizar los cálculos de confiabilidad y probabilidad de falla. (Giraldo, 2014) .

El trabajo realizado por German Leonardo García Monsalve “Introducción a la teoría de la confiabilidad y su aplicación en el diseño y mantenimiento de equipos industriales de un proceso de renovación” en este podemos evidenciar de densidad de probabilidad que determinan el desafío de las máquinas y como consecuencia de su comportamiento en la

operación controlada. Logrando así la metodología donde se presenta una aplicación de la teoría de la confiabilidad al mantenimiento con el objeto de ilustrar la metodología de análisis estadístico utilizando un software especializado en pruebas de bondad de ajuste (Monsalve, 2006)

La tesis realizada por David Fernando Restrepo Urrego, titulada “Puesta en marcha de un plan de mantenimiento para las instalaciones de Gecolsa Sabaneta” propone la implementación del mantenimiento que consiste en asegurar la disponibilidad planeada al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos. (Urrego, 2010).

En este artículo los ingenieros Jaime Gallego Gutiérrez, Juan Mora Flores y Sandra Pérez Londoño presentan la aplicación de la metodología de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM por su acrónimo en inglés), a las líneas de transmisión de 115 kv. Específicamente se presenta un ejemplo de aplicación donde se elaboran las hojas de información y las hojas de decisión para este subsistema. El artículo muestra la facilidad de aplicación de la metodología, así como los beneficios en cuanto a continuidad del servicio. (Gallego, FLorez, & Londoño, 2009)

En el artículo citado en el 2007 por los ingenieros Carlos Montilla, Juan Felipe Arroyave y Carlos Eduardo Silva “Caso de aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, previa existencia de mantenimiento preventivo” lo que se presenta en este artículo es el resultado de la aplicación de una metodología, mediante la cual a una empresa del orden nacional, del ramo del transporte de encomiendas, con un programa de

Mantenimiento Preventivo madurado, se le aplicó un programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. (Montilla, Arroyave, & Silva, 2007)

### **5.2.2. Referencias internacionales**

En el artículo presentado en el año 2014 por los ingenieros Aitor Goti ElordiI, Gorka Unzueta Aranguren, Josune Garitano Aranda y Iker Sanchez Ganchegui el resultado de la aplicación de una versión adaptada de la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance), mediante la cual tres empresas de distintos sectores han podido establecer un programa de mantenimiento preventivo a medida de cada caso, realizando aportaciones al mantenimiento autónomo. De esta manera han conseguido reducir la carga de trabajo de mantenimiento sin reducir la disponibilidad de las instalaciones. (ElordiI, Aranguren, Aranda, & Ganchegui, 2014)

En el trabajo realizado por Héctor Acosta y Mayra Troncoso en el año 2011 tiene como objetivo revelar y agrupar los principales hallazgos de seguridad detectados en Sistemas de Generación de Vapor, SGV, que influyen en su confiabilidad y disponibilidad y son causados por debilidades en la función mantenimiento, Agrupar y analizar estos hallazgos, problemas o desviaciones de seguridad han revelado que, independientemente del grado de cultura de seguridad que presente la instalación objeto de estudio, tienen un mismo origen y requieren de acciones similares para su gestión. (Troncoso & Acosta, 2011).

El estudio realizado el ingeniero Manuel Luaces Rodríguez con la aplicación de un SGM basado en el RCM a las máquinas rotativas eléctricas por el coste tan grande que la indisponibilidad del Sistema tiene para la Central, basado en un estudio donde se analizan las

circunstancias que ocurren, sobre todo, en el periodo final de las vidas de los equipos industriales, que como ocurre con todo, se caracterizan por una aceleración inevitable de su deterioro. (Rodríguez, 2006).

El artículo expuesto por los señores Alexis Ortiz Useche, Carlos Rodríguez Monroy y Henry Izquierdo en el año 2013 sobre “Gestión de mantenimiento en pymes industriales” donde se realiza un análisis de la gestión de mantenimiento en las pymes industriales de Ciudad Guayana. El reto planteado a las pymes de la región es evolucionar del paradigma de la corrección a la práctica de la prevención, para lo cual el empresario debe concebir al mantenimiento como un elemento de competitividad en lugar de un mal necesario. (Useche, Monroy, & Izquierdo, 2013)

El artículo realizado de los ingenieros Diana Figueroa del Valle y Antonio Torres Valle presenta el diseño de un ejercicio docente basado en el estudio comparativo de dos métodos de optimización del mantenimiento: categorización de equipos y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM en inglés). La aplicación concluye con referencias comparativas de carácter técnico donde se demuestra la superioridad del segundo método. Finalmente, se establecen recomendaciones para el diseño técnico metodológico del ejercicio. (Valle & Valle, 2011)

En la investigación realizada por Francisco Javier Cárcel Carrasco, José Grau Carrión, Manuel Pascual Guillamón, nos dan a conocer los múltiples sistemas organizativos o filosofías de mantenimiento, el mantenimiento productivo total (TPM) y el centrado en la

fiabilidad (RCM), son los más documentados y conocidos dentro de la literatura técnica y científica en relación a la gestión de los activos físicos. En este artículo, se analizan los aspectos fundamentales de estos dos sistemas organizativos y las características básicas de conocimiento y experiencia requeridos en ambos modelos. Los dos modelos han conseguido la difusión suficiente y la estimación científica y técnica como para poder convertirse en referencia. A continuación, se analizarán ambos con brevedad, tratando de considerar los aspectos ligados al conocimiento, foco del interés de este artículo. (Carrasco, Carrión, & Guillamón, 2014)

La investigación realizada por la ingeniera María Penkova Vassileva titulada “MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES” nos expone que en las plantas de producción la gestión del mantenimiento se ha limitado casi siempre en el uso de métodos correctivos o preventivos. El siguiente paso en la tecnología de mantenimiento fue la llegada del mantenimiento predictivo, basado en la determinación del estado de la máquina en operación, Este mantenimiento está basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda. (Vassileva, 2007)

El trabajo realizado por los ingenieros Israel Gondres, Santiago Lajes y Alfredo del Castillo, nos presentan un nuevo enfoque de la gestión del mantenimiento en las subestaciones eléctricas que interconectan al sistema electroenergético nacional con la generación distribuida, tratando de adaptar dicho mantenimiento a las necesidades cada día más crecientes del país enmarcado en la Revolución Energética. Los temas que abordan el mantenimiento son muy extensos y se necesitarían varios tratados técnicos para enfrentarlos de una manera completa, por ello solo se hace énfasis en algunos puntos de vista de dos de

las tendencias actuales acordes con la experiencia y estudios del tema, citando los resultados obtenidos a partir de trabajos anteriores y otros en ejecución, lo cual corrobora la importancia que reviste actualmente la utilización eficiente de las técnicas de avanzada aparejadas a las nuevas filosofías del mantenimiento mundial. (Gondres, Lajes, & Castillo, 2007)

La investigación realizada por el ingeniero Antonio Torres-Valle, el objetivo general del artículo es demostrar la alta contribución de los fallos mecánicos en el diseño de las políticas de mantenimiento de varios sistemas de la instalación a través del empleo de la metodología RCM. La composición, estructura y políticas de explotación de los sistemas tecnológicos de muchas instalaciones con riesgo asociado, similares a las de los sistemas analizados en este estudio, permite inferir que los resultados que se obtendrán serán equivalentes de aplicarse la metodología RCM en dichas instalaciones. (Valle, Antonio Torres, 2011)

El trabajo realizado por los ingenieros A. Torres Valle, J de J Rivero Oliva Una de las causas fundamentales de la alta contribución del mantenimiento a los problemas de seguridad y disponibilidad de las instalaciones es la insuficiencia de los sistemas de gestión de mantenimiento para resolver de forma equilibrada los problemas de seguridad y disponibilidad de las mismas. Partiendo de esta afirmación, en el artículo se presenta una síntesis de la investigación del estado actual de los sistemas de gestión del mantenimiento en su relación con la seguridad de las instalaciones. (Valle & Oliva, 2003)

### 5.3. Marco legal y normativo

Estas son las normas que se deben cumplir cuando se realiza algún mantenimiento para garantizar una óptima ejecución en el proceso y poder maximizar la confiabilidad de la bomba.

- **ISO 18434-1:2008:** Condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas - Termografía - Parte 1: Procedimientos generales.
- **ISO 18436-1:2004:** Condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas - Requisitos de formación y certificación del personal - Parte 1: Requisitos para organismos de certificación y el proceso de certificación.
- **ISO / FDIS 18436-7:2008:** Condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas - Requisitos para la calificación y evaluación de personal - Parte 7: Comportamiento térmico.
- **ISO 9712:2005:** Prueba no destructiva - Calificación y certificación del personal.
- **SAE JA1011,** Especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder denominarlo RCM.
- Todas las Bombas centrífugas deben cumplir con los requerimientos de esta Norma de Referencia y de **ISO 13709:2009.**
- Las Bombas centrífugas se deben diseñar y construir cumpliendo con lo especificado en 6.1.1 de **ISO 13709:2009.** (MEXICANOS, 2012)

## **6. Tipo de investigación.**

La presente investigación se enfoca en un estudio de caso donde se analiza los modos y efectos de falla de la motobomba centrífuga 15 H -7.5 TW, anticipándonos a los errores y posibles inconvenientes que alguna falla pueda ocasionar; evitando así grandes colapsos por falta del agua en la edificación.

Con lo anterior se podrá determinar las tareas a realizar proponiendo el Mantenimiento centrado en confiabilidad y obtener una gran vida útil de la motobomba.



## **7. Marco metodológico.**

### **7.1.Recolección de información**

#### **7.1.1. Contexto operacional**

##### **Equipo de presión:**

Entre los diferentes sistemas de abastecimiento y distribución de agua en edificios e instalaciones, los Equipos de presión han demostrado ser una opción eficiente y versátil, con grandes ventajas frente a otros sistemas.

Este sistema evita construir tanques elevados, colocando un sistema de tanques parcialmente llenos con aire a presión. Este hace que la red mantenga una presión excelente. Los grupos de presión son equipos diseñados para suministrar agua a presión según las necesidades de las distintas instalaciones que puedan suministrar, ya sean bloques de viviendas, edificios comerciales, oficinas, hoteles, riegos, zonas deportivas, industrias.  
(Empresa Ignacio Gómez IHM)

## Componentes para el funcionamiento de una motobomba 15H-7,5TW

Un sistema hidroneumático debe estar constituido por los siguientes componentes:

- A. Un número de bombas acorde con las exigencias de la red.



**Imagen 1.** Motobomba 15H-7,5TW.

- B. Llaves de purga en las tuberías de drenaje



**Imagen 2.** Registros, Proveedor TOYO

- C. Válvula de retención en cada una de las tuberías de descarga de las bombas al estanque hidroneumático.



**Imagen 3.** Cheque, Proveedor Helman

- D. Llaves de paso entre la bomba y el equipo hidroneumático; entre este y el sistema de distribución.



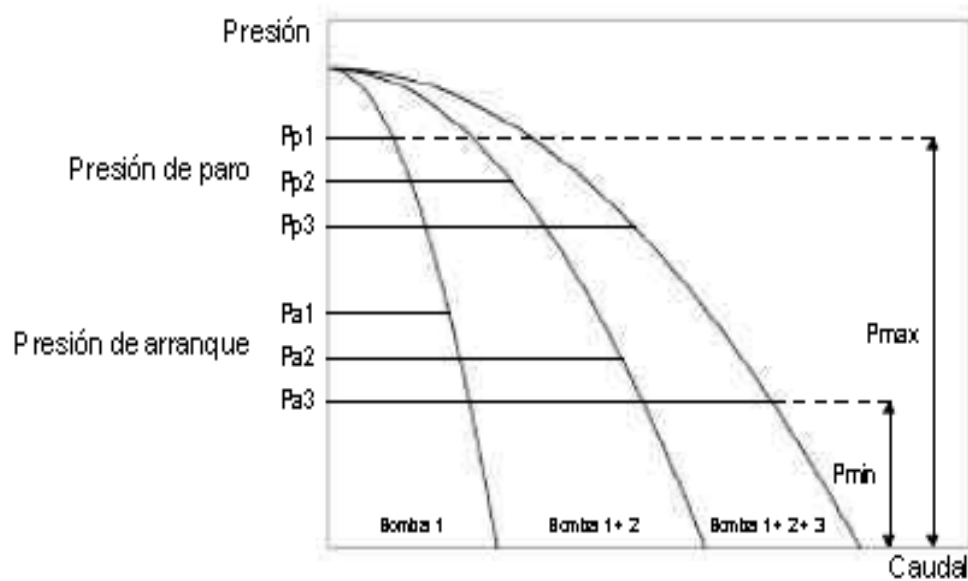
**Imagen 4.** Registros, Proveedor TOYO

**E.** Manómetro.



**Imagen 5.** Manómetro 0-100 PSI

**F.** Interruptores de presión para arranque a presión mínima y parada a presión máxima, arranque aditivo de la bomba en turno y control del compresor.



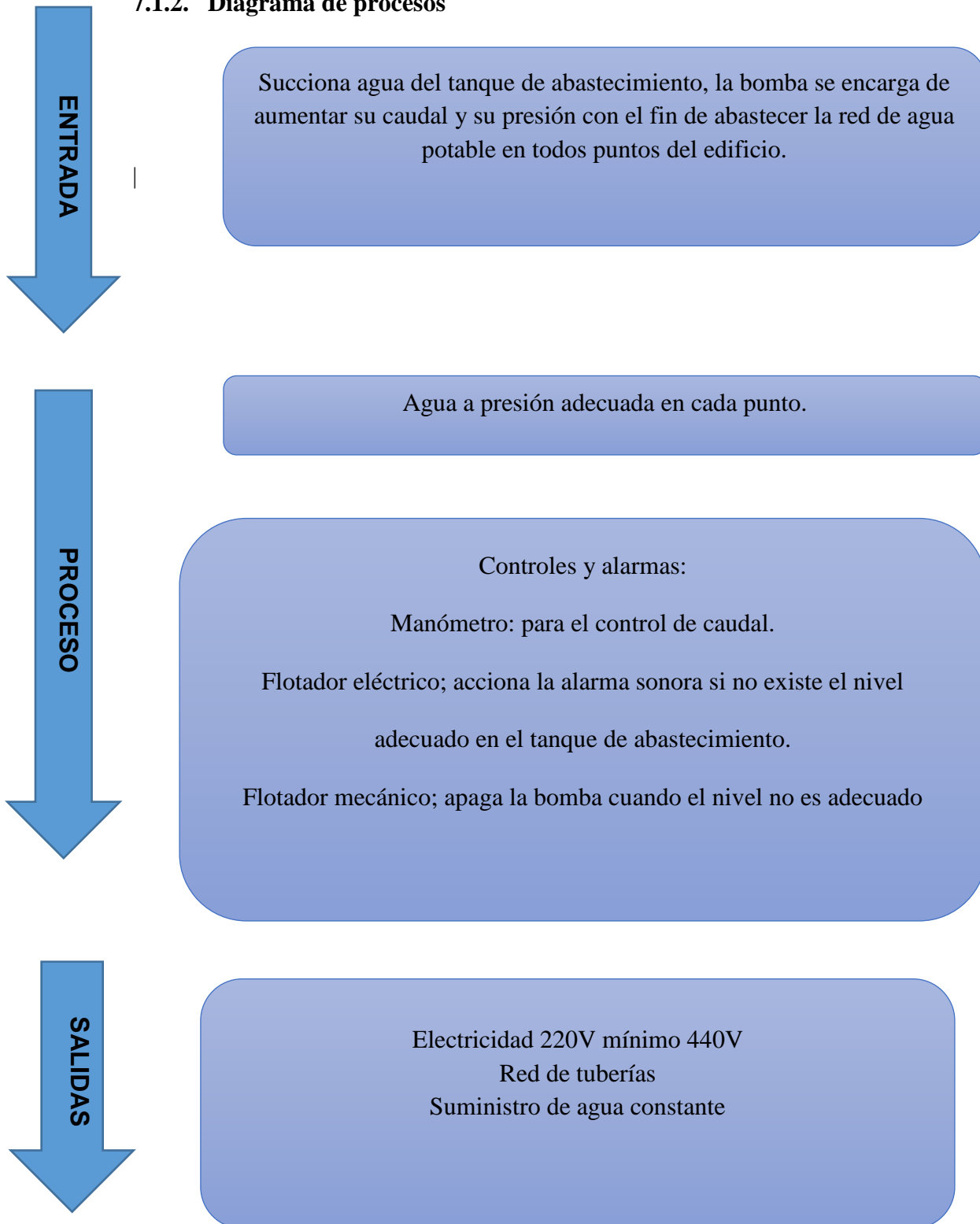
**Imagen 6.** Funcionamiento de Swicht de presión, Manual de operación IG IHM

**G.** Tablero de potencia y control de motores.



**Imagen 7.** Tablero de control, **Fuente:** Empresa IG IHM

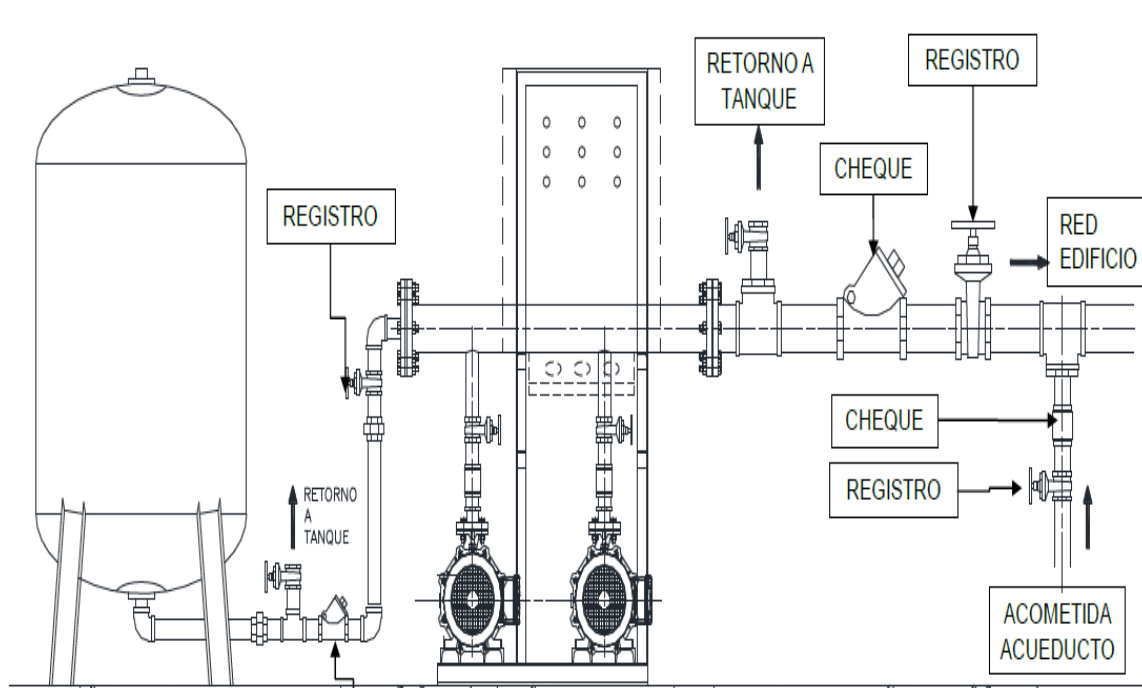
### 7.1.2. Diagrama de procesos



**Diagrama 1.** Proceso De funcionamiento, Autores

### 7.1.3. Función del activo

El funcionamiento de la motobomba debe ser siempre el óptimo, por ello desde que se realiza la instalación de ella, se debe realizar adecuadamente; Con lo anterior se expone el siguiente diagrama donde se puede verificar como se debe instalar el equipo que accesorios se deben tener en cuenta para la misma y así obtener una gran vida útil del equipo.



**Imagen 8.** Esquema de Instalación de motobomba, Empresa IG IHM

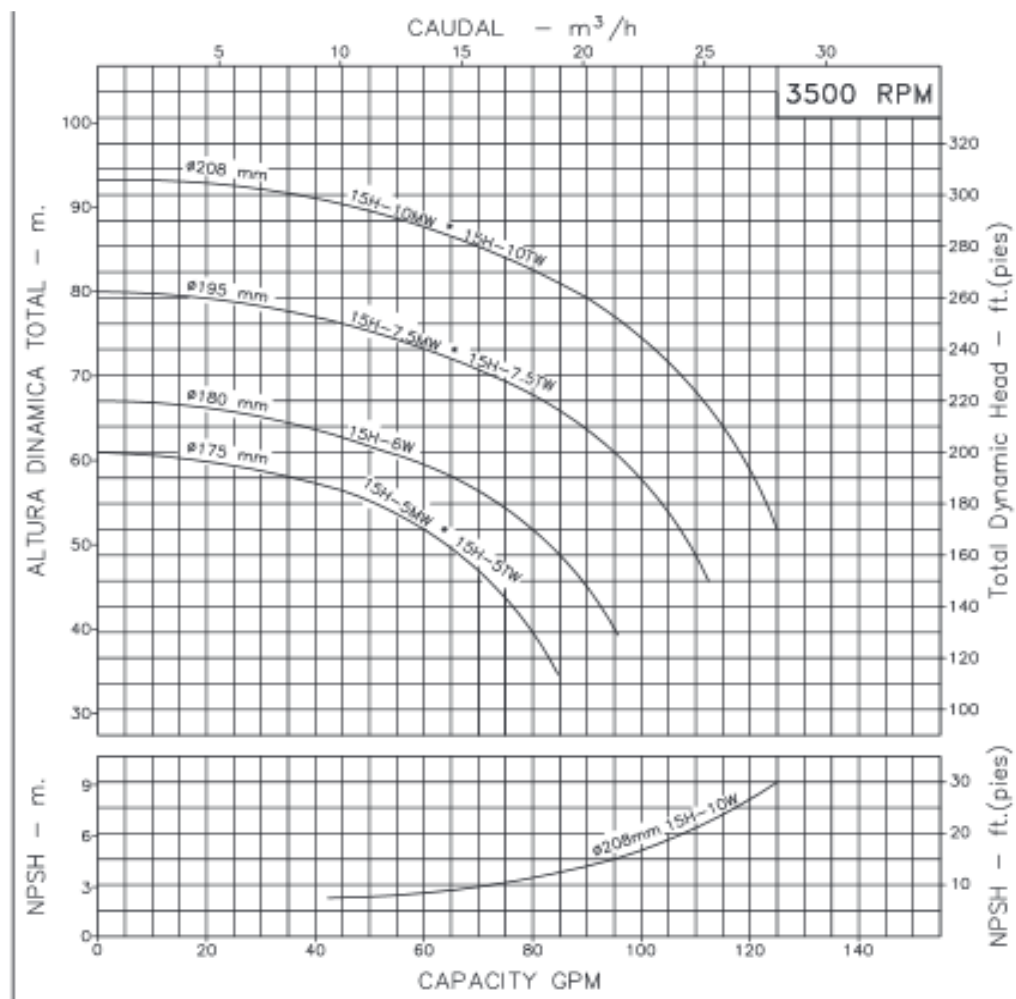
### 7.1.4. Estándar de ejecución y selección

Con el fin de evidenciar y constatar que la selección de la motobomba fue la adecuada, se muestra como poder comprender el funcionamiento de la motobomba y pueda cumplir con todos los puntos en la red.

Para El uso de esta motobomba siempre debe tener en cuenta los siguientes datos:

- Caudal
- Cabeza dinámica Total

- Presión en la descarga
- Cabeza neta de succión disponible
- Diámetro mínimo de Tubería de Succión
- Diámetro mínimo de la flauta de descarga
- Potencia de cada bomba



**Imagen 4.** Curva de Motobomba **Fuente:** Empresa IG IHM



## 7.2. Análisis de la información

Con el siguiente análisis se recolectara información y tareas de mantenimiento que se podrán aplicar para poder reducir la probabilidad de las fallas funcionales y así poder crear el plan de mantenimiento adecuado para genera una vida útil extensa del equipo.

Para la cual se debe observar el **anexo 1**

## 7.3. Propuesta

La propuesta nos evidencia que rutinas debemos crear y realizar manejando varios ítems:

- Columnas H,S,E y O se clasifican según las consecuencias de cada modo de falla
- Columnas H1, H2, H3, S1, S2, S3, E1, E2, E3, O1, O2, O3 las cuales se evidencian las tareas preventivas a realizar.
- Columnas H4, H5 y S4 “tareas a Falta de”

Se podrá observar en el **anexo 2** la tabla que contiene la información obtenida para la propuesta de RCM

## 7.4. Resultados esperados

El Plan de mantenimiento basado en confiabilidad brindará una mayor disponibilidad de la motobomba y sus componentes, es decir mejorar la confiabilidad del equipo en las instalaciones.

A continuación se nombraran las soluciones que este planteamiento generaran al ser aplicado adecuadamente:

- Anticipar los mantenimientos correctivos no planeados para evitar fallas de emergencia y no generen inconvenientes ante la copropiedad.

- Ningún punto de salida en la red hidráulica del edificio debe estar sin el recurso hídrico.
- Disminuir el costo económico de las reparaciones.
- Reducir la frecuencia de fallas.
- Determinar los repuestos que se manejarán para cambio según su funcionamiento y /o anticipación de falla.

El mantenimiento RCM se centra en lograr la máxima confiabilidad en el equipo; cada componente se comportara de una forma diferente, cada uno tendrá su combinación de modo y efecto de falla, ya que los entornos de trabajo también son diferentes (temperatura, presión, velocidad).

## **8. Fuentes de obtención de la información**

### **8.1. Fuentes primarias**

La información principal fue obtenida y brindada por la empresa Ignacio Gómez IHM, quien suministro manuales instructivos de instalación y mantenimiento estandarizado que actualmente maneja esta compañía.

### **8.2. Fuentes secundarias**

La información complementaria fue obtenida de portales de internet, libros, portales de tesis y bases de datos brinda por la universidad

### 9. Análisis financiero.

En el presente Presupuesto se evidencia el tiempo donde el personal técnico realizara sus labores y se expone el valor de la mano de obra con los materiales a utilizar en el mantenimiento centrado en confiabilidad para que la copropiedad sepa que es lo que está adquiriendo e implementando.

<b>PRESUPUESTO MANO DE OBRA</b>				
<b>COMPONENTE</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>TAREA</b>	<b>CANTIDAD (h)</b>	<b>PRECIO (\$)</b>
Tanque de abastecimiento	Plomero	Verificación de nivel de agua	0,5	24500
	Plomero	Verificar distancia de flotador	1	49000
	Técnico Hidráulico	Inspeccionar tubería de succión y válvulas de pie	1,5	73500
Motobomba	Técnico Hidráulico	Verificar presión y caudal generado	2	98000
	Técnico Hidráulico	Asegurar el buen sentido de la motobomba	1	49000
	Electricista	Inspeccionar el arranque estrella (Y) triángulo ( $\Delta$ )	1	49000
	Electricista	Evaluar las fluctuaciones de voltaje	1,5	73500
	Técnico Hidráulico	Verificar fugas del sello mecánico	1	49000
	Técnico Hidráulico	Inspeccionar rodamientos	1	49000
Variador de Velocidad	Electricista	Verificar parámetros de funcionamiento	2,5	122500
	Electricista	Inspeccionar Fases de la acometida eléctrica	2	98000
	Electricista	Inspeccionar funcionamiento de ventilación	1	49000

Tubería	Técnico Hidráulico	Asegurar que no se presente ninguna fuga en las conexiones de tuberías	1,5	73500
	Técnico Hidráulico	Verificar Flauta y componentes Hidráulicos	2,5	122500
	Técnico Hidráulico	Evitar golpes de Ariete	1	49000
Tanque Hidroacumulador	Técnico Hidráulico	Inspeccionar precarga de tanque	0,5	24500
	Técnico Hidráulico	De ser necesario, precargar el tanque	1	49000
	Técnico Hidráulico	Inspeccionar tubería de interconexión	1,5	73500
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				1151500

<b>PRESUPUESTO DE MATERIALES</b>	
Rodamientos	120000
Kit sello mecánico. Incluye: Sello mecánico, casquillo, empaque carcaza, empaque plato sello, arandela de cobre, arandela plana	320000
Contactores de alternación	750000
Contactores de alimentación	1250000
Ventilador variador	100000
Rectificación de eje (Si es necesario)	80000
Interconexión de tanque hidro acumulador	250000
Tubería de succión y descarga	1500000
Registros	220000
Cheques	220000
<b>TOTAL MATERIAL</b>	4370000

El presupuesto aquí presentado se evidencia que la administración no recuperara la inversión ya que como todos bien sabemos es un objeto de gasto y no de inversión; es decir, la administración no se recuperara económicamente pero si generaría:

- Excelente imagen de la administración
- Evitará el riesgos de dejar a al copropiedad sin recurso hídrico
- Bajar las quejas de falta de presión y caudal en todos los puntos en el edificio
- Siempre contara con una soluciona a algún inconveniente ante un residente
- El departamento financiero puede determinar cómo realizar la división de recursos para el equipo teniendo en cuenta los beneficios que este traerá al edificio

## **10. Talento humano**

Al momento de lograr esta implementación nuestro personal técnico contara con herramientas apropiadas para atender las revisiones y reparaciones a realizar, de acuerdo a su conocimiento manejaran estos procedimientos de manera experta y profesional; asegurando un correcto funcionamiento del equipo y una adecuada intervención a los componentes garantizando una excelente vida útil de los mismos.

El personal que componga y realice esta implementación se beneficiara y crecerá personalmente ya que ante el cliente siempre demostrara mucho conocimiento y dejara el equipo en óptimas condiciones, adquiriendo buena impresión y así poder surgir laboralmente gracias al seguimiento del RCM

## **11. Conclusiones y Recomendaciones**

### **11.1. Conclusiones**

Con la aplicación del Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en las motobombas que se encuentran en los edificios se puede decir que logrando un buen manejo de este plan de mantenimiento los equipos tendrán una vida útil larga y confiable y así la copropiedad no tendrá inconvenientes en su manejo administrativo.

Con este proceso se puede concluir:

- Con el presupuesto presentado y los beneficios que financiera y administrativamente se ven reflejados en la copropiedad se ve viable la aplicación de este plan mantenimiento.
- Con la metodología presentada se logra un análisis detallado de cada falla a presentarse y así poder determinar la solución más pertinente y adecuada.
- Con la información de los diagramas de RCM se conocerá completamente el equipo y la operación de mantenimiento a realizar.
- Gracias al proyecto presentado se lograra tener mayor conocimiento y manejo de la motobomba y poder determinar cuáles son las causas de las fallas más repetitivas.

### **11.2. Recomendaciones**

- Esta motobomba se debe instalar en edificaciones que necesiten suplir la demanda de una elevación de 80 m y un caudal máximo de 115 GPM.



- El plan de mantenimiento expuesto debe ser implementado y realizado únicamente por personal adecuado con conocimientos en estos equipos.
- se recomienda siempre realizar este plan de mantenimiento con el servicio que presta la empresa Ignacio Gómez IHM ya que es el fabricante.

## 12. Bibliografía

- Carrasco, F. J., Carrión, J. G., & Guillamón, M. P. (2014). Sistemas de organización del mantenimiento. *Mantenimiento ingeniería industrial y de edificios*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4763533>
- Elordil, A. G., Aranguren, G. U., Aranda, J. G., & Ganchequi, I. S. (MAYO de 2014). APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN UN RCM ADAPTADO. 357-354. doi:<http://dx.doi.org/10.6036/3908>
- Gallego, J. S., Florez, J. J., & Londoño, S. M. (Agosto de 2009). Desarrollo de una estrategia de mantenimiento basada en RCM para líneas de transmisión de 115kV. (U. T. Pereira, Ed.) *Scientia Et Technica.*, vol. XV, 11-16. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84916714004>
- Giraldo, L. A. (2014). *Metodología para la definición de tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, condición y riesgo aplicada a equipos del sistema de transmisión nacional*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia - Medellín: <http://www.bdigital.unal.edu.co/45948/12/98512103.2014.pdf>
- Gondres, I., Lajes, S., & Castillo, A. d. (OCTUBRE de 2007). Nuevo enfoque sobre la gestión del mantenimiento en subestaciones eléctricas. *INGENIERIA ENERGETICA*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127738006>
- HARPER, E. (2005). *CURSO DE TRASFORMADORES Y MOTORES DE INDUCCION* (Vol. CUARTA EDICION ). MEXICO: LIMUSA. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=IBS13ls30R8C&pg=PA321&dq=motor+de+induccion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiCoIKft63PAhVGMMyYKHQGOVCUQ6AEIIZAA%20-%20v=onepage&q&f=false#v=onepage&q&f=false>
- Mataix, C. (1986). *MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS*. MADRID, ESPAÑA: EDICIONES DEL CASTILLO S.A. Obtenido de <http://es.slideshare.net/alfredoarandohuamannahui7/bombas-hidraulicas-42879491>
- MEXICANOS, C. D. (14 de JULIO de 2012). *PEMEX*. Obtenido de PEMEX: <http://www.pemex.com/procura/procedimientos-de-contratacion/normas-referencia/Normas%20vigentes/NRF-050-PEMEX-2012.pdf>
- Monsalve, G. L. (OCTUBRE de 2006). *INTRODUCCION A LA TEORÍA DE LA CONFIABILIDAD Y SU APLICACION EN EL DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES DE UN PROCESO DERENOVACION*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLIN: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12051/1/71657724.2006.pdf>
- Montilla, C. A., Arroyave, J. F., & Silva, C. E. (diciembre de 2007). *caso de aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad rcm, previa existencia de mantenimiento preventivo*. Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903746>
- Moubray, J. (1997). *MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD* (Vol. SEGUNDA EDICION). Argentina: Industrial Press Inc.

- Rodríguez, M. L. (2006). Análisis de la fiabilidad en el campo de las máquinas rotativas eléctricas. Globalización del mantenimiento. Coruña , España. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18964>
- Troncoso, M. d., & Acosta, H. R. (Mayo - Agosto de 2011). El mantenimiento en la confiabilidad y disponibilidad de un sistema de generación de vapor . *Ingeniería Mecánica*, 140 -150. Obtenido de [http://revistascientificas.cujae.edu.cu/Revistas/Mecanica/Vol-14/2-2011/06\\_2011\\_02\\_140\\_150.pdf](http://revistascientificas.cujae.edu.cu/Revistas/Mecanica/Vol-14/2-2011/06_2011_02_140_150.pdf)
- Urrego, D. F. (2010). *PUESTA EN MARCHA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LAS INSTALACIONES DE GECOLSA SABANETA*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - MEDELLIN : <http://www.bdigital.unal.edu.co/1843/1/8027811.2010.pdf>
- Useche, A. O., Monroy, C. R., & Izquierdo, H. (Enero- Marzo de 2013). Gestión de mantenimiento en pymes. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, 18, 86-104. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004>
- Valle, A. T., & Oliva, J. d. (Octubre de 2003). Gestión de Mantenimiento Orientada a la Seguridad. *Revista de Ingeniería Mecánica*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225125908001>
- Valle, A. T., & Valle, D. F. (2011). Diseño de ejercicio docente basado en el estudio comparativo de metodologías de optimización del mantenimiento. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 9-17. Obtenido de <https://doaj.org/article/97e422959b6c4afd8e9332660c4e1fa2>
- Valle, Antonio Torres. (Julio de 2011). Rol del fallo mecánico en la optimización del mantenimiento en una central nuclear. *Revista de Ingeniería Mecánica*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225123822003>
- Vassileva, M. P. (Octubre - Diciembre de 2007). MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES. *CIENCIA Y SOCIEDAD, Volumen XXXII*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87032407>
- WILDI, T. (2007). *MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE POTENCIA* (Vol. SEXTA EDICION). MEXICO: PEARSON EDUCACION. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=ehxKXip1j6EC&pg=PA263&dq=motor+de+induccin&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKewiCoIKft63PAhVGMyyYKHQGOVCUQ6AEIKDAB%20-%20v=onepage&q=motor%20de%20induccin&f=false#v=onepage&q&f=false>

## 13. Tabla de anexos

### 13.1. Anexo 1.



HOJA DE  
INFORMACION.xlsx

### 13.2. Anexo 2.



HOJA DE  
DESICION.xlsx