



**Análisis RCM a equipos con alta criticidad de la empresa SULFOQUIMICA S.A  
sede Itagüí**

Juan Pablo Martínez Laiseca

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor

Silvio Andres Salazar Martínez, Maestría en Ciencias

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín

2022

---

<b>Cita</b>	Martínez Laiseca [1]
<b>Referencia</b>	[1] J. P. Martínez Laiseca, “Análisis RCM a equipos con alta criticidad de la empresa SULFOQUIMICA S.A sede Itagü ”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022

---



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Pedro León Simancas.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Quiero, especialmente dedicarle este trabajo a mis padres, José Dario Martínez Arbelaez y Gloria Luz Laiseca Abril, a los que les debo hoy lo que soy, gracias por apoyarme, guiarme y brindarme la oportunidad de superarme y poder avanzar en mi vida, esto es por y para ustedes quienes nunca me dejaron solo ni dejaron de creer en mí, los amo.

## **Agradecimientos**

Agradecimientos especiales a mi pareja Alejandra López Piedrahita, quien me ha acompañado durante estos últimos años que fueron trascendentales e importantes en mi crecimiento. Además, mis más sinceros agradecimientos a la empresa SULFOQUIMICA S.A., por brindarme la oportunidad de terminar mi formación académica allá y por permitirme aprender sobre muchas áreas de las cuales no tenía conocimientos.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	11
A. Objetivo general	11
B. Objetivos específicos	11
III. MARCO TEÓRICO	12
IV. METODOLOGÍA	14
V. RESULTADOS	18
VI. ANÁLISIS	20
VII. CONCLUSIONES	21
REFERENCIAS	23
ANEXOS	24

## LISTA DE TABLAS

TABLA I: DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS DE LA BANDA TRANSPORTADORA SULFOQUÍMICA SA	15
TABLA II: DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLA DE LA BANDA TRANSPORTADORA SULFOQUÍMICA SA	16
TABLA III: DESCRIPCIÓN DEL EFECTO DE FALLA DE LA BANDA TRANSPORTADORA SULFOQUÍMICA SA	17
TABLA IV: RESULTADOS ANÁLISIS RCM	19

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Matriz de criticidad Sulfoquímica S.A.	13
Fig. 2. Información para describir los efectos de las fallas	16

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

**Mtto.**

Mantenimiento

**RCM**

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

## RESUMEN

El presente trabajo realiza una investigación y análisis de los activos críticos de la empresa Sulfoquímica SA mediante la metodología RCM y análisis de otras herramientas de mantenimiento. Así mismo hace hincapié en la necesidad de realizar y encontrar una estrategia que permita la buena gestión de activos y tener una norma dentro de la empresa.

Estos activos fueron estudiados y sometidos a los pasos o pilares de la metodología RCM, para evaluar su nivel de criticidad, principales fallas, efecto falla y poder llevar a cabo la solución más óptima. Este análisis nos permite mejorar el desempeño y toma de decisiones frente a estos equipos.

Este trabajo se derivó principalmente en 3 partes, en primera instancia se inicia con un estudio del contexto operacional de los equipos, en donde se tiene en cuenta sus variables de trabajo, luego se identifica y plantea la problemática, se establecen los objetivos de este trabajo, así como los alcances. En segunda instancia se implanta el marco teórico y la metodología a seguir para los activos, teniendo en cuenta que ya la empresa contaba con bases en RCM, en esta es donde se hace el plan de mantenimiento a cada tipo de equipo. Para finalizar se exponen los resultados y se recopilan las conclusiones, dentro de las cuales se recalca la importancia de realizar la metodología y el estudio de otras metodologías que puedan aportar significativamente a la buena gestión de activos.

***Palabras clave* — RCM, gestión de activos, mantenimiento, efecto falla.**

## ABSTRACT

This paper conducts an investigation and analysis of the critical assets of the company Sulfoquímica SA through the RCM methodology and analysis of other maintenance tools. It also emphasizes the need to carry out and find a strategy that allows the good management of assets and to have a standard within the company.

These assets were studied and subjected to the steps or pillars of the RCM methodology, to evaluate their level of criticality, main failures, failure effect and to be able to carry out the most optimal solution. This analysis allows us to improve the performance and decision making for this equipment.

This work was derived mainly in 3 parts, in the first instance it begins with a study of the operational context of the equipment, where its working variables are taken into account, then the problem is identified and raised, the objectives of this work are established, as well as the scopes. In the second instance, the theoretical framework and the methodology to be followed for the assets are implemented, taking into account that the company already had bases in RCM, in this is where the maintenance plan is made for each type of equipment. Finally, the results are presented and the conclusions are compiled, among which the importance of carrying out the methodology and the study of other methodologies that can contribute significantly to the good management of assets is emphasized.

***Keywords* — RCM, asset management, maintenance, failure effect.**

## I. INTRODUCCIÓN

Sulfoquímica SA es una empresa que fue fundada el 28 de noviembre de 1966 inicialmente se dedicó a la producción de sulfato de aluminio, con el paso de los años esta empresa tuvo un crecimiento exponencial. En la actualidad esta empresa cuenta con presencia a lo largo y ancho del territorio nacional, donde sus productos siguen principalmente enfocados en los coagulantes (basados en sales básicas de aluminio) y absorbentes (carbón activado)<sup>1</sup>. En la sede Itagüí aún no se ha implementado un plan RCM completo en donde se aprecie todos los equipos, debido al gran volumen de activos que maneja esta empresa solo era viable definir una criticidad para estos, pero es necesario considerar un análisis completo para los equipos altamente críticos ya que esta planta trabaja 24 horas, por lo que es preciso entender para estos equipos: el cómo fallan, los modos de falla, efectos y consecuencias de la falla y según esto realizar el árbol lógico para darle una solución a cada modo de falla principal contemplada para cada equipo crítico. Realizar este plan no solo ayuda a entender la falla, sino también apoya a operarios, técnicos e ingenieros a tomar la mejor decisión para solucionar cada falla que pueda presentar un equipo, esto en la empresa se verá reflejado en disminución del tiempo de arreglos, en paros y ahorro potencial en reparaciones. Sulfoquímica S.A a pesar de ser una empresa con tantos activos, desde hace alrededor de 8 años viene implementando planes de mantenimiento, pero estos no poseían una ayuda significativa para la solución de acciones correctivas para los equipos. Desde el 2020 la empresa adquirió un software de mantenimiento llamado Fractal, el cual ha mejorado la gestión de activos de la empresa y ha permitido explorar la ejecución de planes para mantenimientos preventivos y acciones correctivas, por lo cual mi propuesta para la empresa se basa en la gestión de los activos que para esta industria presentan una criticidad alta. Se comenzará por definir las fallas potenciales para cada equipo, posterior a esto se definirán los modos de falla más frecuentes basados en los reportes del software Fractal y el manual del usuario, luego con esto realizado se definirá el efecto que tendrá la falla y su consecuencia todo esto para evaluar en la misma matriz de criticidad que tan crítico es el modo de falla, posterior a esto se dará solución en el árbol de criticidad, para finalizar se creará el paso a paso de solución para cada modo de falla esto con el fin de que cada técnico pueda conocer con facilidad cuál es el problema del activo y pueda darle la solución rápidamente.

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Realizar un análisis mediante la metodología RCM, a los activos altamente críticos de la empresa Sulfoquímica S.A sede Itagüí, conociendo el contexto operacional de estos, lo que permitirá conocer por qué falla y a su vez el paso a paso a seguir para su solución.

### *B. Objetivos específicos*

- Determinar el modo de falla más común en los activos por medio de los análisis realizados.
- Definir los efectos y consecuencias de cada modo de falla para conocer qué tipo de amenaza enfrentaría la empresa.
- Analizar por medio del árbol lógico los activos críticos presentes en Sulfoquímica S.A.

### III. MARCO TEÓRICO

Un plan RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) como su nombre lo dice nos permite tener confiabilidades que aseguran los activos de una empresa, principalmente este plan inició en la industria aeronáutica, donde luego pasó a diferentes sectores terminando en el sector industrial, como se expone a continuación demuestra que más que ser un plan de mantenimiento es un análisis profundo de la empresa para posteriormente realizar un estudio a los activos de esta.

Esta técnica posee una normas o pasos a seguir establecidos, las cuales a través de mi experiencia enumero en orden:

- **Contexto operacional de la empresa**
- **Taxonomía de los activos**
- **Matriz de criticidad de los activos**
- Análisis RCM (Fallas, Modos de falla, Criticidad de los modos de falla y Efectos de la falla)
- Árbol lógico de decisión

Donde la empresa Sulfoquímica SA sede Itagüí logró desarrollar las 3 primeras.

Ahora para conocer qué es un análisis RCM, debemos desglosar este. “*Una falla*, es un estado en que el un activo físico o todo un sistema no se encuentra disponible para ejercer su función específica al nivel de desempeño referenciado”<sup>2</sup>. “*Modos de falla*”, como su nombre lo dice es realmente el modo en que falla cada activo, también se define como evento único que causa una falla funcional”<sup>3</sup>. Existen modos de fallas ocultos que pueden desarrollarse desde el componente más pequeño interno, pero también las fallas evidentes que pueden reconocerse con los sentidos tacto, olfato, visión, oído y gusto para el caso de empresas alimenticias.

Para la criticidad de los modos de falla se evaluarán estos en la matriz de criticidad estructurada ya anteriormente por la empresa. Se adjunta Matriz de criticidad Sulfoquímica S.A.



Fig.1. Matriz de criticidad Sulfoquímica S.A.

*Efectos de falla*, son las consecuencias que puede ocasionar un modo de falla, en impactó a la seguridad, impacto en el medio ambiente, en capacidad operacional y en los costos en reparación<sup>4</sup>.

*El árbol lógico de decisión*, es donde se someterá cada modo de falla para conocer cuál es la actividad recomendada para mejorar la fiabilidad de los activos, a partir de este punto es donde se comenzará a dar un paso a paso para solucionar cada modo de falla de manera efectiva sin desgastar los fondos destinados para el área de mantenimiento de la empresa, logrando mejores tiempos de reparación y cuidando la producción de la empresa.

## IV. METODOLOGÍA

### **Actividad 1: Realizar un análisis a la operación y variables de los activos.**

Para iniciar un análisis es importante conocer la operación, entorno y variables de los activos. Esto permitirá reducir las fallas más comunes en los equipos.

Operación y entorno: La mayoría de los activos con criticidad alta trabajan durante todo el día, estos equipos están expuestos a temperaturas por encima de la ambiente debido las reacciones exotérmicas que liberan y transfieren grandes cantidades de calor a la planta, además las principales fallas en estos equipos están relacionadas a la corrosión, ya que los químicos tienden a ser tan abrasivos que penetran constantemente los componentes mecánicos de los activos.

#### Variables de los activos a analizar:

Espesor: Con el medidor de espesores presente en la planta hallaremos el nivel de desgaste y/o corrosión que presentan los equipos.

Amperaje: Con ayuda de una pinza amperimétrica podemos hallar si la potencia de trabajo es la ideal o no, con esto sabremos el nivel de desgaste en bobinados, transmisor y la sulfatación o corrosión presente en el equipo.

Caudal: Con ayuda de los medidores de flujo podremos determinar problemas en bombas tales como, impulsor averiado, diafragma penetrado, entre otras.

Presión: Con la presencia de manómetros ya establecidos en ciertos equipos con criticidad alta podemos ver en bombas se analizará problemas por residuos en los equipos.

Temperatura: Con la ayuda de un termómetro industrial denotaremos los problemas por desgaste o fricción en los equipos.

### **Actividad 2: Encontrar los activos de alta criticidad.**

Se inicia revisando la matriz de criticidad de activos de la empresa (*Revisar Anexo A. PÁG. 1. EQUIPOS A EVALUAR.*), donde se encuentran 90 equipos que presentan una criticidad alta, luego se filtra ya que la empresa presenta muchos equipos repetidos a los cuales no es necesario analizar todos, sino solo uno, para esto se halla que se tienen 15 equipos que presentan criticidad alta.

**Actividad 3: Definir las fallas.**

Se describirán 1 falla funcional (el activo no está disponible para cumplir sus requerimientos) y 3 fallas potenciales (síntoma de una falla funcional está por ocurrir). Se adjunta tabla de cómo se trabajará:

TABLA I  
DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS DE LA BANDA TRANSPORTADORA SULFOQUÍMICA S.A.

Funciones	Falla
Banda Transportadora	Transportar material a más de 2 metros x minuto
	Transportar material a menos de 2 metros x minuto
	No transportar material
	No transportar material y transportar a 2 metros x hora

*Revisar Anexo A. PÁG. 2. FALLAS.*

**Actividad 4: Definir modos de falla.**

Se hace un análisis verificando la plataforma Fractal, donde están registradas las órdenes de trabajo correctivas, a esto se suma una reunión con los técnicos mecánicos con el fin de que ellos comenten las fallas más frecuentes en estos equipos y, adicionalmente se revisan los manuales del usuario para ver las fallas más registradas para los equipos, esto con el fin de escoger las más frecuentes reportadas en todos los filtros.

Para describir el modo de falla siempre se trabajará de la siguiente manera:

- **Se da el objeto + un adjetivo calificativo o adjetivo + un porqué**

Se adjunta modos para la banda:

TABLA II  
DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLA DE LA BANDA TRANSPORTADORA SULFOQUIMICA S.A.

Funciones	Modos de falla = objeto + Adjetivo calificativo + porque
Banda Transportadora	Cinta desalineada porque el material se instala entre la cinta y el rodillo
	Cinta trabada por pérdida de lubricación
	Cinta trabada por rotura de cadena
	<b>Cinta trabada por motor apagado</b>
	Rodillo trabado por rotura de la balinera del rodamiento
	Rodillo trabado por rotura de eje
	Cadena de transmisión deteriorada por pérdida de lubricación
	Cadena de transmisión deteriorada por desgaste

Revisar Anexo A. PÁG. 2. FALLAS.

### Actividad 5: Definir efectos de la falla.

Se describen los efectos que tendrá, qué sucede cuando hay una falla y el impacto que genera. Se toma como ayuda responder los siguientes numerales con el fin de obtener un efecto que cubra todas las variables posibles en la industria.

## Información Necesaria

Como:

- ¿Qué evidencia (si existe alguna) que la falla ha ocurrido (en el caso de funciones ocultas, que podría pasar si ocurre una falla múltiple)?
- ¿Qué hace (si hace algo) para matar o dañar a alguien, o para tener efectos adversos en el ambiente?
- ¿Qué hace (si hace algo) para tener un efecto adverso en la producción o en las operaciones?
- ¿Qué daño físico (si existe alguno) causa la falla?
- ¿Qué (si existe algo) debe ser hecho para restaurar la función del sistema después de la falla?"

Fig.2. Información para describir los efectos de las fallas  
Nota. Fuente <https://es.slideshare.net/mantonline/06-efectos-de-falla>

Se adjunta un modelo de efecto:

TABLA III  
DESCRIPCIÓN DEL EFECTO DE FALLA DE LA BANDA TRANSPORTADORA SULFOQUIMICA SA

Modos de falla = objeto + Adjetivo calificativo + porque	Efecto de falla (Qué sucede cuando eso falla)
<b>Cinta trabada por motor apagado</b>	Banda transportadora sin movimiento, sistema de transmisión parado o el motor parado, son indicadores que la banda está apagada. <b>No se afecta seguridad ni medio ambiente.</b> Este modo de falla el sensor se dispara, parando las operaciones en la planta, y, significa posibles daños en acometida eléctrica por sulfatación en consecuencia se deberá revisar el cableado del sistema y, posteriormente, se cambiará este, esta acción correctiva puede tardar alrededor de 2 horas, costar 18 millones por paro de producción y 200 mil por acción correctiva.

*Revisar Anexo A. PÁG. 4. EFECTO FALLA.*

### **Actividad 6: Someter los modos de falla al árbol lógico de decisión**

Cada modo de falla se somete con el fin de saber cuál es la opción correctiva o tiempo entre mantenimientos más indicado, para este caso la empresa posee un plan de mantenimiento preventivo que da resultados óptimos, entonces se hace con el fin de analizar posibles acciones correctivas.

### **Actividad 7: Generar un paso a paso para solucionar cada modo de falla**

Con el fin de mejorar los tiempos entre reparaciones que por ende disminuye las pérdidas de producción, ayudar a los operarios y que puedan comprender rápidamente qué falla en cada activo, se generará esta actividad que ayudará a toda el área de mantenimiento sobre qué pasos deben llevar a cabo para dar disponibilidad a un activo. Este paso a paso será un formato en donde se contempla los siguientes ítems:

1. Verificar condiciones de seguridad. Si/No
2. **Procedimiento a seguir. En este ítem se enfoca la finalidad del proyecto.**
3. Observaciones.
4. Repuestos utilizados.
5. ¿El equipo queda operativo?. Si/No

*Revisar Anexo A. PÁG. 5. BANDA TRANSPORTADORA.*

## V. RESULTADOS

Los resultados que se desencadenaron al llevar a cabo este proyecto fueron que Sulfoquímica SA al tener un ambiente corrosivo y con evidente polución, es necesario aumentar la frecuencia de rutinas de lubricación de equipos, adicionalmente se evidencia con la ayuda de la plataforma Fracttal que las acciones correctivas retrasan al personal de mantenimiento para llevar los mantenimientos, lo cual crea un ciclo de acciones correctivas por retrasos, para lo cual se acuerda realizar monitoreo y reacondicionamiento de equipos críticos, los resultados obtenidos y resumidos de esta investigación se muestran a continuación:

TABLA IV  
RESULTADOS ANÁLISIS RCM

<b>Equipos</b>	<b>Variables analizadas</b>	<b>Tipo de decisión según árbol lógico</b>	<b>Descripción de tarea</b>
<b>Banda Transportadora</b>	Normales	Reacondicionamiento Cíclico	Rutina mensual de lubricación de chumaceras y componentes mecánicos.
<b>Bomba Centrífuga</b>	Normales	Monitoreo	Inspección de la acometida, verificación de presiones, refuerzo en uniones, codos y T's, detector de fugas.
<b>Bomba Magnética</b>	Normales	Monitoreo	Inspección de la acometida, verificación de presiones, refuerzo en uniones, codos y T's, detector de fugas.
<b>Bomba Neumática</b>	Normales	Monitoreo	Inspección de la acometida, verificación de presiones, refuerzo en uniones, codos y T's, detector de fugas.
<b>Caldera</b>	Normales	Monitoreo y Prácticas de buen manejo	Inspección de la acometida, verificación de presiones, verificar accesorios, detector de fugas - Realizar purgas de equipo semanalmente.
<b>Celdas de carga</b>	Normales	Monitoreo	Inspección de la acometida, verificar nivelación.
<b>Chimenea de Gases</b>	Normales	Monitoreo	Inspección de la acometida.
<b>Compresor Atlas Copco</b>	Normales	Monitoreo	Inspección de la acometida y alarmas del equipo.
<b>Molino de Bolas</b>	Normales	Reacondicionamiento Cíclico	Rutina mensual de lubricación de chumaceras y componentes mecánicos.
<b>Motor-Mezclador</b>	Normales	Reacondicionamiento Cíclico	Rutina mensual de lubricación de chumaceras y componentes mecánicos.
<b>Moto-Reductor</b>	Normales	Reacondicionamiento Cíclico	Rutina mensual de lubricación de chumaceras y componentes mecánicos.
<b>Tornillo Sinfin Doble</b>	Normales	Reacondicionamiento Cíclico	Rutina mensual de lubricación de chumaceras y componentes mecánicos.
<b>Torre de Enfriamiento</b>	Normales	Reacondicionamiento y Monitoreo	Rutina mensual de lubricación de chumaceras y componentes mecánicos - Inspección de tubería, refuerzo en uniones, codos y T's, Verificar acometida eléctrica.
<b>Zaranda Clasificadora</b>	Normales	Reacondicionamiento Cíclico	Rutina mensual de lubricación de chumaceras y componentes mecánicos.

Para revisar toda la metodología completa, revisar documento excel *Anexo A. Mtto. RCM A EQUIPOS SULFOQUIMICA SA - SEDE ITAGUI.*

## VI. ANÁLISIS

Luego de realizado todo este estudio y conociendo que la empresa Sulfoquímica SA sede Itagüí posee alrededor de 400 equipos funcionales en las diferentes horas del día, de los cuales 90 de estos son equipos categorizados dentro de la matriz de criticidad como equipos críticos, considero que es necesario involucrar más al personal operativo de la planta el cual tiene una cantidad alrededor de 40 empleados con respecto a los 4 empleados de mantenimiento. Este personal puede ser capacitado en actividades tales como lo es las rutinas de lubricación, pre-operacionales de equipos. Para lo cual se desarrolla en conjunto a este trabajo un manual de usuario y buen manejo de equipos críticos, para ver más detallado revisar documento word *Anexo B. Manual del usuario equipos criticos - SULFOQUIMICA SA.*

## VII. CONCLUSIONES

Luego de realizada la investigación se pudo, principalmente, realizar un análisis completo de los equipos altamente críticos mediante la metodología RCM. Todo esto, se realizó basándose en los manuales del usuario de los equipos y revisando las principales fallas por equipos registradas en el software Fractal. Luego de someter los equipos críticos al árbol lógico se tomó la decisión y se determinó cuál era la solución más óptima, como se puede observar en la TABLA IV. Tal solución ayudará a prevenir ciertas fallas principales, evitar tiempos muertos por paros y sobrecostos.

Posteriormente, se identificó un problema notable, el cual se basa en que, la cantidad de acciones correctivas sobrepasan la capacidad de respuesta del personal de mantenimiento, lo que desencadena un ciclo en el que es complicado para el personal mecánico abarcar todas las labores preventivas y correctivas en una empresa de tal magnitud como esta; por lo que se deduce que el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) debe ir de la mano de la metodología TPM, pues, el pilar fundamental de esta metodología busca involucrar a todo el personal, específicamente el personal operativo, dicho personal se puede encargar de labores como inspección y lubricación, pero también es importante que ellos conozcan e identifiquen estos equipos. Para finalizar, es importante investigar metodologías o pilares que puedan ayudar a relacionar y/o complementar las labores de mantenimiento, buscando una eficiencia óptima para el desarrollo de una buena gestión de activos dentro de una empresa.

## VIII. RECOMENDACIONES

Se le recomienda a la empresa SULFOQUIMICA SA sede Itagüí:

- Involucrar todo el personal operativo, producción y mecánico en las actividades relacionadas al mantenimiento y gestión de los activos presentes en las sedes.
- Brindar el apoyo necesario a futuros practicantes que se interesen por los procesos relacionados con el mantenimiento RCM.
- Continuar con las investigaciones y las actualizaciones de las normativas que surjan acerca del mantenimiento basado en la confiabilidad.

## REFERENCIAS

- [1] Sulfoquímica S.A, Nuestra empresa: Presente trayectoria. Itagüí, 2020. Disponible en: <https://www.sulfoquimica.com/empresa.php>
- [2] J. Moubray. “Fallas funcionales” en *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. 3 ed. Gran Bretaña: Biddles Ltd, cap. 33, pp. 48-49. [En línea]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/02-rcm-ii-john-moubray-libro-completo.html?page=5>
- [3] J.C. Orrego, “Planeación táctica para la gestión del mantenimiento” en *Planeación de mantenimiento*. 1 ed. Colombia: Edición del autor, cap. 3, pp. 46-47. [En línea]. Disponible en: <https://www.autoreseditores.com/libro/20650/juan-carlos-orrego-barrera-segunda-edicion/planeacion-de-mantenimiento.html>
- [4] J.C. Orrego, (2018, abr. 10). “Gestión de Activos Basado en RCM. [Internet] Disponible en: <https://es.slideshare.net/mantonline/06-efectos-de-falla>
- F.R. Sacristán, “Conceptos básicos del TPM en un entorno de gestión total de la producción” en *Mantenimiento total de la producción (TPM): Proceso de implantación y desarrollo*. España: FC Editorial, 2001, cap. 2, pp. 46-48. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=t05vRBKtkQcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
  - A.J. Pistarrelli, *Manual de mantenimiento: Ingeniería, gestión y organización*. Argentina: Buenos Aires, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://catalogo.usm.cl/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=106114>
  - International Organization for Standardization, *Gestión del riesgo - Directrices*. Ginebra, 2018. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>
  - K. Nakazato. “Mantenimiento autónomo” en *TPM en industrias de proceso*. Portland: Productivity Press, 1996, cap. 4, pp.87-143. [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/mantenimiento/Downloads/pdf-libro-tpm-industrias-del-proceso-suzuki compress.pdf](file:///C:/Users/mantenimiento/Downloads/pdf-libro-tpm-industrias-del-proceso-suzuki%20compress.pdf)

## ANEXOS

*Anexo A. Mtto. RCM A EQUIPOS SULFOQUIMICA SA - SEDE ITAGUI. (Documento excel anexo).*

*Anexo B. Manual del usuario equipos criticos - SULFOQUIMICA SA. (Documento word anexo).*