

**METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO (RBI) EN PLANTAS DE EXTRACCIÓN DE
ACEITE DE PALMA**

JULIÁN DARIO ADAME ARAQUE

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA,

ESCUELA DE POSTGRADOS

BOGOTÁ

2019

**METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO (RBI) EN PLANTAS DE EXTRACCIÓN DE
ACEITE DE PALMA**

JULIÁN DARIO ADAME ARAQUE

Monografía

DIRIGIDO POR:

José Aníbal Serna Gil

Ingeniero PhD Metalúrgico

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE POSTGRADOS

BOGOTÁ

2019

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá 22 de Septiembre del 2019

La autoridad científica de la Facultad de Ingeniería, reside en ella misma, por lo tanto no responde por las opiniones expresadas en este trabajo de grado

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia en especial a mis papás Pedro Adame y Alis Araque, quienes me han motivado a continuar con mi formación personal y profesional, que, con su gran colaboración y constante apoyo moral y económico, han permitido que pueda yo pueda llevar a cabo cada uno de mis propósitos y han influenciado en la consecución de los logros en cada uno de los instantes importantes de mi vida.

A mi pareja Juliana Gama, que, con su disposición, conocimiento, consejos y motivación, me orientó y acompañó en todo el proceso de elaboración y desarrollo de la monografía

AGRADECIMIENTOS

A los maestros de la especialización, quienes, con su único interés de enseñanza, han compartido su tiempo y conocimiento, para que de esta manera pueda continuar con la formación profesional de cada uno de los que hicimos este proceso de adquisición de conocimientos especializados, en búsqueda de mejoras continuas de nuestro desarrollo social.

CONTENIDO

GLOSARIO	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. planteamiento del problema.....	12
2. justificación	13
3. objetivos.....	14
3.1 Objetivo General:	14
3.2 Objetivos Específicos:.....	14
4. MARCO teórico.....	15
4.1. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA.....	15
4.2 INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO RBI:	27
4.2.1 Riesgo:.....	27
4.2.2 Probabilidad y Consecuencia para RBI	27
4.2.3 Alcance del RBI	27
4.2.4 Métodos de Enfoque de RBI	28
4.2.4.1 Enfoque Metodológico Cualitativo:.....	28
4.2.4.2 Enfoque Metodológico Cuantitativo	28
4.2.4.3 Enfoque Metodológico Semicuantitativo:	28
5. diseño metodológico	30
5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
5.2 POBLACIÓN	30
5.2.1 Población:	30
5.2.2 Población de Estudio:	30
5.2.3 Población de Muestra:	30
5.3 PLANTEAMIENTO DE METODOLOGÍA RBI API 580 – API 581	31
5.3.1 Equipo Interdisciplinario RBI	31
5.3.2 Equipos de Estudio	35
5.3.3 Normatividad Aplicable.	36
5.3.3 Datos Requeridos para el Desarrollo del Plan RBI	38
5.3.4 Mecanismos de Daño y Modos de Falla	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de equipos de procesos para extracción de aceite de palma	19
Tabla 2 Definición de Cargos y Funciones del Grupo RBI	32
Tabla 3 Listado de Equipos de Estudio para Análisis RBI	35
Tabla 4 Listado de códigos y normativas aplicables al estudio RBI	36
Tabla 5 Datos Básicos para Implementación de Plan RBI	38

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Diagrama de Procesos de Extracción de Aceite de Palma	18
Figura No. 2 Continuidad de los enfoques RBI	29
Figura No. 3: Elementos necesarios para Planes de Inspección Basada en Riesgo	31

GLOSARIO

Análisis de Riesgo: Uso sistemático de la información para identificar fuentes y estimar el riesgo. El análisis de riesgo proporciona una base para la evaluación, mitigación aceptación del riesgo. La información puede incluir datos históricos análisis teóricos opiniones informadas y preocupaciones de las partes interesadas.

Consecuencia: Resultado de un evento. Puede haber una o más de una consecuencia de un evento. Las consecuencias pueden variar desde positivas a negativas. Sin embargo, las consecuencias son algunas veces negativas por aspectos de seguridad. Las consecuencias pueden ser expresadas cualitativamente o cuantitativamente.

Equipo: parte individual que es parte de un sistema. Ejemplo: vasijas a presión, dispositivos de alivio, tubería, calderas y calentadores.

Evaluación de Riesgo: Proceso usado para comparar el riesgo estimado contra el criterio de riesgo dado para determinar el significado del riesgo. La evaluación del riesgo puede ser usada para ayudar en la decisión de aceptación o mitigación del riesgo.

Inspección: Actividades realizadas para verificar que los materiales, fabricación, construcción examinación, pruebas, reparaciones, etc., conformes a un código aplicable, ingeniería y o a procedimientos de requerimientos del dueño. Esto incluye la planeación, implementación y evaluación de los resultados de actividades de inspección.

Inspección Basada en Riesgo (RBI): Una evaluación del riesgo y procesos de administración que están enfocadas en pérdidas de contención de equipos presurizados en instalaciones de procesos debido al deterioro del material. Estos riesgos son administrados primero a través de la inspección de los equipos.

Mecanismo de Daño (o deterioro): Un proceso que incluye cambios micro y o macro estructurales en el tiempo, que son dañinos a las condiciones del material o a las propiedades mecánicas. Los mecanismos de daño son usualmente incrementales, acumulativos y en algunas instancias irreparable. Los mecanismos de daños comunes incluyen corrosión, fisuras por esfuerzos de tensión, erosión, fatiga, fractura y envejecimiento térmico.

Riesgo: Combinación de la probabilidad de un evento y sus consecuencias. En algunas situaciones, riesgo es la derivación desde la expectativa. Cuando la probabilidad y consecuencias son expresadas numéricamente, el riesgo es el producto.

Tan Bajo Como Sea Razonable (ALARP): Concepto de minimización que postula que atributos (tales como riesgos) pueden ser solamente reducidos a un mínimo bajo el uso de la tecnología actual con un costo razonable.

INTRODUCCIÓN

La industria de obtención de aceite de palma en Colombia, es un sector que se ha desarrollado y fortalecido con el pasar del tiempo, gracias a que es un producto que se obtiene a partir de elementos naturales. La lucha por la conservación del medio ambiente, ha impulsado a la industria mundial en buscar alternativas limpias que permitan la obtención de productos de consumo diario.

Colombia ha centrado sus esfuerzos por posicionarse a nivel Latinoamérica en el principal país de exportación de aceite de palma y actualmente es el cuarto país productor a nivel mundial¹. La creación de plantaciones de procesamiento del fruto de la palma, ha crecido en estas últimas décadas, obligando a las empresas en introducir equipos que faciliten y mejoren los índices de productividad de extracción.

Uno de los factores principales que inciden directamente en la productividad del sector industrial, está asociada con el correcto funcionamiento de los equipos involucrados en los procesos productivos. La falla inesperada de un equipo, puede llegar a tener repercusiones en la seguridad física de los operadores, afectaciones en el medio ambiente, y en la parte económica de la empresa (bajas producciones incumplimiento a los clientes, mala imagen de la compañía, entre otros).

La implementación y el desarrollo de metodologías en programas de Inspección Basada en Riesgo (RBI), están en caminados en la eliminación o mitigación general del riesgo de falla tanto en las instalaciones como en los equipos, de manera efectiva. Mediante el cálculo de la probabilidad de falla y su consecuencia, se plantean los planes de inspección y las acciones correctivas que se deben realizar antes de que el equipo falle. Los programas RBI, pretenden dar prioridad de atención a los equipos que representan mayor riesgo y probabilidad de falla, de acuerdo al medio y las condiciones de operación bajo la cual se encuentra este.

¹VALENCIA, Alejandro. Productores de aceite de palma apuestan por la productividad y la sostenibilidad [En línea]. Bogotá: La República. 2018., Disponible en www.larepublica.co/economia/palmeros-apuestan-por-la-productividad-y-sostenibilidad

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el cumplimiento de las metas, que se plantea el sector palmífero, en el incremento de la productividad de aceite de palma en el país, obliga a las empresas en implementar estrategias que mejoren sus procesos de producción, asegurando la calidad de sus productos, salvaguardando la integridad de sus activos, protegiendo el medio ambiente y de todos los seres humanos que directa e indirectamente interactúan con estos procesos.

Actualmente las plantas de extracción de aceite de palma, cuentan con procesos tecnificados, en el que intervienen una serie de equipos que se encuentran sometidos a unas condiciones ambientales y propias de los procesos, que con el pasar del tiempo van generando algún tipo de afectación en su integridad. Es muy importante conocer las consecuencias que puede traer la falla de un equipo en el proceso productivo.

En muchas de los casos, estas plantas sufren paradas inesperadas, generando retrasos en los tiempos de entrega de los productos, disminuyendo notablemente los índices de producción. En la mayoría de los casos estas paradas se deben a la falta de mantenimiento efectivo de los equipos de procesos, y que obliga a tomar acciones correctivas que de una u otra forma solventan el problema en el momento, pero que quizás no sea la solución más adecuada para eliminar o mitigar el problema de raíz.

La preocupación de las paradas de planta inesperadas del área de producción, la transmite al área de mantenimiento para que dé una solución a estos problemas, para ello, con el fin de evaluar el estado actual de sus equipos, programan una serie de inspecciones a unos intervalos de tiempo, de todos los equipos de producción, que les permita visualizar en qué estado se encuentra actualmente. Sin embargo, muchas de estas inspecciones arrojan resultados satisfactorios que, aunque dan un parte de tranquilidad a las áreas involucradas, generan costos de inspección que afectan directamente en el presupuesto de mantenimiento, concentrando recursos económicos en equipos de bajo riesgo que quizás no requieran esa inversión como otros que si lo necesitan.

2. JUSTIFICACIÓN

El planteamiento de una metodología de inspección que permita evaluar el riesgo de falla en los equipos de producción de una planta de extracción de aceite de palma, mediante el cálculo de la consecuencia y el impacto que implica que estos tengan sobre los seres humanos, medio ambiente y economía de la empresa, ayudará a clasificar los equipos de mayor riesgo con el fin de establecer un plan de inspección a los equipos de más susceptibilidad de falla, para reducir o eliminar costos de inspección en equipos de bajo riesgo.

En búsqueda de maximizar la eficiencia de los planes de inspección en los programas de mantenimiento, es necesario implementar una metodología que permita hacer el estudio de valoración de riesgo de los equipos de la planta. Una asignación de los recursos adecuada, permitirán inspecciones más efectivas con una posible disminución de costos y enfocadas en equipos de alto riesgo de falla.

Es importante dar a conocer a las plantas de producción de extracción de aceite, la importancia que tiene la evaluación de integridad de los equipos e informar las ventajas que traen consigo la implementación de metodologías de inspección. En la gran mayoría de los casos de los programas de mantenimiento, se implementan procedimientos que quizás no sean lo suficientemente efectivos, generando sobrecostos en la compañía y a su vez restando la importancia que tiene en si la aplicación el control de los activos por ensayos no destructivos.

La monografía propone la implementación de la metodología de Inspección Basada en Riesgo – RBI, en plantas de extracción de aceite de palma. Esta técnica contempla la inspección de todos los equipos y sistemas de presión como tuberías, recipientes, intercambiadores de calor, tanques de almacenamiento y en general todos los equipos estáticos que componen y hacen parte del sistema de producción, que apliquen al estudio. Los análisis de estos estudios pretenden evaluar de manera separa la probabilidad y consecuencia de falla asociada a los riesgos de seguridad, medioambiente y económicos. De los resultados aquí obtenidos, se identifica que equipos deben inspeccionarse, cuáles deben ser sus alcances e intervalos de inspección requeridos, priorizando la atención en los equipos de mayor riesgo de falla.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

Plantear una guía metodológica de Inspección Basada en Riesgo – RBI, aplicando los conceptos establecidos por la práctica recomendada API RP 580 y API RP 581, ajustada para el estudio de equipos estáticos en plantas de proceso de extracción de aceite de palma.

3.2 Objetivos Específicos:

- Definir los objetivos y alcances del programa de Inspección Basada en Riesgo aplicados a la planta de proceso de extracción de aceite de palma.
- Establecer el paso a paso para determinar el riesgo de falla de equipos estáticos, de acuerdo a sus condiciones de operación y entorno al que se encuentra expuesto.
- Determinar los equipos a los que se realizará el estudio de Inspección Basada en Riesgo en la planta de extracción de aceite de palma.
- Definir las funciones y responsabilidades del equipo interdisciplinario que estará a cargo del programa de Inspección basada en riesgo. RBI
- Establecer los requerimientos necesarios para la identificación de los mecanismos de daño que se pueden presentar en los equipos de extracción de aceite de palma.
- Identificar los mecanismos de daño predominantes en los equipos de producción de extracción de aceite de palma.
- Definir la normatividad aplicable para el desarrollo del programa de Inspección Basada en Riesgo.
- Seleccionar el método de análisis de consecuencias que permita separar los equipos de alta y baja consecuencia.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA.

La obtención del aceite de palma, requiere de una serie de procesos mecánicos en los que interfieren incrementos de temperatura y presión, que permitan la extracción del aceite directamente del fruto.

Del proceso de extracción del aceite se obtienen los siguientes productos:

- Aceite de crudo de palma
- Aceite crudo de palmiste
- Harina de palmiste.

El proceso básicamente consiste en la esterilización de los frutos, luego, se desgranar del racimo y se maceran para extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras de la torta de palmiste resultante, de donde se sacará el aceite de palmiste.²

Esterilización: Los principales objetivos del proceso de esterilización son los siguientes:

1. Inactivar la lipasa 15 Se inactiva a temperaturas relativamente bajas, del orden de los 60°C. Por ello, se podría pensar que el tratamiento de esterilización de los racimos es posible efectuarlo mediante el uso de agua caliente simplemente, pero para cumplir con los demás objetivos de esta primera etapa se requieren temperaturas mayores. Por esta razón se utiliza vapor saturado.

2. Facilitar el desprendimiento de los frutos del raquis, ablandando la unión entre ellos. En la esterilización el fruto es preparado para la etapa de desfrutación, mediante la aceleración del proceso natural de desprendimiento de los frutos similar a cuando llegan a su estado óptimo de madurez. Este proceso ocurre por la evaporación del agua presente en los tejidos del pedúnculo de unión entre el fruto y la tusa, lo cual los ablanda.

3. Ablandar los tejidos de la pulpa. En la esterilización, los tejidos de la pulpa del fruto se debilitan, facilitando el rompimiento de las celdas que contienen el aceite durante los procesos de digestión y prensado.³

² INDUAGRO. Proceso Productivo. [En línea] Disponible en: <http://www.induagro.com.mx/HOMEAP/ProcProductAP/ProcProductAP.html>

³ GRANADOS MUJICA, Carolina. Evolución del Sector Palmicultor. Bucaramanga: Universitaria de Investigación y Desarrollo. 2010., 25 p.

El proceso de esterilización se lleva a cabo, generalmente sometiendo los racimos de fruto fresco de palma a la acción de vapor de agua en recipientes cilíndricos horizontales (autoclaves), en donde los factores principales son el tiempo de cocción y la temperatura, dependiendo del tamaño de los racimos y del grado de madurez del racimo. Luego que un grupo de 8 góndolas es llenado se procede a introducirlos en la autoclave, luego de haber cerrado la puerta se procede a abrir la válvula de alimentación de vapor que será suministrado a una presión de 45 psi (lb/in²) saturado y no seco. La fruta se mantiene por un periodo de 90 minutos dentro del autoclave de los cuales se aplican lo que se denomina pico, los primeros 45 minutos se procede a eliminar el aire y bajar y subir la presión 5, 10 y 15 minutos para finalmente tener un pico a presión constante de 45 psi y una temperatura aproximada de 147 grados centígrados para luego utilizar 15 minutos en cargue y descargue del esterilizador. Se pierde un 1 % en humedad y grasa

Desfrutado: Luego de haber esterilizado los racimos se procede a separar el fruto del racimo cuyo proceso se realiza en un tambor rotatorio; el fruto se separa para luego enviarlo al digestor por medio de un elevador y el racimo vacío es llevado al campo para utilizarlo como abono orgánico. Se produce el racimo vacío como desecho que representa 23 % sobre fruta

Digestión: El fruto es depositado en un cilindro llamado digestor el cual presenta unas paletas en las cuales va a macerar el fruto por medio de la agitación circular, además se le aplica vapor a 45 psi, esto ayuda a que las células de aceite se desprendan del fruto y la recuperación del aceite en el momento del prensado sea eficiente.

Prensado: El fruto ya digestado se procede a prensarlo. En esta etapa se le aplica agua a la salida del digestor y en la parte inferior de la prensa con el fin de lavar las fibras, lograr que la extracción del aceite sea lo más eficientemente posible y mantener las pérdidas de aceite dentro de los estándares, además de dar la dilución adecuada para realizar la separación en la sección de clarificación. La eficiencia del prensado depende de dos factores; la presión adecuada aplicada a los conos de los tornillos y el estado de las canastas de los tornillos y conos, además de la buena digestión que se hizo.

Del prensado se producen dos efluentes uno sólido y otro líquido, el sólido está compuesto por la semilla del fruto y las fibras producidas en el proceso de prensado, el líquido va a ser una mezcla aceite – agua – lodos. Representa 60 % sobre fruta, además se produce 6 % de semilla (4% almendra y 2% de cáscara) el 9 % es fibra.

Clarificación: El aceite crudo de palma, proveniente del prensado del mesocarpio del fruto de la palma de aceite contiene cantidades variables de impurezas de tipo vegetal (solubles e insolubles), arena y agua, que deben ser removidos con el fin de dar al producto terminado claridad, estabilidad y buena apariencia, lo anterior se logra mediante el clarificado del licor por decantación y centrifugado. Debido a que

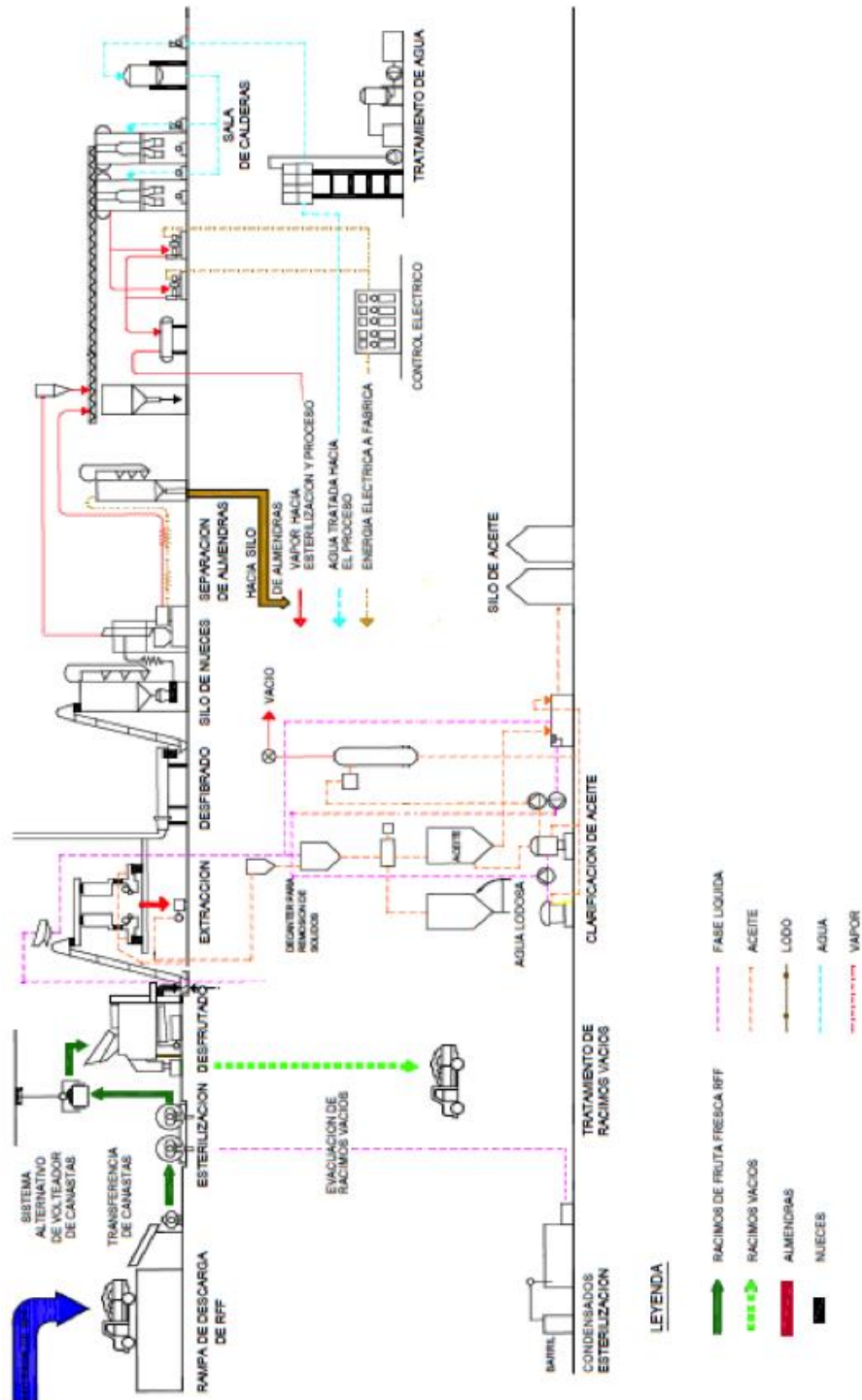
el aceite crudo de Palma Africana es altamente viscoso, se hace necesario adicionar suficiente agua de dilución para lograr una buena separación del aceite y lodos. La adición de agua a 90 °C ayuda a obtener aceite en volumen del 35 a 40 % y lograr un rápido decantado. Ya en la sección de clarificación, la mezcla aceite – agua – lodos es pasada por un proceso de desarenado con el fin de remover las arenas y tierras. Luego del desarenado, la mezcla aceite – agua – lodos pasa al tamizado cuya función es remover una alta cantidad de sólidos con un mínimo de arrastre de aceite y lograr la máxima reducción en la viscosidad con una mínima reducción en el tamaño de las gotas de aceite. Después de haber tamizado la mezcla se procede a elevar la temperatura de la mezcla llevándola a 95°C a 98°C, por medio de un recalentador que se instala a la entrada al clarificador. Luego de calentar el aceite se pasa al tanque clarificador donde se le aplica agitación constante con el fin de acelerar la separación de la mezcla; el clarificador cuenta además con serpentines de vapor que logran mantener las temperaturas y así lograr una separación eficiente, el aceite ya separado de las otras fases es decantado y enviado a un tanque de aceite el cual cuenta con serpentines para mantener la temperatura a 80°C. De este aceite decantado se le elimina la humedad en una unidad de vacío, para luego ser almacenado a una humedad no mayor al 0.20% y una temperatura no mayor de 50 °C. Los lodos de la clarificación son depositados en un tanque para luego procesarlos en las centrífugas y así recuperar el aceite contenidos en ellos (aceite recuperado), este lodo centrifugado es mandado a los florentinos donde se trata de recuperar el aceite residual, y luego se manda a las lagunas de tratamiento.

Palmisteria: La mezcla sólida del prensado es separada por medio de una columna de aire la cual aparta las fibras y las enviará a la caldera por medio de un tornillo sinfín (equipo de movilización de fibra). Esta fibra es usada como combustible en las calderas; la semilla o nuez es mandada a los quebradores donde se clasifica por tamaño, después de quebrada la nuez se procede a separar la almendra de la cáscara por medio de un ciclón, la almendra es mandada a un secador donde se le elimina la humedad por caletamiento, almacenándose con una humedad no mayor del 5%; la cáscara es enviada por medio de un transportador sinfín a la caldera para ser utilizada como combustible. La almendra producida se prensa y se extrae 40% del aceite sobre almendra, 50% harina sobre almendra y un 10% humedad sobre almendra.⁴

La figura 1, muestra el diagrama de procesos empleado para la extracción del aceite de palma. En la tabla 1, se relacionan los equipos requeridos en una planta de procesamiento de 30 – 90 Toneladas por hora.

⁴ ALFARO, Marcos y ORTIZ, Elvin. Proceso de Producción del Aceite de Palma 2006 [En línea]. Bogotá: Ministerio de Agricultura. 2006., 2 p. Disponible en <http://www.galeon.com/subproductospalma/proceso1.pdf>

Figura No. 1 Diagrama de Procesos de Extracción de Aceite de Palma



Fuente: PALCASA, Generalidades de la Palma Africana. [Sitio web]. Nicaragua. [Consultado 31 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.palcasanicaragua.com/preguntas-y-respuestas/respecto-a-la-palma/>

Tabla 1 Descripción de equipos de procesos para extracción de aceite de palma

PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA 30 – 90 Ton/h		
DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES	CANT
Báscula camionera	Capacidad 60 Ton; base metálica	1
Tolva de recepción de frutos y cargue de vagonetas de esterilización	Capacidad 20 Ton; fabricada en acero al carbono; 3 x 7 x 1.5 m	
Transportador Redler de fruto a esterilización	.2 m x 30 m; fabricación en acero al carbono; Potencia, 15HP	2
ESTERILIZACIÓN		
Esterilizador vertical Ø2,7 m x 10 m	Capacidad 22.5 Ton; fabricación en lámina de acero inoxidable 5/8"; aislamiento térmico de 2"; tuberías de procesos y accesorios en acero inoxidable; presión de trabajo 45 PSI;	1
Sistema de condensados	Compuertas de admisión y descarga con accionamiento hidráulico. Sinfín de descarga Ø0.4 m x 3 m, en acero inoxidable. Capacidad 30 Ton/h	1
Automatización de la esterilización	Control de apertura y cierre de puertas; accionamiento de sinfín de descarga; control de presión y temperatura de operación	1
Bomba centrífuga para condensados	Caudal 30 m ³ /h; partes en contacto con el fluido en acero inoxidable	2
Tanque condensados de esterilización	Fabricación en lámina HR-1/4"; capacidad 2m ³ ; sección rectangular	1

Chimenea desfogue esterilización	Fabricación en lámina de acero al carbono HR-1/4"; Ø Int 1940 x 10,5 m	1
DESFRUTACIÓN		
Redler de alimentación a desfrutador	Redler alimentación a desfrutador: 1,2m x 23m; en lámina y perfiles de acero al carbono; 12 HP	1
Desfrutador	Ø2,3m x 6m, sin eje; fabricación en acero al carbono; potencia, 7HP; sinfín inferior 0.4 x 7 m	1
Elevador de cangilones para fruto	Distancia entre ejes 14 m; cangilones de 14L; en lámina y perfiles de acero al carbono; pot. 5HP	1
Sinfín distribuidor de frutos	Ø0.5 x 7m; en lámina de acero al carbono; eje en tubería estructural 3" SCH-40; cubierta; pot. 3HP	1
MANEJO DE RACIMOS VACIOS		
Tamiz circular Ø60"	Una malla; en acero inoxidable	1
Tanque para aceite recuperado en racimos vacíos: 1.7 m ³		1
Bomba para aceite recuperado en racimos vacíos	5HP; Q=12m ³	2
Destrozadora de racimos vacíos	Capacidad 10 Ton/h; potencia 120 HP	1
Redler para evacuación de racimos vacíos a camión: 1,2m x 30m		1
Tamiz circular Ø60" simple deck para aceite crudo		1
Transportador de rechazo de tamiz	Ø0.3 x 6m en acero inoxidable	1

Transportador horizontal de banda para raquis	24" X 13 m	1
Transportador inclinado de banda para raquis	24" x 29 m; O=20°; Tacos para evitar retorno de raquis vacíos	1
Prensa de racimos vacíos	Capacidad 10 Ton/h; potencia 120 HP	1
Estructura soporte + plataforma para prensa de racimos vacíos	Fabricación en lámina y perfiles estructurales de acero al carbono	1
EXTRACCIÓN ACEITE ROJO		
Digestor 4500L	Capacidad 4.500L; En acero al carbono con camisa interna en acero inoxidable de 1/4"; eje en acero al carbono con camisa en acero inoxidable; Aletas en fundición de acero; velocidad, 28 RPM @ 10 HP	1
Prensa P-15	Capacidad nominal 15 Ton/h; doble tornillo en fundición de acero; sistema hidráulico; sistema de transmisión; potencia 40 HP @ 11 RPM	1
Estructura metálica de extracción	Fabricación en lámina y perfiles estructurales de acero al carbono	1
Sinfín de retorno de fruto	Ø0.4 m x 6 m; en acero al carbono de 1/4"; potencia 3 HP @ 60 RPM	1
CLARIFICACIÓN DINAMICA		
Tamiz circular doble malla, Ø60" (lodos)	Mallas N°20 y 30 en acero inoxidable	1
Estructura metálica para tamiz circular	Fabricación en lámina y perfiles estructurales de acero al carbono	1
Primera etapa de desarenación: SSC-451-150	Fabricación estándar	1

Segunda etapa de desarenación: STC-452-100	Fabricación estándar	1
Bomba Orbit-2	Capacidad 30 m ² /h	1
Tricanter para separación de lodos aceitosos	Capacidad 30 TRFF/H	1
Secador de vacío: VD-10	Presión de vacío 250 mbar	1
Tanque receptor de aguas lodosas desarenadas: 1,7m ³	Fabricación en lámina de acero al carbono de 1/4"	1
Bomba de lodos aceitosos a columna recalentadora: 12m ³ /h	Partes en contacto con fluido en acero inoxidable; 4 HP	2
Tanque de alimentación a tricanter: Ø2,32 x 2m: 8m ³	Fabricación en lámina de acero al carbono de 1/4"	1
Sinfín de lodos de tricanter: Ø0,2m x 8m	Fabricación en lámina de acero inoxidable de 3/16"; 3 HP	1
Bomba de aceite terminado: 12m ³ /h	Partes en contacto con fluido en acero inoxidable; 4 HP	2
Estructura y plataformas de clarificación	Fabricación en láminas y perfiles de acero al carbono	1
Bomba para aguas de desecho, 30m ³ /h; 20mcda	Partes en contacto con fluido en acero inoxidable; 4 HP	2
Florentino, 50m ³	Fabricación en lámina de acero al carbono de 1/4"	1
Bomba para aguas lodosas a lagunas, 30m ³ /h; 30 mcda	Partes en contacto con fluido en acero inoxidable; 4 HP	2
DEFIBRACIÓN		
Transportador secador de torta + camisa calefacción: Ø750mm x 23m		1

Desfibrador Neumático completo. 45.000 m ³ /h; 75 HP	Con ventilador centrífugo de 60HP, 24.000m ³ /h; esclusa 600mm; conductos y codos en acero al carbono	1
Estructura ciclones	Fabricación en lámina y perfiles estructurales de acero al carbono	1
Transportador de combustible bajo ciclones	Ø0.6 m x 30 m, en lámina de acero al carbono de 1/4"; 7 HP	1
Transportador de combustible a caldera	Ø0.6 m x 20 m, en lámina de acero al carbono de 1/4"; 6 HP	1
Tambor pulidor de nueces	Ø1,3 m x 6 m; en lámina y perfiles de acero al carbono	1
PALMISTERIA		
Transportador de nueces a elevador	Transportador de nueces a elevador: Ø300mm x 3m	1
Elevador para nueces frescas a silo	Elevador para nueces frescas hacia el silo: Y _c = 10m	1
Silo para almacenamiento y secado de nueces	Silo para almacenamiento y secado de nueces: 60 m ³	1
Transportador de nueces a elevador	Transportador de nueces a elevador: Ø300mm x 3m	1
Elevador de nueces a silo	Elevador para nueces frescas hacia el silo: Y _c = 8m	1
Tambor clasificador de nueces	Tambor clasificador de nueces: Ø1,2m x 3,3m	1
Tolvas y conductos de descarga	Tolvas y conductos de descarga provistos con imán para alimentar molinos	3
Molino de nueces	Capacidad 3 Ton/h	3
Transportador mezcla triturada	Transportador mezcla triturada: Ø300mm x 4m	1
Separador neumático de tres fases	Separador neumático de tres fases (7000Kg/h)	1

Columna de separación neumática	Con esclusa 325; ventilador 24 HP; Ciclón de 1.5 m; conductos y codos en acero al carbono	1
EXTRACCIÓN ACEITE Y TORTA PALMISTE		
Transportador almendras secas descarga silo secado	400 mm x 20000 mm, en lámina de acero al carbono de 1/4"	1
Elevador de almendras al transportador a tolvas. 10 m.	Distancia entre centros 10 m; con imán permanente 14K Gauss	10
Transportador de almendras	0.4 m x 6m, en acero al carbono	1
Prensa para extracción de aceite de almendra	Capacidad 10 Ton/d	1
Sinfín de torta extractada	0.25 m x 14 m, en acero al carbono	1
Molino de martillos para torta extractada	Capacidad 10 Ton/d	1
Sinfín de aceite turbio bajo prensa	0.2 m x 10 m, en acero inoxidable de 3/16"	1
Tanque colector de aceite turbio de prensas, con agitador	En acero inoxidable; capacidad 2 m ³	1
Bomba aceite turbio a tamiz	En acero inoxidable; capacidad 12 m ³	2
Tamiz circular doble malla, Ø60" (lodos)	Mallas N°20 y 30 en acero inoxidable	1
Tanque aceite tamizado	En acero inoxidable; capacidad 2 m ³	2
Estructura metálica planta aceite de palmiste	Fabricación en perfiles y lámina de acero al carbono	1
GENERACIÓN DE VAPOR		

Caldera vapor alta presión	25 Ton/h; 30 Barg; 310°C; con transportadores de ceniza; parrilla reciprocante; casing HR-1/4"; Panel de control; aislamiento térmico; sistema de alimentación de combustible; ventiladores: tiro inducido, aire primario, distribución de combustible	1
Precipitador electrostático	Capacidad 30 Ton/h; emisiones, 50 mg/m; Campos en serie; aislamiento térmico; panel de control	1
Turbina de vapor	1.2 MW; 1800 RPM; 60 Hz; una etapa; paro de emergencia por velocidad, temperatura, lubricación presión de vapor de entrada	1
Conductos de transporte Ø400mm	En lámina de acero al carbono HR-3/16"	1
Distribuidor de vapor alta presión: Ø1,5m x6m	En lámina de acero al carbono A516 G70, según código ASME Sec I	1
INSTALACIONES ELÉCTRICAS		
Equipo para corrección de factor de potencia		1
Tablero eléctrico principal		1
Subtableros para control de motores		1
Pantallas y componentes para el cuarto de control		1
Sistema de monitoreo del proceso		1
Tablero y elementos eléctricos extracción aceite y torta palmiste		1
Consolas para arranque y operación de los equipos		1

Alumbrado interior, tomas a tierra y sistema de pararrayos		1
Planta de emergencia de 600Kw		1
Tanque combustible planta de emergencia 10000 al		1
TRATAMIENTO DE AGUA		
Planta tratamiento agua, 20 LPS filtrada y 15 LPS desmineralizada		1
Tratamiento agua caldera		1
Tanque elevado de agua. 60m ³		1
Bomba de agua cruda: 60m ³ /h		1
ALMACENAMIENTO DE ACEITE		
Tanque de almacenamiento de 1000 Ton	Fabricado en lámina de acero según norma API 650; Ø10 m x 10 m	2
Bomba de despacho de aceite	En acero inoxidable; 40 m ³ /h	2
Sistema de despacho de aceite		2

Fuente: MESA, Hector y BELTRAN PIÑEROS, Diego. Fabricación y montaje de los equipos para una planta extractora de aceite de palma. Trabajo de grado Especialización en Gerencia de Proyectos. Bogotá D.C.: Universidad Piloto de Colombia. Facultad de Ciencias Sociales y Empresariales, 2018. 38, 39, 40, 41 p

4.2 INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO RBI:

La Inspección Basada en Riesgo RBI, se define como “una técnica de toma de decisiones para la planificación de la inspección basada en riesgo”. La metodología RBI tiene en cuenta la probabilidad y consecuencia de falla, y se enfoca en mejorar y optimizar los planes de inspección, afrontando las amenazas que atentan con la integridad de un activo.⁵

4.2.1 Riesgo: ¿Qué es el riesgo? La práctica recomendada API RP580, define el riesgo como “La combinación de la probabilidad de que algún evento ocurra durante un periodo de tiempo de interés y la consecuencia (generalmente negativas). asociadas con el evento.”

En términos matemáticos el riesgo puede ser calculada por la ecuación:

Riesgo = Probabilidad x Consecuencia.

4.2.2 Probabilidad y Consecuencia para RBI: El objetivo del RBI, es determinar que incidente podría ocurrir (consecuencia) en el evento de la falla de un equipo, y como probablemente (probabilidad) este incidente ha ocurrido.

Combinando la probabilidad de uno o más de estos eventos con estas consecuencias se podrá determinar el riesgo de operación. Algunas fallas pueden ocurrir con relativa frecuencia sin seguridad adversa significativa, ambientales o impactos económicos. De igual manera, algunas fallas tienen consecuencias potencialmente graves, pero si la probabilidad del incidente es bajo puede no garantizar una acción inmediata. Sin embargo, si la combinación de la probabilidad de la consecuencia (riesgo) es lo suficientemente alta como para ser inaceptable, una acción de mitigación para reducir la probabilidad y o la consecuencia del evento es apropiada.⁶

4.2.3 Alcance del RBI

El RBI se enfoca en la inspección de equipos estáticos y sistemas de presión en plantas. Incluye la inspección de recipientes a presión (todos los componentes que contengan presión), tubería de procesos (tubos y accesorios), tanques de almacenamiento (atmosféricos y presurizados), equipos rotatorios (componentes que contengan presión), calderas o intercambiadores de calor (componentes presurizados) y equipos de alivio de presión, entre otros.⁷

⁵ CELIS VILLAREAL, Jaime. Generalidades de Inspección Basada en Riesgo. 1.5 ed. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2019.

⁶ AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Risk – Based Inspection. 2ed. Washington D.C.: API 2009. 16 p.

⁷ Ibid., p. 4.

Esta metodología se centra en mantener la integridad mecánica, minimizando el riesgo de la pérdida de contención debido al deterioro.

4.2.4 Métodos de Enfoque de RBI

Los procedimientos RBI pueden ser aplicados por métodos cualitativos, cuantitativos o uso de aspectos de ambos (semicuantitativos).

Cada enfoque proporciona un camino sistemático para detectar los riesgos, identificar áreas de potencial preocupación y desarrollar una lista priorizada de inspección para realizar un análisis más profundo. Cada uno desarrolla una medida de clasificación de riesgo que es utilizado para hacer una evaluación por separado la probabilidad de falla POF y el potencial de consecuencia de falla COF. Estos dos valores son combinados para estimar el riesgo de falla.

4.2.4.1 Enfoque Metodológico Cualitativo: Este método da un enfoque que requiere datos de entrada basados en información descriptiva, juicios de ingeniería y experiencia como base para el análisis de probabilidad y consecuencia de falla. Las entradas generalmente se dan en datos y los resultados a modo cualitativo (alto, medio, bajo). De los resultados aquí obtenidos se puede contemplar la evaluación de los riesgos presentes en el equipo. La precisión de los datos depende de la experiencia del equipo evaluador.

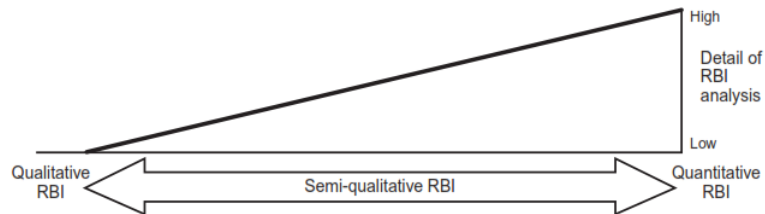
4.2.4.2 Enfoque Metodológico Cuantitativo: este método integra la información relevante sobre el diseño de la instalación, las prácticas operativas, historia operativos, confiabilidad de los componentes, acciones humanas y los efectos potenciales en el medio ambiente y salud.

Este método utiliza modelos lógicos que representan combinaciones de eventos que podrían desembocar en accidentes graves y modelos físicos que muestran la progresión de accidentes y movilidad de materiales considerados como peligrosos al medio ambiente. Los modelos son evaluados probabilísticamente para proporcionar información cualitativa y cuantitativa sobre el nivel de riesgo, identificar diseño y características importantes para el riesgo. Este método se distingue del cualitativo, por la profundidad del análisis de riesgo e integración de evaluaciones detalladas.

4.2.4.3 Enfoque Metodológico Semicuantitativo: Es un término que describe cualquier enfoque que tenga, ya sean aspectos cualitativos o cuantitativos. Este enfoque está orientado para obtener los principales beneficios de los enfoques cualitativos o cuantitativos. Normalmente la mayoría de los datos usados en un enfoque cuantitativo son necesarios para este enfoque, pero con menos detalle. Los resultados son generalmente dados en categorías de consecuencias y probabilidad, o como número de riesgo, pero con valores numéricos que pueden ser asociados

con cada categoría para permitir el cálculo del riesgo y la aplicación apropiada del criterio de aceptación.⁸

Figura No. 2 Continuidad de los enfoques RBI



Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Risk – Based Inspection. 2ed. Washington D.C.: API 2009.

En la práctica, un estudio de RBI usa típicamente aspectos de enfoques cualitativos, cuantitativos y semicuantitativos. Estos enfoques del RBI no se consideran como competitivos sino como complementarios uno del otro.

La figura 2, hace referencia a

El proceso RBI, mostrado en la Figura 3, describe los elementos esenciales de planes de inspección basados en análisis de riesgos. El diagrama es aplicable a la Figura 2 independientemente de cual enfoque RBI es aplicado; cada uno de los elementos mencionados en la Figura 3, son esenciales para un programa completo de RBI independientemente de su método de enfoque (cualitativos, cuantitativo o semicuantitativo).

⁸ Ibid., p19, 20

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La monografía, tiene como objetivo el planteamiento de una guía para la implementación de un Programa de Inspección Basada en Riesgo siguiendo la metodología establecida por la práctica recomendada API RP 580 (Risk – Based Inspection) y API RP 581 (Risk – Based Inspection Methodology), a plantas de extracción de aceite de palma, a los equipos estáticos que comúnmente intervienen en el proceso productivo; que, mediante la investigación documental y aplicación de las normas de referencia, se elaborará el plan de acción requerido para la desarrollo de este programa, definiendo los alcances, y las prioridades del RBI.

El planteamiento de la metodología RBI propuesta, se llevará a cabo mediante un enfoque semicualitativo / semicuantitativo. Este método de investigación deductivo, pretende aplicar los procedimientos establecidos por las prácticas recomendadas API RP 580 y API RP 581, donde los análisis requeridos para la implementación de un programa RBI, se ajustarán para el sector productivo de extracción de aceite de palma. El diseño empleado es cuasiexperimental.

5.2 POBLACIÓN

5.2.1 Población: Plantas de procesos de extracción de aceites.

5.2.2 Población de Estudio: Plantas de extracción de aceites a partir de productos vegetales.

5.2.3 Población de Muestra: Plantas de extracción de aceite de palma

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

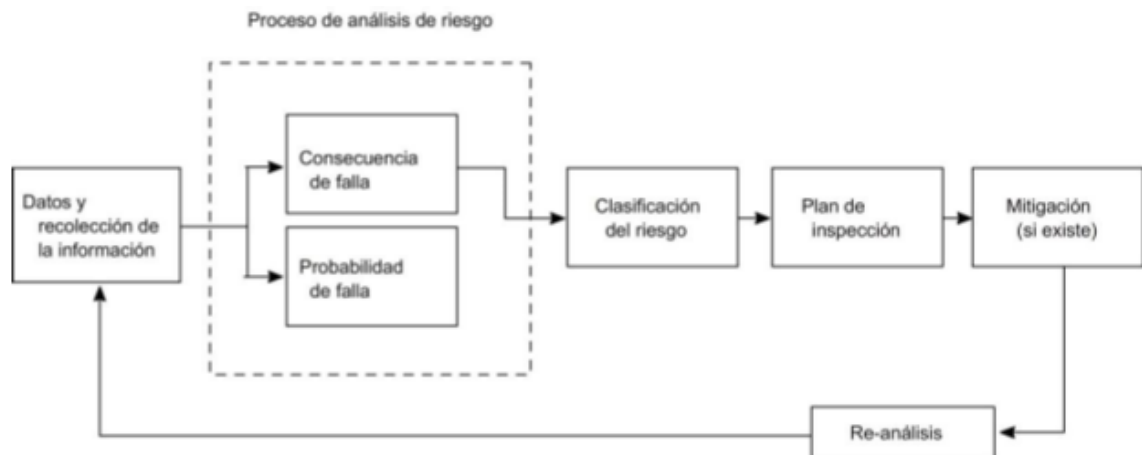
6.1 PLANTEAMIENTO DE METODOLOGÍA RBI API 580 – API 581

Con la finalidad de evaluar los riesgos de falla con respecto al tiempo en las consecuencias de área de impacto y financieros a los que se encuentran por sus condiciones de operación y mecanismos de daños inherentes a su proceso en los equipos que intervienen en la de extracción de aceite de palma, se pretende implementar y ajustar un programa RBI, que permita determinar el plan de inspección requerido, de acuerdo a aquellos factores que representen mayor probabilidad de pérdida de contención en un equipo.

Para ello es necesario cumplir con una serie de requisitos, e información necesaria que permitirán el desarrollo del plan de inspección basada en riesgo – RBI, que serán los que se definen en el desarrollo del actual procedimiento.

La figura No. 3, muestra el plan general y los elementos esenciales requeridos para el desarrollo de la evaluación RBI.

Figura No. 3: Elementos necesarios para Planes de Inspección Basada en Riesgo



Fuente: AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Risk – Based Inspection. 2ed. Washington D.C.: API 2009.

5.3.1 Equipo Interdisciplinario RBI

Para llevar a cabo el plan RBI, es necesario contar con un equipo interdisciplinario, de personal técnico especializado en la implementación de programas RBI, con conocimiento de los datos básicos en equipos de procesos de obtención de aceite de palma. El personal debe cumplir con el perfil profesional que se define en la Tabla 2.

Tabla 2 Definición de Cargos y Funciones del Grupo RBI

CARGO	FORMACIÓN PROFESIONAL	FUNCIONES
<p>Director de Proyecto RBI</p> <p>Área: Operativa</p>	<p>Ingeniero metalúrgico, mecánico, industrial y afines, especialista o magister en implementación de Programas de Gestión de Integridad. Debe contar con mínimo 5 años de experiencia en implementación de programas RBI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Integrar las entradas, productos, estructura organizativa, reportes y comunicaciones de equipos. - Seleccionar el personal y miembros del grupo que intervendrá y hará parte del equipo RBI, garantizando que tengan la formación, cuenten con habilidades y conocimientos. - Asegurar que haya coherencia en las suposiciones hechas y que estén adjuntas en los informes finales - Revisar que los datos recopilados hayan pasado por control de calidad. - Manejar información de bases de datos. - Calcular medidas de riesgo. - Preparar el informe y su distribución al personal relacionado. - Entrega del informe final a la junta directiva y estar en continuo contacto con el jefe de planta o producción.
<p>Inspector Lider RBI.</p> <p>Área: Operativa</p>	<p>Ingeniero metalúrgico, mecánico, industrial y afines, especialista o magister en implementación de Programas de Gestión de Integridad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilar datos respecto a la condición e historial del equipo o componente de estudio, incluyendo la condición del diseño en el estado inicial y la condición actual, información usualmente ubicada en archivos de inspección y mantenimiento; en caso de no contar con esta información, se deberá predecir o suponer la condición actual del equipo - Evaluar la efectividad de las inspecciones previas - Implementar del plan de inspección recomendado.

<p>Profesional de materiales</p> <p>Área: Operativa</p>	<p>Ingeniero metalúrgico, mecánico, industrial, materiales afines, especialista magister metalurgia ciencia de materiales</p> <p>de y o en y los</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar y determinar los tipos de mecanismos de daño del equipo de estudio acuerdo con el proceso, metalurgia, medioambiente y edad del equipo. - Hacer análisis comparativos respecto al estado actual del equipo, determinar a qué se deben las diferencias entre los resultados reales y el pronóstico. - Orientar sobre mecanismos de daño y gravedad que debe emplearse en el RBI, - Indicar la idoneidad de las inspecciones ejecutadas en la evaluación respecto a los mecanismos de daño, - Recomendar métodos de mitigación de la probabilidad de falla.
<p>Profesional de Procesos</p> <p>Área: Operativa</p>	<p>Ingeniero Procesos, industrial afines.</p> <p>de o</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proveer información acerca de la condición del proceso presentado en hojas del flujo de proceso. - Documentar las variaciones del proceso normales (arranques y paradas) y anormales, - Indicar composición, variabilidad, toxicidad e inflamabilidad de fluidos y gases del proceso. - Evaluar y recomendar métodos de mitigación del riesgo mediante cambios en las condiciones del proceso.
<p>Inspector END Nivel II</p>	<p>Ingeniero metalúrgico, mecánico, industrial, materiales y afines, Nivel II en UT, PT, MT, RT, VT.</p> <p>de y</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar inspecciones a equipos mediante técnicas no destructivas, según indicación del plan RBI. - Calibrar equipos, siguiendo los procedimientos de la empresa y código de inspección o construcción - Realizar informes con análisis de resultados de inspección. - Notificar zonas críticas de inspección. - Manejar normas de códigos de inspección, aplicables al equipo de inspección. - Evaluar la conveniencia de inspección, de acuerdo a las condiciones del equipo, facilidades de acceso, temperatura de la superficie a inspeccionar, presencia de contaminantes que interfieran con los resultados de la evaluación, entre otras.

<p>Inspector END Nivel I</p>	<p>Técnico en Ensayos No Destructivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyar al inspector Nivel II en END, en las actividades de inspección. - Realizar inspección bajo la supervisión del Nivel II en END. - Verificar y adecuar las zonas de inspección, para la realización efectiva del trabajo.
<p>Técnico de Mantenimiento</p> <p>Área: Operativa</p>	<p>Técnico profesional en mantenimiento industrial</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar las condiciones de la instalación. - Verificar el funcionamiento adecuado de equipos. - Entregar reporte de fallas cuando el proceso opera fuera de los límites de trabajo aceptables. - Verificar que la información y el estado de reparaciones y/o cambios, haya sido añadida en la información sobre condición del equipo. - Entregar recomendaciones de las modificaciones de equipo o proceso en pro de la reducción del riesgo.
<p>Administrador del proyecto</p> <p>Área: Administrativa</p>	<p>Administrador de Empresas, con experiencia en manejo de recursos económicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar los recursos monetarios y de personal para la ejecución del RBI. - Tomar decisiones respecto a la gestión de riesgos apoyado en el coordinador RBI, - Brindar las herramientas requeridas para la toma de decisiones por parte de los otros participantes según los resultados del análisis RBI. - Proveer los recursos para la implementación de medidas de mitigación del riesgo.
<p>Coordinador HSEQ</p> <p>Área: Operativa</p>	<p>Ingeniero industrial ambiental seguridad salud en el trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gestionar permisos de trabajo mediante la verificación y análisis de las condiciones del sitio de trabajo. Estas deben ser seguros para el desarrollo de actividades. - Recomendar los EEP's necesarios y adecuados para el desarrollo del trabajo seguro de los operadores. - Proporcionar información sobre el reglamento ambiental y de seguridad. - Hacer reportes de indicaciones de calidad. - Hacer control de registro documental.

Gerente Financiero	Administrador de Empresas o en carreras administrativas afines.	<ul style="list-style-type: none"> Proveer la información referente a costos de instalación o equipos. Proyectar el impacto del negocio en caso de la interrupción, e indicar los métodos adecuados para la mitigación de consecuencias financieras de falla. Estas actividades deben ir acompañadas por la asesoría del director del proyecto RBI.
--------------------	-----------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: El autor

5.3.2 Equipos de Estudio

Los equipos de la evaluación RBI a los que se le realizará el estudio, son los que incluyen los siguientes procesos:

Tabla 3 Listado de Equipos de Estudio para Análisis RBI

DESCRIPCIÓN	PROCESO	CLASIF. SEGÚN TIPO DE EQUIPO
Autoclave de esterilización vertical	Esterilización	Recipiente a presión
Tanque condensados de esterilización	Esterilización	Tanque de almacenamiento
Tanque para aceite recuperado	Manejo de racimos vacíos	Tanque de almacenamiento
Digestor	Extracción de Aceite Rojo	Tanque de almacenamiento
Tanque Receptor de aguas lodosas	Clarificación dinámica	Tanque de almacenamiento
Tanque colector de aceite turbio de prensas, con agitador	Extracción aceite y torta palmiste	Tanque de almacenamiento
Tanque aceite tamizado	Extracción aceite y torta palmiste	Tanque de almacenamiento
Caldera de vapor	Generación de Vapor	Caldera de poder
Tanque de almacenamiento de aceite	Almacenamiento de Aceite	Tanque de almacenamiento

Fuente: El autor.

5.3.3 Normatividad Aplicable.

Para la evaluación de los riesgos, criterios de aceptación y rechazo, parámetros de construcción, selección de materiales de acuerdo a las condiciones de temperatura, presión, tipo de fluido, métodos y procedimientos de inspección, calificaciones del personal aplicables y en general todos los requisitos que deben cumplir los equipos antes, durante y después de operación; es indispensable contar con la información que suministran los códigos y normativas de construcción en su última edición; las cuales son las guías y bases de consulta para la toma de decisiones de aceptabilidad y rechazo.

Para el caso de los equipos que operan en la planta de extracción de aceite de palma es necesario entrar a considerar las normativas que se consignan en la tabla 4 (Códigos y Normativas aplicables)

Tabla 4 Listado de códigos y normativas aplicables al estudio RBI

RELACIÓN DE CÓDIGOS Y NORMATIVAS PARA DESARROLLO DEL ESTUDIO DEL PLAN RBI		
REF.	TÍTULO	PROPÓSITO
API 510	Pressure Vessel Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration	Cubre los procedimientos de inspección, clasificación, reparación y alteración, para recipientes a presión y equipos de alivio de presión que protegen a los recipientes a presión, que han sido puestos en servicio.
API 570	Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems	Cubre los procedimientos de inspección, clasificación, reparación y alteración, para sistemas de tuberías metálicas y plástico reforzado en fibra de vidrio, y los equipos de alivio de presión asociados, que han sido puestos en servicio.
API 571	Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refinery Industry	Proporcionar guías generales para establecer los mecanismos de daño más comunes en aleaciones usados en la industria petroquímica.

API 572	Inspection of Pressure Vessels (Towers, Drums, Reactors, Heat Exchangers, and Condensers)	Cubre la inspección de recipientes a presión. Incluye una descripción de varios tipos de recipientes a presión y los estándares para la construcción y mantenimiento.
API 577	Welding Processes, Inspection and Metallurgy	Es una guía para el inspector autorizado API, en la inspección de soldadura que se encuentra con la fabricación y reparación de tuberías de refinerías y plantas químicas.
API 580	Risk Based Inspection	Proporcionar elementos básicos para el desarrollo, implementación y mantenimiento de un programa de Inspección Basada en Riesgo, para equipos estáticos de plantas de procesos.
API 581	Risk Based Inspection Technology	Proporcionar los procedimientos cuantitativos para establecer un programa de inspección basada en riesgo, para equipos presurizados estáticos.
API 650	Welded Tanks for Oils Storage	Establece los requerimientos mínimos para selección de materiales, diseño, fabricación, montaje e inspección para tanques de almacenamiento verticales, cilíndricos, abiertos y cerrados, en varios tamaños y capacidades.
API 653	Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction	Proporciona los requerimientos mínimos para el mantenimiento de la integridad de los tanques después de haber sido puesto en servicio, y direcciona la inspección, reparación y alteración, relocalización y reconstrucción.
ASME SEC I	Rules for Construction of Power Boilers	Cubre las reglas de construcción de calderas de poder, que serán puestos en servicio en plantas de procesos.

ASME SEC V	Nondestructive Examination	Contiene los requerimientos y métodos para examinación por ensayos no destructivos (END), para la detección de defectos en materiales, soldaduras y partes fabricadas.
ASME SEC VIII Div 1	Rules for Construction of Pressure Vessels	Cubre las reglas de construcción de recipientes a presión, que serán puestos en servicio en plantas de procesos.
AWS D1.1	Structural Welding Code - Steel	Contiene los requerimientos para fabricación y montaje de estructuras soldadas.

Fuente: El autor

5.3.3 Datos Requeridos para el Desarrollo del Plan RBI

Para la ejecución del plan RBI en la planta de extracción de aceite de palma, es necesario conseguir, tabular y archivar, la información de los equipos que se van a someter al estudio.

Esta información debe ser suministrada por el departamento de calidad y operativa de la planta en estudio. En caso que esta información no exista, se deberán determinar los métodos o técnicas que permitan dar inicio a la consecución de los datos técnicos de los equipos. Estos datos permitirán el cálculo de los factores que determinan el riesgo a los que se encuentran sometidos los equipos de análisis por sus condiciones de operación.

Para ello es necesario contar con la siguiente información:

Tabla 5 Datos Básicos para Implementación de Plan RBI

Descripción General	Datos a Suministrar al plan RBI
Planos de Diseño y Construcción	Inventario de Equipos con lista de materiales empleados para la construcción
	Diagrama de procesos.
	Flujogramas
	Planos Isométricos de tubería de procesos
	Libro tubo de construcción
	Plan de diseño de Construcción
Registro Construcción (Dossier)	de Especificaciones técnicas del equipo
	Registro de materiales de construcción.
	Capacidad de equipos
	Datos de sistemas de aislamiento de equipos

	Diseño de sistema de protección catódica en equipos
Registros de Mantenimiento e Inspección	Históricos de inspección. Técnicas implementadas, efectividad de las inspecciones, fechas de inspección.
	Registros de inspección.
	Reparaciones, alteraciones o modificaciones
	Registros de mantenimiento preventivos
	Registros de mantenimientos correctivos
	Causa de mantenimientos. Correctivos
	Acciones implementadas en mantenimientos.
Datos de Procesos	Análisis de composición química de fluidos y productos
	Procedimientos de operación
	Registros operacionales
	Registros de control de procesos
	Registro de cambios de composición de productos y fluidos
	Presiones máximas y mínimas de operación
	Temperaturas máximas y mínimas de operación
	Balances de calor y materia.
Fases de Operación	Registros de Puesta en marcha
	Registros de paradas de equipos
	Registros de funcionamiento dentro de los parámetros de operación
	Paradas inesperadas en los procesos de operación.
	Paradas de emergencias
	Reinicio después de paradas de emergencias
Datos de falla de mecanismos e índice de daño.	Datos genéricos de frecuencia de fallas del proceso en la industria
	Datos específicos de fallas en la planta
	Datos de fugas
	Datos de experiencia de operación.
	Datos de histórico de mecanismos y tasas de daños.
	Datos de la industria y prácticas recomendadas sobre mecanismos y tasas de daños aplicables
	Registro de pruebas de laboratorio
	Registro de pruebas de análisis en el sitio y de monitoreo en servicio
	Publicaciones sobre daños y mecanismos de daño
Condiciones geológicas, poblacionales y ambientales del sitio de ubicación de la planta	Registros y consideraciones ambientales, meteorológicos (velocidades del viento) y climáticos (temperatura ambiente exterior, humedad relativa, punto de rocío)
	Registros de actividad sísmica
	Registros de atmósferas corrosivas
	Velocidades del viento.
	Registros históricos de inundaciones

	Datos e información fuera de la planta (edificaciones, flora, fauna, habitacional, entre otros)
	Reportes de investigación de incidentes.
Costos	Informe de costos del proyecto
	Costos por paradas de planta inesperadas
	Costos de reparaciones por mantenimientos preventivos
	Costos de reparaciones por mantenimientos correctivos
	Costos de inspección por Ensayos No Destructivos.
	Costos de reparación por reemplazo de equipo
	Costo de remediación ambiental (en caso de pérdidas de contención por daños en equipos)
Datos de Peligros	Costos por interrupción de negocios
	Estudios de gestión de seguridad de proceso, PSM
	Estudios de análisis de peligros de proceso, PHA
	Estudios análisis cuantitativo o de riesgos, QRA

Fuente: CELIS VILLAREAL, Jaime. Generalidades de Inspección Basada en Riesgo. 1.5 ed. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2019., p23.

Es necesario que estos datos sean de fácil acceso al personal que está realizando el proceso de implementación del plan RBI. Estos datos deben ser trazables para poder hacer las comparaciones de los resultados de inspección una vez haya sido implementado del programa de inspección basada en riesgo. Estos datos pueden ser validados con los certificados de conformidad de los equipos entregados por el fabricante. La veracidad y calidad de esta información, son determinantes para medir la efectividad del programa RBI.

5.3.4 Mecanismos de Daño y Modos de Falla

Tipo de Equipo	Mecanismo de Falla	Modo de Falla
Recipientes a presión	Pérdida de metal localizado y generalizado	Sulfuración Oxidación Corrosión Inducida Microbiológicamente Erosión – Corrosión Corrosión Bajo Insulación
	Fisuras conectadas con la superficie	Fatiga
	Microfisuras	Ataque de hidrógeno por alta temperatura
	Cambios Metalúrgicos	Grafitización Fragilidad por temperatura

	Cambios dimensionales	Esfuerzos de rotura
Tanques de Almacenamiento	Pérdida de metal localizado y generalizado	Oxidación
		Corrosión Inducida Microbiológicamente
	Corrosión en el suelo	Erosión - Corrosión
		Corrosión generalizada
		Corrosión Localizada
Cambios dimensionales	Corrosión Galvánica	
	Corrosión Inducida Microbiológicamente	
	Cambios dimensionales	Esfuerzos de rotura

Fuente: El autor

6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el listado de equipos, es de resultado de la investigación bibliográfica de lo predominante en las plantas de proceso de extracción de palma de aceite, es necesario que, durante la implementación en plantas reales, se hagan los respectivos ajustes de los equipos que intervienen en los procesos productivos. Igualmente es importante retroalimentar la información de los mecanismos de daños más predominantes que se desarrollan con el transcurso del tiempo y que afectan la integridad de sus activos.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALFARO, Marcos y ORTIZ, Elvin. Proceso de Producción del Aceite de Palma 2006 [En línea]. Bogotá: Ministerio de Agricultura. 2006., Disponible en <http://www.galeon.com/subproductospalma/proceso1.pdf>

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Risk – Based Inspection. 2ed. Washington D.C.: API 2009.

CELIS VILLAREAL, Jaime. Generalidades de Inspección Basada en Riesgo. 1.5 ed. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2019.

GRANADOS MUJICA, Carolina. Evolución del Sector Palmicultor. Bucaramanga: Universitaria de Investigación y Desarrollo.

INDUAGRO. Proceso Productivo. [En línea] Disponible en: <http://www.induagro.com.mx/HOMEAP/ProcProductAP/ProcProductAP.html>

MESA, Hector y BELTRAN PIÑEROS, Diego. Fabricación y montaje de los equipos para una planta extractora de aceite de palma. Trabajo de grado Especialización en Gerencia de Proyectos. Bogotá D.C.: Universidad Piloto de Colombia. Facultad de Ciencias Sociales y Empresariales.

PALCASA, Generalidades de la Palma Africana. [Sitio web]. Nicaragua. [Consultado 31 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.palcasanicaragua.com/preguntas-y-respuestas/respecto-a-la-palma/>

VALENCIA, Alejandro. Productores de aceite de palma apuestan por la productividad y la sostenibilidad [En línea]. Bogotá: La República. 2018., Disponible en www.larepublica.co/economia/palmeros-apuestan-por-la-productividad-y-sostenibilidad