

EVALUACIÓN DE RBI (INSPECCIÓN BASADO EN RIESGO) DE EQUIPOS

ESTÁTICOS SERVICIOS INDUSTRIALES BALANCE, EN LA REFINERÍA

BARRANCABERMEJA DE ECOPETROL S.A

JUAN SEBASTIAN DUEÑEZ JAIMES

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

SECCIONAL BUCARAMANGA

2015

EVALUACIÓN DE RBI (INSPECCIÓN BASADO EN RIESGO) DE EQUIPOS

ESTÁTICOS SERVICIOS INDUSTRIALES BALANCE, EN LA REFINERÍA

BARRANCABERMEJA DE ECOPETROL S.A

PRESENTADO POR:

JUAN SEBASTIAN DUEÑEZ JAIMES

ID: 000180010

Informe Final de Trabajo de Grado presentado como  
Requisito para optar por el Título de  
Ingeniería Mecánico

PRESENTADO A:

JUAN MANUEL ARGUELLO ESPINOSA

Docente, Facultad de Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

SECCIONAL BUCARAMANGA

2015

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bucaramanga 12 de Febrero del 2015

## DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza necesaria durante esta etapa de formación profesional; a mi familia por apoyarme y ser siempre mi soporte para alcanzar mis metas.

JUAN SEBASTIAN DUEÑEZ JAIMES

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por la excelente formación moral y académica en su búsqueda de profesionales con sentido humano, a todos los excelentes docentes con los cuales compartí durante todo mi proceso de formación, a los que hicieron posible mi Práctica Empresarial los Ingenieros Edwin Córdoba y Juan Manuel Arguello que reconocieron las capacidades que poseo como ingeniero mecánico en formación y confiaron en mis actitudes para alcanzar este logro en mi vida.

Al Ingeniero Leonardo Jaimes quien me transmitió los conocimientos necesarios en RBI los cuales me permitieron tener un excelente desempeño de esta práctica empresarial.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo general.....	17
2.2 Objetivos específicos .....	17
3 JUSTIFICACIÓN .....	18
4. MARCO REFERENCIAL.....	19
4.1 MARCO HISTORICO.....	19
4.1.1 Antecedentes:.....	19
4.1.2 Generalidades de la empresa:.....	20
4.2 MARCO TEORICO .....	25
4.2.1 Inspección Basada en Riesgo (RBI):.....	25
4.2.2 Metodología.....	25
4.2.3 Aplicación RBI.....	26
4.2.4Plataforma SharePoint:.....	28
4.3 MARCO LEGAL .....	29
4.3.1 API ( AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE):.....	29
5. METODOLOGÍA .....	31
5.1 Actividades Desarrolladas y Propuestas Implementadas .....	31
5.2 Descripción de Propuestas Implementadas:.....	32
5.3 Recopilación de Información equipos estáticos .....	33
5.4 Verificación de listado de equipos.....	34

5.5 Formato de Hoja de vida Equipos Estáticos: .....	35
5.6 Actualización RBI:.....	38
5.7 Evaluación de Resultados de la Implementación.....	54
6. CRONOGRAMA DE TRABAJO .....	56
7. PRESUPUESTO.....	57
8. CONCLUSIONES .....	58
9. RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	59

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Principales plantas de la Refinería de Barrancabermeja .....	21
Tabla 2. Actividades Desarrolladas vs Propuestas Implementadas.....	31
<i>Tabla 3.</i> Datos de espesores y Cálculos RBI.....	45
<i>Tabla 4.</i> Evaluación de Resultados de la Implementación de Propuestas.....	54
Tabla 6: Cronograma de Trabajo.....	56
Tabla 7 Presupuesto ejecutado durante los 6 meses de practica empresarial .....	57

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Mapa de infraestructura petrolera .....	20
<b>Figura 2.</b> Estructura organizacional de la Gerencia General de la Refinería de Barrancabermeja .....	23
<b>Figura 3.</b> Interfaz de Usuario Herramienta de Planeación Ellipse .....	35
<b>Figura 4.</b> Formato Hoja de Vida, Histórico de Equipos .....	37
<b>Figura 5.</b> Base de datos Histórico RBI U-2950.....	38
<b>Figura 7.</b> Libro Historial de Mantenimiento Calderas .....	42
<b>Figura 8.</b> Libro historial de mantenimiento Drums.....	43
<b>Figura 9.</b> Libro de historial de mantenimiento condensadores .....	43
<b>Figura 10.</b> Esquema Colector Calderas .....	44
<b>Figura 11.</b> Lazo de Corrosión.....	48
<b>Figura 12.</b> Descripción Lazo de Corrosión .....	49
<b>Figura 13.</b> Equipos Asociados al Lazo de Corrosión.....	49
<b>Figura 14.</b> Interfaz Principal RRM. ....	51
<b>Figura 15.</b> Matriz de Criticidad. ....	51
<b>Figura 16.</b> Índice de Confiabilidad.....	52
<b>Figura 17.</b> Histórico de Inspección .....	53
<b>Figura 18.</b> Planes de Inspección .....	54

## GLOSARIO

**CIE:** Coordinación de Inspección e Integridad de Equipos.

**CIT:** Centro de información Técnica

**CORROSIÓN:** Es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico de su entorno

**ELLIPSE:** Es un software creado por la compañía MINCOM y actualmente en las principal herramienta de consulta y almacenamiento de la información sobre mantenimiento y recomendaciones. En él se detallan las actividades realizadas y programadas de mantenimiento, Ordenes de trabajo (OT), Inventarios, etc.; agrupadas a partir de 1998, año en el cual se realizó la primera migración de datos a este programa.

**INSPECCIÓN:** Actividad realizada para verificar que los materiales, fabricación, montajes, pruebas cumplan con el código aplicable de ingeniería o requisitos del procedimiento escrito por parte del propietario, incluye la planificación, implementación y evaluación de los resultados de las actividades de inspección, la actividad externa, interna o en marcha depende de la condición del equipo a presión.

**LAZO DE CORROSIÓN:** Forma práctica de describir, entender y controlar los mecanismos de degradación de una planta. Es la sección de una planta sujeta a las mismas condiciones de proceso, lo mismos mecanismos de falla y el mismo criterio de selección de materiales (metalurgia).

**MODO DE FALLA:** para RBI es la manifestación de la pérdida de contención de elementos del equipo a presión. Ejemplos: pequeños agujeros, grieta, ruptura entre otros.

**ORGANIGRAMA:** Representación gráfica de la estructura de una empresa o cualquier otra organización.

**RBI:** Inspección basada en riesgo

**SHAREPOINT:** Plataforma de colaboración empresarial, formada por productos y elementos de software que incluye, entre una selección cada vez mayor de componentes, funciones de colaboración, basado en el Explorador web, módulos de administración de proceso, módulos de búsqueda y una plataforma de administración de documentos.

**RRM:** Manejo del riesgo y la Confiabilidad

**SIBA:** Departamento de Servicios Industriales Balance de la Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A.

**VELOCIDAD DE CORROSIÓN:** Es la rata de degradación de uniforme o pérdida de espesor que ocurre a través del tiempo en recipientes y tuberías de proceso debido a las condiciones corrosivas del fluido que maneja.

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** Evaluación de RBI (Inspección Basada en Riesgo) de Equipos Estáticos del Departamento Servicios Industriales Balance en la Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A

**AUTOR(ES):** Juan Sebastián Dueñez Jaimes

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR(A):** Juan Manuel Arguello Espinosa

### RESUMEN

La inspección basada en Riesgo (RBI) es una práctica de mantenimiento recomendada para examinar equipos como tambores de presión, intercambiadores de calor y tuberías en plantas industriales entre otros. Esta evalúa los aspectos de salud, seguridad y medio ambiente y el riesgo industrial de los mecanismos de daños activos y potenciales en los elementos, con el fin de evaluar y clasificar la probabilidad de falla y sus consecuencias. El siguiente documento presenta la actualización de la estrategia de RBI (Inspección Basada en Riesgo) de Equipos Estáticos del Departamento Servicios Industriales Balance de la Refinería de Ecopetrol S.A en Barrancabermeja. Inicialmente, se limitó el tipo de equipos estáticos a los cuales se les realizaría la estrategia, la práctica recomendada RBI existentes para ser actualizadas, y se procedió a recolectar toda la información necesaria para su documentación en SharePoint. Luego, se actualizó la estrategia del RBI y se creó la base de datos necesaria para la implementación de las nuevas estrategias RBI del Departamento. Finalmente se entregó el RBI actualizado y la base de datos para la implementación de futuras estrategias con sus respectivos planes de inspección. La actualización es socializada por medio de presentaciones al Departamento y a la Coordinación de Inspección e Integridad de equipos (CIE) quienes serán los encargados de actualizar o delimitar nuevos tópicos a futuro.

### **PALABRAS CLAVES:**

RBI, SharePoint, Inspección, RRM.

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** Evaluation of RBI (Risk Based Inspection) of Static Equipment Industrial Services Department Balance in Barrancabermeja Refinery Ecopetrol SA

**AUTHOR(S):** Juan Sebastian Dueñez Jaimes

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** Juan Manuel Arguello Espinosa

### ABSTRACT

Risk Based Inspection (RBI) is an Optimal maintenance business process applied to examine equipment such as pressure vessels, heat exchangers and piping in industrial plants. It examines the Health, Safety and Environment and business risk of active and 'potential' Damage Mechanisms to assess and rank failure probability and consequence. This document presents the update of the RBI strategy for static equipment in the department of Industrial Balance services in Ecopetrol S.A Refinery at Barrancabermeja. First, the static equipment to carry out this strategy was defined, a previous strategy was studied in order to be updated and the information needed was collected to its documentation in SharePoint. Then, the existing RBI was restructured and database needed to start the implementation of the new strategies for the department of Industrial Balance services was created. Finally, the updated RBI and the database for the implementation of the future strategies along with its respective inspection plans were delivered to the department and Specialized Inspection Center that will ensure its updating or its new topics to future

### KEYWORDS:

RBI, SharePoint, Inspection, RRM,

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## INTRODUCCIÓN

En toda empresa reconocida mundialmente se aplican diferentes medios para conservar sus activos, permitiéndole aprovechar la vida útil al máximo sin perder la integridad y confiabilidad de estos. Uno de estos medios es la inspección, que para ECOPETROL S.A., es un actor fundamental debido a que permite plantear una visión sobre sus activos principalmente equipos estáticos por medio de ensayos, mantenimiento y prácticas recomendadas como el análisis basado en riesgo (RBI). Esta práctica sirve para identificar, evaluar y definir los riesgos industriales (debido a la corrosión y fracturas por exceso de tensión), que pudieran poner en peligro la integridad de los equipos, tanto presurizados como estructurales. Esta práctica aborda los riesgos que se pueden controlar mediante inspecciones y análisis adecuados en los departamentos de la refinería, puntualmente para Servicios Industriales Balance.

Durante el proceso del RBI, los ingenieros diseñan la estrategia a seguir en la inspección (qué, cuando y como inspeccionar) que se adecúe mejor con los mecanismos de falla que se hubieran previsto u observado en la ejecución de esta práctica recomendada, generando los planes de inspección para conservar los equipos estáticos involucrados en esta práctica.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, Ecopetrol S.A. pertenece al grupo de las 39 petroleras más grandes del mundo y es una de las cinco principales de Latinoamérica.

Para alcanzar el gran reconocimiento que maneja Ecopetrol S.A, esta cuenta con una estructura de trabajo muy bien diseñada, en la cual dividió sus responsabilidades en 12 Departamentos específicos, de acuerdo a las plantas tratadas en toda la Refinería, para poder tener mayor control en cada uno de sus procesos y productos a ofrecer; cada uno de estos Departamentos se encuentra estructurado por líderes en cada área e Ingenieros de apoyo, el cual rinden cuentas al Jefe de Departamento de acuerdo a los objetivos e indicadores que cada uno tiene planteado. El ingeniero de apoyo de la Coordinación de Inspección e Integridad de equipos (CIE) es el ingeniero estático que se encarga de las diferentes actividades programadas entre esas la recopilación de la información actualizada de los equipos estáticos del departamento y la creación de las diferentes practicas recomendadas RBI o la actualización de estas; que en muchas ocasiones la respuesta al por que no se han realizado estas actividades es falta de tiempo. Debido a la gran magnitud de información de equipos estáticos del departamento que se encuentra distribuida en: el núcleo del departamento, en la planta, en la coordinación y en el centro de información técnica no permite un manejo adecuado en el momento de tomar decisiones. Es por esto que el ingeniero de apoyo de la Coordinación de Inspección e Integridad de equipos (CIE), ve conveniente como primera instancia realizar una recopilación de toda la información de equipos estáticos unificándola en el sitio web SharePoint para tener una mayor facilidad de trabajo. Por otra parte es necesario actualizar la

práctica recomendada RBI que existe en la U-2950 del departamento donde se encuentran los equipos críticos de esta planta y la primera fase de la práctica recomendada RBI para las diferentes unidades de la planta, para lograr la conservación de los equipos estáticos presurizados involucrados en esta metodología creada por la SHELL y aplicada actualmente a nivel mundial en las empresas de hidrocarburos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Actualizar la Evaluación de RBI (Inspección Basado en Riesgo) del equipo estático del Departamento de Servicios Industriales Balance de la Refinería Ecopetrol Barrancabermeja, a través de la implementación de la herramienta RRM (Manejo del riesgo y la confiabilidad)

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Recopilar y organizar toda la información actualizada de los equipos estáticos del Departamento de Servicios Industriales Balance(SIBA) por unidades:
  - U-2900 Planta de Agua
  - U-2950 Generación de Vapor, Aire y Energía Eléctrica
  - U-2960 Turbosas
  - U-2980 Generación de Aire Comprimido
  - U-3900 Contraincendios.
2. Verificar el listado de equipos existentes en planta, planos e información.
3. Actualizar el RBI y los planes de inspección del Departamento Servicios Industriales Balance.

### 3 JUSTIFICACIÓN

El Departamento Servicios Industriales Balance cuenta con una práctica recomendada RBI de la U-2950 realizada en el año 2012, donde se encuentran definidos sus lazos de corrosión y los componentes de cada equipo correspondientes, los TAGS creados por agrupación de cada lazo de corrosión en la herramienta RRM, la base de datos de implementación ya cargada a la herramienta y el historial de mantenimiento que tienen los equipos involucrados en esta evaluación RBI; según las inspecciones que se han realizado desde el año 2012 es necesaria una actualización del RBI de la U-2950 y crear la base de datos de implementación de la práctica para las diferentes unidades del Departamento Servicios Industriales Balance.

Es por ello, que se hace necesario, inicialmente, realizar una recopilación de la información para desarrollar esta práctica con sus respectivos documentos: Datasheet, planos mecánicos, recomendaciones, historiales de mantenimiento, ensayos no destructivos. Cierta información será cargada a la herramienta web que posee cada departamento de la Refinería General de Barrancabermeja llamada SharePoint según la estructura planteada por el líder de innovación del departamento para mantener la disponibilidad de la información y facilitarla para todos los miembros de la Refinería, por lo cual es necesario seleccionar la información que se cargará a la herramienta RRM para proceder a la actualización del RBI de la U-2950, y alimentar la base de datos de la implementación del RBI en las diferentes unidades del Departamento.

## **4. MARCO DE REFERENCIA**

### **4.1 MARCO HISTORICO**

#### **4.1.1 Antecedentes:**

La Gerencia Refinería Barrancabermeja en cada departamento por medio del apoyo de la Coordinación de Inspección e Integridad de equipos proporciona un balance de la vida útil de cada uno de sus equipos y tuberías por medio de diferentes metodologías como RCM, RBI, RCA garantizando la conservación de sus activos y extender su vida lo suficientemente necesario, cada metodología se puede aplicar en ciertos casos para el mismo equipo pero difiere en el resultado que cada una proporciona. Para realizar una práctica recomendada en el RBI deben ser analizados principalmente equipos de contención presurizados los cuales son evaluados mediante un indicador clave definido para las unidades que poseen ésta práctica de inspección en el departamento, éste indicador debe ser cumplido por parte del Ingeniero de Apoyo de la Coordinación de Inspección e Integridad de equipos.

En el Departamento de Servicios Industriales Balance se ha intentado realizar la práctica recomendada RBI de las diferentes unidades de la planta, pero no se ha encontrado el resultado esperado por la falta de disponibilidad del personal, planeación, tiempo e inspectores que desarrollen el taller y actualicen la información cuando sea necesario. En este momento la U-2950 es la unidad que cuenta con un RBI éste será actualizado para generar los planes de inspección pertinentes.

#### 4.1.2 Generalidades de la empresa:

4.1.2.1 Nombre de la empresa: ECOPETROL S.A

4.1.2.2 Nombre del departamento: Departamento de Servicios Industriales Balance

4.1.2.3 Ubicación: Refinería Barrancabermeja – Santander, Colombia

4.1.2.4 Teléfono: (577) 6208940

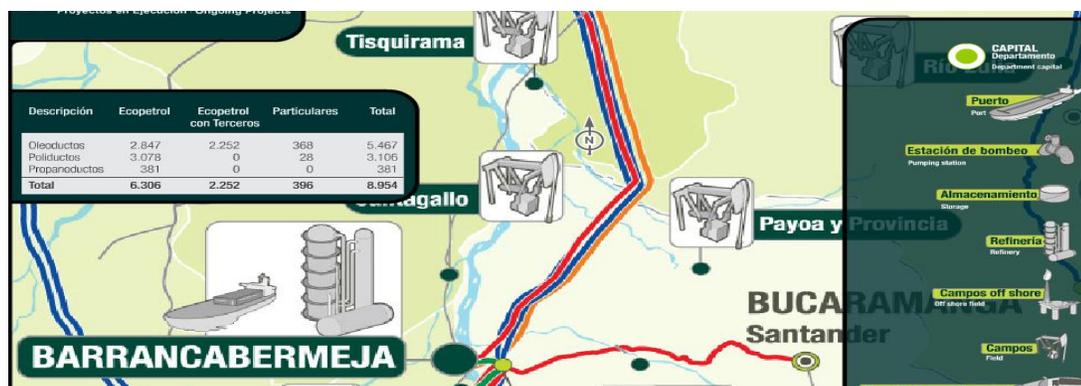
4.1.2.5 Actividad económica de la empresa: Actividades comerciales o industriales relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos.

4.1.2.6 Actividad económica del departamento: Producción y suministro de Servicios Industriales.

4.1.2.7 Número de empleados del departamento: 61 Empleados

4.1.2.8 Productos y servicios: Relacionados en la Tabla 1.

Figura 1. Mapa de infraestructura petrolera



Fuente: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=532&conID=764>

La figura 1 muestra el “mapa de infraestructura Petrolera”, donde se especifican los dos servicios globales que maneja la Refinería Barrancabermeja que son puerto y refinación.

Tabla 1. Principales plantas de la Refinería de Barrancabermeja

No. Plantas	Plantas	No. Plantas	Plantas
5	Destilación Atmosférica de Crudo	1	Turboexpander
4	Destilación al Vacío de Crudo	2	Etileno I y II
4	Ruptura Catalítica	2	Polietileno
2	Viscorreductora	1	Nitrógeno
1	Demex (Desasfaltado con Solvente)	1	Plantas de Especialidades
1	Unibón (Hidrosulfurización)	3	Recuperación de Azufre
2	Generación de Hidrógeno	1	Tratamiento de Aguas Ácidas
1	Alquilación (Avigas)	1	Tratamiento de Aguas Residuales
1	Ácido Sulfúrico	2	Unidades de Servicios Industriales
1	Aromáticos	1	Unidad de Cogeneración-Turbogas
1	Parafinas		

Fuente: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=532&con&pagID=134270>

Para suplir los servicios globales que se ofrecen, la Refinería de Barrancabermeja está comprendida por 38 plantas de servicio. Dichas están separadas en 12 departamentos específicos. El proyecto presentado, se enfoca al departamento de Servicios Industriales Balance, en el cual se realizó el trabajo de práctica. La unidad genera los servicios industriales requeridos en la Refinería de Barrancabermeja.

Los procesos específicos que se encuentran en PIB<sup>1</sup>, generan los siguientes productos y servicios divididos por unidades:

- U-2900: Tratamiento de Aguas (Producción de Agua Industrial).
- U-2900: Almacenamiento y Distribución de Agua Desmineralizada.
- U-2950: Producción de Vapor.
- U-2950: Generación de Energía Eléctrica.
- U-2900: Electrodesionización de Agua – EDI.
- U-2960: Cogeneración Eléctrica.
- U-2980: Aire Comprimido (Aire de Instrumentos y Aire Industrial).

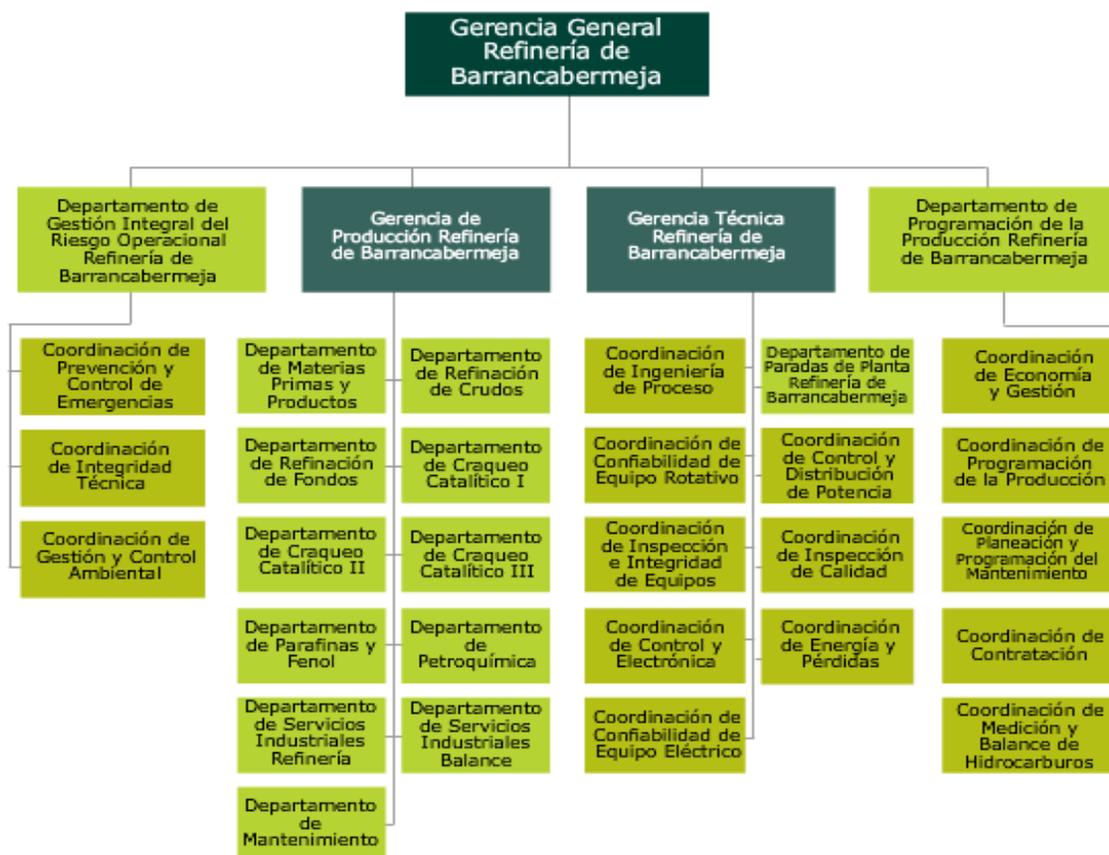
**4.1.2.9 Estructura organizacional:** El Departamento de Servicios Industriales Balance se encuentra ubicado en la Gerencia General de la Refinería Barrancabermeja, que a su vez se encuentra gerenciado por la Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica, el cual su máximo líder es la Vicepresidencia ejecutiva de Downstream.

A continuación se podrá observar el organigrama general de la Gerencia General Refinería de Barrancabermeja, el cual fue extraído de la estructura organizacional expuesta en la plataforma “iris” de Ecopetrol.

---

<sup>1</sup> Departamento de Servicios Industriales Balance

Figura 2. Estructura organizacional de la Gerencia General de la Refinería de Barrancabermeja



Fuente: Petroquímica:<http://nuestragestion/vrp/quienessomos/Organigrama.aspx>

**4.1.2.10 Reseña histórica:** Los inicios de la Refinería de Barrancabermeja se dan con el primer equipo, un célebre alambique para destilar el crudo traído de Talara, Perú, propiedad de la Internacional Petroleum Company, INTERCOL, en el año 1961. Este fue instalado en la actual área de la Tapinga, en el lugar que ocupan las calderas Kellogs, Alrededor del alambique fueron apareciendo tanques y chimeneas para procesar 1.500 barriles.

El Departamento de Servicios Industriales Balance, en la cual se va a enfocar el proyecto a realizar fue construido como parte del proyecto de la Unidad de

Balance que inició en el año 1977 y entró en operación en junio de 1979. El proyecto contempló, inicialmente, la construcción de una planta para tratamiento de agua U-2900, a cargo de Degremont S.A. Francia. Su objetivo básico de suplir sus necesidades de agua tratada, la planta de generación de vapor y energía, conformada por 3 turbogeneradores TG-2951-3 y 4 calderas B-2951-54, y una futura ampliación, la B-2955, 3 años después, a cargo de Distral.

La Planta Turbogás (U-2960), antes de su montaje en las instalaciones de la GRB, operó durante varios años en la Estación Yumbo Valle desde 1993, época en que el país sufrió las consecuencias de la sequía en los embalses de las centrales hidroeléctricas ocasionada por el fenómeno del niño. La planta fue comprada por ECOPETROL, al tiempo que otras dos unidades montadas en Ocoa y Gualanday. El propósito de su traslado fue el de aumentar la carga eléctrica instalada y mejorar la confiabilidad del sector eléctrico de la GRB.

En el año 2012 se realizó una repotenciación de la turbina cambiando el tipo de Turbina de LM5000 a LM6000. Adicionalmente, se instaló una Unidad de Electrodesionización EDI. Debido a estos cambios la producción de vapor de 600 psi aumento hasta 80000 lb/h por lo cual se realizaron cambios en el diámetro de la línea de exportación de vapor.

**4.1.2.11 Descripción del área de trabajo:** La Refinería Barrancabermeja de Ecopetrol S.A está conformada por 12 Departamentos, se trabajara en el Departamento de Servicios Industriales Balance que posee una práctica recomendada RBI.

De acuerdo a la Coordinación de Inspección e Integridad de Equipos (CIE) cada departamento debe poseer una práctica recomendada actualizada para cumplir

con los diferentes indicadores de Control de la Coordinación ya que por medio de esta práctica se evalúa la confiabilidad y la vida útil de los equipos estáticos presurizados generando planes de inspección a futuro para los equipos involucrados en la práctica.

**Nombre del supervisor:** Leonardo Jaimes Quiñonez

**Cargo del supervisor:** Ingeniero Estático, Servicios Industriales Balance.

## **4.2 MARCO TEÓRICO**

**4.2.1 Inspección Basada en Riesgo (RBI)<sup>2</sup>:** La inspección basada en Riesgo (RBI) es una práctica recomendada que identifica, evalúa y realiza un mapeo de los riesgos industriales (debido a corrosión, grietas por esfuerzos entre otros), los cuales pueden comprometer la integridad de los equipos presurizados y elementos estructurales. La inspección basada en Riesgos (RBI) trata sobre riesgos que pueden ser controlados a través de inspecciones, análisis y ensayos no destructivos apropiados.

**4.2.2 Metodología<sup>3</sup>:** Esta metodología está fundamentada en las normativas API-580 Y API PUB-581 y que permite caracterizar el riesgo asociado a los componentes estáticos de un sistema de producción sometidos a corrosión con base en el análisis del comportamiento histórico de fallas, modos de degradación o deterioro, características de diseño, tomando en cuenta al mismo tiempo la calidad y efectividad de la inspección, así como las consecuencias asociadas a las potenciales fallas; por lo tanto se definen los planes de inspección basados en la

---

<sup>2</sup> Metodología de RBI. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [en línea] Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones> (consultado el 15 de Octubre del 2014)

<sup>3</sup> Ibid

caracterización probabilística del deterioro y el modelaje probabilístico de la consecuencia de una falla( caracterización del riesgo)

El propósito de la clasificación de riesgo del equipo es proveer las bases para tener una idea de la inspección directa de rasgos donde los recursos de mantenimiento (tiempo y dinero) se pueden optimizar en el programa de inspección. Esto da como resultado operaciones más seguras y fiables, mientras se controlan los recursos. Los pagos de los programas de Inspección basada en el Riesgo están en promedio alrededor de 10 a 1.

La inspección basada en riesgo sigue la siguiente metodología:

- Recolección de datos e información
- Análisis del riesgo
- Evaluación de Consecuencias
- Evaluación de la probabilidad de falla (veces/año)
- Evaluación del riesgos (mediante matriz de riesgo)
- Clasificación de los riesgos
- Revisión del plan de inspección

**4.2.3 Aplicación RBI<sup>4</sup>:** El proceso RBI comienza con la generación de una base de datos que contiene toda la información relevante para evaluar la integridad de los equipos. Esta base de datos debe incluir: datos de proceso, datos de diseño, descripción y evaluación de los mecanismos de degradación, y una compilación de las historias de inspección de cada equipo de las unidades.

Luego, se deben definir y describir los lazos de corrosión (LC) de la unidad. Un LC es una sección de la unidad que tiene materiales de construcción y condiciones de

---

<sup>4</sup> Ibid

proceso “similares”. Como consecuencia, un LC se encuentra expuesto a “similares” mecanismos de degradación. Debe destacarse que los equipos pueden estar subdivididos en más de un componente. Cada parte (que se le llamará “TAG”) puede estar sometida a diferentes mecanismos de corrosión, por lo que pueden pertenecer a diferentes LC.

El siguiente paso es asignar los modos de falla relevantes a cada TAG del LC. Cada TAG puede tener asignado más de un modo de falla, por lo que el estudio S-RBI se realiza para cada combinación TAG-Modo de Falla posible.

A continuación, deben evaluarse las criticidades de todas las combinaciones TAG-Modo de Falla definidas. Las probabilidades de falla se evalúan respondiendo cuestionarios, dependiendo del modo de falla asignado al equipo. Las consecuencias de falla son independientes de los modos de falla asignados. Se evalúan respondiendo cuestionarios, que tienen en cuenta consecuencias en las siguientes áreas: económicas, salud y seguridad del medio ambiente. La de mayor severidad es la que determina la clase de consecuencia del componente que se introduce en la matriz. Una vez evaluadas las criticidades, según sea el nivel de las mismas, se tomarán diferentes medidas.

Si la criticidad es N, en principio no es necesario realizar una inspección formal y/o plan de monitoreo (siempre y cuando esto cumpla con las regulaciones locales). Si la criticidad es H o E se debe realizar un análisis más detallado, que se encuentra fuera del alcance del RBI. Este análisis involucra una etapa de toma de decisiones, en la que se evalúa la aceptabilidad de estos riesgos con las distintas opciones de mitigación, teniendo además en cuenta un análisis costo/beneficio.

Dependiendo del modo de falla asignado se responderán diferentes cuestionarios a partir de los cuales se obtiene un “ranking” que define el índice de confianza. En

general, el índice de confianza depende de varios factores, como por ejemplo, la cantidad de inspecciones llevadas a cabo previamente. Eso significa que si el equipo ya tiene varias inspecciones (lo que forma parte de su historia); se obtiene un mayor índice de confianza.

El próximo paso es definir los programas de inspección. El objetivo de un programa de inspección es especificar y realizar las actividades necesarias para detectar el deterioro del equipo en servicio antes de que ocurra la falla y de esta forma evitarla. Muchas situaciones pueden llevar a la falla del equipo, tales como errores de diseño, defectos de fabricación, mal funcionamiento de dispositivos de control, daño progresivo, etc. De todas estas situaciones la inspección estará destinada principalmente a la detección del daño progresivo. Los parámetros que definen un programa de inspección son: ubicación de la inspección, técnica a utilizar, alcance de la inspección e intervalo entre inspecciones.

Para mantener el análisis RBI actualizado, se requiere de una revisión regular del mismo. Algunos eventos que sugieren realizar una revisión son: paradas de planta (planeadas o no), excursiones en la ventana operativa y cambios en la planta (incluyendo cambios en las condiciones de proceso).

**4.2.4 Plataforma SharePoint<sup>5</sup>:** Las organizaciones usan SharePoint para crear sitios web. SharePoint se puede usar como un lugar seguro donde almacenar, organizar, compartir y acceder a información desde prácticamente cualquier dispositivo. Lo que necesita es un explorador web, como Internet Explorer, Chrome o Firefox.

---

<sup>5</sup> Plataforma SharePoint: Microsoft SharePoint. (en línea) Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_SharePoint](http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_SharePoint) (consultado el 20 de Octubre del 2014)

SharePoint es eficaz, algunas actividades que se pueden realizar en SharePoint son las siguientes:

- Cargar archivos a SkyDrive, su biblioteca personal de documentos en línea, para que pueda acceder a ellos desde cualquier lugar.
- Abrir un documento en una biblioteca de documentos.
- Trabajar con otras personas en el mismo documento y al mismo tiempo.
- Compartir documentos con personas de la organización.
- Compartir documentos y sitios con personas de fuera de la organización (solo para SharePoint online).
- Crear un sitio de grupo.
- Agregar una lista o biblioteca al sitio de grupo.
- Conservar las versiones anteriores de un documento mientras lo modifica.
- Compartir información con toda la organización.

## **4.3 MARCO LEGAL**

**4.3.1 API (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE)<sup>6</sup>:** El American Petroleum Institute, conocido comúnmente como API, en español Instituto Americano del Petróleo, es la principal asociación comercial de los EE. UU., representando cerca de 400 corporaciones implicadas en la producción, el refinamiento, la distribución, y muchos otros aspectos de la industria del petróleo y del gas natural. Esta asociación se refiere a menudo como AOI (en inglés, *The American Oil Industry*) o industria de petróleo americana. Las principales funciones de la asociación a nombre de la industria incluyen la defensa, negociación con las agencias gubernamentales, asuntos legales, y negociación con organismos reguladores; investigación de efectos económicos, toxicológicos, y ambientales; establecimiento

---

<sup>6</sup> American Petroleum Institute. Acerca de API. [en línea] Disponible en: <http://www.api.org/aboutapi/> (consultado el 24 de Enero del 2015)

y certificación de los estándares de la industria, y programas de acercamiento a la comunidad a través de la educación.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Actividades Desarrolladas y Propuestas Implementadas

En la tabla número 2 se pueden observar las diferentes actividades que se llevaron a cabo, para cumplir con los objetivos planteados al inicio de la práctica empresarial.

*Tabla 2. Actividades Desarrolladas vs Propuestas Implementadas*

<b>Actividad</b>	<b>Propuesta</b>
Recopilación de Información equipos estáticos	Identificación de Necesidades de información en el SIBA.
Verificación de listado de equipos	Reconocimiento de la planta e identificación de equipos activos/inactivos, servicio/fuera de servicio e instalados/no instalados
Formato de Hoja de vida Equipos Estáticos	Creación de formatos de especificaciones de operación y diseño de los equipos estáticos de SIBA
Actualización de RBI	Metodología Inspección Basada en Riesgo para garantizar la confiabilidad de los equipos
Implementación de RRM	Uso de herramienta para crear una puntuación de la criticidad de los equipos.
Planes de Mantenimiento e Inspección	Creación de formatos con planes de mantenimiento y recopilación de recomendaciones
Formato análisis de riesgo e inspección	Realización de análisis basado en resultados expuestos por la herramienta RRM

Fuente: Autor del proyecto.

Con cada actividad desarrollada en la práctica se implementó una propuesta de mejora que con lleva a lograr la actualización de la evaluación inspección basada en riesgo (RBI) del Departamento Servicios Industriales Balance.

## **5.2 Descripción de Propuestas Implementadas:**

En primera instancia se realizó el reconocimiento de los diferentes procesos que se llevan a cabo en el Departamento de Servicios Industriales Balance(SIBA), para tener mayor claridad sobre los procesos que desarrolla, los productos y servicios que ofrece en la refinería los cuales son:

- U-2900: Tratamiento de Agua
- U-2950 Generación de Vapor, y Distribución de Energía Eléctrica
- U-2960 Cogeneración Eléctrica, Turbogas
- U-2980 Generación de Aire Comprimido
- U-3900 Contraincendios

**Tratamiento de Agua**<sup>7</sup>: Es un proceso en el que se convierte agua cruda de una fuente natural, como el río o lago, en agua clarificada o industrial para uso en los diferentes procesos. El agua potable y agua desmineralizada necesaria para los diferentes procesos en el área de Balance se generan y suministran desde las Unidades de Ultrafiltración U-5400 y Osmosis Reversa U-5500 en el área de Refinería.

**Generación de Vapor**<sup>8</sup>: Es un proceso de conversión de agua a vapor que utiliza la quema de un combustible y la transferencia de calor.

---

<sup>7</sup> Manual De Descripción De Procesos De La Unidad De Servicios Industriales De Balance (SIBA) Capitulo 03 (en línea) Disponible en: <http://nuestragestion/grb/manualessiba.bmp> (consultado el 12 de Noviembre del 2014)

<sup>8</sup> Ibid

**Generación de Energía<sup>9</sup>:** Es un proceso para generar energía eléctrica que convierte la energía del vapor en energía mecánica o de rotación.

**Aire Comprimido<sup>10</sup>:** Es un proceso que toma aire del ambiente para ser comprimido, filtrado y secado para el accionamiento de herramientas o en instrumentación para el control de procesos.

### **5.3 Recopilación de Información equipos estáticos**

Toda la información de los equipos estáticos pertenecientes al Departamento de Servicios Industriales Balance se encuentra distribuida en diferentes lugares de la refinería: Departamento, Coordinación de Inspección e Integridad de Equipos (CIE) y Centro de Información Técnica esta debe ser recopilada para estar al alcance de cualquier agente involucrado en el trabajo con estos equipos, para la actualización o la implementación de la práctica recomendada RBI es de vital importancia la información de los equipos estáticos reflejada en los planos, data sheet, manuales de operaciones, datos tomados en operación, historiales de mantenimiento, entre otros; la recopilación de esta se llevó a cabo durante el mes de septiembre del año en curso, indexándola según unidades del Departamento y cada equipo con su carpeta de soporte donde se encuentran todos los formatos encontrados, adicionalmente se solicitaron las carpetas de inspección de los equipos custodiadas en Centro de Archivo Técnico (CIT).

---

<sup>9</sup> Ibid

<sup>10</sup> Ibid

#### **5.4 Verificación de listado de equipos**

Para proceder a la verificación de los equipos estáticos del Departamento Servicios Industriales Balance se tomó como referencia la base de datos que exporta la herramienta de planeación *Ellipse* donde se detalla el estado de cada equipo, el historial de mantenimiento y las ordenes de trabajo (OT) según el TAG correspondiente en planta, por tal motivo se creó una nueva base de datos actualizada con el estado de los equipos y compararla con la que se encuentra en el sitio web SharePoint del Coordinación de Inspección e Integridad de Equipos (CIE) y efectuar las modificaciones pertinentes encontrando que la base de datos de equipos estáticos del Departamento está compuesta por 192 equipos y luego de la verificación y con la base de datos creada y actualizada por parte del Departamento existen 70 equipos que se encuentran desinstalados o fuera de servicio en la planta, esto fue informado al Ing. Leonardo Jaimes para que esta información fuese actualizada en *Ellipse* y actualizarla en la herramienta web de la coordinación SharePoint para tener la información real del Departamento unificándola, en la Figura 3 se puede observar la interfaz de usuario de *Ellipse*

Figura 3. Interfaz de Usuario Herramienta de Planeación Ellipse

Item	Date	Shift	Downtime Code	Description	Stop Time	Start Time	Lapse Time	Work Order	Component Cc	Modifier Ccc	Commentary Rl
1	1 31/07/2014	Z	OP	ENTRA EN OPERA	00:00	00:01	00:01	00416126	TCLD		Y
2	2 02/07/2014	Z	EF	EN FALLA OUT	00:00	00:01	00:01		TCLD		Y
3	3 09/12/2013	Z	OP	ENTRA EN OPERA	00:00	00:01	00:01	00379045	TCLD		Y
4	4 12/11/2013	Z	MT	EN MTTO EN TAL	00:00	00:01	00:01	00379045	MCLD		Y
5	5 18/12/2012	Z	OP	ENTRA EN OPERA	00:00	00:01	00:01	00374219	MCLD		Y
6	6 03/12/2012	Z	OF	OPERA EN FALLA	00:00	00:01	00:01	00374219	TCLD		Y
7	7 23/08/2012	Z	OP	ENTRA EN OPERA	00:00	00:01	00:01		TCLD		Y
8	8 05/07/2012	Z	MT	EN MTTO EN TAL	00:00	00:01	00:01	00363275	TCLD		Y
9	9 04/07/2012	Z	EF	EN FALLA OUT	00:00	00:01	00:01	00363275	TCLD		Y
10	10 01/07/2012	Z	OP	ENTRA EN OPERA	00:00	00:01	00:01		TCLD		Y
11	11 01/05/2012	Z	OP	ENTRA EN OPERA	00:00	00:01	00:01		TCLD		N
12	12 02/04/2012	Z	MT	EN MTTO EN TAL	00:00	00:01	00:01		TCLD		Y

Fuente: Software Ellipse. Gerencia Refinería de Barrancabermeja

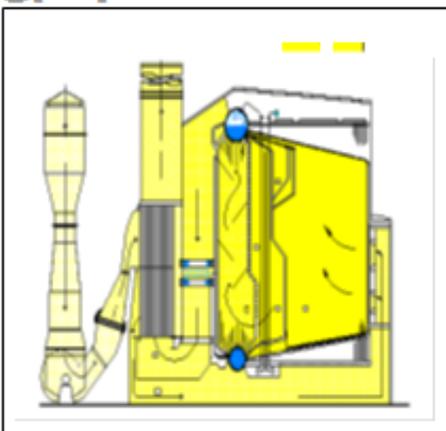
### 5.5 Formato de Hoja de vida Equipos Estáticos:

Al recopilar toda la información sobre los equipos estáticos del Departamento Servicios Industriales Balance se evidenció la falta de un formato estandarizado de Vida de equipos para consignar en cada carpeta de inspección en el cual se detallan las condiciones de diseño, servicio y observaciones, estos datos se fueron recopilando de la siguiente manera:

- Las rondas de turno que realizan los operarios en planta día a día para los datos de servicio de los equipos estáticos.
- Datos de diseño que se encuentran en los manuales, DataSheet, planos mecánicos entre otros.
- Historiales y recomendaciones generadas para los equipos que se encuentran en servicio en la Planta.

Se manifiesta una falencia en la información que se tiene sobre el Departamento de Servicios Industriales Balance en general y estos datos son importantes para cualquier toma de decisión, recomendación e inspección; a continuación en la Figura 4 se presenta el formato creado.

Figura 4. Formato Hoja de Vida, Histórico de Equipos

		<b>VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA</b> <b>CIE - Coordinación de Inspección e Integridad de Equipos</b>					
		<b>HOJA DE ESPECIFICACIONES</b>					
Tag N°: ..... <b>B-2951</b> ..... Unidad: ..... <b>U-2950</b> ..... Planta: ..... <b>U-2950 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b> ..... Servicio: ..... <b>CALDERA</b> .....		Fabricado por: ..... Serial: ..... Fecha: ..... <b>1976</b> .....					
CONDICIONES DE DISEÑO		<b>Unidades</b>	<b>Valor Max.</b>	<b>Valor Normal</b>	<b>Valor Min.</b>	<b>Corte</b>	
	Fluido			AGUA/VAPOR			
	Presión	psi		700			
	Temperatura	°F		750			
	Metalogía tubar	in		A-192			
	Capacidad	KLVPH		325			
	Set calibración Valvular de Seguridad	Psig		720-710-700-650			
	Aislamiento			SI			
	Estándar/Normal/Extremo			API573			
	CONDICION MES DE SERVICIO	Fluido			AGUA/VAPOR		
Presión		psig		600			
Temperatura		°F		700			
Prueba Hidrostática		psig		1050/700*			
OBS. DE SERVICIO	* 1050 PRESION DE PRUEBA PARA MTO GENERAL/700 PARA MTO PREVENTIVO						
	Prueba Bridar 650 Psig						
REGISTRO FOTOGRAFICO Y ESQUEMA		Página 1					
							
<b>NOTAS: 1- Información tomada de DATA SHEET , PLANOS</b> <b>2- Anexo Hoja de Características de Tubos de la Caldera.</b>							

Fuente: Autor del proyecto

Este formato será reconocido como la hoja de vida y presentación del equipo, cada equipo tendrá una carpeta de inspección donde se recopilara la nueva información sobre los equipos siendo entregadas a CIT quienes se encargan de almacenarla.

## 5.6 Actualización RBI:

Para implementar la práctica recomendada inspección basada en riesgo (RBI) es necesario alimentar dos tipos de bases de datos:

- Actualización: esta base de datos incluye fecha de última inspección, resultados relevantes, velocidad de corrosión entre otros la cual es importada a la herramienta RRM donde se evalúan los resultados de estas inspecciones de los equipos actualmente solo la U-2950 Generación y distribución de energía eléctrica y generación de vapor posee esta práctica recomendada RBI, a continuación en la figura 5 observamos la base de datos de Histórico.

Figura 5. Base de datos Histórico RBI U-2950

	A	B	C	D
	tag_asset	inspection_date	results	incremental_corr_rate
1				
2	SB2351Ducto Aire Caliente	nov-13	Se realizo IV al tambor de lodos no se observa fisuras ni defectos en la superficie interna del casco, se verifico limpieza de los tubos y de los colectores inferiores la limpieza es ok	0,1
3	SB2351QUE	nov-13	Se realizo IV evidenciando deterioro de refractario en area entre tubería junto a las ollas de los quemadores, Inspeccion Visual Quemador 1 buen estado con presencia de residuos en una boquilla, quemadores 2 y 3 se encuentran en buenas condiciones; quemador 4 aun no tiene limpieza sin embargo en inspeccion preliminar se	0,1
4	SB2351TBP-TI	nov-13	Se realizo IV Tubos en buenas condiciones, no se encontraron tubos abombados ni forzados se realizo limpieza con hidrolavado	
5	SB2351TBP-TD	nov-13	Se realizo IV Tubos en buenas condiciones, no se encontraron tubos abombados ni forzados se realizo limpieza con hidrolavado	
6	SB2351TCAI-T0	nov-13	Inspeccion Visual Gran porcentaje de tubería taponada, Roturas en ductos de laminas del gas en zona inferior del calentador, perdida de material de soldadura en zona inferior del calentador, Zona superior del calentador se observa perdida de material en lamina del costado norte, de igual forma se evidencian tres agujeros en la soldadura de la seccion troncoconica.	0,804
7	SB2351TCAI-TI	nov-13	Inspeccion Visual Gran porcentaje de tubería taponada, Roturas en ductos de laminas del gas en zona inferior del calentador, perdida de material de soldadura en zona inferior del calentador, Zona superior del calentador se observa perdida de material en lamina del costado norte, de igual forma se evidencian tres agujeros en la soldadura de la seccion troncoconica.	0,804

Fuente: Autor del proyecto

- Implementación: se espera implementar la práctica recomendada RBI en las unidades U-2900, U-2960, U-2980 y U-3900, en esta base de datos se ingresa una información más detallada de los equipos como:

- TAG del Equipo
- Descripción
- Tipo de equipo
- Fecha de Instalación
- Material
- Velocidad de corrosión
- Temperatura y Presión de Operación
- Criticidad

Existen otras casillas para otros tipos de datos que los ingenieros se encargan de alimentar para proceder a la siguiente fase de la evaluación RBI a continuación se muestra una figura 6 con la base de datos de la implementación.

Figura 6. Base de datos Implementación RBI.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	tag_number	equipment_number	description	equipment_type	material	install_date	is_critical	nominal	me	corros	not	max_opel	max_o	volum
7	SB2961	SB2961	CALDERA GENERADOR DE VAPOR.	BOILER-GEN		2002	VERDADERO			1			625 psig	
21	SD2964	SD2964	TANQUE DE PURGAS.	DRUM		1993	FALSO			1		650°F	225 PSIG	1700 gal
22	SD2966	SD2966	RESERVORIO LUBRICANTE DE LA TURBINA. SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LA TURBINA.	DRUM	SS-304	2002	FALSO			1		90°F	Atmosferica	
23	SD2967	SD2967	RESERVORIO LUBRICACIÓN DEL GENERADOR. SISTEMA DE LUBRICACIÓN STEVART	DRUM	SS-304	2002	FALSO			1		90°F	Atmosferi	500 gal
24	SD2968	SD2968	TANQUE FUNDON/LUBRICACIÓN GENERADOR. SISTEMA DE LUBRICACIÓN STEVART	DRUM	SS-304	2002	FALSO			1		250°F	Atmosferi	20 gal
25	SD2968A	SD2968A	TANQUE FUNDON/LUBRICACIÓN GENERADOR. SISTEMA DE LUBRICACIÓN STEVART	DRUM	SS-304	2002	FALSO			1		250°F	Atmosferi	20 gal
26	SD2968B	SD2968B	TANQUE FUNDON/LUBRICACIÓN GENERADOR. SISTEMA DE LUBRICACIÓN STEVART	DRUM	SS-304	2002	FALSO			1		250°F	Atmosferi	20 gal
27	SD2968C	SD2968C	TANQUE FUNDON/LUBRICACIÓN GENERADOR. SISTEMA DE LUBRICACIÓN STEVART	DRUM	SS-304	2002	FALSO			1		250°F	Atmosferi	20 gal
28	SD2968D	SD2968D	TANQUE FUNDON/LUBRICACIÓN GENERADOR. SISTEMA DE LUBRICACIÓN STEVART	DRUM	SS-304	2002	FALSO			1		250°F	Atmosferi	20 gal
29	SD2969	SD2969	RESERVORIO DEL SISTEMA DE APPRANQUE HIDRAULICO 64Hz. HYDRAULIC FLUID	DRUM	ss-304	2002	FALSO			1		80°F	Atmosferi	40 gal
31	SDH2953	SDH2953	SISTEMA DE DESAIREADORES.	DESAIREADOR	carbon steel	1954	FALSO			1		310°F	30 psig	
32	SDH2961	SDH2961	DESAIREADOR.	DESAIREADOR		1975	FALSO			1		248°F	19 PSIG	

Fuente: Autor del proyecto

La práctica recomendada existente pertenece a la U-2950 esta se realizó para los siguientes equipos:

- 5 Calderas Acuotubulares SB-2951, SB-2952, SB2953, SB2954 y SB-2955
- 5 Tambores: SD-2951, SD-2952, SD2953, SD2954 Y SD-2955
- 1 Intercambiador tipo Air Fin Fann SE-2951
- 3 Condensadores de Superficie SE-2952, SE-2953 Y SE-2954.

Para la actualización de la práctica recomendada RBI fueron necesarios los siguientes ítems:

- Corroborar la información existente sobre los equipos involucrados directa o indirectamente en la práctica recomendada existente, si se ha realizado algún tipo de mantenimiento, inspección o recomendación; ya que debe ser actualizada en los formatos que tiene cada equipo, sino posee deber ser creado según un formato base ya estandarizado; debido a la cantidad de información encontrada fue necesario clasificar por años y solo usar la información a partir del año 2000, la información anterior se consignara en archivos pasados por cualquier eventualidad para mayor facilidad de trabajo tanto para CIT como para la Coordinación de Integridad e Inspección de Equipos
- Cada formato es un archivo de Excel el cual se divide de la siguiente manera:
  - Historial de Mantenimiento: con la información recopilada en el ítem anterior se actualiza esta base de datos que posee las inspecciones,

recomendaciones y mantenimiento realizado desde la instalación del equipo, este puede diferir dependiendo del equipo que sea. Para las calderas este formato se encuentra subdividido en columnas según las partes de la caldera de la siguiente manera:

- Tubería del Hogar
- Tubería del supercalentador
- Tubería Banco Principal
- Tubería Economizador
- Tubería del pre-calentador
- Pared Pantalla
- Pared Quemadores
- Pared Laterales (Oriente-Occidente)
- Ático
- Casings
- Chimenea
- Ducto de Aire Caliente
- Ducto de Gases
- Tambor de Vapor
- Tambor de Lodos
- Quemadores
- Refractario
- Válvula de Seguridad
- Otros

A continuación, en la figura 7, se puede observar el libro de historial de mantenimiento de las calderas dividido también por años de inspecciones paradas de planta o mantenimientos preventivos para tener un histórico de los eventos sucedidos durante la vida del activo y actualizar los últimos resultados en la práctica recomendada.

Figura 7. Libro Historial de Mantenimiento Calderas

		COORDINACION DE INSPECCION E INTEGRIDAD DE EQUIPOS		Servicio:	
				Planta:	U-2950
ITEM	FECHA	TUBERIA DEL HOGAR	TUBERIA DEL SOBRE CALENTADOR	TUBERIA DEL BANCO PRINCIPAL	
7	feb-08		<p>Análisis de Falla de una tubería de 2 1/4" de la caldera SB-2951 zona supercalentador proveniente de la GRB. Informe final No 089 01-017 de la referencia, en donde se destacan los siguientes aspectos:</p> <p>El abombamiento observado sobre la superficie externa de la tubería de 2 1/4" de la caldera B-2951 fue inducido por un sobrecalentamiento a largo tiempo de exposición, el cual degradó levemente la microestructura y afectó las propiedades mecánicas del material en esa zona específica.</p> <p>La degradación microestructural observada sobre la zona abollada afectó las propiedades mecánicas del material, disminuyendo su resistencia mecánica lo que permitió que este se deformara plásticamente disminuyéndose su espesor de pared hasta que este no soportó la presión interna generándose la ruptura.</p> <p>La superficie externa del elemento evaluado reveló acumulación de depósitos, sin embargo el fenómeno de oxidación del material por exposición a alta temperatura no es un mecanismo de daño relevante.</p> <p>La superficie interna de la muestra se observó en buenas condiciones sin evidencias de daños severos, ni acumulación excesiva de depósitos.</p>		
		<p>PIM-Z2-26389 Se realizó inspección previa de la caldera B-2951 luego de detectar escape y ampollamiento por la milla de quemadores para lo cual fue zagrada de servicio la caldera.</p> <p>a) Tubería con abombamientos tipo "ampollas" típicos de un proceso de sobrecalentamiento de la tubería. Se identificaron 11 tubos con éstas ampollas. b) El abombamiento se presenta a la altura de los dos quemadores inferiores (Quemador 1 y 2) prácticamente en la misma dirección en que incide la llama. Esto revela que la llama de estos dos quemadores tuvo que ver con el sobrecalentamiento y abombamiento de la tubería. c) Los tubos que presentan abombamiento no están todos seguidos en orden, sino que se alternan en grupos o individual, dejando abierta la posibilidad de que todos los tubos tengan algunas diferencias de ensuciamiento interno (incrustaciones) y/o diferencias en las propiedades mecánicas del material por variación en procesos de fabricación, almacenamiento o composición química. Por lo anterior se requiere realizar pruebas mecánicas y el respectivo análisis de falla a partir de las muestras de la tubería que se deben coartar. d) El escape de vapor que se observó previamente a la altura del quemador 2 se presentó en</p>	<p>la válvula de EDWARD tipo 606 de 12" X 600# ubicada a la salida del cabezal del supercalentador en la caldera B-2951. De la inspección se encontró lo siguiente:</p> <p>1 Anillo Del Bonete: Se encontró con deformación y desgaste debido esfuerzos mecánicos al momento de desarmar la válvula, adicionalmente se encontró picadura localizada en el área de sello. Del catálogo del fabricante esta pieza corresponde a un material en acero inoxidable con 13% contenido de Cr (no específica la composición exacta). 2 Disco (globo): Presenta picadura localizada en el área de sello por abrasión, producto del contacto directo con partículas presentes en el vapor. Este tipo de partículas son comunes después de reparaciones de la caldera. 3 Área de sello del asiento: Se encontró con 2 socavaduras en el área de sello de aprox. 1/32 de profundidad debido a un posible golpe con el disco. Luego de revisar internos de válvulas anulares de 1 1/2" x 600# de purga de los</p>	<p>PIM-Z2-22348 Posterior a inspección a la tubería del banco principal se encontró taponado el tubo ubicado en la fila H posición 19 conato de Oriente a Occidente. El cambio de este tubo implica cambiar el tubo ubicado en la fila G posición 19.</p>	
<p>MTTO THK Tambor Lodos THK Tambor de vapor Colectores Atico Pared Pantalla Pared lateral oriente Pared Lateral Occidente Pared Quemadores Tuber</p>					

Fuente: Autor del proyecto

Para los Tambores SD-2951, SD-2952, SD-2953, SD-2954 y SD-2955 el formato tiene una columna para el reporte de inspección donde se consigna la información, de igual manera los condensadores de superficies SE-2952, SE-2953 y SE-2954 en la figura 8 y 9 se puede observar los formatos actualizados

Figura 8. Libro historial de mantenimiento Drums

	COORDINACION DE INSPECCION E INTEGRIDAD DE EQUIPOS	Servicio:	CONDENSATE FLASH DRUM		
		Planta:	U-2950	Equipo:	SD2951

ITEM	Fecha	REPORTE DE INSPECCION	Modo falla
	28-nov-05	Inspeccionado y calibrados Cap sur y norte, buenas condiciones, no corrosión ni picadura. Casco: Internamente en buenas condiciones, no corrosión ni picadura. Soldaduras en muy buen estado. Platina antivortice en buenas condiciones, platina de impacto buenas condiciones. Área de sello del manhole presenta corrosión moderada y picadura en la parte superior mas o menos 90°, pero tiene mas del 80% del ancho del área en buenas condiciones. Boquillas en buenas condiciones.	
	08-jun-09	PIM-Z2-26171 Se inspeccionó y midió espesores en tubería de condensado, al lado de tambor de flasheo. Los espesores medidos alrededor de la zona de rotura y sobre el tramo aleatoriamente son superiores a 0.240" vs. (0.300" original). Esto sugiere que el tramo tiene posible daño por picadura aislada.	

Fuente: Autor del proyecto.

Figura 9. Libro de historial de mantenimiento condensadores

	COORDINACION DE INSPECCION E INTEGRIDAD DE EQUIPOS	Servicio:	CONDENSADOR DE SUPERFICIE		
		Planta:	U-2950	Equipo:	SE-2952

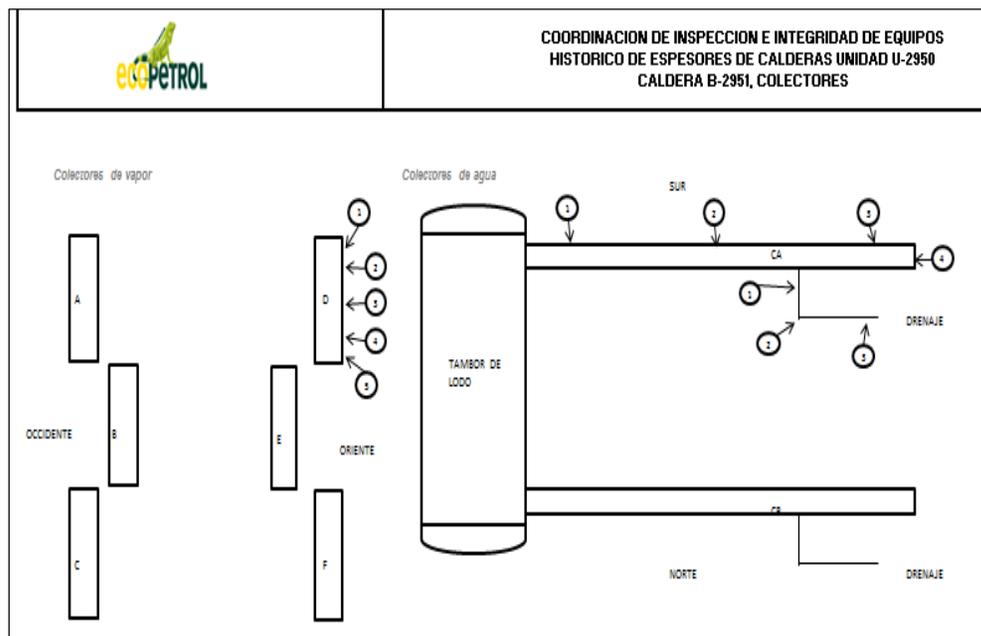
  

ITEM	FECHA	DIAGNOSTICO
1	mar-97	Fuera de servicio: Mantenimiento general del equipo. No hubo recomendaciones por parte del GIE
2	oct-97	Fuera de servicio. Reparación de tubos rotos
3	mar-98	Condensado de salida presenta alta dureza, evidencia de rotura de tubos
4	feb-99	Fuera de servicio: Mantenimiento general La tubería presenta aspecto rugoso en su interior y residuos de inhibidor de corrosión, quedo con tres tubos taponados. Canales y tapas inspeccionadas y calibradas presentan corrosión general moderada y ensuciamiento moderado, se evidencio luz de 3/4" entre las platinas divisorias y el cabezal oriental. Se cambio las ultimas 4" de las platinas divisorias de la canal para corregir luz de 3/4".
		Luego de abrir el equipo se encontraron 26 tubos con tapones distribuidos en los 4 pasos (2 de entrada y 2 de salida, el intercambiador recibe el vapor de 150 psi a la salida del turbogenerador y entrega condensado de éste vapor) y 4 tubos con taponamiento interno. Se sacaron 4 tubos adicionales para cañuelas, uno de cada paso mencionado. De los 4 tubos 2 salieron con grietas pasantes y no pasantes en dirección axial y circunferencial. Las grietas muestran claramente el inicio desde la parte exterior (lado vapor o condensado). En la figura 1 se muestra el agrietamiento típico encontrado. Debido a lo que se encontró agrietamiento en las cañuelas se realizó ensayo de corrientes de Eddy a toda la tubería en una spot, donde posteriormente se realizó corrientes.

Fuente: Autor del proyecto.

- Medición de espesores: en esta parte del formato se consignan los valores obtenidos en las inspecciones realizadas a cada equipo, para las calderas se encuentra dividido por partes de igual manera que el historial de mantenimiento; pero no a todos se les realiza este tipo de ensayo en la práctica recomendada solo existían algunas partes tales como: el Tambor de Lodo, el tambor de Vapor y en algunas calderas la chimenea. Fue necesaria la creación del formato para: Colectores, Ático, Pared Pantalla, Pared Laterales, Pared quemadores, Tubería Supe calentador, Tubería Economizador, Tubería Banco Principal y Casings. A continuación se muestra la Figura 10 donde se puede apreciar el formato de los colectores, parte de la caldera donde se presenta un esquema explicativo de éste y por otra parte una base de datos donde se muestran los resultados calculados ver Tabla 3.

Figura 6. Esquema Colector Calderas



Fuente: Autor del proyecto

Tabla 3. Datos de espesores y Cálculos RBI

Parte	Espesor original (de planos) en pulg	Espesor retiro (pulg)	cae-76	nov-13	Corrosion Allowance remanente (mm)	Velocidad de corrosión corta (mm/año)	Velocidad de corrosión larga (mm/año)	Velocidad de corrosión seleccionada (mm/año)	Vida remanente con velocidad seleccionada (años)	Max. V.C. Corta (mm/año)	Max. V.C. Larga (mm/año)	
			1976,083	2013,92								
COLECTORES	Colector Frontalzur (A)	0,812"	0,602"	0,314"	0,816	5,436	0,065	0,065	0,108	50,5	0,108	0,108
	Colector Centralzur (B)	0,812"	0,602"	0,314"	0,808	5,232	0,071	0,071		48,6		
	Colectra Trasozur (C)	0,812"	0,602"	0,314"	0,753	3,835	0,108	0,108		35,6		
	Colector FrontalNorte (D)	0,812"	0,602"	0,314"	0,779	4,496	0,090	0,090		41,7		
	Colector CentralNorte	0,812"	0,602"	0,314"	0,829	5,766	0,057	0,057		53,5		
	Colectra TrasoraNorte (F)	0,812"	0,602"	0,314"	0,779	4,496	0,090	0,090		41,7		

Fuente: Autor del proyecto.

Como se aprecia en la Tabla 3 se consignan los datos: espesor original tomado de los planos mecánicos originales, espesor de retiro y fechas de inspecciones y su respectivo espesor; por otra parte los cálculos realizados según norma API 570 de la siguiente manera:

$$\text{Corrosion Allowance Remanente} = (t_{\text{actual}} - t_{\text{required}}) \quad (1)$$

El dato que se calcula con la ecuación número 1 debe ser multiplicado por 25.4 para convertir las unidades a mm, este valor será la tolerancia a la corrosión

Para la velocidad de corrosión corta según la norma API570 para tuberías que constituye la mayoría de las partes de la caldera se usa la ecuación número 2 que calcula la degradación del espesor de la tubería:

$$Corrosion\ rate(ST) = \frac{t_{previous} - t_{actual}}{time(years)between\ t_{previous}\ and\ t_{actual}} \quad (2)$$

Para la velocidad de corrosión larga según la norma API570 para tuberías que constituye la mayoría de las partes de la caldera se usa la ecuación número 3 que calcula la degradación del espesor de la tubería:

$$Corrosion\ rate(LT) = \frac{t_{initial} - t_{actual}}{time(years)between\ t_{initial}\ and\ t_{actual}} \quad (3)$$

Después de calcular la velocidad de corrosión corta y larga se selecciona la mayor entre estas ya que sería el valor crítico con el cual se va a determinar la vida remanente con velocidad seleccionada por medio de la ecuación número 4 tomada de la norma API 570 para dar un tiempo aproximado de la vida del activo:

$$Remaining\ life(years) = \frac{Corrosion\ Allowance\ Remanente}{corrosion\ rate\ [inches(mm)per\ year]} \quad (4)$$

Estos cálculos se realizaron en cada una de las secciones de las calderas donde se realice inspección y toma de espesores; antes de realizar la actualización fue necesario calcular los espesores mínimos que es la última parte de este formato para cada caldera porque no se conocía dicho valor, se tomó como base el procedimiento REVISION DE CALCULOS DE DISEÑO DE CALDERAS DISTRAL de la siguiente manera:

Para la determinación del espesor mínimo de pared o la máxima presión admisible del casco cilíndrico, se utilizarán las ecuaciones 5 y 6 según el código ASME así dependiendo las dimensiones de las tuberías:

\* Tuberías - Hasta 5" de diámetro exterior

$$t = \frac{PD}{2S + P} + 0,005D + e \quad (5)$$

\*Tuberías, Tambores y Colectores

$$t = \frac{PD}{2SE + 2yP} + C \quad (6)$$

Dónde:

t: mínimo espesor requerido (in)

P: Presión máxima de trabajo admisible (psi)

D: Diámetro exterior del cilindro (in)

E: Eficiencia

s: Esfuerzo máximo de trabajo a la temperatura de operación del material referencia tabla 1A y 1B sección II parte D (psi).

C: Factor de espesor para tubos con extremo roscado o para dar estabilidad estructural a un elemento

e: Factor de espesor para tubos expandidos

y: coeficiente de temperatura

Por medio de estos cálculos se halló la velocidad de corrosión remanente y la vida remanente mencionadas anteriormente, se realizaron en las 5 calderas

correspondientes al Departamento Servicios Industriales Balance, se enfoca tanto en estos equipos porque se consideran los más críticos para el departamento porque una parada inesperada de cualquiera de estos equipos implica costos y ocasionar un evento de falla o dejar sin servicios industriales a gran parte de la refinería; de igual manera se calculó la velocidad de corrosión para los otros equipos involucrados en la práctica recomendada de la U-2950 Generación de Vapor, Energía y distribución de energía eléctrica.

Luego de este proceso de cálculos se realizó cierta parte de la actualización del RBI en la herramienta RRM (manejo del riesgo y la confiabilidad), como es un RBI ya creado los lazos de corrosión ya se encuentran definidos con sus diferentes equipos asociados en total son 14 lazos de corrosión no todos corresponden a equipos algunos fueron definidos para tuberías en la figura 11 podemos observar los lazos de corrosión creados.

Figura 11. Lazo de Corrosión

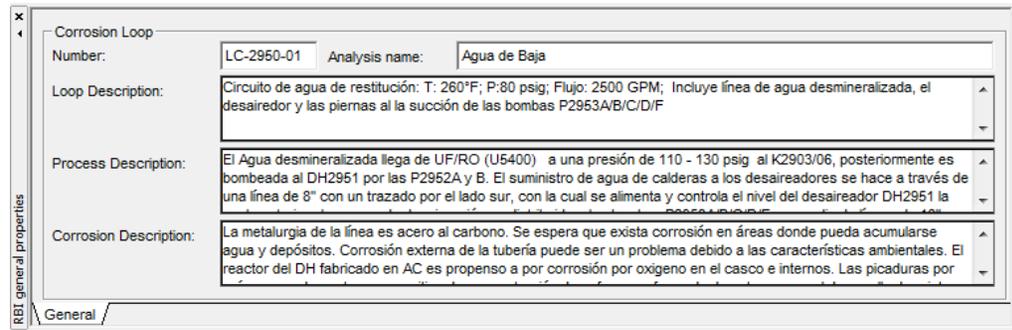
Number	Name
LC-2950-01	Agua de Baja
LC-2950-02	Condensado
LC-2950-03	Agua de alimentacion a calderas
LC-2950-04	Liquido Saturado
LC-2950-05	Super Calentador S1- S2
LC-2950-06	Super Calentador S3
LC-2950-07	Gas Combustible
LC-2950-08	Ducto de Aire
LC-2950-09	Gases de Combustion
LC-2950-10	Soda
LC-2950-11	Circuito de Purgas
LC-2950-12	Vapor de baja presion (<50 psig)
LC-2950-13	Vapor de media presion (150 psig)
LC-2950-14	Vapor de alta presion (600 psig)

Fuente: Herramienta RRM, SHELL

Cada lazo de corrosión tiene su descripción del proceso y de corrosión, en estas se evidencian la sección de una planta sujeta a las mismas condiciones de

proceso, lo mismos mecanismos de falla y el mismo criterio de selección de materiales (metalurgia), en la figura 12 se puede observar lo mencionado anteriormente.

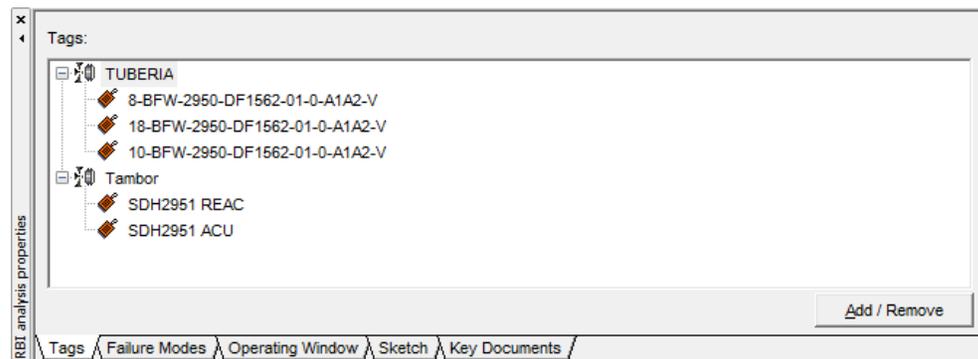
Figura12. Descripción Lazo de Corrosión



Fuente: Herramienta RRM, SHELL

También la herramienta permite observar qué equipos se encuentran asociados a cada lazo de corrosión, el modo de falla, las ventanas operativas en una sección de la interfaz de usuario que se muestra en la figura 13.

Figura13. Equipos Asociados al Lazo de Corrosión



Fuente: Herramienta RRM, SHELL

Cuando se ingresa a realizar alguna modificación o actualización a un lazo de corrosión específico se observa la siguiente interfaz de usuario (ver figura 14) en

esta sección de la herramienta se encuentra el TAG de la parte del equipo o el equipo con su descripción, el material y los modos de falla asociados, también se puede observar unas casillas que se llenan según la matriz de criticidad, esta se divide en 4 partes:

- Probabilidad: según un estudio realizado anteriormente o los datos calculados se selecciona entre despreciable, baja, media o alta con una pregunta dependiendo el modo de falla.
- Económico: casos particulares de costos que se pueden producir dependiendo el modo de falla que son definidos en la fase de implementación de la práctica recomendada.
- Salud y seguridad: se realizan ciertas preguntas asociadas al tipo de fluido que se encuentra en el equipo o tubería, si es tóxico, inflamable y otros.
- Medio ambiente: se desarrollan dos parámetros para esta parte de la matriz de criticidad que son: líquidos de derrame y emisión de gases.

Figura 14. Interfaz Principal RRM.

Tag	Description	Material	Failure Mode	SIF	Ec	HS	Ev	CoF	Cr	LoF	Q1	Q2	Q3	C	RC	SC	RL	IF	MI	LII
LC-2950-01	Agua de Baja		EROCR																	
LC-2950-01	Agua de Baja		OXYGEN COR																	
LC-2950-01	Agua de Baja		UND-DP-CR																	
8-BFW-2950-DP1662-01-0-A1A2-	Vapor de 50 psig	API 5L Gr B	INCOR(L)	M	N	N	L	L	M		Y	N	Y	H	3.17	0.14	22.0	0.50	11.0	
SDH2951 REAC	Reactor del desaireador del agua de calderas	A.515 GR 60	EXCOR(L)	L	L	L	N	L	L		I	N	Y	I	0	0.1	0.00	0.50	0.00	
SDH2951 REAC	Reactor del desaireador del agua de calderas	A.515 GR 60	INCOR(L)	L	L	L	N	L	L		Y	I	Y	VH	3.17	0.1	31.7	0.70	22.2	
SDH2951 REAC	Reactor del desaireador del agua de calderas	A.515 GR 60	CL-SCC	M	M	N	N	M	MH		Y	Y	N	VH	Extensive monitoring and opportunity inspection					
SDH2951 REAC	Reactor del desaireador del agua de calderas	A.515 GR 60	SCC(L)	M	L	L	N	L	M		N	Y	I	I	Extensive monitoring and opportunity inspection					
SDH2951 REAC	Reactor del desaireador del agua de calderas	A.515 GR 60	OTNAR(L)	M	L	N	N	L	M		N	Y	I	I	Extensive monitoring and opportunity inspection					
SDH2951 REAC	Reactor del desaireador del agua de calderas	A.515 GR 60	CORFAT	L	N	N		N	N		Y	Y	N	VH	No additional inspection or process monitoring required					
SDH2951 REAC	Reactor del desaireador del agua de calderas	A.515 GR 60	EROCR	L	L	N	N	L	L		Y	I	Y	VH	No additional inspection or process monitoring required					
SDH2951 ACU	Acumulador del desaireador del agua de calderas	A.515 Gr 70	CUI		N	M	N	N	M	L					IS-4					
SDH2951 ACU	Acumulador del desaireador del agua de calderas	A.515 Gr 70	EXCOR(L)	L	L	N	N	L	L		I	N	Y	I	0	0.1	0.00	0.50	0.00	
SDH2951 ACU	Acumulador del desaireador del agua de calderas	A.515 Gr 70	INCOR(L)	L	L	L	N	L	L		Y	I	Y	VH	3.17	0.1	31.7	0.70	22.2	
SDH2951 ACU	Acumulador del desaireador del agua de calderas	A.515 Gr 70	OTHAR(L)	L	L	L	N	L	L		Y	I	Y	VH	0	0.1	0.00	0.70	0.00	
SDH2951 ACU	Acumulador del desaireador del agua de calderas	A.515 Gr 70	OTNAR(L)	M	L	L	N	L	M		N	Y	I	I	Extensive monitoring and opportunity inspection					
SDH2951 ACU	Acumulador del desaireador del agua de calderas	A.515 Gr 70	MEFAT	L	L	N		L	L		I	Y	N	H	No additional inspection or process monitoring required					
SDH2951 ACU	Acumulador del desaireador del agua de calderas	A.515 Gr 70	CORFAT	L	M	N	N	M	M		Y	Y	N	VH	Extensive monitoring and opportunity inspection					

Fuente: Herramienta RRM, SHELL

Figura 15. Matriz de Criticidad.

Tag/Tag Group: SDH2951 REAC  
Failure Mode: Internal Corrosion (Legacy)

Probability	S-RBI SIF		RRM Criticality Class				
	H	High	L	MH	H	E	E
M	Medium		L	M	MH <td>H <td>E </td></td>	H <td>E </td>	E
L	Low		N	L	M	MH <td>H </td>	H
N	Negligible		N	N	L	M	MH

Economic	Slight Damage < 10k	Minor Damage 10 - 100k	Local Damage 100 - 1000k	Major Damage 1 - 10M	Extensive Damage > 10M
Health & Safety	Slight Injury	Minor Injury	Major Injury	Single Fatality	Multiple Fatality
Environment	Slight Effect	Minor Effect	Localised Effect	Major Effect	Massive Effect
Consequence Classes	N	L	M	H	E

\*Economics in US\$

Corrosion Loop analysis  
 No further assessment Remark:

Notes: Implica alinear condensados hacia el K2903, aplicar contingencia química con bisulfito de sodio y habilitar el bypass del DH2951. No hay implicaciones en la disponibilidad.

Fuente: Herramienta RRM, SHELL

Luego de desarrollar la matriz de criticidad observada en la figura 15, se realizó el índice de confianza por medio de tres preguntas para cada parte de equipo o equipo asociado a cada modo de falla, en la figura 16 podemos observar las preguntas que siempre se realizan para medir este índice de confianza.

*Figura 16. Índice de Confiabilidad*

Tag/Tag Group: SDH2951 REAC  
Failure Mode: Internal Corrosion (Legacy)

**Confidence Rating**

1  
Degradation mechanism is stable and can be properly controlled  
 Yes  Intermediate  No

2  
Multiple reliable inspections have been carried out  
 Yes  Intermediate  No

3  
Relevant Process parameters are reliably monitored  
 Yes  Intermediate  No

Additional info

Rating: 0.2 = VH Analysed

*Fuente: Herramienta RRM, SHELL*

Por otra parte se actualizó el histórico de inspección, donde: en la parte de resultados se ingresa la información consignada en la base de datos de actualización que se completó anteriormente, también se ingresan los valores del histórico de velocidad de corrosión, corrosión teórica y la tolerancia de corrosión de diseño (estos valores se calcularon anteriormente con base en los espesores tomados en las inspecciones realizadas que se encuentran en los formatos que se crearon para las calderas). En la Figura 17 se puede observar el histórico de inspección del tambor de lodos de la caldera SB2951:

Figura 17. Histórico de Inspección

Tag/Tag Group: SB2951 TL  
 Install date: 01/1979

Inspection history:

Inspection date	Results of inspe	CR mm/y	Legal inspection	EXCOR	INCOR	CAUCR	UND-D	CREEP	C
10/11/2013	Se realizo inspecci	0.189	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					

RCA and SCR per Degradation

Failure Mode	RCA	SCR	Explanation
CAUCR	3.17	0.189	
CREEP			
EXCOR(L)	3.17	1.030	
INCOR(L)	3.17	0.189	
OXYGEN COR	3.17	0.189	
UND-D COR	3.17	0.189	

Design Corrosion Allowance:  Theoretical Corrosion Rate   
 Notes  Historical Corrosion Rate [mm/y]:

Fuente: Herramienta RRM, SHELL

Por último se realizó la implementación de los planes de inspección para los TAGS actualizados, donde en base al resultado del desarrollo de la matriz de criticidad, el índice de confiabilidad y el histórico de la velocidad de corrosión; la herramienta RRM pronostica un tiempo en el cual debe realizarse una inspección. En estos planes de inspección se consignan la parte del equipo, la técnica a usar, la cobertura, quien la debe realizar (por lo general es un ingeniero de inspector) y la frecuencia en base al tiempo que genera la herramienta. En la Figura 18 podemos observar el plan de inspección para el tambor de lodos de la caldera SB2951:

Figura 18. Planes de Inspección

Benchmarks

Benchmarks Date: 01/1994 Maximum Inspection Interval: 22.22 Next Inspection Date ultimate: 03/2016

Last Legal Inspection Date: 01/1994 Legal Inspection Interval: Next Legal Inspection Date:

Next Inspection Date: 03/2016

Location	Technique	Covera	Frequency	Ann.Factor	LID	NID	Workcenter	Requirement	Type	Reference
Boquillas exterior	UT		10Y	0.10	01/1994	1/2004		USD		
Boquillas exterior	UT Espesores		10Y	0.10	01/1994	1/2004		USD		
Cap Interior	UT		10Y	0.10	01/1994	1/2004		USD		
Cap Interior	UT Espesores		10Y	0.10	01/1994	1/2004		USD		

Add Remove

Fuente: Herramienta RRM, SHELL

Esta última etapa de la actualización se realizó casi en su totalidad de manera satisfactoria en los equipos involucrados en la práctica recomendada existente y de los cuales se obtuvieron resultados confiables.

## 5.7 Evaluación de Resultados de la Implementación

Tabla 4. Evaluación de Resultados de la Implementación de Propuestas

Actividad	Propuesta	% Cumplimiento
Recopilación de Información de equipos estáticos	Identificación de Necesidades de información en el SIBA.	100%
Verificación de listado de equipos	Reconocimiento de la planta e identificación de equipos activos/inactivos, servicio/fuera de servicio e instalados/no instalados	100%

Formato de Vida Equipos Estáticos	Creación de formatos de especificaciones de operación y diseño de los equipos estáticos de SIBA	<b>100%</b>
Actualización de RBI	Metodología Inspección Basada en Riesgo para garantizar la confiabilidad de los equipos	<b>100%</b>
Implementación de RRM	Uso de herramienta para crear una puntuación de la criticidad de los equipos.	<b>90%</b>
Planes de Mantenimiento e Inspección	Creación de formatos con planes de mantenimiento y recopilación de recomendaciones	<b>90%</b>
Formato análisis de riesgo e inspección	Realización de análisis basado en resultados expuestos por la herramienta RRM	<b>100%</b>

**Fuente:** Autor del proyecto

Con cada actividad desarrollada en la práctica se implementó una propuesta de mejora que con lleva a lograr la actualización del RBI para el Departamento Servicios Industriales Balance, esta tabla muestra el % de Cumplimiento de cada una de estas propuestas.

## 6. CRONOGRAMA DE TRABAJO

**Tabla 5:** Cronograma de Trabajo.

	Practicante: Juan Sebastian Dueñez Jaimes																													
	Supervisor: Leonardo Quiñonez Jaimes																													
	PLAN DE TRABAJO																													
ACTIVIDADES	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3			
Inducción a la planta																														
Recopilación de datos																														
Verificación de listado de equipos																														
Implementación de RRM																														
Actualización de RBI																														
Actualización de Planes de Mantenimiento e Inspección																														
Actualización de formatos de Inspección																														
Elaboración de Formato de Análisis de Riesgo																														
Elaboración de Informe y presentación de Práctica Empresarial																														

*Fuente: Autor del proyecto*

En la Tabla 5, se observa el tiempo establecido para el desarrollo de las diferentes actividades durante estos 6 meses de práctica empresarial.

## 7. PRESUPUESTO

Durante el periodo comprendido entre el 13 de Agosto del 2014 al 12 de Febrero del 2015 para la realización de mi práctica empresarial en ECOPETROL S.A. el presupuesto total ejecutado fue:

*Tabla 6 Presupuesto ejecutado durante los 6 meses de práctica empresarial*

Descripción	Ingresos	Gastos
Aporte Empresarial	5.100.000	
Aporte Familiar	2.000.000	
Vivienda		2.100.000
Desplazamiento		1.500.000
Alimentación		2.400.000
Papelería		70.000
Otros gastos		840.000
Total	7.100.000	6.910.000
Diferencia		190.000

*Fuente: Autor del Proyecto.*

## 8. CONCLUSIONES

- Generalmente durante el periodo universitario no se logra un contacto directo con aquello descrito en la bibliografía de la ingeniería. Razón por la cual, esta práctica empresarial permite conocer y entender diferentes equipos que son utilizados en muchas industrias a nivel mundial y además de ver la importancia de las inspecciones, el mantenimiento, el cuidado del activo y cómo actuar cuando se presentan emergencias.
  
- Actualizar una práctica recomendada RBI ha sido muy importante ya que se lograron cumplir con los indicadores de integridad que no estaban desarrollados en un 100 % para el Departamento de Servicios Industriales Balance; también permite identificar componentes de mayor criticidad, enfocándose en estos por otra parte identifica componentes de criticidades despreciables, cuyos períodos de inspección resultan ser mayores que los habituales. De esta forma, se optimizan las tareas de inspección.
  
- Mediante la actualización de esta práctica recomendada se reduce el riesgo, se da un intervalo de tiempo entre cada inspección y se facilita la planificación del mantenimiento de los equipos involucrados en estas práctica.
  
- Unificar la información de los equipos estáticos mejora las prácticas para el almacenamiento histórico del equipo con respecto al plan de inspección para la toma de decisiones de mantenimiento del activo.

## **9. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a el Departamento de Servicios Industriales Balance, con apoyo en la Coordinación de Inspección e Integridad de Equipos llevar a cabo las diferentes practicas recomendadas de las unidades para cumplir con los indicadores que tiene el Departamento y para conocer un aproximado de la vida útil de sus equipos estáticos presurizados, también realizarla en las diferentes tuberías de las diferentes unidades.

Es necesario mantener la información a la mano actualizada y ordenada, el cual sea de fácil acceso para el equipo de trabajo, que como ya se indicó, equivale a todos los miembros de la organización.

## BIBLIOGRAFÍA

ECOPETROL S.A. (s.f.). *Energía para el Futuro*. Recuperado el 04 de 12 de 2014, de ECOPEOTROL, Energía para el Futuro: [http://www.ecopetrol.com.co/especiales/mapa\\_infraestructura.htm](http://www.ecopetrol.com.co/especiales/mapa_infraestructura.htm)  
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=532&conID=76463&pagID=134270>

ECOPETROL S.A. (s.f.). *Estructura Organizacional Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica*. Recuperado el 04 de 12 de 2014, de Estructura Organizacional Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica: <http://nuestragestion/vrp/quienessomos/Organigrama.aspx>

ECOPETROL S.A. (s.f.). *Estructura Organizacional Gerencia General Refinería de Barrancabermeja*. Recuperado el 19 de 03 de 2014, de Estructura Organizacional Gerencia General Refinería de Barrancabermeja: <http://nuestragestion/grb/imagenes/Organigrama%20GRB.bmp>

ECOPETROL S.A. (s.f.). *ARCHIVO MANUAL DE PROCESOS ECOGRB-PIB-MDPU-CA04rev4*. Barrancabermeja.

ECOPETROL S.A. (s.f.). *ECOPETROL,(1995) Revisión Cálculos de Diseño Caldera Distral* Recuperado el 25 de 11 de 2014, de ECOPEOTROL, Energía para el Futuro: [http://www.ecopetrol.com.co/especiales/mapa\\_infraestructura.htm](http://www.ecopetrol.com.co/especiales/mapa_infraestructura.htm)

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERING (2014),

*American Petroleum Institute, Tenth Edition, may 2014* API Pressure Vessel Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERING (2009), *American Petroleum Institute, Third Edition, November 2009*. API recommended practice 570 - Piping inspection code: in-service inspection, rating, repair, and alteration of piping systems.

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERING (2009),

*American Petroleum Institute, Second Edition November 2009*. API recommended practice 580 *Risk-Based Inspection*.

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERING

*American Petroleum Institute Acerca de API*. (en línea). (consultado el 24 de Enero del 2015) Disponible en: <http://www.api.org/aboutapi/>

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.

Metodología del RBI (en línea). (Consultado el 15 de Octubre del 2014) Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones>