



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN HOMOLOGACIÓN DE ESTÁNDAR ANSI/ISA PARA LA
REDACCIÓN DE PROCEDIMIENTOS DEL MANTENIMIENTO EN LA INSTRUMENTACIÓN
ELÉCTRICA DE UNA REFINERÍA UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL PETÉN**

José Daniel Rabán Toc

Asesorado por el MSc. Ing. Ángel Enrique López Flores

Guatemala, febrero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN HOMOLOGACIÓN DE ESTÁNDAR ANSI/ISA PARA LA
REDACCIÓN DE PROCEDIMIENTOS DEL MANTENIMIENTO EN LA INSTRUMENTACIÓN
ELÉCTRICA DE UNA REFINERÍA UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL PETÉN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ DANIEL RABÁN TOC

ASESORADO POR EL MSC. ING. ÁNGEL ENRIQUE LÓPEZ FLORES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Romeo Neftalí López Orozco
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EN HOMOLOGACIÓN DE ESTÁNDAR ANSI/ISA PARA LA REDACCIÓN DE PROCEDIMIENTOS DEL MANTENIMIENTO EN LA INSTRUMENTACIÓN ELÉCTRICA DE UNA REFINERÍA UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL PETÉN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de postgrado, con fecha 2 de noviembre de 2014.

José Daniel Rabán Toc



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



AGS-MIMPP-0002-2015

Guatemala, 05 de agosto de 2015.

Director
Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Eléctrica
Presente.

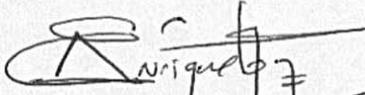
Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **José Daniel Rabán Toc** con carné número **2003-13070**, quien opto la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Ingeniería en Mantenimiento**.

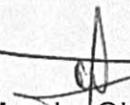
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

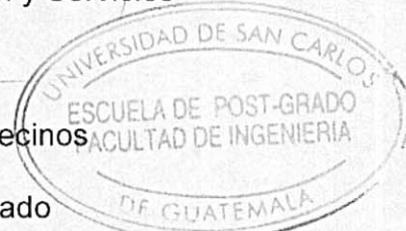
Sin otro particular, atentamente,

“Id y enseñad a todos”


MSc. Ing. Ángel Enrique López Flores
Asesor (a)
Ángel Enrique López Flores
Ingeniero Mecánico Electricista
Colegiado No. 11294


MSc. Ing. César Augusto Aki Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios
César Aki Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073


MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado





REF. EIME 10.2016.

Guatemala, 18 de FEBRERO 2016.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística de su Proyecto de Graduación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EN HOMOLOGACIÓN DE ESTÁNDAR ANSI/ISA PARA LA REDACCIÓN DE PROCEDIMIENTOS DEL MANTENIMIENTO EN LA INSTRUMENTACIÓN ELÉCTRICA DE UNA REFINERÍA UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL PETÉN**, presentado por el estudiante universitario José Daniel Rabán Toc, considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Francisco Javier González López
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

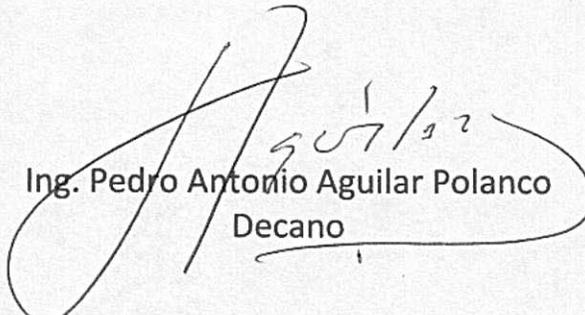




DTG. 075.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN EN HOMOLOGACIÓN DE ESTÁNDAR ANSI/ISA PARA LA REDACCIÓN DE PROCEDIMIENTOS DEL MANTENIMIENTO EN LA INSTRUMENTACIÓN ELÉCTRICA DE UNA REFINERÍA UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DEL PETÉN**, presentado por el estudiante universitario: **José Daniel Rabán Toc**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, febrero de 2016



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme llegar a este punto de mi vida y disfrutarlo junto a mis seres queridos.
- Mis padres** Gregorio Rabán y Elvira Toc de Rabán, por su apoyo, confianza, dedicación, amor incondicional y esfuerzo en todo momento. Gracias por enseñarme el camino de la honestidad y la humildad. Gracias por la importancia del esfuerzo para alcanzar mis metas. Gracias por ser ese pilar importante en nuestra familia.
- Mi esposa** Nitza Martínez, por ser mi complemento.
- Mis hijas** Angie y Ximena Rabán, por ser esa luz que ilumina mi vida.
- Mis hermanos** Carlos, Iván, Byron, Roxanda y Jeaneth Rabán Toc, gracias porque cada uno fue parte de mi motivación en todo este tiempo. Gracias por sus consejos, sus regaños y honestidad.
- Mis familiares** Abuela, tíos, tías y primas por el apoyo, consejos y buenos deseos en el transcurso de mi formación.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi alma máter.

Facultad de Ingeniería

Por servir de influencia para mi formación académica.

Mi asesor

MSc. Ing. Ángel Enrique López Flores, por apoyarme y brindarme parte de su tiempo para realizar este trabajo de graduación.

Mis amigos

Por su apoyo, tiempo y consejos durante mucho tiempo.

Mis catedráticos

Por compartir sus conocimientos para desarrollar mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
Hipótesis	XIV
JUSTIFICACIÓN.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1. Pregunta general	7
2.2. Preguntas específicas.....	7
2.2.1. Pregunta auxiliar 1	7
2.2.2. Pregunta auxiliar 2.....	7
2.2.3. Pregunta auxiliar 3.....	7
2.2.4. Pregunta auxiliar 4.....	7
3. ALCANCE DEL TRABAJO	9
4. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	11
4.1. Mantenimiento	11
4.1.1. Mantenimiento preventivo.....	11
4.1.2. Mantenimiento planificado	11

4.1.3.	Mantenimiento a la falla	12
4.1.4.	Mantenimiento predictivo.....	12
4.1.5.	Mantenimiento basado en condición	12
4.2.	Automatización del mantenimiento	13
4.2.1.	Indicadores del mantenimiento.....	13
4.2.2.	Confiabilidad del mantenimiento	13
4.2.3.	Perfil del riesgo del mantenimiento	14
4.2.4.	Análisis de modo y efecto de fallas (FMEA)	14
4.3.	Automatización de procesos	14
4.3.1.	Transductor	15
4.3.2.	Sensor.....	15
4.3.3.	Válvula neumática.....	15
4.3.4.	Actuadores	15
4.3.5.	Controladores lógicos programables (PLC por sus siglas en inglés Programmable Logic Controller).....	16
4.3.6.	<i>Supervisory control and data acquisition</i>	16
4.3.7.	Interfaz humano máquina.....	16
4.3.8.	Protocolos de comunicación industrial	17
4.3.8.1.	Protocolo High way Addressable Remote Transducer.....	17
4.3.8.2.	Protocolo Profibus	18
4.3.8.3.	Protocolo Foundation Fieldbus.....	20
4.3.8.4.	Protocolo Modbus	22
4.3.8.5.	Protocolo DeviceNet.....	23
4.4.	Estándar.....	23
4.5.	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares	24
4.6.	Sociedad Internacional de Automatización	24
4.7.	Homologar.....	25

5.	ÍNDICE GENERAL	27
6.	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	31
6.1.	Metodología utilizada para la redacción de los procedimientos de mantenimiento de la instrumentación eléctrica	31
7.	OBTENCIÓN DE DATOS.....	35
8.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	37
9.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	39
10.	RECURSOS NECESARIOS.....	41
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES.....	45
	BIBLIOGRAFÍA.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I.	Cronograma	39
II.	Gastos.....	42

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
bps	Bits por segundo
Hz	Hertz
Kg/s	Kilogramo por segundo
M	Mega
m³/s	Metro cúbico por segundo
m	Mili
%	Por ciento
PSI	Pound Square Inch (libras por pulgada cuadrada)
InchH₂O	Pulgadas de agua
V	Voltaje

GLOSARIO

ANSI	American National Standards Institute.
HMI	Interfaz hombre máquina.
ISA	International Society of Automation.
KPI	Indicador clave de desempeño.
MRP	Material Requirements Planning.
PLC	Controlador lógico programable.
SCADA	Software para ordenadores que permite la supervisión, el control y la adquisición de datos.

RESUMEN

Las Normas ISA/ANSI (International Society of Automation) es la encargada de regular y emitir los parámetros que deben cumplir la instrumentación eléctrica, los cuales son utilizados en los procesos industriales.

El contenido de este diseño de investigación, su enfoque principal es la creación de procedimientos homologados bajo las Normas ISA/ANSI, con el objetivo de que estos puedan ser aplicados en la industria.

El enfoque del presente trabajo se desarrolla bajo la línea de investigación: automatización de procesos industriales y normas internacionales.

Con base en las Normas Internacionales ISA/ANSI se pretende crear una herramienta de aprendizaje para solucionar los diversos problemas que puedan ocurrir en la instrumentación eléctrica, cabe mencionar que, al redactar estos procedimientos, también se incluirá un apartado para la calibración.

OBJETIVOS

General

Establecer procedimientos, programas y rutinas de mantenimiento en la instrumentación eléctrica en refinería, por medio de la homologación de los estándares ANSI/ISA.

Específicos

1. Implementar el software de supervisión y control–AMS Device Manager– para mejorar el mantenimiento en la instrumentación eléctrica, y crear indicadores de desempeño de los instrumentos.
2. Implementar el tiempo medio entre fallas para la instrumentación eléctrica como indicador para determinar la confiabilidad de los instrumentos.
3. Crear una herramienta de control de mantenimiento preventivo-predictivo y costos por medio de Microsoft Office Excel, para la instrumentación eléctrica en la refinería.
4. Establecer procedimientos de control a base de estándares ANSI/ISA para la solución de fallas en la instrumentación eléctrica.

Hipótesis

Para este diseño de investigación, la hipótesis no es aplicable.

Los procedimientos son parte importante en cualquier organización, ya que facilitan el aprendizaje, la correcta formación del personal y orden al realizar una tarea.

Los estándares ANSI/ISA pueden ser referentes para el mantenimiento de equipos, esto debido a que de ellos se obtienen los parámetros de fabricación, las calibraciones de los instrumentos y, también cómo están conformados.

Variables:

- Indicadores (KPI) de los instrumentos [horas]
- Voltaje [12 – 24 Vdc]
- Corriente [4 – 20 mA]
- Presiones [0 – 25 PSI ; 0 – 50 InchH20]
- Mediciones de flujo [Kg/h; m³/s]

Variable independiente:

- Voltaje [Vdc]
- Corriente [mA]

VARIABLES DEPENDIENTES:

- Indicadores (KPI) de los instrumentos [horas].
- Presiones [PSI, InchH₂O]
- Mediciones de flujo [Kg/s, m³/s]

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de carácter descriptivo; ligado a la parte de automatización y normas internacionales, se realiza debido a la falta de procedimientos técnicos hacia el mantenimiento, calibración y reparación de los instrumentos de medición en el sistema de automatización de la refinería.

Al presentarse alguna falla en algún instrumento crítico, dentro del proceso de destilación de crudo, provoca un paro general de planta, representando pérdidas monetarias dentro de la institución, y ocasionalmente daños a los equipos como torres de destilación, vasijas e incluso bombas.

Dentro de las necesidades que existen está la creación de Material Requirements Planning (MRP), herramienta muy útil que está asociada a la administración de repuestos.

Establecer la creación una ruta crítica, con el fin del mantenimiento en la instrumentación eléctrica, donde se prioricen los dispositivos que afecten directamente el proceso de destilación y un tiempo medio entre fallas que determine cuál ha sido la mejor operación de la instrumentación eléctrica dentro del proceso de destilación de crudo.

La razón de la investigación es poder especializar al personal técnico, por medio de bases teóricas y prácticas con el objetivo de brindar un mejor servicio por parte del Departamento de Mantenimiento de Refinería.

Uno de los beneficios de homologar los procedimientos para el mantenimiento de la instrumentación eléctrica con Normas Internacionales, es mejorar la competencia de los técnicos instrumentistas y aumentar el valor del capital humano dentro de la organización, con la finalidad de certificarse a nivel internacional.

Estandarizar procedimientos para el mantenimiento, no solo ayuda a reducir el aprendizaje del personal nuevo sino también mejoraría las técnicas que se utilizan para reparar y calibrar los equipos; por lo tanto aplica una mejora continua a los procesos de mantenimiento. Dentro de la organización se cuenta con disciplina operativa, permitiendo así la evaluación, revisión y actualización de procedimientos.

Según el estándar ANSI/ISA 18.2-2009 -Management of Alarm Systems for the Process Industries- existen softwares cuyo objetivo es la verificación en tiempo real del funcionamiento, mantenimiento y rendimiento de la instrumentación eléctrica en cualquier industria. El uso correcto de -AMS Device Manager- beneficiará al mantenimiento de la instrumentación eléctrica en refinería, debido a que podrá verificarse las condiciones de la instrumentación eléctrica en tiempo real.

Dentro de los objetivos primordiales es lograr el óptimo funcionamiento de la automatización debido a que es un pilar importante en el proceso de destilación de crudo en refinería, para poder así minimizar los paros no programados o la falta de algún instrumento dentro del proceso.

INTRODUCCIÓN

La instrumentación eléctrica es un pilar importante dentro de la automatización de los procesos industriales; ya que permite obtener los parámetros más utilizados en la industria como: presión, flujo, temperatura, densidad, acidez y niveles. Asimismo es parte del nivel I en la pirámide de automatización y son dispositivos de campo que se encargan de transformar una magnitud física a señales eléctricas (transductor); y como cualquier componente de un proceso debe tener un mantenimiento adecuado.

Otros instrumentos que pertenecen al nivel I de la pirámide de automatización son los actuadores, las válvulas neumáticas, los sensores de medición de gases de combustión, entre otros. Al visualizar la cantidad de dispositivos que se puede tener en el nivel I se aprecia lo complejo que puede ser el mantenimiento de los equipos y el control que se debe tener; y sobre cada una de sus fallas.

El presente diseño de investigación se enfoca en la recopilación de estándares ANSI/ISA (definición en puntos 7.5 y 7.6), con el fin de analizar y crear una serie de procedimientos en el mantenimiento de la instrumentación de una refinería ubicada en el municipio de La Libertad, departamento del Petén. Los estándares ANSI/ISA, juntamente con los manuales de los instrumentos de medición, proporcionarán las herramientas necesarias a fin de determinar el mantenimiento preventivo, correctivo y calibraciones de instrumentos, tales como: válvulas neumáticas, medidores de flujo, controles de nivel, controles de presión, entre otros.

El objetivo del diseño de investigación es crear procedimientos y obtener la mayor confiabilidad, rutinas de calibración, exactitud y precisión de los instrumentos utilizados en el proceso de destilación de crudo. Con la información obtenida se crearán indicadores que muestren los problemas que afectan a los equipos y buscar estrategias para lograr disminuir las fallas.

Para los ingenieros a cargo del mantenimiento en las plantas industriales, uno de los problemas que preocupan es mantener en óptimas condiciones los instrumentos de medición instalados en los procesos industriales; con el objetivo de evitar pérdidas de producción, paro inesperado de equipos, daños a este o incluso salvar la vida de alguna persona.

El propósito de crear los procedimientos, con la finalidad del mantenimiento de la instrumentación eléctrica es aumentar la confiabilidad en los instrumentos, disminuir las paradas inesperadas de un proceso, y crear historiales de calibraciones.

Descripción de los capítulos:

En el primer capítulo se hace la descripción del proceso de destilación del crudo.

En el segundo capítulo se presenta la instrumentación eléctrica utilizada en el proceso de destilación de crudo.

En el tercer capítulo se definen los estándares ANSI/ISA que aplicarán a la creación de los procedimientos de mantenimiento.

En el cuarto capítulo se muestran las herramientas –AMS Divece Management- (software utilizado con el fin de supervisar los instrumentos foundation fieldbus) y el software SCADA, ambos con el objetivo de supervisar en tiempo real las variables que se utilizarán en el mantenimiento de los instrumentos de campo.

En el quinto capítulo se presentan los procedimientos homologados por los estándares ANSI/ISA para el proceso de destilación de crudo de la refinería, el análisis se realizará por medio de gráficas de las magnitudes que los instrumentos miden, y paretos con la finalidad de analizar las fallas recurrentes.

En la parte final se incluirán las conclusiones y recomendaciones, bibliografía y anexos de la investigación.

1. ANTECEDENTES

Para identificar las fallas de los transmisores en los procesos industriales automatizados se puede utilizar un método basado en redundancias físicas (Aranguren & Tarantino, 2004), con enfoque de investigación. Este método facilita el mantenimiento preventivo, sin necesidad de interrumpir las operaciones y efectos en los costos de la empresa. La finalidad de implementar un sistema para la detección de fallas (SDDF), y facilitar también la implementación del mantenimiento preventivo basado en condición en los procesos industriales. Crea un precedente en dirección a la creación de procedimientos con el objetivo del mantenimiento adecuado a la instrumentación eléctrica en los procesos automatizados (instrumentos de medición, actuadores, válvulas, sensores entre otros).

Las estrategias para lograr un mantenimiento adecuado de la instrumentación eléctrica pueden ser: política de mantenimiento basado en criticidad (MBC), políticas para la optimización de recursos requeridos en la gestión del mantenimiento y sistemas para la detección de fallas (SDDF) Tarantino & Aranguren (2004), estas estrategias realizan un análisis de la criticidad de los procesos industriales y la confiabilidad de cada subproceso.

Utilizar herramientas de software como AMS Device (Active Management System: Sistema de gestión de activos), software que se encuentra incluido en los HMI (Human Machine Interface: Interface humano maquina) Quiñónez (2004), puede ayudar al personal operativo a detectar cualquier irregularidad que se encuentre en los instrumentos de medición, y dar un valor agregado para la detección de fallas.

La tendencia que se tiene en la automatización es el cambio de tecnología, y el control por medio de software, con la finalidad de realizar reparaciones en los instrumentos (Samad et al 2006), y contar con una nueva tendencia de mantenimiento a los procesos industriales, lo que se traduce a una mejor especialización de los técnicos, y lograr una mejora en los controles de automatización (Jämsä-Jounela 2007).

El software de supervisión, control y adquisición de datos (supervisor control and data acquisition SCADA) es una herramienta versátil para diagnosticar fallas en tiempo real, minimizar las consecuencias ambientales y aumentar la seguridad industrial. En esta investigación se presenta una unidad de entrenamiento industrial (DAC603), donde se tiene un proceso que contiene instrumentos de medición (instrumentación eléctrica), se simula un proceso, se desarrolla una herramienta de diagnóstico por medio de SCADA y facilita la detección de cualquier irregularidad dentro de la instrumentación eléctrica utilizando modelos matemáticos, todo esto bajo la Norma ANSI/ISA95 (Enterprise-Control System Integration) (Integración de sistemas de control en las empresas) (Cerrada et al 2011),

El estudio mostrado por Poblete García et al (2013) se establecieron procedimientos que ayudaron a mejorar las prácticas dentro del departamento de Medicina Nuclear, y se realizaron dos con el objetivo de acreditarse auditorías. Esto es parte de una homologación a la Norma UNE-UN-ISO 9001:2008.

Entre las ventajas que se obtienen en la homologación están: la reducción de costos por aprendizaje, minimiza fallas y mejora la compatibilidad de procesos, o repuestos (Barut et al 2011), con la homologación puede transferirse procedimientos sin que afecte el país donde estos se apliquen.

Como se observa, existen normas internacionales para la fabricación de la instrumentación eléctrica.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la organización, el factor humano es importante, pero debido a las diferencias generacionales entre las personas experimentadas y los jóvenes que ingresan hay una pérdida significativa de conocimiento. Por lo cual esta debe compensarse con cursos y experiencias de campo para obtener la solución a los problemas que ocurran con los instrumentos; lo que se traduce en mayor inversión de tiempo y dinero.

No tener un estándar para la solución de problemas con la instrumentación eléctrica provoca que el intercambio de conocimientos sea difícil y tedioso; sumándose la falta de experiencia de algunos técnicos.

El rol de la instrumentación eléctrica dentro del proceso de refinación es importante debido a que ella refleja las condiciones de las variables como temperatura, cantidad de fluido y niveles en las torres de destilación. Cualquier error que presenten los instrumentos puede ocasionar daños a equipos, y al personal operativo.

Al no realizar un procedimiento correcto, por ejemplo, un transmisor de presión, se puede tener una incerteza mayor de lo esperado, provocando una lectura errónea del operador o del lazo de control; un transmisor de flujo podría tener lecturas equivocadas del fluido que circule dentro del proceso.

El presente diseño de investigación implementará procedimientos para el mantenimiento de la instrumentación eléctrica, y responde a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los procedimientos, programas y rutinas que se homologarán con los estándares ANSI/ISA para el mantenimiento a la instrumentación eléctrica en la refinería?
- ¿Mejorará el mantenimiento de la instrumentación eléctrica en la refinería al utilizar un software de supervisión?
- ¿Cómo obtener el rendimiento y confiabilidad de la instrumentación eléctrica en la refinería?
- ¿Qué beneficios se obtendrán al utilizar una herramienta automatizada para el control del mantenimiento de la instrumentación eléctrica en la refinería?
- ¿Cuál es la contribución de la estandarización de procedimientos para disminuir fallas en la instrumentación eléctrica en la refinería?

La incorrecta manipulación de un instrumento provocará que este no sea preciso o que se dañe.

La administración de la instrumentación eléctrica, por medio de software de supervisión, no se utiliza dentro de la organización. Debilita la seguridad en la operación de los lazos de control debido a que se encuentra vulnerable a la manipulación de terceras personas.

Por razones empresariales se reservará el nombre de la institución, y se nombrará únicamente como “la refinería”.

2.1. Pregunta general

¿Cuáles son los procedimientos, programas y rutinas que se homologarán con los estándares ANSI/ISA, para el mantenimiento a la instrumentación eléctrica en la refinería?

2.2. Preguntas específicas

A continuación se explicara las preguntas específicas.

2.2.1. Pregunta auxiliar 1

¿Mejorará el mantenimiento de la instrumentación eléctrica en la refinería al utilizar un software de supervisión?

2.2.2. Pregunta auxiliar 2

¿Cómo obtener el rendimiento y confiabilidad de la instrumentación eléctrica en la refinería?

2.2.3. Pregunta auxiliar 3

¿Qué beneficios se obtendrán al utilizar una herramienta automatizada para el control del mantenimiento de la instrumentación eléctrica en la refinería?

2.2.4. Pregunta auxiliar 4

¿Cuál es la contribución de la estandarización de procedimientos para disminuir fallas en la instrumentación eléctrica en la refinería?

3. ALCANCE DEL TRABAJO

El presente trabajo, de carácter descriptivo y exploratorio, tendrá como alcance la creación de los procedimientos de mantenimiento a la instrumentación eléctrica que se encuentren instalados en la refinería, utilizados para los procesos de destilación de crudo, llevando un periodo de 6 a 12 meses de toma de datos antes y después de haberse creado los procedimientos de mantenimiento. Dentro de la investigación se pretende enlistar los instrumentos utilizados, explicar su funcionamiento y definir su función dentro de los procesos.

La investigación establecerá procedimientos con estándares internacionales, con la finalidad de lograr un óptimo mantenimiento de los instrumentos en refinería. La creación de procedimientos ayudará a capacitar al personal técnico y mejorar las técnicas utilizadas en el mantenimiento de la instrumentación eléctrica.

Se utilizarán las Normas ANSI/ISA con el objetivo de analizar y establecer procedimientos de mantenimiento a la instrumentación eléctrica. Los instrumentos utilizados dentro del proceso son: medidores de flujo, medidores de presión y medidores de temperatura.

Con la creación de una base de datos y las fallas más comunes se lograría tener indicadores de desempeño para los instrumentos del proceso de destilación de crudo y establecer un Material Requirements Planning (MRP) sin afectar las operaciones de producción finales que aparecen en el programa maestro de producción.

La investigación proporcionará los instrumentos críticos que afectan directamente el proceso de destilación de crudo.

Por medio del software AMS Divece Manager es posible tener información en tiempo real del funcionamiento de los instrumentos, por ejemplo: voltaje, transductor, señales A/D y operación de los instrumentos dentro de un lazo de control.

Se establecerán rutinas de calibración a los instrumentos debido a que estos con el tiempo dejan de tener exactitud y precisión. Los parámetros bases para realizar esta calibración se encuentra en el taller de instrumentación del Departamento de Mantenimiento General de Refinería.

Los instrumentos a analizar son:

- Instrumentos de medición de flujo
- Instrumentos de medición de presión manométrica
- Instrumentos de medición de nivel

El estudio se realizará en una empresa de destilación de crudo ubicada en La Libertad, municipio del departamento de Petén.

4. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

4.1. Mantenimiento

Se define como un conjunto de procedimientos y acciones para conservar o restablecer un equipo o sistema a un bajo costo. Duffua et al (2000).

Al no existir un sistema administrativo de mantenimiento, los equipos pueden tender a fallar. Duffua et al (2000).

El mantenimiento puede dividirse en: preventivo, predictivo, correctivo y basado en condición. Duffua et al (2000).

4.1.1. *Mantenimiento preventivo*

Según lo expuesto por Duffuaa et al (2000, p. 33). “Tiene como objetivo utilizar métodos para estimar el momento en el que pueda fallar algún equipo o sistema, y poder anticiparse a que este ocurra, evitando que se dé alguna falla catastrófica o un paro inesperado de producción. Los métodos más comunes para poder realizar este tipo de mantenimiento son: datos estadísticos y con base a experiencias.

4.1.2. *Mantenimiento planificado*

Tiene como base principal la frecuencia con la que se intervienen los equipos e inspeccionarlos cuando estos se encuentran detenidos. Duffua et al (2000).

La planificación es un pilar importante dentro de este mantenimiento, ya que deben de realizarse dentro del tiempo planeado y restableciendo su operación en condiciones aceptables. Duffua et al (2000).

4.1.3. *Mantenimiento a la falla*

Tiene como base principal la frecuencia con la que se intervienen los equipos e inspeccionarlos cuando estos se encuentran detenidos. Duffua et al (2000).

La planificación es un pilar importante dentro de este mantenimiento, ya que deben de realizarse dentro del tiempo planeado y restableciendo su operación en condiciones aceptables. Duffua et al (2000).

4.1.4. *Mantenimiento predictivo*

El más utilizado para los equipos críticos, puede tener un costo elevado debido a la compra de equipos de medición o análisis de laboratorio, pero mejora el diagnóstico para una falla en los equipos críticos del sistema. Duffua et al (2000).

4.1.5. *Mantenimiento basado en condición*

Es el mantenimiento que analiza las causas que provoca una falla; se desarrolla un seguimiento para corregir el origen de la falla y lleva un estadístico para predecir el tiempo que ocurren. Duffua et al (2000).

4.2. Automatización del mantenimiento

El enfoque de la automatización del mantenimiento es utilizar herramientas que provean los indicadores del mantenimiento, como la confiabilidad de los equipos, que permitan tener una mejora continua en la gestión del mantenimiento. (CEIM, 2000).

Asimismo, aumenta la cantidad de parámetros cuantificables de los resultados del mantenimiento. Con los datos cuantificables se puede tomar acciones basados en criticidad para el mantenimiento de los equipos (CEIM 2000).

4.2.1. *Indicadores del mantenimiento*

Son parámetros que hacen referencia a las condiciones y comportamientos del mantenimiento, con base en los indicadores se pueden establecer causas y mejoras en el mantenimiento, lo que tiene como objetivo determinar las fortalezas y debilidades de un sistema de mantenimiento. Duffua et al (2000).

4.2.2. *Confiabilidad del mantenimiento*

El mantenimiento puede definirse como el conjunto de actividades que se llevan a cabo para la confiabilidad de las funciones de los equipos o sistemas. Para lograr el objetivo se debe tener la máxima confiabilidad de los equipos al costo más bajo posible. Es importante analizar la confiabilidad de los equipos a lo largo de su vida útil pasando por el diseño, funcionamiento, mantenimiento y reemplazo. Duffua et al (2000).

4.2.3. Perfil del riesgo del mantenimiento

El perfil de riesgo consiste en definir, de forma adecuada, la sección de análisis, el nivel de severidad, el nivel de probabilidad y los niveles de protección que aplican a los equipos y sistemas, esto para determinar el impacto que puede tener una falla dentro de una industria o sistema. Duffua et al (2000).

4.2.4. Análisis de modo y efecto de fallas (FMEA)

Se enfoca en establecer la confiabilidad y mapas de modo falla del perfil de riesgo. Duffua et al (2000).

4.3. Automatización de procesos

Definición expuesta por García (2001, p. 9)

“La automatización de los procesos es la sustitución de tareas tradicionalmente manuales por las mismas, realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier otro tipo de automatismo. La automatización tiene ventajas muy evidentes en los procesos industriales. Se mejora en costes, en servicio y en calidad. El trabajo es más rápido y no necesita de una cantidad determinada de operarios, que antes eran necesarios. Además se producen menos problemas de calidad por realizarse el trabajo de una manera más uniforme debido a las especificaciones dadas al automatismo. Otras ventajas que se obtienen de la automatización son el aumento de producción, menor gasto energético, mayor seguridad para los trabajadores”.

4.3.1. Transductor

Es un dispositivo que de transformar o convierte una forma de energía, como presión, temperatura o flujo en señales eléctricas que se utilizan para interpretar estas variables. Benedict (1984).

4.3.2. Sensor

Es un dispositivo capaz de captar magnitudes físicas, como variaciones de luz, temperatura, sonido, presión, densidades, acides, entre otras. Benedict (1984).

4.3.3. Válvula neumática

Es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por lo tanto, al aplicarle una fuerza se comprime; mantiene esta compresión y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse, según dicta la ley de los gases ideales. Benedict (1984).

4.3.4. Actuadores

Es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de crear un efecto sobre un proceso industrial automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador, en función a esta, podrá generar la orden para activar un elemento de control, por ejemplo, una válvula. Benedict (1984).

4.3.5. Controladores lógicos programables (PLC por sus siglas en inglés Programmable Logic Controller)

Son equipos de campo, diseñados para controlar actuadores, tienen la bondad de poder ser programados según los requerimientos del sistema en el cual es instalado. Por lo general, están constituidos por entradas y salidas, las cuales pueden ser de mono análogo o digital, también los hay para funcionar en sistemas de corriente continua y corriente alterna (García, 2001).

4.3.6. Supervisory control and data acquisition

Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, control y adquisición de datos) es un software para ordenadores que controla y supervisa procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación de los sensores y actuadores en tiempo real, y controla el proceso automáticamente. Provee la información que se encuentra en el proceso de producción (supervisión, control calidad, control de producción, guardar datos, entre otras) y permite su gestión e intervención (García, 2001).

4.3.7. Interfaz humano máquina

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, en la fecha de esta investigación una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (IHM), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. El término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el

control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo"¹ (ISO 9241-110, p. 125).

La interfaz de usuario/interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina (García, 2001).

4.3.8. Protocolos de comunicación industrial

Debido al alto crecimiento y aumento de la complejidad que tuvieron los procesos industriales, las empresas con mayor renombre como: Siemens, ABB, Emerson Process optaron por realizar redes de comunicación entre cada uno de los controladores lógicos programables y también sobre otros subsistemas, llevando a crear protocolos de comunicación industrial para cada uno de sus productos con el objetivo de comunicar los equipos de campo a un SCADA y así supervisar todos los procesos, obteniendo únicamente las variables que el sistema necesite (Electromática, 2012).

A continuación se mencionarán los protocolos más utilizados en la industria para comunicación

4.3.8.1. Protocolo High way Addressable Remote Transducer

Su desarrollo fue iniciado por Rosemount Inc.; agrupa información digital sobre una señal analógica de 4 a 20 mA DC. Es una señal digital que utiliza dos frecuencias independientes de 1 200 y 2 200 Hz, las cuales muestran señales de 0 y 1; este forma una onda senoidal que se superpone a un lazo de

¹ COPADATA. <http://www.copadata.com/es/productos/product-features/interfaz-hombre-maquina-hmi.html>. Consulta:25 de mayo de 2015.

corriente de 4-20 mA. Debido a que la señal promedio de un onda senoidal es cero, no se añade ninguna componente DC a la señal analógica de 4-20 mA, (Electromática, 2012).

Protocolo High way addressable remote transducer (HART) habilita la comunicación digital bidireccional por medio de instrumentos inteligentes que no perturban la señal analógica de 4-20 mA. El protocolo HART permite la transmisión tanto de la señal analógica de 4-20 mA y la señal de comunicación digital simultáneamente sobre la misma instalación eléctrica. La información que se envía de las variables primarias es conducida por la señal de 4-20 mA, la información que se envía a los dispositivos de campo con el software de supervisión se envía, utilizando únicamente los mismos cables (Electromática, 2012).

Características expuestas por electromática (2012):

- Puede tener hasta 256 variables
- Los buses puede conectar varios transmisores y acoplarse con 15 dispositivos como lo son PLC's
- Entrega una alternativa económica de comunicación digital
- Implica un ahorro considerable en materiales eléctricos en las instalaciones multipunto

4.3.8.2. Protocolo Profibus

Process Field Bus está dentro de la Norma Internacional para bus de campo de alta velocidad, con la finalidad de controlar procesos; normalizada en Europa por EN 50170 (Electromática, 2012).

Existen tres perfiles, acorde a lo expuesto por electromática (2012):

- Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCs) o terminales.
- Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso, cumple las Normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 1 15 8-2, seguridad intrínseca).
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre celdas de proceso o equipos de automatización.

Profibus DP es importante, ya que está basada en Electronics Industries Association RS-485, esta es una norma para la transmisión de datos que evalúan el tipo de cable a utilizar y el bus donde esta se transmitirá, este estándar es de uso para redes industriales. En Profibus DP se distingue entre maestro clase 1 (estaciones de monitorización y diagnóstico), maestro clase 2 (elementos centralizadores de información como PLCs, PCs, entre otros), esclavo; sensores y actuadores (Electromática, 2012).

Profibus PA utiliza la Norma IEC 11158-2 norma de comunicación síncrona entre sensores de campo, que utiliza modulación sobre la propia línea de alimentación de los dispositivos y puede utilizar los antiguos cableados de instrumentación 4-20 mA y para el nivel de proceso se tiende a la utilización de Ethernet. También se contempla la utilización de enlaces de fibra óptica. Electromática (2012).

Utiliza dispositivos tipo maestro y dispositivos esclavo. El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico (*polling*). Se pueden configurar

sistemas multimaestro o sistemas más simples maestro-esclavo (Electromática, 2012).

Características según lo expuesto por electromática (2012):

- Tiene la misma topología, protocolo y estructura de red.
- Adaptación a diferentes baud rates, desde 9,6 Kbps hasta 12 Mbps, permiten adaptar la comunicación a cada requisito tecnológico.
- Enorme capacidad de procesamiento de diagnóstico.
- Adaptación a diferentes medios como fibra óptica (para largas distancias o ambientes con perturbaciones), cable de cobre en RS-485 o para entornos Ex (con riesgos de explosión), donde se requiere enviar la energía por el mismo cable de señal.
- Reconfiguración online sin caída del maestro y reemplazo con energía.
- Independiente de la marca: cualquier componente de cualquier marca puede comunicarse con otro que adhiera al estándar Profibus.

4.3.8.3. *Protocolo Foundation Fieldbus*

Foundation Fieldbus (FF) es otro protocolo empleado para la comunicación de dispositivos en el área industrial, es utilizado para aplicaciones de control distribuido. Puede transmitir volúmenes amplios de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización, orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo (Electromática, 2012).

Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación (Fisher-Rosemount, Foxboro), Electromática (2012).

A continuación se muestran las dos versiones del protocolo Foundation Fieldbus, según lo expuesto por Electromática (2012):

“H1 (31.25Kbps) interconecta equipos de campo, como sensores, actuadores y I/O”.

“HSE (100Mbps/1Gbps) provee integración de controladores de alta velocidad (como PLCs), redes H1, servidores de datos, y estaciones de trabajo”.

Foundation Fieldbus se diferencia de cualquier otro protocolo de comunicaciones, porque en vez de estar pensado simplemente como un medio de transmisión de datos, está diseñado para resolver aplicaciones de control de procesos (Electromática, 2012)

Características según lo expuesto por electromática (2012):

- Apropiado para su uso en zonas de seguridad intrínseca (IS).
- Dispositivos de campo alimentados a través del bus.
- Topología en bus o en árbol.
- Permite comunicación multi-máster.
- Transmisión de datos distribuida.
- Modelo de bloques estandarizado para una interfaz uniforme a los dispositivos.
- Opciones de extensión flexibles basadas en la descripción de los dispositivos.

4.3.8.4. Protocolo Modbus

Modbus es un protocolo de transmisión desarrollado por la Gould Modicon para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado. Utilizando este protocolo, una estación maestra (MTU) puede comunicarse con una o varias estaciones remotas (RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. En Modbus los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión (Electromática, 2012):

- Modo RTU
- Modo ASCII

El modo RTU, algunas veces denominado Modbus-B (por Modbus Binario) es el tipo más común.

Características (Modo RTU) según lo expuesto por electromática (2012):

- Control por conteo de caracteres.
- Transmisión asincrónica.
- Carácter básico NRZ de ocho dígitos de información (transmitidos como dos caracteres hexadecimales de cuatro dígitos), un dígito de arranque, uno de paridad y uno de parada.
- Un maestro puede controlar hasta 247 esclavos.
- Operación en modo de respuesta normal (NRM).
- Topología en estrella.
- Interfaces de capa física: RS-232D, RS-422A, RS-485, o lazo de 4-20 mA.
- Velocidades de transmisión: 1.2 a 19.2 Kbps.

- Medios de transmisión: par trenzado, cable coaxial, radio

4.3.8.5. Protocolo DeviceNet

Red de bajo nivel adecuada para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, y dispositivos de alto nivel (PLC, controladores, computadores). Provee información adicional sobre el estado de la red para las interfaces del usuario (Electromática, 2012)

Características según lo expuesto por electromática (2012):

- Permite hasta 64 nodos por red en topología de bus con derivaciones.
- Distancia máxima de 100 a 500 m y hasta 6 km con repetidores, y en velocidades de 125, 250 y 500 Kbps.
- Emplea dos pares trenzados: control y alimentación, con alimentación en 24 Vdc, con opción de redundancia.
- Transmisión basada en el modelo productor/consumidor con un empleo eficiente de ancho de banda y con mensajes desde 1 byte hasta largos ilimitados.
- Reemplazo automático de nodos, no requiere de programación y elevado nivel de diagnósticos.

4.4. Estándar

Adjetivo que se sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia. Por ejemplo estándar de vida. (Diccionario Real Academia Española, 2015).

4.5. Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute, organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. ANSI es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la (Comisión Electrotécnica Internacional) (IEC), (American National Standards Institute, s.f.).

Esta organización homologa estándares del país estadounidense con estándares internacionales, para que todos los productos producidos en ese país puedan usarse en todo el mundo (American National Standards Institute, s.f.).

4.6. Sociedad Internacional de Automatización

ISA, International Society of Automation por sus siglas en inglés, www.isa.org, es una asociación profesional sin fines de lucro que establece el estándar para lo que aplica la ingeniería y la tecnología, mejora la gestión, la seguridad y la seguridad cibernética de los sistemas de automatización y control modernos utilizados en toda la industria y la infraestructura crítica. Fundada en 1945, ISA desarrolla estándares globales ampliamente usados; certifica profesionales de la industria; proporciona educación y la formación; publica libros y artículos técnicos; acoge conferencias y exposiciones; y provee de redes y programas de desarrollo de carrera para sus 36 000 miembros y 350 000 clientes en todo el mundo (The International Society of Automation, s.f.).

ISA posee Automation.com, una editorial líder en línea de contenidos relacionados con la automatización, y es el patrocinador fundador de la

Federación de automatización -www.automationfederation.org-, una asociación de organizaciones sin fines de lucro que sirven como la voz de la automatización. A través de una subsidiaria de propiedad total, ISA cierra la brecha entre las normas y su aplicación con el Instituto ISA Cumplimiento de Seguridad -www.isasecure.org- y el Instituto de Cumplimiento Wireless ISA-www.isa100wci.org-, (The International Society of Automation, s.f.).

4.7. Homologar

Derivado del griego homólogos (*ομόλογος*) "acordar", es el término que se usa en varios campos para describir la equiparación de las cosas, ya sean estas características, especificaciones o documentos (Diccionario de la Real Academia Española, 2015).

5. ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

HIPÓTESIS (CUANDO PROCEDA)

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. CONCEPTOS DE METROLOGIA

- 1.1 Calibración de instrumentos
- 1.2 Trazabilidad
- 1.3 Proceso de calibración.
- 1.4 Exactitud
- 1.5 Precisión
- 1.6 Incertidumbre en una medición

2. DEL PROCESO DE DESTILACIÓN DE CRUDO

- 2.1 Destilación Simple
- 2.2 Destilación Fraccionada
- 2.3 Destilación al Vacío.

2.4 Destilación por arrastre de vapor.

2.5 Puntos y magnitudes críticas del proceso de destilación de crudo

3. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA DESTILACIÓN DE CRUDO.

3.1 Medidor de flujo

3.1.1 Tipo turbina

3.1.2 De plato de orificios

3.1.3 Colioris

3.2 Medidor de temperatura

3.2.1 Termocopla

3.2.1.1 Termocopla tipo J

3.2.1.2 Termocopla tipo K

3.2.1.3 Termocopla tipo T

3.2.1.4 Termocopla tipo B

3.2.1.5 Termocopla tipo S

3.2.1.6 Termocopla tipo E

3.2.1.7 Termocopla tipo R

3.2.2 RTD

3.3 Medidor de Presión

3.3.1 Tipo burbujeo

3.3.2 Presión diferencial

3.3.3 Medidor piezoeléctrico

3.3.4 Medidor de diafragma

3.3.5 Medidor de presión de vacío

3.4 Medidor de nivel

3.4.1 Ultrasónico

3.4.2 Capacitivo

3.4.3 Presión diferencial

- 4. ESTÁNDARES ANSI/ISA
 - 4.1 Descripción de ISA (International Society of Automation).
 - 4.2 Descripción de los estándares a utilizar
 - 4.2.1 ISA S.75
 - 4.2.2 ISA RP – 75
 - 4.2.3 ISA 82
 - 4.2.4 ISA MC96.1
 - 4.2.5 ISA 71
 - 4.2.6 ISA 50
 - 4.2.7 ISA 20
 - 4.2.8 ISA 26
 - 4.2.9 ISA RP-31
 - 4.2.10 ISA 37
 - 4.2.11 ISA 95

- 5. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA AMS –DIVECE MANEGER-
 - 5.1 AMS-Divece Manager-
 - 5.1.1 Características
 - 5.1.2 Funcionamiento
 - 5.1.3 Normativo ISA
 - 5.2 SCADA Delta V Emerson Process
 - 5.2.1 Descripción del equipo (descripción comercial)
 - 5.2.2 Arquitectura
 - 5.2.3 Utilidades

- 6. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS
 - 6.1 Procedimientos para el mantenimiento de medidores de flujo.
 - 6.2 Procedimientos para el mantenimiento de medidores de nivel.

- 6.3 Procedimientos para el mantenimiento de medidores de temperatura.
- 6.4 Procedimientos para el mantenimiento de presión.
- 6.5 Procedimientos para el mantenimiento de actuadores.
- 6.6 MRP de instrumentos críticos del proceso.
- 6.7 Base de datos de historiales
- 6.8 Análisis de paretos
- 6.9 Cumplimiento de conformidad

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍAS

ANEXOS

6. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El estudio será de tipo exploratorio y descriptivo; para la creación de la base de datos se obtendrá por medio de órdenes de trabajo de los instrumentos eléctricos, los cuales presentaron alguna falla. Los datos serán enlistados a manera de observar cuáles son las fallas más comunes.

6.1. Metodología utilizada para la redacción de los procedimientos de mantenimiento de la instrumentación eléctrica

La metodología que se utilizará para el trabajo de investigación es en tres etapas:

- Primera etapa: reunir información de problemas que han ocurrido en la instrumentación eléctrica, y obtener cuál es la probabilidad de que estos ocurran nuevamente.
- Segunda etapa: revisar los manuales del fabricante y compararlos con las Normas ANSI/ISA.
- Tercera etapa: presentar los procedimientos para la instrumentación eléctrica.

Las fases de la investigación se presentan a continuación:

- Primera fase

Consiste en reunir información de calibraciones, mantenimientos y otros trabajos que se le han realizado a los instrumentos en los últimos años, para esto se estima un tiempo de 4 semanas, para los recursos únicamente se utilizarían manuales, libros, órdenes de trabajo por parte de la empresa. El objetivo principal de la etapa es tener la información necesaria para determinar la mayor cantidad de problemas y estudiarlos por medio de paretos.

- Segunda fase

Tiene como objetivo crear una base de datos utilizando AMS Device Management, el cual tendría el acceso a los instrumentos para verificar su historial, se utilizaría acceso a internet, software DeltaV, manuales. Se plantea crear un herramienta por medio de Microsoft Office Excel, para poder medir el tiempo medio entre falla (MTBF). Este tiene un plazo máximo de 5 semanas.

- Tercera fase

Se empieza con la redacción de los procedimientos de mantenimiento, el objetivo es poder crear la metodología para los mantenimientos de la instrumentación eléctrica y también una manera de continuar con la creación de la base de datos que se menciona en la segunda etapa.

- Cuarta fase

Tiene como objetivo presentar los procedimientos de mantenimiento para la instrumentación eléctrica, verificar si cumplen con los requerimientos necesarios para los instrumentos y capacitación del personal con base en los procedimientos redactados. Se tiene contemplado el uso de utilería, herramientas, entre otros.

- Quinta fase

Recopilación de la información obtenida a través de los procedimientos para el análisis de los datos.

7. OBTENCIÓN DE DATOS

En esta se determina cuáles son los parámetros que podrán ser medibles y cuáles serán los repetitivos para cada uno de los instrumentos de medición que se menciona.

Dentro de las variables que se podrán observar está:

- El voltaje de entrada a los instrumentos (Vdc).
- Minimizar fallas de los instrumentos por medio de un mantenimiento preventivo y también con una calibración adecuada.

El objetivo de poder obtener los datos como Vdc, es para iniciar a obtener KPI's, donde se pueda observar tiempos medios entre fallas de los instrumentos. Verificar cómo se comporta la precisión y exactitud de los instrumentos a través del tiempo. Todo esto se determina realizando las pruebas previas antes de cada calibración, se tabularán los datos con el objetivo de graficarlos y observar cómo varían a través del tiempo.

La obtención de datos es por medio de la técnica experimental y descriptiva, debido a que son equipos que responden a las condiciones de operación y el medio ambiente.

VARIABLES como la presión, la temperatura y el flujo de los transmisores son solo parte de los datos que mostrará la técnica experimental. Se tiene como objetivo crear una correlación lineal donde existan datos variables y datos que son dependientes de las condiciones.

8. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Los datos obtenidos serán analizados, cada instrumento tendrá sus propios parámetros de medición. Lo que permitirá el mejor análisis para el funcionamiento dentro del proceso.

Obtener los índices de rendimiento, tabulación de datos (KPI's, obtención de datos antes y después de la calibración, voltajes de referencia Vdc).

De esta manera se podrá analizar el comportamiento del instrumento en un gráfico donde aparezcan los parámetros antes mencionados.

Según lo descrito en la hipótesis, los datos serán tabulados de la siguiente forma.

Variable Independiente

- Voltaje
- Corriente

Variables dependientes

- Presiones
- Mediciones de flujo.

Cada instrumento tendrá una correlación lineal independiente, con el objetivo de evaluar el funcionamiento de las distintas variables que afecta la operación.

La correlación lineal incluirá los mantenimientos preventivos realizados durante los periodos de tiempo estipulados.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla I. Cronograma

		jul-15				ago-15				sep-15				oct-15				nov-15				dic-15			
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24
1	Recopilación de información	■	■																						
	Organización de Información			■																					
	Recabar información útil para la investigación.				■																				
	Filtrar información					■																			
	Investigar uso de AMS Device Managment						■	■																	
2	Investigar las normas que se implementarán para la redacción de los procedimientos.							■	■																
	Redactar procedimientos utilizando las Normas ANSI/ISA									■	■	■													
3	Determinar qué variables serán utilizadas para cada instrumento												■	■											
	Continuar con la creación de la base de datos para los instrumentos.													■	■	■									
	Presentar los procedimientos de mantenimiento para la instrumentación eléctrica																■	■							
4	Análisis de datos																		■	■	■				
5	Conclusiones de la investigación																							■	■

Fuente: elaboración propia.

10. RECURSOS NECESARIOS

A continuación se detallan los recursos necesarios para realizar este diseño de investigación, donde se incluirán software, materiales, utilería y personal:

- Licencia AMS Dvice Manangment

Licencia instalada en el Software del sistema DeltaV, licencia anual

- Membresía de ISA-Guatemala

Costo anual de \$100.00 anuales

- Manuales de Instrumentos

Manuales en propiedad de la biblioteca dentro de la organización

- Software Delta V

Interfaz humano máquina (HMI), el cual ayudará a supervisar los instrumentos, juntamente con el AMS Dvice Manangment.

- Materiales varios

Cubiertos por el estudiante como cables de comunicación, redacción, entre otros. No mayor Q 3 000,00

- Recopilación de datos

Se tendrá un técnico que recopile los datos. Los costos se describen en la tabla II.

Tabla II. **Gastos**

	Costo mensual	Costo anual
Técnico	Q 4 000,00	Q 48 000,00
Insumos varios	Q 250,00	Q 3 000,00
TOTAL	Q 4 250,00	Q 51 000,00

Fuente: elaboración propia

Para el presente diseño de investigación el asesor apoyará en forma *ad honorem*.

CONCLUSIONES

1. Se aplicarán los conceptos de homologación.
2. Realización del análisis y aplicación de los distintos estándares para la redacción de los procedimientos, minimizando así el aprendizaje de los distintos equipos.
3. Mejora en los métodos de calibración en la instrumentación eléctrica instalada en refinería.
4. Innovar y optimizar el software AMS Device Management para los instrumentos en plataforma Fieldbus.
5. Permite minimizar los costos en las reparaciones de la instrumentación eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar los métodos de aprendizaje en las distintas industrias del país.
2. Crear un estándar a nivel nacional, para poder obtener el mejor provecho de los técnicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Torres, M. B., Iborra García, A. J., Fernández Andrés, J. C. (2000). An automatic maintenance system for nuclear power plants instrumentation.
2. Álvarez, I. I., Jiménez, L. A., Tenorio, Jorge. *Planteamiento de una empresa de capacitación en mantenimiento de instrumentación industrial para las variables de temperatura, presión y flujo para la pequeña y mediana empresa.* (Doctoral dissertation). (2012).
3. Amay, D.; Javier, W. (2014). *Pérdidas en transformadores de distribución de la Empresa Eléctrica Azogues.*
4. American National Standards Institute (ANSI), s.f., [en línea] mayo de 2015, de. <http://www.ansi.org/>. [Consulta: 25 de mayo de 2015].
5. Aranguren, S., *Estudio de diseño de las normas, ingeniería, metodologías y tecnologías de los sistemas de detección y diagnósticos de fallas (SDDF), para los elementos de los sistemas de automatización del centro de refinación Paraguaná (CRP), PDVSA,* Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería Mérida-Venezuela: 2001. 58 p.
6. Aranguren, Z.S.; Tarantino, A. R. (2009). Metodologías y tecnologías de detección y diagnóstico de fallas aplicadas a procesos industriales. *Revista colombiana de tecnologías avanzadas:* 2009. 92 p.

7. Arias C, C. A., Aranguren Z, S., Tarantino A.; R. *Diseño de una estrategia de control tolerante a fallos basado en conocimiento aplicado a un lazo de control de nivel industrial*. 2011.
8. Barut, M. *The effect of vehicle homologation in B&H to the improvement of vehicle age through a six-month review of technical inspection in FB&H*. 2011, 144 p.
9. Benedict, R., P.E. *Fundamentals of temperature, pressure, and flow measurements* Third Edition. 1984. 102 p.
10. Cáceres, J. D., *Sistema Gerencial de seguridad industrial, salud ocupacional y Medio Ambiente en una empresa Constructora de Oleoductos*. 2005, 802 p.
11. Carnero, M. C. *Selection of diagnostic techniques and instrumentation in a predictive maintenance program. A case study. Decision Support Systems*, 38(4), 539-555. 2005. 40 p.
12. Cerrada, M., Cardillo, J. & Prada, A. *Diagnostico de fallas basado en modelos: Una soluciona factible para el desarrollo de aplicaciones SCADA en tiempo real*. 2011. 172 p.
13. Diccionario de Real Academia Española 23va ed. <http://lema.rae.es/drae/?val>. [Consulta: 25 de mayo de 2015].
14. Duarte, A. B. *Fundamentos da série de normas IEC 61850 e sua aplicação nas subestações*. 2013. 58 p.

15. Duffuaa, S., Raouf, A.; Campbell, J. D. *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*. Limusa Wiley. 2000. 172 p.
16. Electromática Soluciones integrales y eficientes, 2012, Chile; <http://www.electromatica.cl/protocolos.html>. [Consulta: 25 de mayo de 2015].
17. García Moreno, E. *Automatización de procesos industriales*. México: Alfaomega grupo editorial. 2001. 74 p.
18. Gestión e Ingeniería Integral del Mantenimiento. Cuba (ISPJA E), CEIM: 2000. 78 p.
19. Gómez, J. I., Romero, J. (2007). Una mirada a las normas sobre dimensionado y tolerado geométrico en Hispanoamérica. A view of the standars on geometrical and dimensioning tolerancing of features in spanish america.
20. GONG C., HAN X., CHEN J. Depto. of Electronic Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, Jiangsu, China; Application of EMC Technique in the Design of the Electric Instrument PCB Layout[J];Electrical Measurement & Instrumentation;2005-05
21. Hoppe, T., Matschke, G.; Müller, R. Homologation of Trans-European Rolling Stock: An Integrated Approach.
22. Jämsä-Jounela, S. L. (2007). Future trends in process automation. Annual Reviews in Control, 31(2), 211-220.

23. Quiñonez T., F.E. Mantenimiento de la instrumentación y control en la planta de óxidos de Bhpbilliton Tintaya S. A., Lima-Perú. 2004.
24. Samad, T., McLaughlin, P.; Lu, J. (2007). System architecture for process automation: Review and trends. *Journal of process control*, 17(3), 191-201.
25. Tarantino, P. R. & Aranguren, M.S. *Confiabilidad en Procesos de Automatización*, 2 (4). 2004.
26. The International Society of Automation, s.f., Recuperado el 25 de mayo de 2015, de: "<https://www.isa.org/&prev=search>".
27. V.M. Poblete García, M.P. et. al. *Implantación de un sistema de gestión de calidad según norma UNE-UN-ISO 9001:2008 en un servicio de medicina nuclear*. Implantación de un sistema de gestión de calidad según norma UNE-UN-ISO 9001:2008 en un servicio nuclear. 2013. 192 p.
28. Vidal, J.; Costa, J. C. L.; Rede, P.; Da, M. N. P. Facultad de Tecnologia de São José Dos Campos – Professor. 2012. 125 p.
29. Wu Wei-bing, Jiang Wan-liang (Shenzhen SES Technologies Co., Ltd. Shenzhen 518057,China);The EMC Design in PCB for Certain Products[J];Electronics Quality;2005-08