



DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE
METROLOGÍA EN LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE CALIBRACIÓN DE PRESIÓN
DEL INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO.

AUTORES

GERARDO CUADROS GARCIA
CÓDIGO: 1098775804

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO
BUCARAMANGA
05-12-2019**



DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE
METROLOGÍA EN LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE CALIBRACIÓN DE PRESIÓN
DEL INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO.

AUTORES

GERARDO CUADROS GARCIA
CÓDIGO: 1098775804

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico

DIRECTOR

M.Eng. Diana Carolina Dulcey Diaz

Adscrito a

Grupo de Investigación en Diseño Y Materiales –DIMAT

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO
BUCARAMANGA
05-12-2019

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo de grado, está dedicado primero a Dios el cual me ha brindado muchas bendiciones, a las personas que más me han influenciado en mi vida dándome los consejos adecuados, conocimientos, guiándome y haciéndome una persona de bien para esta sociedad con todo mi amor y afecto.

Este trabajo de grado, lo dedico en especial a mi familia: a mis padres, que han estado acompañándome y apoyándome constantemente en cada uno de mis logros los cuales he conseguido durante el tiempo y a mi hijo el cual fue el motor que impulso este largo proceso, de este trabajo de grado para optar por el título de tecnólogo en montaje y mantenimiento electromecánico, a mis amigos de clases quienes me han brindado un gran apoyo y a todos los que me prestaron ayuda, a todos ellos dedico este trabajo de grado con mucho cariño y un muy grande agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por guiarme en el camino y fortalecerme día a día con su sabiduría para empezar un camino lleno de éxito.

Así, quiero mostrar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de este proyecto, de este sueño que es tan importante para mí, agradecer todas sus ayudas, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

Muestro mis más sinceros agradecimientos a mi tutor de proyecto la ingeniera magister Diana Carolina Dulcey y a mi líder de prácticas el ingeniero William Yohan Cortes Pérez, quienes con su conocimiento y su guía fueron una pieza clave para que pudiera llevar a cabo este trabajo.

Por último, quiero agradecer a la base de todo, a mi familia, en especial a mis padres, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y mi constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	13
2. MARCOS REFERENCIALES	14
2.1. MARCO TEÓRICO	14
2.1.1. MODELOS DE MANTENIMIENTO	14
2.1.2. PRESIÓN	16
2.1.2.1 TIPOS DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN.	16
2.1.2.2 INSTRUMENTOS PATRONES DE MEDICIÓN DE PRESIÓN.	17
2.1.3. NORMAS.....	20
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	21
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	23
4. RESULTADOS	32
5. CONCLUSIONES	36
6. RECOMENDACIONES	37
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
8. ANEXOS.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Peso Muerto RUSKA	18
Figura 2 Peso muerto GE SENSING	18
Figura 3 Peso muerto BUDENBERG	19
Figura 4 Barómetro Columna de Mercurio	20
Figura 5 Estructura Plantilla 021	31

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Instrumentos medidores de presión y sus características	17
Tabla 2 Peso Muerto RUSKA	17
Tabla 3 Balanza de Presión GE SENSING	18
Tabla 4 Peso muerto BUDENBERG	18
Tabla 5 Barómetro Columna de Mercurio	19
Tabla 6 Etapa 1-Practicas área Metrología ICP	23
Tabla 7 Etapa 2-Practicas área Metrología ICP	25
Tabla 8 Etapa 3-Practicas área Metrología ICP	27
Tabla 9 Etapa 4-Practicas área Metrología ICP	30
Tabla 10 Resultados Primera Etapa	32
Tabla 11 Resultados Segunda Etapa.....	33
Tabla 12 Resultados Tercera Etapa.....	33
Tabla 13 Resultados Cuarta Etapa	34

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se realizó según al plan acordado con el convenio Unidades Tecnológicas de Santander, el autor de este capítulo y el Jefe de Departamento De Infraestructura y Gestión de Activos – IAI el Dr. Leonardo Mogollón Galvis, dentro de las instalaciones del Centro de Innovación y Tecnología – ICP Ecopetrol, con el fin de valorar la utilidad de los respaldos documentales que tiene la organización, debido a la gran información que se genera en todas sus actividades Metrológicas, en el diagnóstico realizado se observó que los documentos se encuentran bajos unos parámetros no muy ordenados, por consiguiente se van a ordenar mediante el diseño de un instructivo que permita asegurar la mantenibilidad de los instrumentos y equipos de medición de presión utilizados en el área de Metrología.

El alcance de esta práctica es generar un instructivo funcional y práctico de gestión de mantenimiento para implementar en la sección de presión del área de Metrología-ICP, enfocado a la mantenibilidad de los instrumentos y equipos que se manejan en este lugar, además generar un trabajo confiable en donde se tenga clara la metodología implementada para llevar acabo la implementación de este instructivo, al final se entregará un informe detallado de todo el trabajo realizado. También, se hará entrega del instructivo de mantenibilidad para los instrumentos y equipos de medición de presión.

La práctica se realizó por medio de etapas como inducción, identificación, revisión, hallazgos, actualización de documentos e implementación de mejoras, mediante la guía y supervisión del responsable del Área de Metrología-ICP el ingeniero William Yohan Cortés Pérez.

Todo esto cumpliendo eficazmente los estándares establecidos en la norma NTC-ISO-IEC 17025-2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, en su numeral 6.4 Equipamiento, para cumplir con un entregable al final del trabajo.

PALABRAS CLAVE. Equipos de medición, Laboratorio, Metrología, Instructivo, Presión.

INTRODUCCIÓN

El Centro de Innovación y Tecnología – ICP Ecopetrol, creado el 11 de junio de 1985 en Piedecuesta Santander es una empresa en donde existe un área de Metrología la cual se encarga de realizar las pruebas y calibraciones a equipos e instrumentos utilizados en las distintas labores que se realizan en el ICP. En esta área no se ha implementado un instructivo o modelo de mantenibilidad para los equipos e instrumentos de medición de la sección de presión, esto a causa de la ausencia de un orden adecuado en la documentación de estos equipos e instrumentos, también esto se debe a la desactualización de hojas de vida, manuales de usuario y manuales de uso que se utilizan en el área de Metrología.

La realización e implementación del instructivo o modelo de gestión de mantenimiento en los equipos e instrumentos de medición de presión, ayuda a que los trabajadores que utilizan estos instrumentos de medición encuentren una guía ordenada de toda la base documental relacionada con los equipos a utilizar, siguiendo los parámetros de la norma NTC-ISO-IEC 17025-2017: “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración” en su numeral 6.4 Equipamiento.

El documento se organiza de la siguiente manera: en primera instancia se describe el trabajo de investigación, luego se encuentran los objetivos de esta práctica y los antecedentes. En una segunda instancia se plasma el desarrollo de la actividad hasta un 50% llegando a una segunda etapa, describiendo el proceso y resultados de este trabajo. En una tercera instancia se realizan los análisis al numeral 6.4 equipamiento de la norma NTC-ISO-IEC 17025-2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, los hallazgos a la documentación digital y física de los instrumentos de medición de presión y al final una cuarta fase en donde se encuentra la aplicación de la plantilla Ecopetrol para la elaboración del manual o instructivo de mantenibilidad, luego se plasman los resultados obtenidos hasta la fecha, las conclusiones y las recomendaciones.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Centro de Innovación y Tecnología – ICP Ecopetrol Creado el 11 de junio de 1985 en Piedecuesta, Santander es una empresa en donde existe un área de Metrología la cual se encarga de realizar las pruebas y calibraciones a equipos e instrumentos utilizados en las distintas labores que se realizan en el ICP, en esta área de Metrología se presenta una situación problema la cual consiste en la falta de un instructivo o modelo de gestión de mantenimiento para los equipos e instrumentos de medición del área de presión, esto a causa de la ausencia de un orden adecuado en la documentación de equipamiento, también esto se debe al manejo incorrecto de las hojas de vida, manuales de usuario y manuales de uso correspondientes.

La realización e implementación del instructivo o modelo de gestión de mantenimiento en los equipos e instrumentos de medición del área de presión, ayuda a que los trabajadores que utilizan estos instrumentos de medición encuentren una guía ordenada de toda la base documental relacionada con los equipos a utilizar.

Por lo anterior se formula la pregunta: ¿Cómo implementar un instructivo o modelo de gestión de mantenimiento fácil, práctico y sencillo que permita organizar y actualizar los documentos respectivos a los equipos e instrumentos medidores de presión del área de Metrología del Centro de Innovación y Tecnología – ICP Ecopetrol?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El Centro de Innovación y Tecnología – ICP Ecopetrol, está dedicado a la investigación y desarrollo de soluciones tecnológicas susceptibles de ser aplicadas en cada negocio, dentro de esta organización se encuentra el área de Metrología la cual se encuentra acreditada en la norma NTC-ISO-IEC 17025 en las magnitudes de presión, temperatura y humedad relativa, de aquí radica la importancia de este trabajo de grado, puesto que la organización documental de los instrumentos y equipos medidores de presión no cumple con los parámetros establecidos en el numeral 6.4 equipamiento de la norma acreditadora ya mencionada.

Una de las razones por las cuales se realizó esta práctica es permitir a las Unidades Tecnológicas de Santander afianzar y compactar los convenios existentes con el Centro de Innovación y Tecnología – ICP Ecopetrol, así mismo permitirá a los estudiantes de la institución una oportunidad de aprendizaje y experiencia, la practica a realizar será el diseño de un instructivo o modelo de gestión de mantenimiento en los equipos e instrumentos de medición del área de presión en el área de Metrología ICP, con ello se definirán las bases para el uso adecuado de los equipos e instrumentos de medición de presión, todo esto en miras al progreso de las Unidades Tecnológicas de Santander como entidad educativa y al progreso del Centro de Innovación y Tecnología – ICP Ecopetrol como empresa industrial.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de gestión de mantenimiento, identificando los procedimientos administrativos llevados a cabo actualmente y empleando lineamientos estandarizados para mejorar la mantenibilidad, disponibilidad de la información y apoyar el manejo documental.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los equipos e instrumentos de medición de presión existentes en el laboratorio y clasificarlos de acuerdo a la gestión documental de manuales, instructivos, hojas de vida e historiales de calibraciones que usan actualmente.
- Revisar las metodologías de registros y control de mantenimientos preventivos para los equipos e instrumentos de medición de presión del laboratorio.
- Proponer recomendaciones al modelo de gestión de mantenimiento empleado para los equipos e instrumentos de medición de presión.
- Determinar recomendaciones para cuidado básico de los equipos e instrumentos de medición de presión.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

A continuación, se presentan proyectos que se relacionan y son de importancia para la propuesta:

MODELO GERENCIAL PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA DESHIDRATADORA LA CIRA PERTENECIENTE A LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO DE ECOPETROL S.A.

El proyecto está orientado al desarrollo de un modelo gerencial para organizar el mantenimiento preventivo en la planta deshidratadora La Cira la cual pertenece a la Superintendencia de Operaciones de Mares de ECOPETROL S.A. El trabajo se basa en la recolección de información técnica de los activos, el replanteo de la jerarquía de los mismos y en la estructuración de las tareas y rutinas de mantenimiento con base en las consecuencias que los fallos de estos puedan generar al proceso, esta última realizada a través del análisis de los modos, los efectos, las causas y la criticidad de las fallas (FMECA) y del cálculo del número de riesgo prioritario (RPN), buscando como única finalidad el incremento de la confiabilidad y disponibilidad de los activos vinculados al proceso. (Escobar & Gallego, 2011).

PLAN DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTOS MAYORES DE EQUIPOS EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE ECOPEPETROL S.A.

El proyecto propone un plan de gestión para proyectos de mantenimiento mayor adaptado del modelo de gestión de proyectos de ECOPEPETROL S.A. el cuál sea aplicable de una manera práctica y eficaz en los trabajos de mantenimiento mayor encargados a cualquiera de los profesionales líderes de disciplina de la Coordinación de Mantenimiento del Departamento de Operación y Mantenimiento Antioquia. (Duarte & Diaz, 2015).

MODELO DE GESTIÓN PARA CONTROLAR EL MANTENIMIENTO DE LA INSTRUMENTACIÓN EN LAS PARADAS DE PLANTA.

El proyecto de paradas de plantas permitirá a la instalación desarrollar un sistema ordenado de procedimientos, métodos, reglas, lineamientos y mejores prácticas para crear y controlar todas las fases de la parada de planta. Cada parada de planta debe ser manejada de acuerdo con el Proceso de Gestión de Paradas de Plantas. El Proceso de Gestión de Paradas de Plantas contiene una serie de eventos y actividades que deben ser planificadas, programadas y ejecutadas basadas en la Metodología de Gestión de Paradas de Plantas establecida. (Hernandez & Orozco, 2016).

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. MODELOS DE MANTENIMIENTO

Modelo correctivo: Es el modelo más básico, que incluye las inspecciones visuales, la lubricación y la reparación de averías que surjan. Es aplicable a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. (Garcia, organizacion y gestion integral de mantenimiento, 2003)

Modelo Condicional: Incluye las actividades del modelo anterior, realiza una serie de pruebas o ensayos que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, se programa una intervención; si, por el contrario, todo es correcto, no se actúa sobre el equipo. Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja. (Garcia, organizacion y gestion integral de mantenimiento, 2003)

Modelo Sistemático: Este modelo incluye un conjunto de tareas que se realizan sin importar cuál es la condición del equipo; se realizan, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si se ejecutan otras tareas de mayor envergadura; y, por último, se resuelven las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. (García, organización y gestión integral de mantenimiento, 2003)

Modelo de Alta Disponibilidad: Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Con una exigencia tan alta no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Como quiera que en este modelo no se incluye el mantenimiento correctivo, es decir, el objetivo que se busca en este equipo es cero averías, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. (García, organización y gestión integral de mantenimiento, 2003)

Otras consideraciones

En el diseño del Plan de Mantenimiento, deben tenerse en cuenta dos consideraciones muy importantes que afectan a algunos equipos en particular. En primer lugar, algunos equipos están sometidos a normativas legales que regulan su mantenimiento, obligando a que se realicen en ellos determinadas actividades con una periodicidad establecida. En segundo lugar, algunas de las actividades de mantenimiento no podemos realizarlas con el equipo habitual de mantenimiento (sea propio o contratado) pues se requieren de conocimientos y/o medios específicos que solo están en manos del fabricante, distribuidor o de un especialista en el equipo. Estos dos aspectos deben ser valorados cuando tratamos de determinar el modelo de mantenimiento que debemos aplicar a un equipo. (García, organización y gestión integral de mantenimiento, 2003)

Mantenimiento Legal:

Algunos equipos están sometidos a normativas o a regulaciones por parte de la Administración. Sobre todo, son equipos que entrañan riesgos para las personas o para el entorno. La Administración exige la realización de una serie de tareas, pruebas e inspecciones, e incluso algunas de ellas deben ser realizadas por empresas debidamente autorizadas para llevarlas a cabo. Estas tareas deben necesariamente incorporarse al Plan de Mantenimiento del equipo, sea cual sea el modelo que se decida aplicarle. (García, organización y gestión integral de mantenimiento, 2003)

2.1.2. PRESIÓN

Es la fuerza ejercida sobre una unidad de área, en la ingeniería hace referencia a la fuerza ejercida por un fluido por unidad de área en una superficie. (instrumentosdemedicion, 2019)

$$P = \frac{F}{A}$$

P= Presión

F= Fuerza

A= Área

Presión atmosférica: esta es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. (instrumentosdemedicion, 2019)

Presión manométrica: esta se define como la diferencia entre la presión atmosférica y la presión absoluta. (instrumentosdemedicion, 2019)

2.1.2.1 TIPOS DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE PRESIÓN.

- **Instrumentos mecánicos**

Los instrumentos mecánicos utilizados para medir presión cuyas características se resumen en la tabla 1, pueden clasificarse en:

Columnas de Líquido: manómetro de presión absoluta, manómetro de tubo en u, manómetro de pozo, manómetro de tubo inclinado y manómetro tipo campana.

Instrumentos Elásticos: tubos bourdon, fuelles y diafragmas. (instrumentosdemedicion, 2019)

- **Instrumentos electromecánicos y electrónicos**

Los instrumentos electromecánicos y electrónicos utilizados para medir presión pueden clasificarse en: medidores de esfuerzo (strain gages), transductores de presión resistivos, transductores de presión capacitivos, transductores de presión magnéticos y transductores de presión piezoeléctricos. (instrumentosdemedicion, 2019).

Tabla 1 Instrumentos medidores de presión y sus características

Tipo de instrumento	campo de medida o Rango Óptimo	Exactitud (%)
Tubo en U	20~120 cm H ₂ O	0,5~1,0
Manómetro de pozo	10~300 cm H ₂ O	0,5~1,0
Tubo inclinado	1~120 cm H ₂ O	0,5~1,0
Manómetro campana	0,5~100 cm H ₂ O	0,5~1,0
Bourdon simple	0,5~600 kg/cm ²	2,0
Bourdon espiral	0,5~2500 kg/cm ²	1,5
Bourdon helicoidal	0,5~5000 kg/cm ²	1,5
Fuelle	10 cm H ₂ O~2 kg/cm ²	2,0
Diafragma	5cm H ₂ O~2 kg/cm ²	1,5
Transductor resistivo	0,5~350 kg/cm ²	0,5
Transductor capacitivo	0~420 kg/cm ²	0,2
Transductor magnético	0~700 kg/cm ²	0,2
Transductor piezoeléctrico	0~350 kg/cm ²	0,2

Fuente: (instrumentosdemedicion, 2019)

2.1.2.2 INSTRUMENTOS PATRONES DE MEDICIÓN DE PRESIÓN.

Son los instrumentos que dan la trazabilidad a la medición, en la industria de Ecopetrol los patrones de las tablas 2,3,4 Y 5 son los siguientes:

Tabla 2 Peso Muerto RUSKA

EQUIPO O INSTRUMENTO:	Manómetro a Pistón
MARCA:	RUSKA
MODELO:	5000-701-00
SERIAL:	35059
RANGO OPERATIVO:	5 psi a 12000 psi
PROVEEDOR:	RUSKA INSTRUMENT CORPORATION

Fuente: Autor

El manómetro a pistón RUSKA es un equipo patrón primario el cual es utilizado para dar la trazabilidad a los demás instrumentos medidores de presión utilizados para realizar calibraciones, ver figura 1.

Figura 1 Peso Muerto RUSKA



Fuente: Autor

Tabla 3 Balanza de Presión GE SENSING

EQUIPO O INSTRUMENTO:	Balanza de Presión
MARCA:	GE SENSING
MODELO:	S3014-3-P
SERIAL:	64897
RANGO CALIBRADO:	3 psi a 150 psi

Fuente: Autor

La balanza de presión GE SENSING es utilizada como un equipo patrón primario. Ver figura2.

Figura 2 Peso muerto GE SENSING



Fuente: Autor

Tabla 4 Peso muerto BUDENBERG

EQUIPO O INSTRUMENTO:	Peso Muerto o Balanza de presión
MARCA:	Budenberg
MODELO:	451
SERIAL:	25036/450

RANGO OPERATIVO:	- 1 bar a 1 bar
PROVEEDOR:	FLUEQUITEC LTDA
	Fuente: Autor

El peso muerto BUDENBERG es utilizado como un equipo patrón primario. Ver figura 3.

Figura 3 Peso muerto BUDENBERG



Fuente: Autor

Tabla 5 Barómetro Columna de Mercurio

EQUIPO O INSTRUMENTO:	BAROMETRO
MARCA:	PRINCO
RANGO:	510 a 810 mm Hg
PROVEEDOR:	RODRIGAR
	Fuente: Autor

Los barómetros de columna de mercurio son considerados como equipos patrones primarios, ver figura 4.

Figura 4 Barómetro Columna de Mercurio



Fuente: Autor

2.1.3 NORMAS

- Norma técnica colombiana NTC-ISO/IEC 17025-2017 “requisitos generales para la competencia para los laboratorios de ensayo y calibración”. fue creada para ser utilizada en los laboratorios de ensayo y calibración cuando desarrollan los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas y técnicas. Al trabajar bajo los estándares de esta Norma se reconoce su competencia técnica y la validez de sus resultados, respondiendo a las exigencias de los organismos o entidades y dotándose de credibilidad ante sus clientes.
- Norma técnica colombiana NTC-ISO 9001-2015 “sistema de gestión de la calidad. Requisitos”. las organizaciones pueden garantizar a sus usuarios que sus servicios y/o productos ofrecidos cuentan con la calidad exigida a nivel internacional.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo decreto 1595 de 2015. Decreto número 1595 de 2015, por el cual se dictan normas relativas al Subsistema Nacional de la Calidad y se modifica el Capítulo VII y la Sección 1 del Capítulo VIII del Título I de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Comercio, Industria y Turismo, Decreto número 1074 de 2015, y se dictan otras disposiciones, explica todo lo relacionado con la metrología en Colombia.

- Directriz DKD-R 6-1 Calibración de instrumentos medidores de presión. Esta directriz tiene como objetivo establecer los requisitos mínimos para el procedimiento de calibración y la estimación de la incertidumbre de medida en la calibración de instrumentos medidores de presión. Se aplicará a manómetros de tubo Bourdon, manómetros eléctricos y transmisores de presión con salida eléctrica para la presión absoluta, presión diferencial y sobrepresión con valores negativos y positivos.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Metrología: ciencia de las mediciones y sus aplicaciones, la metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medida y su campo de aplicación. (Centro Español de Metrología, 2012).

Medición: proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud, una medición supone una comparación de magnitudes o el conteo de entidades. (Centro Español de Metrología, 2012).

Trazabilidad metrológica: propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida. (Centro Español de Metrología, 2012).

Calibración: operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación. (Centro Español de Metrología, 2012).

Mantenimiento: Conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (García, organización y gestión integral de mantenimiento, 2003)

Plan de mantenimiento: El plan de mantenimiento es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas), con los objetivos de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, y de definir las

frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad. (reliabilityweb.com, 2019).

Gestión del Mantenimiento: Es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso por averías de máquinas y equipos. La Gestión de Mantenimiento es importante porque permite rebajar costes optimizando el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. (bsginstitute, 2019).

Instrumentos de Medición de Presión: Los instrumentos de medición de presión son necesarios en numerosos campos de conocimientos con el propósito de precisar las unidades de medida, cuyos patrones te posibilitan concretar los diferentes objetivos; sin ellos, realizar la lógica de conversión podría ser un verdadero caos. En este sentido, cabe acotar que los instrumentos para medir la presión más común son el barómetro, el tubo de Pitot y el manómetro. (instrumentosdemedicion, 2019)

3 DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Las prácticas en el Centro de Innovación y Tecnología ICP área de Metrología se desarrollaron en 4 etapas.

En la primera etapa de estas prácticas se realizaron las actividades consignadas en la tabla 6.

Tabla 6 Etapa 1-Practicas área Metrología ICP.

INDUCCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE METROLOGÍA			
1.1	Inducción y reconocimiento de cada una de las secciones del Área de Metrología- ICP. Registro: bitácora de prácticas.	1.2 Identificación de los documentos y normas utilizados en el Área de Metrología-ICP. Registro: bitácora de prácticas.	1.3 Proponer mejoras a los documentos identificados y revisados.

Fuente: Autor

Se inician las prácticas en el laboratorio de Metrología, asignación de funciones, se realizó un plan de acción junto al ingeniero William Yohan Cortes, para establecer fechas de trabajo, luego se indican instrucciones de seguridad referentes al área de trabajo, se enseña el área de metrología sus secciones, el personal que allí labora y los instrumentos de medición más representativos.

El ingeniero William Yohan Cortes da a conocer la norma NTC ISO/IEC 17025:2017, la cual es la base de funcionamiento del área de Metrología, en repuesta a esta norma existe un documento “GTN-M-001 Manual para la Gestión de Metrología” el cual se toma como objeto de estudio para analizar que otros documentos permiten el funcionamiento del área, se realiza una socialización del manual por parte del ingeniero y el practicante.

Se revisa el instructivo “GTN-I-531 v2 Instructivo Operacional para la calibración de instrumentos medidores de presión en Metrología”, del cual se detectan los siguientes hallazgos:

- Tabla de contenido: Alinear los números de las páginas, enumerar ítems para su debido orden y los nombres de cada ítem. (pág. 1-2).
- Convenciones: Significado de siglas como: RAM pág. 3, HSE pág. 4, PVO pág. 15 e IBC pág. 24.
- Referencias: Referenciar y citar la ubicación de los documentos utilizados en el instructivo pág. 30. Incluir el documento disciplina operativa HSE –G– 011.
- Valoración RAM: Revisar la valorización de la matriz RAM pág. 3.
- Numeración de ítems: Asignar números a los ítems de la tabla 1 matriz de riesgos en la columna control existente pág. 15, 16 y 17.

- Ortografía y signos de puntuación: Usar las mayúsculas y utilizar signos de puntuación para cerrar frases o párrafos.
- Espacios en blanco: Identificar los controles de riesgo pág. 16.
- Diagramas: Ajuste en el diagrama de flujo pág. 62.
- Identificar tablas: Identificar la tabla de la matriz de riesgo pág. 4, identificarla la tabla matriz de riesgos HSE pag.9, identificar tabla datos de diseño, identificar tabla descripción de equipos pág. 64. Dentro de la tabla de la matriz de riesgos a la actividad se identifica que se debe mejorar la numeración, se observan que hay etapas a realizar pero no se referencian instructivos para ejecutar dichas etapas y dentro de la columna de control existente se deben incluir la identificación de los controles preventivos protectivos y reactivos.
- Identificar las ecuaciones y asignar el debido orden.
- Incluir o referenciar los Instructivos de recepción.

Se socializan los hallazgos con el encargado de área de presión, el ingeniero y el practicante, en donde se comentan todos estos aspectos los cuales son a mejorar.

Se participa en una charla de seguridad por parte del convenio UTS-ICP sobre “SGA sistema global armonizado” el cual trata de productos químicos e identificación de estos mismos, se establecen actividades y fechas para el desarrollo de la práctica.

Explicación sobre el término incertidumbre, error permitido y capacidad de medición y calibración (CMC), se revisa y actualiza el documento “GTN-I-1338” instructivo para revisión de actividades metrológicas, el cual establece los pasos para realizar una revisión efectiva de los certificados, verificaciones y demás servicios metrológicos. Se revisan los documentos pertinentes al área de metrología, documentos “GTN-I-528 intervalos de calibración de los instrumentos” y “GTN-I- 1315 confirmación métodos de calibración”.

El ingeniero William Yohan Cortes proporciona los documentos para realizar la propuesta de acción de mejora al documento “GTN-I-531 v2 Instructivo Operacional para la calibración de instrumentos medidores de presión en Metrología”, los archivos proporcionados fueron “SGC-I-001 instructivo para herramientas de análisis de causas”, “SGC-P-006 procedimiento de acción correctiva y de mejora”, “SGC-F-033 Reporte de hallazgos-análisis de oportunidades de mejora y establecimiento de acciones”, se identifican los hallazgos a mejorar en el instructivo:

- Tabla de contenido: Alinear los números de las páginas, enumerar ítems para su debido orden y los nombres de cada ítem. (pág. 1-2).
- Convenciones: Significado de siglas como: RAM pág. 3, HSE pág. 4, PVO pág. 15 e IBC pág. 24.
- Referencias: Referenciar y citar la ubicación de los documentos utilizados en el instructivo pág. 30. Incluir el documento disciplina operativa HSE –G– 011.

- Valoración RAM: Revisar la valorización de la matriz RAM pág. 3.
- Numeración de ítems: Asignar números a los ítems de la tabla 1 matriz de riesgos en la columna control existente pág. 15, 16 y 17.
- Ortografía y signos de puntuación: Usar las mayúsculas y utilizar signos de puntuación para cerrar frases o párrafos.
- Espacios en blanco: Identificar los controles de riesgo pág. 16.
- Diagramas: Ajuste en el diagrama de flujo pág. 62.
- Identificar tablas: Identificar la tabla de la matriz de riesgo pág. 4, identificarla la tabla matriz de riesgos HSE pag.9, identificar tabla datos de diseño, identificar tabla descripción de equipos pág. 64. Dentro de la tabla de la matriz de riesgos a la actividad se identifica que se debe mejorar la numeración, se observan que hay etapas a realizar pero no se referencian instructivos para ejecutar dichas etapas y dentro de la columna de control existente se deben incluir la identificación de los controles preventivos protectivos y reactivos.
- Identificar las ecuaciones y asignar el debido orden.
- Incluir o referenciar los Instructivos de recepción.

Se definen a detalle los hallazgos a mejorar en el instructivo “GTN-I-531”, se actualiza el cronograma de actividades de las prácticas para evaluar el proceso hasta la fecha, se determina la causa de los hallazgos, se ejecuta una reunión con Solumed Ltda empresa contratista en donde se socializa los hallazgos a mejorar en el instructivo.

Se implementa el documento “SGC-F-033 Reporte de hallazgos-análisis de oportunidades de mejora y establecimiento de acciones”, para realizar la acción de mejora al instructivo GTN-I-531, se identifican las siguientes causas:

1. Disponibilidad de tiempo para realizar el instructivo.
2. Ausencia de una guía o referencia para la creación de instructivos operacionales.
3. La revisión incompleta del servicio metrológico.
4. La correcta selección del personal a realizar y revisar el servicio solicitado.
5. Falta de programación para los cambios a realizar en el servicio solicitado.

En la segunda etapa de estas prácticas se realizaron las actividades consignadas en la tabla 7.

Tabla 7 Etapa 2-Practicas área Metrología ICP.

MANTENIBILIDAD DEL EQUIPAMIENTO DEL ÁREA DE PRESIÓN			
2.1 Conocer la sección de presión del Área de Metrología-ICP. Conocer el listado	2.2 Verificar cumplimiento numeral 6.4 equipamiento de la norma NTC	2.3 Proponer mejoras a los documentos identificados y revisados	2.4 Entrega del informe de avance acuerdo de cooperación específico n°1

de instrumentos y equipos conforman la sección de presión. Registro: GTN-F-301 Formato Para Definir El Listado De Equipos E Instrumentos De Metrología.	los y que la de	ISO/IEC-17025:2017, revisando los documentos digitales y físicos que existen de los instrumentos y equipos del área de presión. Registro: matriz de revisión Solumed Ltda.	utilizando el formato SGC-F-033 Reporte de Hallazgos.	el derivado del convenio marco 3015607.
---	-----------------	--	---	---

Fuente: Autor

Se lleva a cabo la actividad de conocer los instrumento y equipos de medición del área de presión y se hace la revisión de los documentos existentes en forma digital albergados en la carpeta interna TRD, como hojas de vida, manuales de fabricación, registros de calibración, instructivos de operación, cuidados básicos, verificaciones, registros de mantenimiento etc. Se revisa uno a uno los documentos para verificar los datos que aparecen en la lista de instrumentos del área de presión, se evidencia que existen documentos de instrumentos que no figuran en la lista actual, participar en la actividad de cierre concertación de servicios metrológicos en donde se exponen los cumplimientos o ejecuciones de los servicios metrológicos. Se exponen las observaciones de los servicios, inconformidades y posibles soluciones, es una reunión en donde participan los representantes de la empresa prestadora de servicios Solumed Ltda y el responsable de Metrología.

Se realiza el apoyo y acompañamiento a los pasantes de la Gerencia de Refinería Barrancabermeja (GRB) los cuales participan de un entrenamiento en el área de Metrología, se da a conocer la estructura que compone la metrología en el mundo, documentos base para la metrología, como el vocabulario internacional de Metrología (VIM), la norma NTC ISO/IEC 17025:2017, el decreto 1535 y guía GUM, se explican estos documentos y su importancia, luego se procede al área de presión del laboratorio de metrología en donde se dan a conocer los instrumentos o equipos de esta área, se comparten experiencias de trabajo y se procede a la calibración de manómetros digitales los cuales son calibrados en base a la directriz DKD-R-6-1 versión 3-2014, con la secuencia B, se toman 9 puntos en el rango de calibración haciendo tres rondas de subida y de bajada, se explica el área de balanzas y masas haciendo la calibración de dos balanzas, se explican los documentos utilizados para la calibración de esta área, luego se explica el área de humedad relativa, como se calibra, cuánto tiempo se demora en calibrar, se

explica el área de temperatura, dando a conocer los instrumentos, guías, procesos de calibración, el certificado que se genera, instructivos, se entregan los soportes a los pasantes.

Se continúa con la revisión de documentos digitales de los equipos e instrumentos medidores de presión, la sección de presión en donde se evidencia la falta de un listado de los instrumentos y equipos que allí se encuentran. Los hallazgos de la revisión documental digital fueron: falta de manuales de usuario, falta de guías de cuidado básico, falta actualizar certificados de calibración. Después se realiza la revisión de los documentos en físico donde se encuentran hojas de vida manuales de usuario, registros de calibración etc. Se confirma la cantidad total de equipos de presión con sus códigos y su clasificación según su función. Se establece la importancia de los documentos físicos de los equipos y se sugiere tener en cuenta otros documentos como órdenes de compra comprobantes de exportación, al final de todo el ejercicio se relacionan los documentos físicos con los digitales, se procede a realizar correcciones y mejoras en estos documentos.

Se participa activamente en la reunión de concertación de servicios metroológicos concertación 17(reunión quincenal perteneciente al mes de septiembre), entre la empresa contratista y el ingeniero William Yohan Cortes, se genera un acta, luego se revisan los certificados de calibración siguiendo los pasos del instructivo GTN-I-1338, se tiene en cuenta la estructura de los certificados, los datos de la programación del servicio, la bitácora de actividades, nombre del equipo a calibrar, modelo, serie, código interno, cliente, rango de calibración, guías o documentos para calibrar, factores de conversión tablas de resultados, trazabilidad de patrones y confirmación de la lista de patrones.

En la tercera etapa de estas prácticas se realizaron las actividades consignadas en la tabla 8.

Tabla 8 Etapa 3-Practicas área Metrología ICP.

3 ETAPA ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MANTENIBILIDAD DEL EQUIPAMIENTO DEL ÁREA DE PRESIÓN		
3.1 Revisión detalla de cada ítem del numeral 6.4 equipamiento de la norma NTC ISO/IEC-17025:2017.	3.2 Revisión de cada uno de los documentos existentes (físicos y digitales) de cada equipo de medición de presión.	3.3 Conocimiento y manejo de la plantilla (Ecopetrol) para la creación del manual o instructivo de la mantenibilidad.

Fuente: Autor

Se realiza el estudio de la norma NTC ISO/IEC 17025:2017 en su numeral 6.4 equipamiento, estos son:

6.4.1 El laboratorio debe tener acceso al equipamiento (incluidos pero sin limitarse a, instrumentos de medición, software, patrones de medición, materiales de referencia, datos de referencia, reactivos, consumibles o aparatos auxiliares) que se requiere para el correcto desempeño de las actividades de laboratorio y que pueden influir en los resultados. (ICONTEC, 2017)

NOTA 1 Existen muchos nombres para designar los materiales de referencia y los materiales de referencia certificados, incluyendo patrones de referencia, patrones de calibración, materiales de referencia patrón y materiales de control de calidad. La Norma ISO 17034 contiene información adicional sobre productores de materiales de referencia (PMR). Los PMR que cumplan los requisitos de la Norma ISO 17034 se consideran competentes. Los materiales de referencia de PMR que cumplan con los requisitos de la Norma ISO 17034 se proporcionan con una hoja de información o certificado de producto que especifica, entre otras características, la homogeneidad y la estabilidad para las propiedades especificadas y, para los materiales de referencia certificados, las propiedades especificadas con valores certificados, su incertidumbre de medición y la trazabilidad metrológica asociadas. (ICONTEC, 2017)

NOTA 2 La Guía ISO 33 proporciona orientación para la selección y uso de los materiales de referencia. La Guía ISO 80 proporciona orientación para la preparación interna de los materiales de referencia utilizados para el control de la calidad. (ICONTEC, 2017)

6.4.2 Cuando el laboratorio utiliza equipamiento que está fuera de su control permanente, debe asegurarse de que se cumplan los requisitos de este documento para el equipamiento. (ICONTEC, 2017)

6.4.3 El laboratorio debe contar con un procedimiento para la manipulación, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento planificado del equipamiento para asegurar el funcionamiento apropiado y con el fin de prevenir contaminación o deterioro. (ICONTEC, 2017)

6.4.4 El laboratorio debe verificar que el equipamiento cumple los requisitos especificados, antes de ser instalado o reinstalado para su servicio. (ICONTEC, 2017)

6.4.5 El equipo utilizado para medición debe ser capaz de lograr la exactitud de la medición y/o la incertidumbre de medición requeridas para proporcionar un resultado válido. (ICONTEC, 2017)

6.4.6 El equipo de medición debe ser calibrado cuando:

- la exactitud o la incertidumbre de medición afectan a la validez de los resultados informados, y/o
- se requiere la calibración del equipo para establecer la trazabilidad metrológica de los resultados informados. (ICONTEC, 2017)

NOTA Los tipos de equipos que tienen efecto sobre la validez de los resultados informados pueden incluir aquellos utilizados para:

- la medición directa del mensurando, por ejemplo, el uso de una balanza para llevar a cabo una medición de masa;
- la realización de correcciones al valor medido, por ejemplo, las mediciones de temperatura;
- la obtención de un resultado de medición calculado a partir de magnitudes múltiples. (ICONTEC, 2017)

6.4.7 El laboratorio debe establecer un programa de calibración, el cual se debe revisar y ajustar según sea necesario, para mantener la confianza en el estado de la calibración. (ICONTEC, 2017)

6.4.8 Todos los equipos que requieran calibración o que tengan un periodo de validez definido se deben etiquetar, codificar o identificar de otra manera para permitir que el usuario de los equipos identifique fácilmente el estado de la calibración o el periodo de validez. (ICONTEC, 2017)

6.4.9 El equipo que haya sido sometido a una sobrecarga o a uso inadecuado, que dé resultados cuestionables, o se haya demostrado que está defectuoso o que está fuera de los requisitos especificados, debe ser puesto fuera de servicio. Éste se debe aislar para evitar su uso o se debe rotular o marcar claramente que está fuera de servicio hasta que se haya verificado que funciona correctamente. El laboratorio debe examinar el efecto del defecto o de la desviación respecto a los requisitos especificados, y debe iniciar la gestión del procedimiento de trabajo no conforme. (ICONTEC, 2017)

6.4.10 Cuando sean necesarias comprobaciones intermedias para mantener confianza en el desempeño del equipo, estas comprobaciones se deben llevar a cabo de acuerdo con un procedimiento. (ICONTEC, 2017)

6.4.11 Cuando los datos de calibración y de los materiales de referencia incluyen valores de referencia o factores de corrección, el laboratorio debe asegurar que los valores de referencia y los factores de corrección se actualizan e implementan, según sea apropiado, para cumplir con los requisitos especificados. (ICONTEC, 2017)

6.4.12 El laboratorio debe tomar acciones viables para evitar ajustes no previstos del equipo que invalidarían los resultados. (ICONTEC, 2017)

6.4.13 Se deben conservar registros de los equipos que pueden influir en las actividades del laboratorio. Los registros deben incluir lo siguiente, cuando sea aplicable:

- a) la identificación del equipo, incluida la versión del software y del firmware;
- b) el nombre del fabricante, la identificación del tipo y el número de serie u otra identificación única;
- c) la evidencia de la verificación de que el equipo cumple los requisitos especificados;
- d) la ubicación actual;
- e) las fechas de la calibración, los resultados de las calibraciones, los ajustes, los criterios de aceptación y la fecha de la próxima calibración o el intervalo de calibración;
- f) la documentación de los materiales de referencia, los resultados, los criterios de aceptación, las fechas pertinentes y el período de validez;
- g) el plan de mantenimiento y el mantenimiento llevado a cabo hasta la fecha, cuando sea pertinente para el desempeño del equipo;
- h) los detalles de cualquier daño, mal funcionamiento, modificación o reparación realizada al equipo. (ICONTEC, 2017)

La revisión del numeral 6.4 equipamiento se llevó a cabo por medio del formato “SGC-F-005 FORMATO LISTA DE CHEQUEO DE EVALUACIÓN INTERNA”, en base a los resultados de la ejecución del formato, se realizó nuevamente una revisión documental de los instrumentos y equipos del área de presión para hacer un análisis de que podemos utilizar de lo existente para dar respuesta a estos ítems.

Al final de esta etapa se procede a conocer y aprender el manejo de la plantilla corporativa 021 utilizada para la elaboración de instructivos, la cual se utilizará para la creación del instructivo de mantenibilidad de presión.

En la cuarta etapa de estas prácticas se realizaron las actividades consignadas en la tabla 9.

Tabla 9 Etapa 4-Practicas área Metrología ICP.

4 ETAPA IMPLEMENTACIÓN DE LA MANTENIBILIDAD DEL EQUIPAMIENTO DEL ÁREA DE PRESIÓN		
4.1 Elaborar el manual siguiendo los ítems de la plantilla Ecopetrol.	4.2 Implementación y consignación de las mejoras a los documentos	4.3 Entrega del informe de trabajo y el manual de la

	respectivos de los instrumentos medidores de presión.	mantenibilidad en su totalidad.
--	---	---------------------------------

Fuente: Autor

Se elabora el “Instructivo Operacional para Asegurar la Mantenibilidad del Equipamiento del Área de Presión” siguiendo los ítems de la plantilla 021 de Ecopetrol, esta plantilla está compuesta por, ver figura 5.

Figura 5 Estructura Plantilla 021.

	Instructivo Operacional para Asegurar la Mantenibilidad del Equipamiento del Área de Presión en Metrología	
	Proceso de Tecnología de Negocio Centro de Innovación y Tecnología ICP	
	Elaborado 28/11/2019	Versión: 1

TABLA DE CONTENIDO	
1. OBJETIVO	2
2. CONDICIONES GENERALES	2
2.1. Frecuencia de Revisión y de Ciclo de Trabajo.....	2
2.2. Valoración en matriz de riesgos RAM.....	2
2.3. Peligros, Riesgos y Controles de Seguridad.....	2
2.4. Aspectos, Impactos y Controles Ambientales.....	4
2.5. Referencias (HSE, Legales y Actividad).....	4
2.6. Equipo Personal de Protección.....	5
2.7. Recursos Materiales.....	5
2.8. Datos de Diseño.....	6
2.9. Sistemas de Protección.....	7
2.10. Lazos de Control.....	10
2.11. Rango de Aplicación.....	10
2.12. Guías de Control y Ventanas Operativas.....	10
2.13. Diagramas y Planos.....	11
2.14. Descripción de Equipos y Sistemas Conectados.....	12
2.15. Descripción Básica del Sistema.....	17
2.16. Requisitos o Precondiciones.....	17
3. DESARROLLO	17
PLAN 1. Recepción, Inclusión y acceso al equipamiento.....	17
PLAN 2. Manipulación, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento planificado del equipamiento.....	19
PLAN 3. El equipo de medición se debe calibrar cuando.....	19
PLAN 4. Programa de Calibración.....	19
PLAN 5. Identificación periodo de calibración del equipamiento.....	19
PLAN 6. Procedimiento de trabajo no conforme.....	20
PLAN 7. Comprobaciones intermedias del equipamiento.....	20
PLAN 8. Actualización y protección de los valores de referencia y factores de corrección.....	20
PLAN 9. Conservación de registros del equipamiento.....	20
4. CONTINGENCIA	21

Fuente: Autor

Se procede a diligenciar la plantilla para la creación con todos los datos recopilados durante todo el proceso de las prácticas datos como lista de equipos del área de presión, infraestructura planos del área de presión, riesgos existentes en el área de presión, documentos digitales y físicos vigentes del equipamiento del área de presión.

4 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de estas prácticas las cuales fueron ejecutadas por etapas, especificadas en las tablas 10, 11, 12 y 13.

Tabla 10 Resultados Primera Etapa

INDUCCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE METROLOGÍA	
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Inducción y reconocimiento de cada una de las secciones del Área de Metrología- ICP. • Identificación de los documentos y normas utilizados en el Área de Metrología-ICP. • Proponer mejoras a los documentos identificados y revisados.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones centro de innovación y tecnología ICP-Ecopetrol. • Área de Metrología ICP • Conexión a internet • Computador • Word • Excel
Resultados	Conocimiento del área de Metrología ICP y toda la documentación relacionada con metrología.

Fuente: Autor

En esta etapa se obtienen los resultados del conocimiento del área de Metrología la cual cuenta con un personal técnico profesional, secciones de trabajo como presión, temperatura, medidas eléctricas, humedad relativa, balanzas y pesas. Conocimiento de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017: Requisitos generales para la competencia para los laboratorios de ensayo y calibración”, la cual en su estructura define los parámetros para el óptimo funcionamiento del área de mediciones, el VIM-CEM-2012 “Vocabulario Internacional de Metrología.” el cual define los conceptos técnicos relacionados con la metrología y el formato SGC-F-033 Reporte de Hallazgos - Análisis de Oportunidades de Mejora y Establecimiento de Acciones, con el cual se puede formular las causas que generan no conformidades en las actividades metrológicas y propone posibles soluciones.

Tabla 11 Resultados Segunda Etapa

MANTENIBILIDAD DEL EQUIPAMIENTO DEL ÁREA DE PRESIÓN	
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el listado de los instrumentos y equipos que conforman la sección de presión del Área de Metrología-ICP. • Verificar cumplimiento numeral 6.4 equipamiento de la norma NTC ISO/IEC-17025:2017. • Proponer mejoras a los documentos identificados y revisados. • Entrega del informe de avance acuerdo de cooperación específico n°1 derivado del convenio marco 3015607.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones centro de innovación y tecnología ICP-Ecopetrol. • Área de Metrología ICP • Conexión a internet • Computador • Word • Excel
Resultados	Conocimiento de la sección de presión metrología ICP.

Fuente: Autor

En esta etapa se obtienen los resultados de conocer la infraestructura de la sección de presión del área de metrología, sus instrumentos patrones como el manómetro a pistón RUSKA, la balanza de presión GE SENSING, el peso muerto BUDENBERG y los barómetros de columna de mercurio, otros instrumentos de trabajo como el calibrador multifunción Beamex y el calibrador multifunción Modcal II.

También se realizó la actualización del listado de instrumentos y equipos de medición de presión por medio del formato “GTN-F-301” Formato Para Definir El Listado De Equipos E Instrumentos De Metrología, el cual define el nombre de los equipos, el numero9 de serie, el modelo el tiempo de calibración, sus condiciones ambientales de operación y su clasificación según su función, dentro de la actualización se agregan fotografías de los instrumentos para lograr una identificación mas exacta, este listado se encuentra en el instructivo operacional producto de estas prácticas.

Tabla 12 Resultados Tercera Etapa

ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MANTENIBILIDAD DEL EQUIPAMIENTO DEL ÁREA DE PRESIÓN	
Actividades	• Revisión detalla de cada ítem del numeral 6.4

	<p>equipamiento de la norma NTC ISO/IEC-17025:2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de cada uno de los documentos existentes (físicos y digitales) de cada equipo de medición de presión. • Conocimiento y manejo de la plantilla (Ecopetrol) para la creación del manual o instructivo de la mantenibilidad.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones centro de innovación y tecnología ICP-Ecopetrol. • Área de Metrología ICP • Conexión a internet • Computador • Word • Excel
Resultados	<p>Conocimiento de la ubicación y herramientas corporativas de almacenamiento de documentos.</p>

Fuente: Autor

En esta etapa se obtienen los resultados de conocer la ubicación física y digital de los documentos los cuales se encuentran físicamente en el área de mantenimiento de las instalaciones del edificio 7 ICP se encuentran organizados por secciones y digitalmente en la base de datos de la carpeta en red TRD, con el apoyo de la auditoría interna se estudia el numeral 6.4 equipamiento de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017 a través del formato “SGC-F-005” Formato Lista De Chequeo De Evaluación Interna, el cual permitió dar un enfoque más específico a los ítems de este numeral, ya identificadas las mejoras y la necesidad de dar respuesta a la norma se conoce la plantilla 021, la cual se utiliza para la elaboración de instructivos en el ICP esta plantilla permite plasmar por medio de planes las acciones a ejecutar para preservar y garantizar la mantenibilidad del equipamiento.

Tabla 13 Resultados Cuarta Etapa

IMPLEMENTACIÓN DE LA MANTENIBILIDAD DEL EQUIPAMIENTO DEL ÁREA DE PRESIÓN	
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar el manual siguiendo los ítems de la plantilla Ecopetrol. • Implementación y consignación de las mejoras a los documentos respectivos de los instrumentos medidores de presión. • Entrega del informe de trabajo y el manual de la mantenibilidad en su totalidad.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones centro de innovación y tecnología ICP-Ecopetrol.

	<ul style="list-style-type: none"> • Área de Metrología ICP • Conexión a internet • Computador • Word • Excel
Resultados	Instructivo Operacional para Asegurar la Mantenibilidad del Equipamiento del Área de Presión en Metrología.

Fuente: Autor

En esta etapa se obtienen los resultados como la elaboración del Instructivo Operacional para Asegurar la Mantenibilidad del Equipamiento del Área de Presión en Metrología, el cual da respuesta a los ítems del numeral 6.4 equipamiento de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017, en este instructivo se puede visualizar el objetivo, la matriz RAM de riesgos hacia el equipamiento, las referencias documentales, sistemas de protección al equipamiento, los planos de la sección de presión, el listado del equipamiento vigente y los planes a ejecutar para lograr el objetivo del instructivo.

5 CONCLUSIONES

- Se conocieron los instrumentos y equipos utilizados en las actividades metrológicas de la sección de presión identificando su clasificación en base a su función, funcionamiento, rango de medición y su cuidado, hojas de vida, órdenes de compra, instructivos operacionales, manuales de fábrica, manual de cuidados básicos, registros de verificaciones, registros de calibraciones y registros de mantenimientos, además se aprendió el acceso a la ubicación de los documentos internos utilizados por Ecopetrol y por el área de Metrología, P8 plataforma en donde reposan los archivos digitales internos de Ecopetrol y TRD carpeta en donde reposan los archivos digitales del área de Metrología.
- Se conocieron las metodologías de registros y control de mantenimientos preventivos para los equipos e instrumentos de medición de presión del área de metrología, estos servicios de mantenimiento a equipos esta programados por parte del personal del área de Metrología, estos registros se encuentran alojados en la herramienta corporativa SAP.
- Se conoce el modelo de gestión de mantenimiento basado en la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017 “requisitos generales para la competencia para los laboratorios de ensayo y calibración”. empleado para los equipos e instrumentos de medición de presión. Conocer con más rigurosidad el numeral 6.4 de la norma NTC ISO/IEC 17025:2017, para realizar los hallazgos pertinentes y realizar la implementación de mejoras a lo encontrado en el análisis de este numeral. Proponer mejoras para seguidamente estipularlas en el manual de mantenibilidad a realizar.
- Se emplea la plantilla 021 para la elaboración del instructivo de mantenibilidad, en donde se estipulan los planes o mejoras a ejecutar o ejecutados, para lograr una óptima mantenibilidad de los instrumentos y equipos del área de presión metrología ICP.

6 RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta todas las recomendaciones e instrucciones por parte del líder o responsable del Área de Metrología ICP.
- Estar muy atentos a las explicaciones y charlas de seguridad impartidas día a día en el Área de Metrología ICP.
- Mantener limpios y ordenados los lugares de trabajo ya sean oficinas o áreas de calibración.
- Comprobar siempre las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, las cuales se deben mantener según lo estipulado en el portafolio de servicios del área de Metrología.
- No realizar cambios a documentos digitales sin la previa aprobación del líder o responsable del área de Metrología.
- En momentos de ausencia o pausas activas bloquear siempre la sección del computador en el que se trabaja para proteger la información digital.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- bsginstitute. (7 de agosto de 2019). *bsginstitute.com*. Obtenido de bsginstitute.com: <https://bsginstitute.com/area/Mantenimiento/Gestion-del-Mantenimiento>
- Centro Español de Metrología. (2012). *Vocabulario Internacional de Metrología - Conceptos fundamentales y generales y terminos asociados*. españa: Centro Español de Metrología.
- Duarte, F. A., & Diaz, J. P. (2015). *PLAN DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTOS MAYORES DE EQUIPOS EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO DE ECOPEPETROL S.A*. Bucaramanga.
- Escobar, V., & Gallego, R. (2011). *MODELO GERENCIAL PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PLANTA DESHIDRATADORA LA CIRA PERTENECIENTE A LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DE MARES DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO DE ECOPEPETROL S.A*. Bucaramanga.
- Garcia, S. (2003). *organizacion y gestion integral de mantenimiento*. madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Hernandez, F., & Orozco, L. E. (2016). *MODELO DE GESTIÓN PARA CONTROLAR EL MANTENIMIENTO DE LA INSTRUMENTACIÓN EN LAS PARADAS DE PLANTA*. Bucaramanga.
- ICONTEC, I. (2017). *NTC ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Bogota.
- instrumentosdemedicion. (6 de agosto de 2019). *Instrumentos de Medición de Presión*. Obtenido de Instrumentos de Medición de Presión: <https://instrumentosdemedicion.org/presion/>
- prometalicos. (7 de agosto de 2019). *prometalicos.com*. Obtenido de prometalicos.com: <https://www.prometalicos.com/laboratorio-de-metrologia-la-ciencia-de-medir-pesar-y-calibrar/>
- reliabilityweb.com. (6 de agosto de 2019). *reliabilityweb.com*. Obtenido de reliabilityweb.com: <https://reliabilityweb.com/sp/articulos/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento>

8 ANEXOS

- Instructivo Operacional para Asegurar la Mantenibilidad del Equipamiento del Área de Presión en Metrología. “GTN-I-1733”
Nota: Por motivos del acuerdo de confidencialidad con el centro de innovación y tecnología ICP Ecopetrol, no se anexa este instructivo.