

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO A LOS EQUIPOS PATRONES EN LAS ÁREAS DE
PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL LABORATORIO DE METROLOGIA DE COTECMAR**

Autor

KEVIN DOMINICHETTI MANJARRES

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, Noviembre del 2016

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO A LOS EQUIPOS PATRONES EN LAS ÁREAS DE
PRESIÓN Y TEMPERATURA DEL LABORATORIO DE METROLOGIA DE COTECMAR**

Autor

KEVIN DOMINICHETTI MANJARRES

1143351588

kevinchetti@hotmail.com

3107379892

Director

JOSE MANUEL RAMÍREZ QUINTERO

Ingeniero Mecánico

Magister en Mantenimiento Industrial

Ingeniero_josemanuel@hotmail.com

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, Noviembre del 2016

Dedicatoria Por Kevin Dominichetti Manjarres

Quiero dedicar este logro primero que todo a Dios padre, por haberme permitido llegar a donde estoy, por regalarme paciencia, perseverancia y constancia en todo este tiempo y nunca haberme dejado solo.

A mi padre Mario Dominichetti, a mi madre Doris Manjarres y a mi hermano Carlos Mario Dominichetti por sus esfuerzos por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi familia en general, primos, tíos, abuelos y a todos y cada una de las personas que contribuyeron a que este logro hoy fuera posible.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primero que todo a Dios por haberme permitido llegar donde estoy, por cumplir este logro tan anhelado y esperado y todas las bendiciones que me regalas.

Agradecer inmensamente a mis padres MARIO DOMINICHETTI y DORIS MANJARRES por el apoyo incondicional que tuvieron conmigo en todos los momentos durante mi formación como profesional.

Agradecer a mi director de proyecto Ing. JOSE MANUEL RAMÍREZ QUINTERO por su ayuda, colaboración, apoyo, conocimientos, aportes y experiencia.

De igual manera agradecer al codirector Ing. RONALD YESID ARGOTE GUZMAN por permitir el desarrollo de este proyecto en el laboratorio de metrología de COTECMAR.

A la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial COTECMAR, por haberme dado la oportunidad de realizar mis pasantías en el laboratorio de metrología.

A la UNIVERSIDAD DE PAMPLONA que me abrió las puertas de su alma mater, me aportó experiencia conocimientos y permitió que me formara como profesional.

A todos y cada uno de los profesores en el trascurso de mi carrera profesional, que me aportaron sus conocimientos y enseñanzas, que se tomaron el tiempo necesario para responder preguntas, despejar inquietudes, calificar trabajos, dar consejos, a todos esos los profesores infinitas gracias por formar mejores personas.

A la ciudad de PAMPLONA por acogerme como hijo adoptivo en el trascurso de mi carrera profesional, por hacerme sentir como en casa, por permitirme conocer una nueva cultura, por permitirme madurar y creer como persona y por todos y cada uno de los momentos vividos en esta humilde ciudad.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.	JUSTIFICACION.....	12
3.	OBJETIVOS.....	13
3.1	<i>Objetivo General</i>	13
3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	13
4.	ESTADO ACTUAL.....	14
4.1	<i>COTECMAR</i>	14
4.1.1	Reseña Histórica.....	14
4.1.2	Ubicación.....	15
4.1.3	Misión.....	16
4.1.4	Visión.....	16
4.1.5	Organigrama.....	16
4.2	<i>METROLOGÍA</i>	17
4.2.1	Clasificación de la metrología:.....	18
4.2.2	Laboratorio de metrología COTECMAR.....	20
4.2.3	Medición.....	20
4.3	<i>MANTENIMIENTO</i>	22
4.3.1	Mantenimiento correctivo.....	24
4.3.2	Mantenimiento programado.....	24
4.3.3	Mantenimiento preventivo.....	24
4.3.4	Mantenimiento predictivo.....	25
4.3.5	Mantenimiento continuo.....	25
4.3.6	Mantenimiento analítico.....	26
4.3.7	Mantenimiento productivo total.....	26
4.3.8	Mantenimiento basado en condición.....	26
4.3.9	Mantenimiento basado en fiabilidad.....	26

4.4	<i>EQUIPOS</i>	27
4.4.1	Calibrador de temperatura bloque seco.....	27
4.4.2	Cuerpo Negro.....	27
4.4.3	Termohigrómetro.....	28
4.4.4	Deshumidificador.....	28
4.4.5	Balanza de presión (peso muerto).....	29
4.4.6	Manómetro patrón.....	29
4.4.7	Módulo de presión.....	30
4.4.8	Calibradores de procesos.....	31
4.4.9	Estación meteorológica.....	31
4.4.10	Separador con diafragma.....	32
5.	<i>METODOLOGIA EXPERIMENTAL</i>	33
5.1	<i>RECOLECTAR INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTOS</i>	33
5.2	<i>ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS</i>	33
5.3	<i>ACTUALIZAR FORMATOS</i>	33
5.3.1	Codificación.....	33
5.3.2	Histórico de calibración.....	35
5.3.3	Control de equipo.....	35
5.3.4	Especificaciones.....	36
5.4	<i>HOJAS DE VIDA EN ISOLUCION</i>	38
5.4.1	Gestión del mantenimiento asistido por computadora (GMAC).....	38
5.4.2	ISOLUCION.....	40
5.5	<i>PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO</i>	48
5.5.1	Formato solicitud de servicio.....	48
5.5.2	Formato lista de repuestos.....	49
5.5.3	Formato orden de trabajo.....	49
5.5.4	Formato informe de avería.....	51
5.5.5	Formato mantenimiento diario.....	51

5.5.6	Formato mantenimiento anual.....	52
5.6	PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN.....	53
6.	RESULTADOS	54
7.	ANALIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
8.	CONCLUSIONES	56
9.	RECOMENDACIONES	57
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
11.	ANEXOS	60
11.1	Anexo 1 - 01-47-02-007 Termohigrómetro	60
11.2	Anexo 2 - 01-47-02-009 Estación Meteorológica.....	60
11.3	Anexo 3- 01-47-02-011 (Bloque Seco).....	60
11.4	Anexo 4 - 01-47-02-012 (calibrador multi-procesos)	60
11.5	Anexo 5 - 01-47-02-014 (Cuerpo Negro).....	60
11.6	Anexo 6 - 01-47-05-007 manómetro Ashcroft	60
11.7	Anexo 7 - 01-47-05-008 (Balanza de presión WIKA).....	60
11.8	Anexo 8 - 01-47-05-018 Modulo de presión.....	60
11.9	Anexo 9 - 01-47-05-024 (Diafragma).....	60
11.10	Anexo 10 - 01-47-05-027 (Deshumidificador).....	60
11.11	Anexo 11 - PAM - COTECMAR TESIS.....	60
11.12	Anexo 12 - CRONOGRAMA MANTENIMIENTO CONDICION.....	60
11.13	Anexo 13 - CAPTURAS DE PANTALLAS SOFTWARE ISOLUCION v3.....	60
11.14	Anexo 14 - NTC-ISO-IEC_17025-2005.....	60
11.15	Anexo 15 - CERTIFICACIONES Y CARTAS.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Codificación equipos.	34
-------------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta Mamonal COTECMAR	14
Figura 2. Ubicacion geografica COTECMAR	15
Figura 3. Organigrama COTECMAR.....	16
Figura 4. Estructura general de la metrologia	18
Figura 5. Laboratorio de metrologia area de presion	20
Figura 6. Clasificacion instrumentos de medicion	21
Figura 7. Calibrador bloque seco	27
Figura 8. Cuerpo Negro	27
Figura 9. Termohigrómetro.....	28
Figura 10. Deshumidificador	28
Figura 11. Balanza de presión	29
Figura 12. Manómetro Patrón	29
Figura 13. Módulo de presión.....	30
Figura 14. Calibrador de procesos	31
Figura 15. Estación meteorológica.....	31
Figura 16. Separador con diafragma.....	32
Figura 17. Codificación equipos.....	34
Figura 18. Histórico de calibración.....	35
Figura 19. Control de equipo	36
Figura 20. Hoja de vida.....	36
Figura 21. Imagen corporativa ISOLUCION	40
Figura 22. Inicio ISOLUCION.....	43
Figura 23. Página principal ISOLUCION.....	44
Figura 24. Módulos ISOLUCION.....	44
Figura 25. Listado de hojas de vida ISOLUCION.....	45
Figura 26. Creación de hoja de vida ISOLUCION.....	46

Figura 27. Hoja de vida ISOLUCION.....	47
Figura 28. Solicitud de servicio.	48
Figura 29. Control de repuestos.....	49
Figura 30. Orden de trabajo.....	49
Figura 31. Informe de avería.....	51
Figura 32. Frecuencia de mantenimiento diaria.	51
Figura 33. Frecuencia de mantenimiento anual.	52
Figura 34. Cronograma mantenimiento basado en condición.	53

1. INTRODUCCIÓN

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial COTECMAR, es una empresa que tiene por objeto proporcionar soluciones avanzadas a la industria naval; la actividad de la corporación se encuentra en las áreas de diseño, construcción, reparación y mantenimiento de motonaves y artefactos marítimos, actividad que se desarrolla en las divisiones de: motores, soldadura, pailería, mecánica, pintura, entre otras. A la hora de llevar a cabo las diferentes mediciones dentro de los diferentes procesos productivos de la corporación, COTECMAR cuenta con instrumentos y a su vez necesitan que estos se calibren para cumplir con altos estándares de calidad. Para esto COTECMAR cuenta con el laboratorio de metrología para la calibración de instrumentos de medida tanto para clientes interno como para clientes externos. De esta manera cubre la necesidad del sector industrial de la región para asegurar que las mediciones realizadas dentro de sus sistemas productivos sean trazables y repetibles en cualquier instante, siendo esta estandarización un requisito indispensable para el proceso de certificación de sistemas de calidad. Este proyecto se desarrollara con un planteamiento específico, que busca cumplir satisfactoriamente el cubrimiento de planes de mantenimiento programados para proveer al laboratorio de metrología de COTECMAR un debido control para el funcionamiento óptimo de sus equipos patrones que se usan para la calibración de instrumentos de medición. La planificación, organización y optimización en el mantenimiento de los equipos patrones en el área de presión y temperatura será intervenida apuntando a que se calibren los instrumentos de medición cumpliendo con las especificaciones y/o los requerimientos de las normas técnicas aplicables, para ser empleados en diferentes procesos de COTECMAR, tal como lo contempla su misión, al promover el desarrollo científico y tecnológico con el fin de ofrecer servicios y procesos de forma integral.

2. JUSTIFICACION

El laboratorio de metrología de COTECMAR, depende del buen funcionamiento de sus equipos patrones que se usan para la calibración de instrumentos de medición, por ende se busca diseñar un plan de mantenimiento que permita disminuir todas aquellas paradas inesperadas que afectan económicamente al laboratorio de metrología.

Todo equipo en buen funcionamiento genera confianza al operario, permite trabajos de buena calidad y lo más importante no se perjudicara a los clientes.

El mantenimiento de tipo correctivo trae consigo muchas consecuencias que pueden afectar los procesos productivos del laboratorio de metrología. Al diseñar el plan de mantenimiento programado para el laboratorio de metrología de COTECMAR, lo que se busca es disminuir cada una de estas fallas o paradas consecuencias que solo generan pérdidas, lo cual no se debe permitir, además esas paradas inesperadas no solo afectan a COTECMAR, también se ven involucradas aquellas empresas que confían en el buen funcionamiento de los equipos patrones que se usan para la calibración de instrumentos de medición , cualquier retraso a la hora de entrega genera pérdidas para los clientes de la empresa y para la misma empresa.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento programado a los equipos patrones en las áreas de presión y temperatura del laboratorio de metrología de COTECMAR.

3.2 Objetivos Específicos

- Recolectar la información existente de mantenimientos a los equipos patrones en el área de presión y temperatura del laboratorio de metrología de COTECMAR.
- Analizar el estado actual de los equipos patrones en el área de presión y temperatura de los laboratorios de metrología de COTECMAR.
- Actualizar los formatos necesarios para el plan de mantenimiento.
- Elaborar las hojas de vida de los equipos patrones de las áreas de presión y temperatura en el software ISOLUCION v3.
- Diseñar el plan de mantenimiento para los equipos de las áreas de presión y temperatura.
- Proponer el diseño del plan de mantenimiento basado en condición para los equipos de las áreas de presión y temperatura del laboratorio de COTECMAR.

4. ESTADO ACTUAL

4.1 COTECMAR

COTECMAR es una corporación sin ánimo de lucro de participación mixta estatal mayoritaria, orientada al diseño, construcción, mantenimiento y reparación de buques y artefactos navales; tiene como prioridad invertir en la investigación, innovación y desarrollo; es considerada la empresa del sector astillero más grande y con mayor capacidad de levante del país (18.000 toneladas) entre sus plantas Mamonal y Bocagrande; además atiende el 100% de la flota de guerra de la Armada Nacional.

Figura 1. Planta Mamonal COTECMAR, Fuente:

<http://desarrolloydefensa.blogspot.com.co/2008/08/cotecmar-excelencia-en-astilleros.html>



4.1.1 Reseña Histórica

La historia de cómo unos marinos aventureros miraron el horizonte, sortearon las inmensas olas, controlaron la tormenta y lograron transformar un astillero viejo, oxidado y olvidado (astillero en Mamonal) en una corporación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la industria naval, marítima y fluvial, no solo convirtiéndose en toda una cadena productiva para la región sino también en el mejor socio estratégico de la Armada Nacional, además de tener una organización que garantizará la operatividad de todas las unidades a flote tanto marítimas como fluviales en el país.

Ante la usencia de un astillero propio, la Armada Nacional sumida en un escenario adverso para mantener su flota, asumiendo elevados costos por mantenimiento, mano de obra, combustible y traslado a países como Alemania, Panamá y Curazao, asimismo la necesidad de ser más competitivos, disminuir costos y tiempos de reparación fue necesario cambiar el rumbo de las cosas. Teniendo en cuenta que contaban con una mano obra calificada para la reparación de sus buques, pero al mismo tiempo carecen de maquinaria y equipo para sacar el mismo del agua, de igual manera, el desarrollo de sus propios programas de construcción exigía de manera inmediata un espacio con características específicas donde

se pudieran realizar dichos programas y por último la oportunidad de crear una empresa que se desarrollara estratégicamente hacia afuera, en beneficio de la institución, de la región y del país.

El Presidente de la República (1966-1970) doctor Carlos Lleras Restrepo, se ideó la forma para constituir un astillero entre la Armada Nacional y el Instituto de Fomento Industrial (IFI) en 1968, el cual aportaría 30 millones de pesos, para capital de trabajo y constituirían una compañía, que se llamó Empresa de Astilleros y Servicios Navales de Colombia (EDANSCO); la cual al año siguiente cambio su nombre por Compañía Colombiana de Astilleros (CONASTIL).

Luego cuando el Presidente de la República Ernesto Samper quiso hacer una Compañía nuevamente entre el IFI y la Armada, el Comandante de la Armada Almirante Edgar Romero Vásquez logro lo imposible que la Armada tuviera su propio Astillero. El cual fue inaugurado por el Presidente de la República el 24 de julio de 1998, la Armada Nacional lideró una iniciativa para recuperar y modernizar las instalaciones del antiguo astillero CONASTIL, apropiando los recursos necesarios para dar vida a lo que hoy es la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial, COTECMAR.

Fue así como el Ministerio de Defensa Nacional-Armada Nacional, Universidad Nacional de Colombia, la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y la Universidad Tecnológica de Bolívar trabajando mancomunadamente en aras de sacar adelante el proyecto, suscribieron el 21 de julio del año 2000 el acta de constitución de lo que hoy es Cotecmar, empresa que trabaja a todo vapor para adquirir y desarrollar tecnología, que contribuye al crecimiento de la industria astillera en el país, propiciando un desarrollo sostenido de la Industria Naval colombiana, la Marina Mercante y la Flotas Pesqueras nacionales y extranjeras. (A.V, 1993)

4.1.2 Ubicación

Hoy Cotecmar cuenta con dos astilleros; Astillero Mamonal está ubicado en Cartagena a 180 millas del canal de Panamá, este cuenta con talleres de mecánica, palería, soldadura, recubrimientos y sandblasting (Chorro de arena a presión para pulir la superficie metálica). De igual manera se cuenta con instalaciones de astillero en Bocagrande (Barrio ubicado al noroeste); también ubicado en la Ciudad de Cartagena; a diferencia del anterior, este se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Armada Nacional (Base Naval del Caribe).

Figura 2. Ubicación geografica COTECMAR, Fuente: <https://prezi.com/xyc5uj9auyqm/cotecmar-2015-administracion-logistica/>



4.1.3 Misión

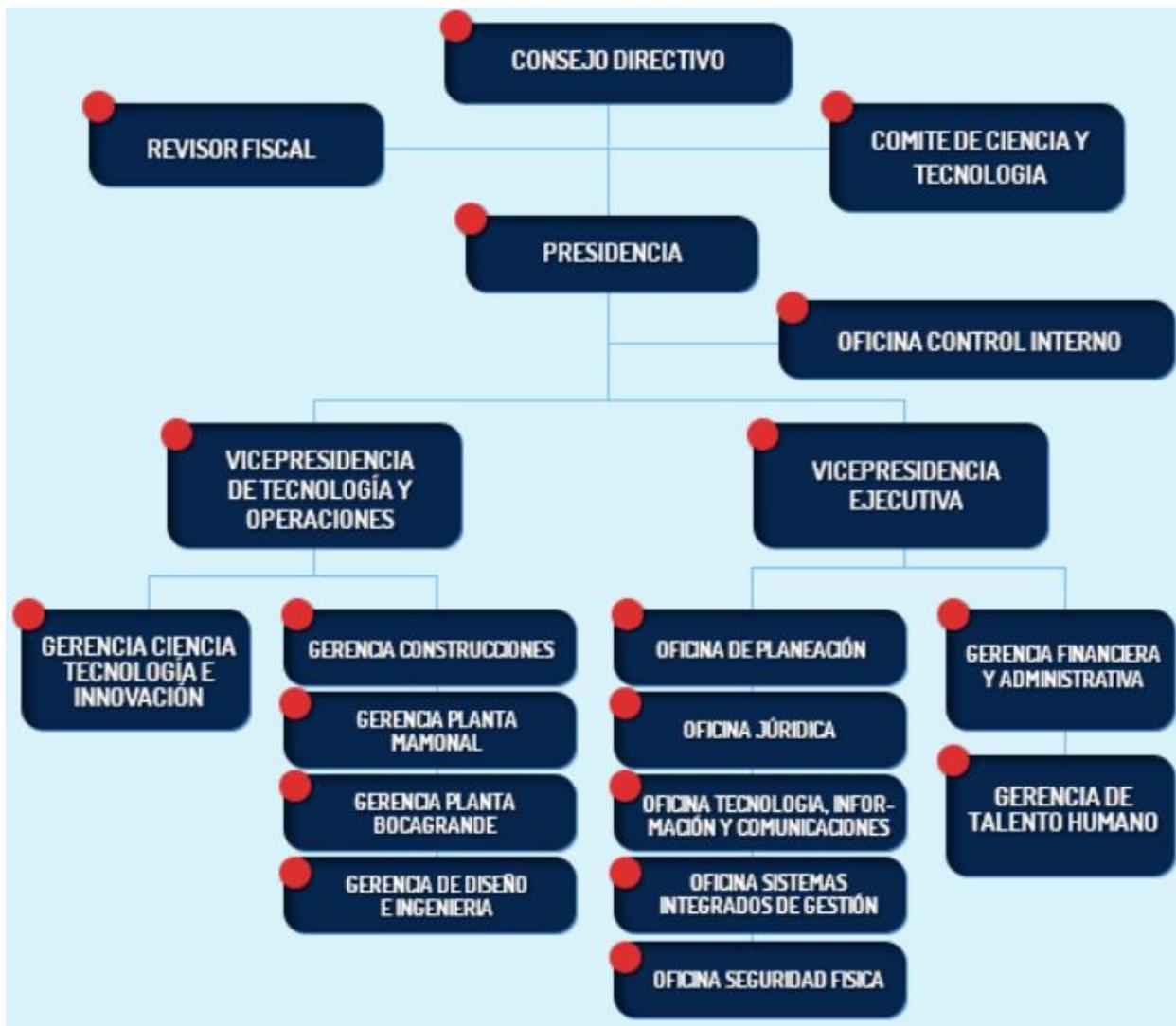
COTECMAR desarrolla capacidades científicas y tecnológicas a través de la innovación en productos, servicios y procesos, dirigidos a satisfacer de forma integral las necesidades de la Armada Nacional y de la industria naval, marítima y fluvial, liderando el crecimiento sostenible del sector en un marco de responsabilidad social.

4.1.4 Visión

En el año 2030, Cotecmar apoyada en sus aliados estratégicos, se habrá consolidado en Latinoamérica como líder innovador de la industria naval, marítima y fluvial, superando las expectativas de la Armada Nacional y del mercado particular, reflejo del desarrollo tecnológico alcanzado por Colombia en el sector astillero.

4.1.5 Organigrama

Figura 3. Organigrama COTECMAR, Fuente: <https://prezi.com/xyc5uj9auyqm/cotecmar-2015-administracion-logistica/>



4.2 METROLOGÍA

Las mediciones juegan un importante papel en la vida diaria de las personas. Se encuentran en cualquiera de las actividades, desde la estimación a simple vista de una distancia, hasta un proceso de control o la investigación básica.

La Metrología es probablemente la ciencia más antigua del mundo y el conocimiento sobre su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con sustrato científico ya que la medición permite conocer de forma cuantitativa, las propiedades físicas y químicas de los objetos. El progreso en la ciencia siempre ha estado íntimamente ligado a los avances en la capacidad de medición. Las mediciones son un medio para describir los fenómenos naturales en forma cuantitativa. Como se explica a continuación " la Ciencia comienza donde empieza la medición, no siendo posible la ciencia exacta en ausencia de mediciones". Las mediciones suponen un costo equivalente a más del 1% del PIB combinado, con un retorno económico equivalente de entre el 2% y el 7% del PIB (Producto interno bruto). Ya sea café, petróleo y sus derivados; electricidad o calor, todo se compra y se vende tras efectuar

procesos de medición y ello afecta a nuestras economías privadas. Los radares (cinemómetros) de las fuerzas de seguridad, con sus consecuencias económicas y penales, también son objeto de medición. Horas de sol, tallas de ropa, porcentaje de alcohol, peso de las cartas, temperatura de locales, presión de neumáticos, etc. Es prácticamente imposible describir cualquier cosa sin referirse a la metrología. El comercio, el mercado y las leyes que los regulan dependen de la metrología y del empleo de unidades comunes.

No existe una definición clara y completa de la Metrología, con la que al menos los metrologos se encuentren satisfechos, fuera de la clásica que la define como “ciencia de la medición”. Sin duda ello es debido a que, estando latente en prácticamente todas las facetas de la vida diaria, casi nadie es consciente de ello. En un intento de definición lo más completa posible, la siguiente: “La Metrología es la ciencia que tiene por objeto el estudio de las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de unidades, los métodos y técnicas de medición, así como la evolución de lo anterior, la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante, facilitando el progreso científico, el desarrollo tecnológico, el bienestar social y la calidad de vida”.

La Metrología comprende pues todos los aspectos, tanto teóricos como prácticos, que se refieren a las mediciones, cualesquiera que sean sus incertidumbres, y en cualesquiera de los campos de la ciencia y de la tecnología en que tengan lugar. Cubre tres actividades principales:

- La definición de las unidades de medida internacionalmente aceptadas.
- La realización de las unidades de medida por métodos científicos.
- El establecimiento de las cadenas de trazabilidad, determinando y documentando el valor y exactitud de una medición y diseminando dicho conocimiento.

Su objetivo principal es garantizar la confiabilidad de las mediciones. La metrología es una ciencia en constante evolución y desarrollo; muchos de los progresos tecnológicos de la actualidad se dan gracias al avance de la metrología. En su generalidad, trata del estudio y aplicación de todos los medios propios para la medida de magnitudes, tales como: longitudes, ángulos, masas, tiempos, velocidades, potencias, temperaturas, intensidades de corriente, etc. Por esta enumeración, limitada voluntariamente, es fácil ver que la metrología entra en todos los dominios de la ciencia.

4.2.1 *Clasificación de la metrología:*

Figura 4. Estructura general de la metrología, Fuente:
<http://electromagnetismo2012a.wikispaces.com>



- **Metrología legal**

La metrología legal tiene por función establecer el cumplimiento de la legislación metroológica oficial como: conservación y empleo de los patrones internacionales primarios y secundarios, así como mantener laboratorios oficiales que contrasten las mediciones comerciales contra los patrones oficiales.

- **Metrología científica**

La metrología científica tiene por función buscar y materializar los patrones internacionales para que éstos sean más fáciles de reproducir a nivel internacional, encontrar los patrones más adecuados para los descubrimientos que se hagan en el futuro y analizar el sistema internacional de medidas, con el objeto de elaborar las normas correspondientes. No está relacionada con los servicios de calibración que se hacen en la industria y el comercio.

- **Metrología industrial**

Tiene por función dar servicio de medición y calibración de patrones y equipos a la industria y comercio. Compete a los laboratorios autorizados. Este campo tiene como objetivo garantizar la confiabilidad de las mediciones que se realizan día a día en la industria. (Garavito, 2007)

4.2.2 Laboratorio de metrología COTECMAR

Figura 5. Laboratorio de metrología area de presión, Fuente:
<http://www.cotecmar.com/servicios/metrologia>



El Laboratorio de Metrología de COTECMAR realiza la calibración de equipos de medición, cumpliendo con los estándares de calidad a nivel nacional e internacional, satisfaciendo las necesidades de sus clientes de manera oportuna, confiable, independiente e imparcial.

El laboratorio está certificado bajo la norma ISO/IEC 17025 en las áreas dimensional y presión, el laboratorio participa en Ensayos de Aptitud (pruebas inter-laboratorio), que consisten básicamente en la validación del servicio que presta el laboratorio mediante una comparación de su capacidad de medición con diferentes laboratorios acreditados y uno de referencia, pruebas que hace necesario que los equipos se encuentren en óptimas condiciones de mantenimiento junto con su respectiva calibración.

La acreditación del Laboratorio de Metrología le ha permitido a la Corporación el cumplimiento de estándares de calidad en la calibración de equipos y por ende en sus procesos productivos; el fortalecimiento de las competencias del talento humano la definición de nuevos servicios dirigidos a la industria; el aumento de las ventas e ingresos obtenidos por concepto de estos servicios; la consecución de nuevos clientes y la consolidación de clientes ya existentes; además del impacto en la región a través del aumento de la oferta de servicios tecnológicos y el fortalecimiento del tejido industrial.

4.2.3 Medición

La medición sirve para la determinación de tamaño, cantidad, peso o extensión de algo, que describe a un objeto mediante magnitudes numéricas. Esta proporciona una manera fácil, casi única, de controlar la forma en que se dimensionan las partes. Tiene como propósito reconocer el tamaño exacto de las partes y facilitar la inspección ágil, sujeta a requerimientos y especificaciones determinados, de antemano, a la fabricación.

A continuación se presenta una manera de clasificar los instrumentos de medición dimensional, basada en el método de leer la respuesta:

Figura 6. Clasificación instrumentos de medición, Fuente:
http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2733_metrologia.pdf



- Instrumento de medición

Un instrumento de medición es un equipo, aparato o máquina que realiza la lectura de una propiedad (o característica) de una variable aleatoria, la procesa, la traduce y la hace entendible al analista encargado de la medición.

- Calibración

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un "instrumento de medición", o los representados por una medida materializada, y los valores conocidos correspondientes de una magnitud medida. En otras palabras: Es el conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar los errores de un instrumento de medición, y en caso necesario otras características metroológicas.

- Calibración del instrumento

Para garantizar la uniformidad y la precisión de las medidas, los instrumentos de medición se calibran conforme a los patrones nacionales de pesos y medidas aceptados internacionalmente para una determinada unidad de medida, como el ohmio, el amperio, el voltio o el vatio, centímetro, micras, grados, gramos, kilos, etc.

- Precisión

Se habla de precisión cuando existe la ausencia de errores sistemáticos. Es el grado de similitud entre dos o varias mediciones consecutivas del mismo objeto, con el mismo aparato y con el mismo procedimiento (incluida la persona).

- Exactitud

Concordancia de una medición con el valor verdadero conocido, para la cantidad que se está midiendo. Desviación entre el valor medido y el valor de un patrón de referencia tomado como verdadero.

- Patrón

Instrumento de medición destinado a definir o materializar, conservar o reproducir la unidad o varios valores conocidos de una magnitud, para transmitirlos por comparación a otros instrumentos.

- Trazabilidad

Propiedad de un resultado de medición consistente en poderlo relacionar a los patrones apropiados, generalmente internacionales o nacionales, mediante una cadena ininterrumpida de comparaciones, respaldados por informes escritos y certificados (en tiempo y lugar) por autoridad competente. (Torres, 2005)

4.3 MANTENIMIENTO

Durante los últimos veinte años, el mantenimiento ha cambiado, quizá más que cualquier otra disciplina. Estos cambios se deben principalmente al importante aumento en número y variedad de los activos físicos (plata, equipamiento, edificaciones) que deben ser mantenidos en todo el mundo, diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento, y una óptica cambiante en la organización del mantenimiento y sus responsabilidades.

El mantenimiento también está respondiendo a expectativas cambiantes, estas incluyen una reciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan la seguridad y al medio ambiente; conciencia de la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto, y la presión de

alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener controlado el costo. Estos cambios están llevando al límite las actitudes y habilidades en todas las ramas de la industria.

El personal de mantenimiento se ve obligado a adoptar maneras de pensar completamente nuevas, y actuar como ingenieros y como gerentes, al mismo tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se hacen cada vez más evidentes, sin importar cuánto se hayan informatizado. Frente a esta sucesión de grandes cambios, los gerentes en todo el mundo están buscando un nuevo enfoque para el mantenimiento, quieren evitar arranques fallidos y callejones sin salida que siempre acompañan a los grandes cambios. Buscan en cambio una estructura estratégica que sintetice los nuevos desarrollos en un modelo coherente, para luego evaluarlo y aplicar el que mejor satisfaga sus necesidades y las de la empresa.

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA (1995), define al mantenimiento como: “El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable y de acuerdo a las normas de protección integral.”

Para Moubray (1997), el mantenimiento significaba “Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas” (Garrido, 2010).

A partir de los criterios formulados por los autores citados, en relación al concepto de mantenimiento, se puede definir como el conjunto de actividades que se realizan a un sistema, equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado. Su objetivo primordial es preservar la función, las buenas condiciones de operatividad, optimizar el rendimiento y aumentar el período de vida útil de los activos, procurando una inversión óptima de recursos.

En la actualidad, el papel que cumplen los sistemas de mantenimiento para estructurar procesos de mejora de una organización es fundamental. Por lo anterior estructurar un buen proceso de mantenimiento mediante el uso de un buen sistema contribuirá en el fortalecimiento, posicionamiento y aprovechamiento de los recursos económicos y humanos de esta.

El objetivo de cualquier sistema de mantenimiento es evitar grandes costos a una organización y por el contrario, ofrecer alternativas para minimizar gastos e inversión innecesaria. A continuación se estipulan las dos variables de costos que debe tener en cuenta una organización:

- Mano de obra de mantenimiento y material: una reducción en la producción como consecuencia de un programa de mantenimiento insuficiente traerá como consecuencia pérdidas económicas que se reflejan en la capacidad de producción y en el costo del material que se ve afectado por el tiempo perdido.
- Costo de pérdida de producción: las empresas deben tener en cuenta los costos de pérdida resultante del tiempo de inactividad de un equipo, esta cifra debe ser añadida al presupuesto de mantenimiento. Cuando los costos de mantenimiento se encuentran en un mínimo el coste de la producción puede verse afectado, así que debe mantenerse una meta gradual que permita aprovechar el costo de mantenimiento- producción combinado.

Fundamentalmente hay tres tipos de mantenimiento: Preventivo, correctivo y predictivo. En un sistema o equipo de medianas dimensiones, necesariamente deben coexistir al menos los dos primeros tipos de

mantenimiento. El tercero, solo se requiere en equipos de grandes dimensiones y casos específicos (Torres, 2005).

4.3.1 *Mantenimiento correctivo*

Se define como aquel en el que espera que suceda la falla para luego corregirla, este tipo de mantenimiento causa traumatismos en la organización debido a los daños aledaños causados sean estos en una máquina, riesgos para la salud de los trabajadores, calidad del producto o servicio, efectos sobre el medio ambiente o la vida útil del equipo, entre otros.

Se dice que es una actividad a posteriori, es decir que se realiza después de que la falla ha sucedido, para diferenciarla de otros tipos de mantenimiento que se realizan a priori, es decir, antes de que suceda la falla. Se dice también que es una actividad reactiva, puesto que sucede como reacción a la evidencia de falla por esto último también es llamado mantenimiento a la falla.

4.3.2 *Mantenimiento programado*

Es aquel en el cual se planean revisiones para llevar a cabo un mantenimiento. Se basa en una parada periódica general de la actividad productiva, generalmente llevada a cabo de forma anual puesto que se aprovecha cualquier receso temporal para realizar un desarmado, una lavada y una lubricación de la maquinaria en algunos casos se aprovecha para hacer la revisión de manera general. La ventaja de éste sistema de mantenimiento es la posibilidad de detectar y detener una falla en gestación sin embargo, el punto en contra de este tipo de mantenimiento es que la maquinaria puede quedar equivocadamente armada o con ajustes que difieren con los realizados de fábrica. (Monchy, 1990)

Por extensión, se le da el nombre de mantenimiento programado al que se ejecuta en cualquier lapso de parada de la producción.

En este tipo de mantenimiento, se hace énfasis en la protección de bienes o equipos, teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes, la frecuencia de utilización, si trabajan o no en condiciones normales de diseño, se incluyen las inspecciones, los reemplazos de partes que estén próximas a cumplir su vida útil. Durante las actividades que están programadas, se siguen las instrucciones detalladas sobre los trabajos a realizar para reducir la probabilidad de que se presenten fallas durante el periodo que se sigue hasta el nuevo servicio. (Pinzon, 2008)

Para implementar este mantenimiento se hace un estudio a todos los equipos, análisis de repuestos y datos del fabricante:

- Inspecciones programadas para buscar evidencia de falla de equipos o instalaciones.
- Programación de esas actividades repetitivas con base a frecuencias diarias, semanales, quincenales, mensuales, anuales, etc.
- Control de esas actividades repetitivas con base a formatos de ficha técnica, órdenes o solicitud de trabajo, hoja de vida, programa de Inspección, programa de lubricación, programa de calibraciones, etc.

4.3.3 *Mantenimiento preventivo*

Es el que como su nombre lo dice, previene las fallas. Ha sido el más usado y su base de funcionamiento es la estadística, la observación, las recomendaciones del fabricante y el conocimiento del equipo. El lapso

que se le permite trabajar a un dispositivo o un elemento, depende de criterios tales como la recomendación del fabricante, la valoración del técnico y sobre todo la duración en el tiempo observado en piezas similares.

La programación de las actividades en el tiempo, la redacción de los instructivos para llevarlas a cabo, la asignación de las personas que las ejecutarán, la evaluación de los costos de todo este trabajo, entre otros, es lo que constituye la implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo en una empresa, del cual está encargado el departamento de Mantenimiento.

En la actualidad existen en el comercio muchos software con los que se maneja este tipo de mantenimiento los cuales se incluyen en otros sistemas generalmente de Producción.

4.3.4 Mantenimiento predictivo

A diferencia de los anteriores que son metodologías o sistemas, ésta es una ciencia que se basa en los síntomas que presentan las máquinas al funcionar.

En el caso de la termografía o mantenimiento predictivo basado en análisis termográfico, se atiende a la intensidad y los cambios de temperatura generados durante el funcionamiento de una máquina; para llevar a cabo esto, se utilizan termofotografías y cámaras de vídeo que revelan perfiles térmicos mediante los cuales se hace un mantenimiento predictivo, monitoreando la temperatura.

Sin embargo, el síntoma al que más se atiende para este tipo de mantenimiento es la vibración, puesto que se afirma que se hace mantenimiento predictivo con base en el Análisis Vibratorio. Los detectores de vibración que en muchos casos están compuestos por sondas captadoras equipadas con micrófonos dedicados ayudan a determinar estos efectos sonoros pues las ondas sonoras provocadas por la vibración, son un caso especial de ruido que difieren de la vibración normal producida por una máquina; así que, mediante el uso de estos aparatos se puede seguir la intensidad, la vibración y la frecuencia que presenta una máquina funcionando.

Un concepto a tener en cuenta es que simultáneamente a la gestación de la falla de una máquina, hay un aumento paulatino de la intensidad de su vibración que en muchos casos incluye sonido. Al detectar dicho aumento y teniendo en cuenta la frecuencia de este, se puede predecir la falla antes de que suceda y si se considera pertinente se procederá a realizar su reparación impidiendo que el daño ocurra y/o se complique más evitando una parada intempestiva.

El Mantenimiento Predictivo también se basa en el monitoreo sistemático de la calidad del aceite, el análisis por tintas penetrantes, los rayos X, gamma, el análisis dimensional, el análisis de esfuerzos, el ultrasonido, la medición de espesores, el análisis de humedad y otros síntomas que consideré pertinentes por parte de la organización.

4.3.5 Mantenimiento continuo

Es un tipo de organización que se puede dar al Mantenimiento priorizando las actividades que se le dan a las máquinas según su importancia y basados en el concepto que entre mejor se atiende un equipo, así será su desempeño.

4.3.6 *Mantenimiento analítico*

Atiende preferentemente al análisis de las estadísticas de falla y analiza la causa raíz de ella, (R.C.F.A. = Root centered failure analysis), a las recomendaciones del fabricante, a las condiciones de instalación del equipo y a la calidad de mano de obra de quienes lo operan de acuerdo con esto, el Mantenimiento Analítico es particularmente preventivo.

En el tipo de mantenimiento, más conocido como RCFA, se debe practicar un profundo análisis en el que se estudian las causas de la falla y posteriormente se selecciona la causa raíz. Este tipo de análisis está compuesto por el Análisis de Efectos Fracaso y de Criticidad FMECA (Failure Mode Effects and Criticality Analysis) que es un análisis de los efectos según el modo de la falla y el FTA Análisis de Fallas en Esquema de Árbol (Failure Tree Análisis) estos dos, permiten un posterior análisis de criticidad. Por lo general para llevar a cabo este tipo de mantenimiento se practica un análisis de Pareto. (Monchy, 1990)

4.3.7 *Mantenimiento productivo total*

En la actualidad se ha implementado un tipo de análisis global este es llamado Mantenimiento Productivo Total (TPM Total Productive Maintenance) que es aquel donde el operario de producción atiende el Mantenimiento Preventivo de su unidad productiva al tiempo que se involucra la totalidad del personal de una empresa.

4.3.8 *Mantenimiento basado en condición*

Es una estrategia de mantenimiento que utiliza la condición real de la máquina para decidir lo que hay que hacer en el mantenimiento. CBM, busca que el mantenimiento se realice solamente cuando ciertos indicadores muestran signos de disminución de rendimiento o inminente fracaso. Algunos indicadores puede incluir mediciones como: inspección visual, datos de eficacia y pruebas programadas. (Souris, 1992)

4.3.9 *Mantenimiento basado en fiabilidad*

En este tipo de mantenimiento el énfasis se encuentra en el funcionamiento del sistema más que el de cada equipo de manera individual a partir de allí se busca la falla a partir del principio de confiabilidad (reliability). Esta se basa comúnmente la característica Fiabilidad que posee un equipo y mediante la cual es posible evaluarla en términos cuantitativos. El conocimiento de la confiabilidad y la disponibilidad (Availiability) de un equipo permite planear y predecir la producción e incluso tener planes de contingencia. (Monchy, 1990)

4.4 EQUIPOS

4.4.1 Calibrador de temperatura bloque seco

Figura 7. Calibrador bloque seco, Fuente: <http://la.flukecal.com/products/process-calibration-tools/temperature-calibrators/dry-block-calibrators-and-micro-baths/hor>



Genera altas temperaturas utilizando resistencias calefactoras controladas mediante sensores tipo termopar. La transmisión del calor depende del material de los bloques utilizados, por conducción cuando se utilizan metales (buenos conductores del calor) como el bronce, cobre o aluminio, para altas temperaturas por radiación cuando se utilizan cerámicas. Su principal aplicación es la calibración de termómetros de resistencias y termopares. (MetAs, 2004)

4.4.2 Cuerpo Negro

Figura 8. Cuerpo Negro, Fuente: <http://us.flukecal.com/4180-4181-precision-infrared-calibrators>



Un cuerpo negro es aquel que absorbe toda la radiación que incide en él y no refleja ninguna; posee una emisividad igual a la unidad y emite la máxima energía radiante. Los cuerpos cuyo coeficiente de emisión es menor que la unidad se conoce como cuerpos opacos. Se utilizan como mejor referencia para determinar cuantitativamente la energía irradiada por un objeto caliente. Un cuerpo negro se construye experimentalmente mediante la cavidad hueca con un pequeño orificio al exterior. Las paredes internas de la cavidad se recubren con hollín por lo que en frío prácticamente toda la radiación que entra por el

orificio es absorbida. La boca del orificio se comporta entonces como un cuerpo negro. Un metal a altas temperaturas se comporta aproximadamente también como un cuerpo negro. Este tipo de sistemas maneja un alcance de trabajo de 50°C hasta 2300°C. En este tipo de equipos se realizan calibraciones de termómetros de radiación (pirómetros ópticos, infrarrojos). (Guerrero, 2015)

4.4.3 Termohigrómetro

Figura 9. Termohigrómetro, Fuente:

http://www.isotest.es/web/instrumentacion_electronica/tipo/medida_de_magnitudes_fisicas/termohigrometros.html



El termohigrómetro es un equipo que mide la temperatura y la humedad relativa del aire y del medio ambiente, el termohigrómetro es un instrumento muy útil y práctico además los datos que se obtiene por medio de él son fáciles de interpretar. Está compuesto por una carcasa, usualmente de plástico, en cuyo interior se encuentra alojada una tarjeta electrónica que procesa las señales provenientes de los sensores y nos permite la visualización de los valores de temperatura y humedad relativa en una pantalla de cristal líquido (LCD). (Morales; Gómez, 2012)

4.4.4 Deshumidificador

Figura 10. Deshumidificador, Fuente: <https://espanol.grainger.com/product/DAYTON-Dehumidifier-5EAJ9>



El porcentaje de humedad relativa adecuado para el confort y la salud está entre el 45% y el 55%, sea verano o invierno. El exceso de humedad en las paredes de las casas, en la ropa y en los libros puede provocar, además de las conocidas incomodidades para su habitabilidad, uso y conservación, graves consecuencias para el medio ambiente y la salud, sobre todo para las personas mayores con problemas respiratorios y para los enfermos de asma.

Los deshumidificadores son aparatos especialmente concebidos para dar una solución inmediata, rápida y eficaz a todos los problemas originados por el exceso de humedad. Estos aparatos, capaces de lograr que el calor no sea tan pegajoso en verano, funcionan según el principio de la condensación. El aire húmedo es aspirado por el ventilador y se hace pasar a través de la batería del evaporador, donde se enfría por debajo de su temperatura de rocío. De esta forma, "la humedad contenida en el aire se condensa en forma de agua y es recogida en la bandeja de condensación de donde es evacuada a una tubería de desagüe". El aire frío y seco pasa a través de la batería condensadora donde es recalentado y enviado nuevamente al recinto. (Exclusivas, 2015)

4.4.5 Balanza de presión (peso muerto)

Figura 11. Balanza de presión, Fuente: http://www.wika.com.ar/upload/DS_CT9105_GB_1138.pdf



La balanza de pesos muertos es un instrumento que proporciona el método más confiable y exacto para medir presiones superiores a 1 Kgf/cm². Su operación está basada en el principio de balancear pesos conocidos contra la fuerza producida por la acción de una presión desconocida en un pistón hidráulico de área conocida. Cuando estas fuerzas alcanzan equilibrio y balance, la presión desconocida iguala el total de las pesas y el pistón, y de esta manera se determina el valor de la presión (J, B, & P, 2011).

4.4.6 Manómetro patrón

Figura 12. Manómetro Patrón, Fuente: Archivo digital, laboratorio de metrología de COTECMAR



Consiste en un tubo de bronce o acero, doblada en circunferencia. La presión interior del tubo tiende a enderezarlo. Como un extremo del tubo está fijo a la entrada de la presión, el otro extremo se mueve proporcionalmente a la diferencia de presiones que hay entre el interior y el exterior del tubo. Este movimiento hace girar la aguja indicadora por medio de un mecanismo de sector y piñón; para amplificar el movimiento, el curvado del tubo puede ser de varias vueltas formando elementos en “C”, torcido, espiral, o helicoidal. (MetAs G. , 2013)

4.4.7 Módulo de presión

Figura 13. Módulo de presión, Fuente: Archivo digital, laboratorio de metrología de COTECMAR



El módulo de presión emula una planta de control de presión de cualquier proceso (por ejemplo en la industria de alimentos o de cauchos, donde el sostenimiento de una presión determinada es crítico. El instrumental básico que debe tener un proceso de control de presión es el siguiente: Transmisor de presión: se encarga de enviar la señal de la magnitud de presión en rangos estándar que un controlador comercial pueda interpretar y actuar en consecuencia. Actuador; se encarga de liberar o elevar la presión en un contenedor en donde se lleva a cabo el proceso.

Elemento final de control: recibe señales estándar del controlador y mueve el actuador en consecuencia.

Controlador de presión: se encarga de enviar señales apropiadas al elemento final de control basándose en señales provenientes del proceso (Espinosa, 2008).

4.4.8 Calibradores de procesos

Figura 14. Calibrador de procesos, Fuente: Archivo digital, laboratorio de metrología de COTECMAR



Los calibradores o calibradores de procesos sirven básicamente en la técnica de medición, control y regulación para el ajuste y la verificación en instalaciones de control e instrumentación. Los calibradores tienen diferentes magnitudes que deben ser atribuidas a señales de medida normalizadas. Está diseñado específicamente para la industria de procesos, con características y precisión inmejorables y está equipado para poder medir, comprobar y calibrar casi cualquier variable de proceso. El calibrador permite diagnosticar, calibrar y verificar. (Hilario; Carbolnell)

4.4.9 Estación meteorológica

Figura 15. Estación meteorológica, Fuente: Archivo digital, laboratorio de metrología de COTECMAR



Estaciones para monitoreo meteorológico, con sensores para radiación solar, ultravioleta, humedad y temperatura de suelos, con datalogger y software para análisis de imágenes. Se utilizan en agricultura, la industria, en investigación, y por individuos en sus hogares, en expediciones, rastreadores de tormentas y agencias gubernamentales.

La mayoría de las estaciones ofrecen la presión barométrica, humedad exterior y punto de rocío, lluvia diaria y anual, velocidad y dirección del viento, factor de enfriamiento ("wind chill"), y temperatura exterior. Algunas otras también ofrecen temperatura y humedad interior, y muy pocas le ofrecen lecturas de temperaturas exteriores adicionales así como la lluvia actual. (Moya; Guerron; Montero, 2015)

4.4.10 Separador con diafragma

Figura 16. Separador con diafragma, Fuente: Archivo digital, laboratorio de metrología de COTECMAR



Un Separador con diafragma, es un separador con membrana flexible que sella y aísla un recinto. La naturaleza flexible de este sello permite que el efecto de la presión atraviese la barrera pero no el material que es contenido. Los sellos diafragma suelen ser utilizados para proteger sensores de presión de los fluidos cuya presión se desea medir. (Velázquez, 2012)

5. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para realizar este proyecto fueron necesarias varias fases todas ellas mancomunadas a un fin común, el diseño del plan de mantenimiento programado a los equipos patrones en las áreas de presión y temperatura del laboratorio de metrología de COTECMAR; a continuación se describen todas y cada una de las fases para la realización de este proyecto.

5.1 RECOLECTAR INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTOS

En esta fase primeramente se indago en los archivos del laboratorio para buscar información acerca de los mantenimientos realizados a los equipos patrones del laboratorio, algo que fue exhausto ya que los formatos encontrados estaban totalmente desactualizados y solo contaban con la mínima información del equipo no se encontró registro alguno que evidenciara los mantenimientos realizados con anterioridad, ni historiales de mantenimientos, o calibración, mas sin embargo se encontraron instructivos de manipulación de los equipos información valiosa que contribuyó al desarrollo de este proyecto, cuando se habló con el personal del laboratorio estos nos dijeron que los mantenimientos realizados eran de tipo correctivo.

5.2 ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS

En esta parte analizamos cada uno de los equipos con los cuales se trabajó para el desarrollo de este proyecto, para esto fue necesario los instructivos de manipulación de los equipos patrones con los que cuenta el laboratorio en sus respectivos archivos, y el acompañamiento del personal técnico que todos los días tiene contacto directo con los equipos, conociendo de primera mano su comportamiento normal o anormal según su funcionamiento en la calibración equipos de medición ya sea de clientes internos o externos a COTECMAR.

5.3 ACTUALIZAR FORMATOS

En esta etapa del proyecto se actualizan los formatos encontrados en los archivos del laboratorio, archivos que contenían mínima información de los quipos pero que no contenía historiales de mantenimientos o calibración es por ende que se procede a actualizar con información relevante y detallada de cada uno de los equipos, con el apoyo del personal técnico.

5.3.1 Codificación

La codificación significa en grandes rasgos dar a las máquinas y equipos una dirección donde ubicarlas y un nombre con el cual identificarlas. Permitiendo tener un control y conocimiento sobre información técnica, centros de costo, características generales, entre otras.

Desde el comienzo de la codificación de los equipos, se empiezan a obtener beneficios. Se consigue una mayor organización de los trabajos, se pueden controlar mejor las acciones y los recursos, pero la principal ventaja está dada en la organización de los recursos según el histórico, ya que, a pesar de todos los inconvenientes con que nos encontramos a lo largo de la historia de un equipo, todas las acciones, las reparaciones, y los recursos que intervinieron en su mantenimiento, quedan almacenados en soporte informático o en su respectivo expediente técnico.

Dentro de todo proceso o empresa que maneje equipo y maquinaria es de vital importancia la codificación, ya que debido a ésta, se facilita el trabajo de identificación de cada uno de los equipos, facilitando a los operarios y personas involucradas con las máquinas el engorroso proceso de nombrar cada una de ellas y más cuando hay equipos idénticos.

Existen muchas metodologías para realizar la codificación, pero lo que sí está presente en todas, es la necesidad de que este código responda a las características del equipo o sistema. Otro elemento importante es que este código debe estar en un lugar visible de la máquina, y que todos los operarios de mantenimiento conozcan su código y todas, absolutamente todas las operaciones que se realicen, sean referidas al código que le corresponda.

En el caso de los equipos patrones del laboratorio de metrología de COTECMAR, la codificación de los equipos con los cuales se trabajó para el desarrollo de este proyecto está dada de la siguiente manera; Cuatro dígitos conforman el código. El primer número indica la planta, 01 para la planta Mamonal y 02 para la planta de Bocagrande, el siguiente número indica la ubicación dentro de la planta siendo el número 47 la asignación del laboratorio de metrología de COTECMAR, el siguiente número corresponde a la magnitud de trabajada 02 para temperatura y 05 para presión, y el último número corresponde al número que se le asigna al equipo a la hora de la respectiva codificación.

Figura 17. Codificación equipos, Fuente: Autor del proyecto.

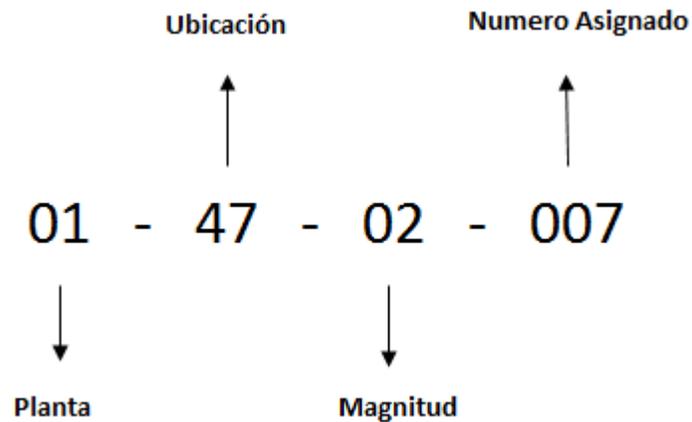


Tabla 1. Codificación equipos, Fuente: Autor del proyecto.

Equipo	Código
Calibrador de temperatura bloque seco	01-47-02-011
Cuerpo Negro	01-47-02-014
Termohigrómetro	01-47-02-007
Deshumidificador	01-47-05-027
Balanza de presión (peso muerto)	01-47-05-008

Manómetro patrón	01-47-05-007
Módulo de presión	01-47-05-018
Calibradores de procesos	01-47-02-012
Estación meteorológica	01-47-02-009
Separador con diafragma	01-47-05-024

Con base en la información suministrada por el personal técnico del laboratorio se procede a actualizar los formatos encontrados en los archivos del laboratorio, para ejemplo utilizaremos el equipo 01-47-05-008, Balanza de presión (Peso muerto), los demás formatos actualizados se encontraran en los anexos de este proyecto.

5.3.2 Histórico de calibración

En este formato se lleva un registro detallado de las calibraciones realizadas al equipo patrón, es de vital importancia este registro ya que en él se lleva el control de cuándo fue la última calibración y la siguiente calibración determinando así tiempo para análisis y futuros estudios para las variaciones de la incertidumbre del equipo.

Figura 18. Histórico de calibración, Fuente: Autor del proyecto

VI. HISTORICO DE CALIBRACIÓN:				
			Registro No:	
Equipo: BALANZA DE PESO MUERTO.			Código interno: 01-47-05-008	
CALIBRACIÓN-VERIFICACIÓN	FECHA REALIZADA	FECHA PRÓXIMA CALIBRACIÓN	OBSERVACIONES	FIRMA
Calibración Externa	2 012-02-20	Ver plan metrolog.	Se revisa el certificado y los resultados de la calibracion se encuentran acordes a lo requerido por el proceso	Delw in José Velandia

5.3.3 Control de equipo

En este formato se detallan todas las operaciones e intervenciones efectuadas al equipo de calibración, en la fecha que se realiza, con una breve descripción de lo realizado, una observación, y la firma del técnico encargado de la inspección de y operación del equipo.

Figura 19. Control de equipo, Fuente: Autor del proyecto

V. CONTROL DE EQUIPO			
		Registro No:	
Equipo: Balanza de presión WIKA		Código interno: 01-47-05-008	
FECHA	OPERACIÓN REALIZADA	OBSERVACIONES	FIRMA
2 012-05-23	Se hace entrega de la Balanza de peso muerto marca Wika, Modelo: CPB3000 por parte del proveedor.	Al desembalar las cajas que contienen el equipo, se encontró que los discos del instrumentos estaban golpeadas y presentaban rayas en su superficie.	Delw in José Velandia
2 012-06-20	Se envían los discos de la balanza al proveedor para que realice el respectivo reclamo y cambio de las mismas	Se embalan adecuadamente los discos de la Balanza de peso muerto y envían.	Delw in José Velandia
2 012-09-22	Llegada nuevamente de los discos, de la balanza de peso muerto	Se revisa en embalaje de los discos, se verifican una a una cada una de las piezas y se da el visto bueno	Delw in José Velandia
2 013-02-15	Se realiza limpieza, nivelación y se verifica nivel del aceite	Se drena la bomba del equipo y se realiza el respectivo cambio del aceite, se realiza limpieza de los discos con varsol.	Delw in José Velandia
2 013-08-26	Se realiza limpieza, nivelación y se verifica nivel del aceite	El nivel de aceite es el adecuado, se nivela el equipo con los tornillos de la base de apoyo, se realiza limpieza a las masas y equipo.	Delw in José Velandia
2 014-02-19	Se realiza limpieza, nivelación y se verifica nivel del aceite	Se drena la bomba del equipo y se realiza el respectivo cambio del aceite, se realiza limpieza de los discos con varsol.	Delw in José Velandia
2 014-08-13	Se realiza limpieza, nivelación y se verifica nivel del aceite	El nivel de aceite es el adecuado, se nivela el equipo con los tornillos de la base de apoyo, se realiza limpieza a las masas y equipo.	Delw in José Velandia
2 015-02-24	Se realiza limpieza, nivelación y se verifica nivel del aceite	Se drena la bomba del equipo y se realiza el respectivo cambio del aceite, se realiza limpieza de los discos con varsol.	Delw in José Velandia
2 015-08-18	Se realiza limpieza, nivelación y se verifica nivel del aceite	El nivel de aceite es el adecuado, se nivela el equipo con los tornillos de la base de apoyo, se realiza limpieza a las masas y equipo.	Delw in José Velandia
2 016-02-16	Se realiza limpieza, nivelación y se verifica nivel del aceite	Se drena la bomba del equipo y se realiza el respectivo cambio del aceite, se realiza limpieza de los discos con varsol.	Delw in José Velandia

5.3.4 Especificaciones

En este formato se registra toda la información del equipo y solo se llenan una vez, nos sirven como introducción a la hoja de vida de la máquina, permitiendo conocer las características principales, el estado actual, y todo lo relacionado con la ficha técnica de cada uno de los equipos.

Figura 20. Hoja de vida, Fuente: Archivo digital laboratorio de metrología de COTECMAR.



ESPECIFICACIONES, EQUIPOS DE INSPECCIÓN, MEDICIÓN Y ENSAYO



Código: F-COPSER-024

Versión: 0.0.3

Fecha de Aprobación: 06-jul-2011

DIRECCIÓN: DIPMAN-DEINE-DVMTR

REGISTRO No.:

DEPENDENCIA: Laboratorio de Metrología

FECHA: 2 012-05-23

Código interno: 01-47-05-008

I. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO

Clase de Equipo: Balanza de peso muerto Tipo: Análogo
Marca: Wika Modelo: CPB 3000
No. Serie: 30274 Rango de trabajo: 29 psi A 1 4500 psi
Resolución: N/A Incertidumbre: Ver certificado de calibracion
Peso: 50 kg Dimensiones: 365 mm x 483 mm x 294 mm
Tipo de (Proceso): Calibracion de equipos
Ubicación: Laboratorio de Metrología
Fabricante: WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG
Dirección: 63911 Klingenberg Germany
Teléfono: (+49) 93 72/132-9986 Telefax: (+49) 93 72/132-217
Representante: Grupo Zambrano E-Mail: testequip@wika.de
Dirección: Barranquilla Cr 45 # 70-86
Teléfono: (57)(5) 3585240 Telefax: 3585240
Fecha de adquisición: 2 012-05-23 Existencia de catalogo: Equipo SI NO

II. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:

Red de alimentación: Voltaje: N/A Amperaje: N/A Potencia: N/A
Frecuencia: N/A Corriente de Trabajo: N/A
Uso de Batería: SI NO Especificación: N/A

INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN

El instrumento debe ser operado bajo rangos de operación, su mantenimiento debe realizarlo personal calificado para tal fin. Ver manual de operación para realizar mantenimiento y colocar puesta a punto el equipo.

IV. OBSERVACIONES GENERALES Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Limpiar el equipo des pues de realizar el trabajo, con un paño absorbente. Verifique que la rosca se encuentra en perfecto estado, cambie el aceite de acuerdo a la severidad de uso. Mantener el equipo anclado en una mesa robusta para que no haya movimiento a la hora de realizar las conexiones, realizar mantenimiento por personal competente.

5.4 HOJAS DE VIDA EN ISOLUCION

En esta parte del proyecto se crearon las hojas de vida de los equipos patrones del laboratorio de metrología en el software ISOLUCCION v3. Software que maneja la corporación para toda su documentación y gestión de la calidad en cuanto a todos los procesos productivos que se desarrollan en COTECMAR. Para esto fue necesario conocer a fondo dicho software tomando capacitaciones por parte de la corporación en gestión del mantenimiento asistido por computadora (GMAC).

5.4.1 Gestión del mantenimiento asistido por computadora (GMAC)

En la actualidad el mantenimiento se puede gestionar mediante ordenador, esto se hace debido a que de esta manera es más fácil ingresar datos, procesarlos, y realizar muchas tareas de manera más fácil y cómoda que realizarlo en papel, debido a las grandes cantidades de datos e información que se debe manejar en el proceso de mantenimiento.

La Gestión de Mantenimiento Asistido por Computador nace en las grandes empresas como una solución alternativa de mantenimientos preventivos rutinarios, las grandes cantidades de órdenes de trabajo, insumos utilizados, repuestos de almacenes, y equipos que estas contaban, hicieron que sea necesario una mejor manera de control de los mismos.

Hay que decir que la gestión del mantenimiento asistido por computadora se tendrá que relacionar con otros sistemas y bases de datos de la compañía, como son la contabilidad, nominas, almacenes. Existen diversos paquetes informáticos que nos pueden servir convenientemente para su sistema de gestión informatizado, la cantidad de actualizaciones, y la variada oferta que se dispone actualmente hace más fácil la elección del sistema informático a utilizar.

Existe un riesgo al adquirir un paquete de mercado, ya que la mayoría de vendedores ofrecen sistemas muy variados, abiertos y configurables a la disposición del usuario, pero en realidad esto no es del todo cierto, con algunas excepciones los sistemas son demasiado rígidos y de esta manera se hará todo lo posible para que la organización del mantenimiento se ajuste al paquete informático, cuando debería ser al revés.

Una de las características de la gestión del mantenimiento asistido por computadora debe ser que esta debe ser de fácil manejo para el usuario final, ya que es el usuario final quienes facilitan los datos del sistema, actualiza historiales, despache las ordenes de trabajo, entre otras actividades, es por ello que es fundamental que el manejo de la interfaz informática sea sencilla para que el nuevo sistema GMAC se convierta en una herramienta de ayuda y no una complicación adicional a las labores de mantenimiento.

Las plataformas de gestión del mantenimiento asistido por computadora pueden ser utilizadas por cualquier organización que necesite gestionar el mantenimiento de sus equipos, activos y propiedades. Algunas de las soluciones existentes están enfocadas a mercados específicos (mantenimiento de flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias, entre otras.) aunque también existen productos que son enfocados a un mercado general.

Los programas GMAC contienen varias secciones o módulos, los cuales sirven para llevar un control minucioso en las tareas de mantenimiento. A continuación se detallan las frecuentes secciones que intervienen en la aplicación del software:

- Ordenes de trabajo: Son aquellas acciones que permiten tener un seguimiento de toda la información ubicada dentro de la empresa tales como: asignación de recursos humanos, manejo de insumos, costes, para tener una mejora en la toma de decisiones a largo plazo.
- Gestión de activos: Permitirá registrar todos los equipos que la empresa contenga en su poder, para el posterior mantenimiento, incluyendo información precisa de la ubicación de cada uno de los equipos existentes, información sobre garantías, contrato deservicio y cualquier otro parámetro que pueda ser de ayuda para la gestión.
- Control de inventarios: Está directamente relacionado con la gestión del almacén, es decir, al control de repuestos, insumos, materiales, herramientas que estén disponibles para los posteriores trabajos de mantenimiento entre otros.
- Seguridad: Prestar información sobre riesgos que se puedan presentar durante la operación del mantenimiento y un glosario acerca de las señalizaciones que puedan contener la empresa, pero este último punto es opcional.

Las funciones principales de un software de gestión de mantenimiento son:

- La entrada, respalda toda la información relacionada con el mantenimiento para poder acceder a ella en el momento que se requiera.
- Conseguir la planificación y control del mantenimiento, con las herramientas adecuadas para lograr la realización de esta labor de la forma más simple posible.
- Abastecimiento de la información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base para la correcta toma de decisiones.
- Las distintas aplicaciones comerciales inciden en cada uno de los puntos anteriormente mencionados, originando productos adecuados para las necesidades. Sin embargo un software de mantenimiento, es un producto genérico, aplicable a cualquier tipo de empresa pero existen modificaciones a realizarse del software que se requieren para sectores industriales.

Las ventajas del software de gestión de mantenimiento asistido por computadora son:

- Mejoras en la calidad y productividad de la organización.
- Disminución de los tiempos de paro en elementos productivos. Mayor fiabilidad y disponibilidad.
- Información actualizada, inmediata de todos los componentes del proceso.
- Mejora de los procesos de actuación establecidos.

- Posibilidad de realizar estudios y anticipar cargas de trabajo o consumo de piezas.
- Conocimiento inmediato de los gastos originados por cualquiera de los elementos controlados.
- Ajuste de planes de mantenimiento a las características reales.
- Posibilidad de implementar cualquiera de las metodologías de mantenimiento existentes.
- Mejor control de actividades subcontratadas.

Dentro del objetivo principal de un software GMAC, está en ahorrar presupuesto y disponer de información valiosa para la toma de decisiones, si este objetivo no lo tenemos presente al momento de automatizar el mantenimiento sin un previo análisis, las consecuencias podría ser las siguientes desventajas:

- El coste del software puede ser mucho mayor al previsto, debido a no ver tenido en cuenta el coste implementación del mismo.
- Aumento del personal indirecto, debido a que nunca se tomó en cuenta que se provocaría trabajos extras, como por ejemplo, personas que introduzcan datos en el sistema, cuantos antes no había ningún encargado de hacerlo esta función improductiva.
- Aumento de la información almacenada en archivos físicos.
- Los datos almacenados en el sistema no podrían dar resultados o gráficos estadísticos del comportamiento económico o mecánico del equipo, ya que no se tomó en cuenta desde el principio la aplicación de este tipo de herramienta para un posterior análisis de resultados.
- La información no puede ser fiable, ya que no se tuvo una persona encargada o esta no fue responsable en agregar todos los datos en el programa de mantenimiento. Por lo cual, esto puede llevar a un fracaso y una inversión rotunda de la aplicación del software.
(Daniel & Pedro, 2015)

5.4.2 ISOLUCION

Figura 21. Imagen corporativa ISOLUCION, Fuente: <http://web.isolucion.com.co/>



Somos una compañía de tecnología reconocida como líder en el diseño, desarrollo, implementación y soporte de software para los Sistemas Integrados de Gestión y los Sistemas de Gestión de Calidad, basados en modelos normativos ISO y sus complementarios.

Nuestro objetivo es ofrecer herramientas que faciliten la competitividad, productividad y alta eficiencia de las empresas organizadas por procesos.

Llevamos más de 10 años de experiencia, solidez y constante evolución en el mercado local y regional. Hemos llevado a cabo más de 400 implementaciones exitosas en Colombia y en otros países de la región como Argentina, Rep. Dominicana, Perú y Panamá, en organizaciones públicas y privadas de diferentes sectores de la industria.

Contamos con sedes y representaciones en Colombia, Perú, Guatemala, Panamá, Argentina y República Dominicana.

Tenemos un equipo de profesionales altamente capacitados, 60% de nuestro personal está certificado por ICONTEC como Auditores Internos y nuestro equipo de desarrollo está certificado en la plataforma Microsoft.

Todos nuestros procesos y operación cuentan con la certificación ISO 9001:2008 del ICONTEC en el diseño, desarrollo, comercialización, implementación y soporte de software para sistemas de gestión empresarial. Somos socios Microsoft Partner categoría Silver, en desarrollo de software y desarrollo de aplicaciones para Internet.

ISOLUCIÓN® CALIDAD es la solución más completa y con mayor experiencia para la administración ágil y eficaz de su Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001 y además permite la integración y cumplimiento normativo de otras normas como ISO 14001, Riesgos ISO 31001, SG-SST (OSHAS 18001), Documentación, Planeación Estratégica, NTCGP 1000 y MECI, ISO 17025, ISO 27001, entre otros.

Su capacidad de soportar simultáneamente la implementación de varios sistemas integrales de gestión y lograr automatizar los flujos de trabajos asociados a los procesos, convierten a ISOLUCION en un buen aliado para administrar la operación por procesos, adelantando una mejora continua y logrando su productividad en el tiempo a través de la automatización.

Módulos ISOLUCION

- Documentación: Gestione de manera ágil y controlada toda la documentación del SGC con listados maestros, modelos documentales predefinidos o personalizados, tablas de retención documental, control de obsoletos y mucho más.
- Mapa de Procesos: Visualice cada proceso, caracterización y formato de manera inmediata. Navegue a través de toda la información asociada por medio de hipervínculos.
- Actas: Elabore actas de reuniones de toda la compañía o del SGC en línea y al instante, y envíe los compromisos automáticamente a los involucrados. Monitoree su avance y controle el histórico.
- Mejora: Gestione fácilmente acciones correctivas, preventivas, de mejora, manejo de producto no conforme, estadísticas, planes y programas. Todo en línea y al instante.

- Revisión por la dirección: Elabore el informe de manera automática extrayendo los elementos de entrada desde las 9 fuentes del Sistema Integrado de Gestión.
- Medición (Indicadores): Cree, edite, visualice o importe desde otros sistemas sus Indicadores de Gestión (o KPI's) y genere reportes detallados o generales en minutos. Consolide informes y expórtelos a Excel.
- Tableros de Indicadores: Establezca comparativos, proyecciones y consolidación de indicadores y tableros. Permite el cargue masivo.
- Auditorias: Programe y ejecute cronogramas de auditorías, listas de chequeo y registro de hallazgos. Elabore informes automáticos, evalúe y califique a los auditores.
- Proveedores: Seleccione, evalúe y revalúe a los proveedores de la organización de acuerdo a sus propios criterios de calidad y momentos de calificación, a partir de un listado propio o integrado con su sistema ERP.
- Tareas: Asigne, gestione y realice seguimiento fácilmente a todas las actividades internas o externas al SGC y para todos los usuarios. Envío de alertas automáticas al correo.
- Talento Humano: Construya el organigrama de la empresa con cada perfil de cargo, evalúe los perfiles de cargo y las hojas de vida e identifique brechas entre sí.
- Control de Equipos: Administre el inventario de las hojas de vida de equipos y maquinarias, programe o solicite los mantenimientos preventivos y correctivos de manera controlada.
- Clientes: Elabore, envíe y tabule encuestas de satisfacción a sus clientes en listas de distribución.
- Configuración: Administre los roles de usuarios, grupos, sucursales, áreas; los niveles de acceso y seguridad por cada uno. Modifique parámetros por cada módulo o funcionalidad y realice el seguimiento a la bitácora de acciones.

Beneficios ISOLUCION

- Integra en una sola plataforma la administración, cumplimiento y conformidad de los diferentes Sistemas de Gestión de su organización, haciendo la gestión más eficiente, práctica y reduciendo sus costos operativos.
- Reduce el reproceso y aumenta el desempeño de las actividades.
- Facilita la gestión del conocimiento de toda la organización en una fuente de información.
- Apoya el seguimiento y cumplimiento de los procesos, procedimientos y planes de mejoramiento.
- Preserva la historia y la trazabilidad de cada actividad de los SIG, facilitando su consulta y continuidad.

- Permite la autoevaluación y la implementación de los planes de mejoramiento de forma programada, ordenada, cíclica y detallada.
- Difunde la cultura de la calidad y facilita su apropiación por los usuarios de los SIG.
- Ofrece más de 600 parámetros de configuración que le permiten acoplarse a su Sistema de Gestión y a otros sistemas informáticos de su entidad.
- Permite distintos niveles de configuración y seguridad para cada uno de los usuarios, grupos, áreas o sucursales.
- Unifica los esfuerzos dispersos en varias sucursales o plantas.
- Incluye la actualización del software cada año lo que facilita el cumplimiento de los cambios normativos.
- Envía alertas y se vincula con el correo electrónico.
- Se integra con otros aplicativos informáticos de la entidad.
- Es instalable a partir de 5 usuarios y es escalable a miles de ellos.
- Versiones Profesional o A la Carta (por módulos).
- Ahorra costos apoyando las políticas de CERO PAPEL.
- Su interfaz es moderna, ágil y amigable.
- Arquitectura 100% web, segura, robusta y estable.
- ISOLUCIÓN S.A. es la firma líder en el desarrollo de soluciones tecnológicas para los Sistemas Integrados de Gestión, con más de 12 años de experiencia en el mercado regional y con más de 450 implementaciones exitosas en todos los sectores.

A continuación se muestra la plataforma del software ISOLUCION y las hojas de vigas de los equipos debidamente diligenciadas.

Para acceder a los servicios del software ISOLUCION ingresamos en la dirección web: <http://www.isolucion.co/isolucion3libertadores>. Al momento de ingresar nos aparecerá en pantalla como se muestra en la figura 22. Inmediatamente después ingresamos el usuario y la respectiva contraseña de acceso.

Figura 22. Inicio ISOLUCION, Fuente: Autor del proyecto.

ISOLUCIÓN v3

Debe identificarse ante ISOLución para poder utilizarla

Usuario:	<input type="text"/>
Clave:	<input type="password"/>

Iniciar sesión

Figura 23. Página principal ISOLUCION, Fuente: Autor del proyecto.

En la figura 23 se observa el inicio del software ISOLUCION, en dicha interfaz se muestran las tareas pendientes y los distintos módulos habilitados.



Figura 24. Módulos ISOLUCION, Fuente: Autor del proyecto.

En la figura 24 se observa los módulos habilitados que el laboratorio de metrología de COTECMAR utiliza para el desarrollo de los diferentes procesos productivos.



Figura 25. Listado de hojas de vida ISOLUCION, Fuente: Autor del proyecto

En la figura 25 se observa parte del listado de las hojas de vida de los distintos equipos del laboratorio de metrología de COTECMAR.

The screenshot shows the 'ISOLUCION v3' web application interface. At the top, there is a navigation menu with options like 'Inicio', 'Procesos', 'Documentación', 'Indicadores', 'Medidores', 'Tareas', 'Proveedores', 'Tareas', 'Calcular', 'Requis', 'Clientes', 'Análisis', and 'SOP'. Below the menu, there are links for 'Editar Documentos inactivos' and 'Salir Vuelta'. A search bar shows 'Todos' results and a dropdown for 'Campos adicionales'. The main content area displays a table of 'DOCUMENTOS ACTIVOS'.

Nuevo	Desao.	Selección...	Publicar	Fecha	Fecha Act.	Seguridad	Selección...	Nombre	Contenido	Buscar	Proceso	Linkar	Código	Buscar
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	28Jul2016	01Sep2016		Metrologia	Accesorio para bloques patrones - 01-47-01-011					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	01Ago2016	28Ago2016		Metrologia	Anillo patrón (calibre) - 01-47-01-012					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	01Ago2016	28Ago2016		Metrologia	Anillo patrón (calibre) - 01-47-01-014					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	01Ago2016	28Ago2016		Metrologia	Anillo patrón (calibre) - 01-47-01-015					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	01Ago2016	03Ago2016		Metrologia	Anillo patrón (calibre) - 01-47-01-016					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	01Ago2016	03Ago2016		Metrologia	Anillo patrón (calibre) - 01-47-01-017					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	01Ago2016	03Ago2016		Metrologia	Anillo patrón (calibre) - 01-47-01-018					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	01Ago2016	03Ago2016		Metrologia	Anillo patrón (calibre) - 01-47-01-019					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	16Ago2016	01Sep2016		Metrologia	Balanza de peso muerto - 01-47-02-005					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	16Ago2016	01Sep2016		Metrologia	Balanza de peso muerto - 01-47-02-006					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	27Jul2016	28Ago2016		Metrologia	Hoja patrón de deflexión - 01-47-01-040					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	27Jul2016	05Ago2016		Metrologia	Hoja patrón de deflexión - 01-47-01-041					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	01Sep2016	01Sep2016		Metrologia	Hoja patrón de rasantes - 01-47-12-001					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	27Jul2016	05Ago2016		Metrologia	Hoja patrón escalonado - 01-47-01-006					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	27Jul2016	05Ago2016		Metrologia	Hoja patrón escalonado - 01-47-01-007					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	12Ago2016	28Ago2016		Metrologia	Hoja Saca - 01-47-02-011					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	25Jul2016	28Ago2016		Metrologia	Hoja patrón Longitudinal - 01-47-01-001					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	25Jul2016	28Jul2016		Metrologia	Hoja patrón Longitudinal - 01-47-01-002					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	25Jul2016	28Jul2016		Metrologia	Hoja patrón Longitudinal - 01-47-01-003					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Secuencia	25Jul2016	25Ago2016		Metrologia	Hoja patrón Longitudinal - 01-47-01-004					

Figura 26. Creación de hoja de vida ISOLUCION, Fuente: Autor del proyecto.

En la figura 26 se observa la digitalización de la información correspondiente para los equipos patrones que se incluirán de las hojas de vida en el software ISOLUCION.

The screenshot displays the ISOLUCION v3 software interface. At the top, there is a navigation bar with the user name 'COTECMAR: Ronald Yesid Argote Guzmán' and the application title 'ISOLUCION v3'. Below this is a menu bar with icons for Manual, Procesos, Documentación, Indicadores, Mejoramiento, Tareas, Proveedores, Talento, Calibración, Riesgos, Clientes, Ambiental, and SSO. The main content area is titled 'Control de equipos' and is divided into two sections: 'Datos del documentos' and 'DatosBasicosEquipo'.

Datos del documentos

Plantilla	Metrología
Nombre	Balanza de peso muerto - 01-47-03-008
Estado	
Activo	<input checked="" type="checkbox"/>
Fecha de creación	16/Ago/2016
Nuevo	<input type="checkbox"/> El documento no está marcado como nuevo
Viñeta	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Buscar

DatosBasicosEquipo

NombreDeEquipo	Balanza de peso muerto - 01-47-03-008
TipoDeEquipo	Calibrador
MarcaDeEquipo	Wilca
ModeloDeEquipo	CPB 3000
DescripcionEquipo	instrumentos muy confiables para la medición y generación de presión, tanto para la industria como para laboratorios de calibración, como patrones de referencia dadas sus propiedades metrologías de estabilidad o constancia.
CuidadosDeEquipo	Limpie el instrumento con un paño húmedo y un poco de disolvente. Al operar la balanza de peso muerto se deben utilizar guantes de látex, limpiarlos con un paño suave y que no suelte pelusas.
ArchivoImagenEquipo	dsc06453k0.jpg

Figura 27. Hoja de vida ISOLUCION, Fuente: Autor del proyecto.

En la figura 27 se observa la hoja de vida terminada para uno de los equipos patrones del laboratorio de metrología de COTECMAR.

Software interface for "ISOLUCION v3" showing equipment control data for a "Balanza de peso muerto" (dead weight balance).

Control de equipos

Abrás

Nombre del equipo: Balanza de peso muerto - 01-47-03-008
Tipo de equipo: Calibrador
Marca: Wika
Modelo: CPB 3000
Descripción: Las balanzas de presión de tipo pesos muertos son instrumentos muy confiables para la medición y generación de presión, tanto para la industria como para laboratorios de calibración, como patrones de referencia dadas sus propiedades metroológicas de estabilidad o constancia.
Serial: 30274
Placa de inventario: 01-47-03-008
Localización física: Laboratorio de Metrología - Mamonal
Responsable: Ronald Yesid Argote Guzmán
Fecha de compra: 23/May/2012
Calibración: cada 05 año(s)
Última calibración: 31/Ago/2016
Mantenimiento: cada 01 año(s)
Último mantenimiento: 31/Ago/2016
Cuidados necesarios: Limpie el instrumento con un paño húmedo y un poco de disolvente. Al operar la balanza de peso muerto se deben utilizar guantes de látex, limpiarlos con un paño suave y que no suelte pelusas.



Tipo	Fecha y hora	Motivo	Acciones	Responsable	Resultados
Calibración Equipo Programada	31/Ago/2016	Iniciar plan de mantenimiento (Calibración de equipo programada Balanza de peso muerto - 01-47-03-008)	Realizar limpieza y calibración de la Balanza de Peso Muerto.	Ronald Yesid Argote Guzmán	El documento que se tiene de soporte es la Hoja de Vida del equipo creada al momento del ingreso a el laboratorio. Equipo adquirido 2012-05-03.
Calibración Equipo Programada	31/Ago/2016	Iniciar plan de mantenimiento (Calibración de equipo programada Balanza de peso muerto - 01-47-03-008)	Realizar limpieza y calibración de la Balanza de Peso Muerto.	Ronald Yesid Argote Guzmán	El documento que se tiene de soporte es la Hoja de Vida del equipo creada al momento del ingreso a el laboratorio. Equipo adquirido 2012-05-03.
Mantenimiento preventivo programado	31/Ago/2016	Iniciar plan de mantenimiento (Mantenimiento preventivo programada Balanza de peso muerto - 01-47-03-008)	Realizar limpieza y calibración de la Balanza de Peso Muerto.	Ronald Yesid Argote Guzmán	Se realiza limpieza de la balanza y verificación de la misma. Resultados ok.
Mantenimiento preventivo programado	31/Ago/2016	Iniciar plan de mantenimiento (Mantenimiento preventivo programada Balanza de peso muerto - 01-47-03-008)	Realizar limpieza y calibración de la Balanza de Peso Muerto.	Ronald Yesid Argote Guzmán	Se realiza limpieza de la balanza y verificación de esta. Resultados ok.

5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

En esta parte del proyecto se realizan los formatos necesarios para el plan de mantenimiento programado, en estos formatos se registra todo los datos de manteamiento, y se llenan día a día, o cada vez que se requieran, nos sirven para llevar un registro minucioso de lo que pasa con cada una de nuestras máquinas, en los anexos de este proyecto se encuentran los formatos debidamente diligenciados para cada equipo patrón del laboratorio de metrología de COTECMAR.

5.5.1 Formato solicitud de servicio

Formato para solicitar el servicio de mantenimiento por parte de los operarios, especificando el tipo de falla que se detecta en el momento como se puede observar en la figura 28.

Figura 28. Solicitud de servicio, Fuente: Autor del proyecto.

SOLICITUD DE SERVICIO				
SOLICITUD DE SERVICIO N. _____				
FORMATOS DE MANTENIMIETO LABORATORIO DE METROLOGÍA COTECMAR				
EQUIPO: _____ CODIGO: _____				
HORA SOLICITUD: _____ AM <input type="checkbox"/> PM <input type="checkbox"/> TIEMPO DE RESPUESTA: _____				
SERVICIO SOLICITADO: _____				
FECHA: ____/____/____ TURNO: _____				
SOLICITANTE: _____				
DIAGNOSTICO (CAUSA FALLA (S)) :				
SE GENERA ORDEN DE TRABAJO N. _____				
MAQUINA FUNCIONANDO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> PARADA: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> HORA PARADA _____				
TIPO SERVICIO: CORRECTIVO <input type="checkbox"/> PREVENTIVO <input type="checkbox"/> INSPECCION <input type="checkbox"/> RUTINA <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>				
	NOMBRE	CEDULA	TIEMPO UTILIZADO	ESPECIALIDAD
TECNICO	1. _____	_____	_____	LUB <input type="radio"/> INST <input type="radio"/> MEC <input type="radio"/> ELEC <input type="radio"/> AUT <input type="radio"/>
TECNICO	2. _____	_____	_____	LUB <input type="radio"/> INST <input type="radio"/> MEC <input type="radio"/> ELEC <input type="radio"/> AUT <input type="radio"/>
TECNICO	3. _____	_____	_____	LUB <input type="radio"/> INST <input type="radio"/> MEC <input type="radio"/> ELEC <input type="radio"/> AUT <input type="radio"/>
_____ REVISADO JEFE INMEDIATO			_____ REGISTRADO	

ORDEN DE TRABAJO



FORMATOS DE MANTENIMIENTO
LABORATORIO DE METROLOGÍA
COTECMAR

DOCUMENTO N. _____
ORDEN DE TRABAJO N. _____

PRIORIDAD			MECANICO <input type="radio"/>	LOCATIVO <input type="radio"/>
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	ELECTRICO <input type="radio"/>	SEGURIDAD IND. <input type="radio"/>
EMERGENCIA <input type="radio"/>	CORRECTIVO <input type="radio"/>	PREVENTIVO <input type="radio"/>	LUBRICACION <input type="radio"/>	OTRO <input type="radio"/>
<input type="radio"/>	PROGRAMADO <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	OBSERVACIONES: _____	

SOLICITADO POR: _____				AUTORIZADO POR: _____					
FECHA	AA	MM	DD	ASIGANDO A: _____					
AREA: _____				FECHA ENTREGA			AA	MM	DD
EQUIPO: _____				TIEMPO ASIGNADO: _____					
CODIGO: _____				NIVEL MMTO	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>

TRABAJO A REALIZAR: _____

REPORTE TECNICO: _____

MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	DESCRIPCION	CODIGO	VALOR

TOTAL REPUESTOS: \$

MANO DE OBRA

NOMBRE	MINUTOS	VALOR	FECHA INICIO	AA	MM	DD
			FECHA TERM.	AA	MM	DD
			TIEMPO REAL: _____	AA	MM	DD
			HORAS HOMBRE: _____			
			TIEMPO MUERTO: _____			
TOTAL MANO DE OBRA: \$						

CAUSA DEL SERVICIO DE EMERGENCIA

LUBRICACION <input type="radio"/>	MAL OPERADA	DAÑO ELECTRICO
REPUESTO INADECUADO <input type="radio"/>	ACCIDENTAL	DAÑO ELECTRONICO
DESGASTE POR USO <input type="radio"/>	NEGLIGENCIA	SOBRE CARGA
MAL REPARADA <input type="radio"/>	FALLA EN OTRO EQ/PO	OTRO

OBSERVACIONES INTERNAS: _____

EJECUTADO POR: _____	RECIBIDO POR: _____	VERIFICADO POR: _____	APROBADO: _____
FECHA: ____/____/____	FECHA: ____/____/____	FECHA: ____/____/____	FECHA: ____/____/____
FIRMA: _____	FIRMA: _____	FIRMA: _____	FIRMA: _____
CARGO: _____	CARGO: _____	CARGO: _____	CARGO: _____

5.5.4 Formato informe de avería

Se diligencia con una descripción de la falla, y cuál fue la causa de que dio origen a dicha falla en el equipo, este formato se observa en la figura 31.

Figura 31. Informe de avería, Fuente: Autor del proyecto.

INFORME DE AVERIA		
 COTECMAR	FORMATOS DE MANTENIMIENTO LABORATORIO DE METROLOGÍA COTECMAR INFORME N. : _____	
EQUIPO:	MARCA:	FECHA:
A SIGNADO A:	MODELO:	CODIGO:
LUGAR DE LA AVERIA:		
HORA DE LA AVERIA:		
ESTADO EN EL MOMENTO DE LA FALLA	PARADO EN OPERACIÓN	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
DESCRIPCION AVERIA:		
CAUSA AVERIA:		
REPORTE N.	REPORTADO POR:	CARGO:
RECIBIDO EN FECHA:	CEDULA:	FIRMA:

5.5.5 Formato mantenimiento diario

Figura 32. Frecuencia de mantenimiento diaria, Fuente: Autor del proyecto.

6. RESULTADOS

Se diseñó el plan de mantenimiento programado a los equipos patrones en las áreas de presión y temperatura del laboratorio de metrología de COTECMAR, dejando así un gran aporte al laboratorio debido a que este no contaba con un plan de mantenimiento para los equipos, con los cuales trabaja el laboratorio para la calibración de instrumentos de medición.

Se crearon las hojas de vida de los equipos patrones en las áreas de presión y temperatura en el software ISOLUCION, hojas de vida que la corporación requiera que se encontraran en la plataforma virtual como parte de mejora continua y gestión documental de todos y cada uno de los procesos productivos desarrollados en COTECMAR.

Con la elaboración de los formatos necesario para mantenimiento, se permite llevar un historial sobre las intervenciones que se le realizan a cada equipo, ayudando a la toma de futuras y acertadas decisiones.

Tomando como referencia los tiempos de calibración para cada equipo establecidos en el plan de aseguramiento metrológico (PAM), que se encuentra en los anexos de este proyecto se propone el plan de mantenimiento basado en condición.

7. ANALIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el diseño del plan de mantenimiento programado a los equipos patrones en las áreas de presión y temperatura del laboratorio nos basamos en los manuales y recomendaciones del fabricante, aparte de la experiencia de todo el personal con el que cuenta el laboratorio de metrología, experiencia que fue de vital importancia ya que el personal del laboratorio de metrología de COTECMAR se encuentra capacitado y con una trayectoria comprobada en calibración y ensayos metrológicos.

El laboratorio de metrología de COTECMAR al estar certificado bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025: 2005 hace necesario que se lleve un registro del historial de todas las intervenciones que se le hagan a cada uno de los equipos.

Al momento de la realización de este proyecto, el mantenimiento realizado a los equipos patrones era solo de tipo correctivo algo que no se debía permitir debido al tipo de servicio que presta el laboratorio tanto para clientes interno como para clientes externo a la corporación, por tal motivo la importancia de un mantenimiento programado.

8. CONCLUSIONES

El plan de mantenimiento programado, permitira al laboratorio, estar siempre al tanto del comportamiento y funcionamiento de los equipos, y por lo tanto detectar cualquier anomalia que se pueda presentar y que pudiera de alguna forma afectar las calibraciones realizadas a los equipos de mediciones que llegan al laboratorio para recibir el servicio, confiando en el optimo funcionamiento de los equipos patrones del laboratorio.

Se advierte que el tener un plan de mantenimiento programado, no indica necesariamente que nunca vayan a fallar o se eliminen las paradas inesperadas en los equipos patrones del laboratorio. El hecho de tener dicho plan, es de concientizar tanto al laboratorio como a todo el personal técnico que a diario interactúa con los equipos de la importancia de mantener los equipos patrones en buen estado y funcionando convenientemente, para que así presten el servicio por el cual son utilizados.

La elaboración de las hojas de vida en el software ISOLUCION, es un gran paso en materia de gestión de mantenimiento asistido por computador para el laboratorio de metrología de COTECMAR, debido a que se lleva un mayor control de los equipos patrones, y generando estadísticas, esto ayuda pensando a que en un futuro se mejore el plan de mantenimiento programado cumpliendo así con la mejora continua en calidad que es de vital importancia para los procesos productivos de la corporación.

A través del diseño plan de mantenimiento programado basado en condición, es posible mejorar la efectividad, siempre y cuando se tomen en cuenta las acciones recomendadas, debido a que está orientado a disminuir las horas de demora, por parada imprevistas, de los activos.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda que el laboratorio de metrología de COTECMAR ponga en práctica el plan de mantenimiento programado, que fue diseñado exclusivamente para la corporación, con esto se puede garantizar una disposición más adecuada de los equipos partiendo de la confiabilidad que genera el plan de mantenimiento programado para los mismo.

Actualizar y diligenciar en todo momento los formatos de mantenimientos, ya que esto ayudará para la toma de decisiones en el futuro.

Es muy importante para el buen funcionamiento del plan de mantenimiento programado el apoyo y el compromiso por parte de los operarios, para ello el laboratorio debe promover la cultura de mantenimiento preventivo y no correctivo como principal carta de presentación al igual que la calidad, esto se puede realizar con charlas de personal adecuado y calificado para tal fin.

10. BIBLIOGRAFÍA

- A.V, T. (1993). *Historia de las Fuerzas Militares de Colombia tomo IV*. Bogota: Planeta Colombia.
Recuperado el 13 de 09 de 2016
- Beers, T. D. (2014). *The Gauge Block Handbook*. Georgia: Dimensional Metrology Group.
- Daniel, C. B., & Pedro, G. C. (2015). *Desarrollo de un software para la gestion de mantenimiento de la maquinaria pesada para la prefectura del Azuy*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca. Recuperado el 02 de 08 de 2016
- Espinosa, R. D. (2008). *Diagnóstico y Verificación de Características Metrológicas en los Sensores de los Módulos del Laboratorio de Control UAM*. Mexico. Recuperado el 18 de Mayo de 2016
- Exclusivas, A. (2015). *Anta Exclusivas*. Recuperado el Agosto de 2016, de <http://www.antaexclusivas.com/antaexclusivas/de/lo-que-hay-que-saber-sobre-deshumidificadores>
- Forero, J. F. (2008). *Documentacion de los requisitos de equipos de la norma NTC - ISO/IEC 17025:2005 para el laboratorio EMICAL LTDA*. Bogota: Universidad Javeriana. Recuperado el 05 de 10 de 2016
- Garavito, E. C. (2007). *Metrologia y mecanica de banco protocolo, Curso de Procesos de Manufactura*. Escuela Colombiana de Ingenieria Julio, Cundinamarca. Bogota: Laboratorio de produccion; Escuela Colombiana de ing. Julio Garavito. Recuperado el 18 de 08 de 2016, de http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2733_metrologia.pdf
- Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Diaz de santos. Recuperado el 15 de Abril de 2016
- Guerrero, S. M. (Diciembre de 2015). *Guias MetAs*. Recuperado el Agosto de 2016, de http://www.metas.com.mx/guiamet/la-Guia-MetAs-12-06-Trazabilidad-Metodos_Calibracion-RAD.pdf
- J, T. G., B, S. C., & P, O. A. (2011). *MEDICIÓN PRIMARIA DE*. (CENAM, Ed.) Queretaro, Mexico: CENAM. Recuperado el 16 de Mayo de 2016
- MetAs. (agosto de 2004). *Pirometría de Radiación. Guias Metas*. Recuperado el Agosto de 2016
- MetAs, G. (2013). *Guias MetAs*. Recuperado el Agosto de 2016, de <http://www.metas.com.mx/guiamet/la-Guia-MetAs-07-08-manometro-bourdon.pdf>
- Monchy, F. (1990). *Teoría y Práctica del Mantenimiento industrial*. Barcelona: MASSON.
- Pinzon, E. E. (9 de abril de 2008). *ceemantenimiento*. Recuperado el 2016, de <http://ceemantenimentoblogspotcom.blogspot.com.co/>
- Rosendo, H. M. (2009). *El analisis de criticidad, una metodologia para mejorar la confiabilidad operacional*. Caracas, Venezuela: Club de matenimiento. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de

http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/de%20confiabilidad/ANALISIS%20DE%20CRITICIDAD.pdf

Souris, J.-P. (1992). *Mantenimiento: Fuente de Beneficios*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Torres, L. D. (2005). *Mantenimiento: su implementación y gestión*. (tercera ed.). Córdoba, Argentina: Universitas. Recuperado el 15 de Abril de 2016

Wika. (2016). *Patrón primario - balanza de presión*. México: Wika. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de http://www.wika.com.mx/cpb6000_es_es.WIKA

Eddin Rafael Gotera Valbuena. *¿Qué es lo último que hemos aplicado en mantenimiento?*, lunes 7 de julio de 2003.

Leonardo Montañas Riversos, E. G. (2006). *Diseño de un sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla en la planta de coque de fabricación primaria en la empresa acerías paz del río s.a. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia*, 136.

Morales, S. G., Gómez, A. C., & González, L. L. (2012). Metodología de diagnóstico de humedades: la inspección higrotérmica con ayuda instrumental. In *Patorreb 2012: 4º Congreso de patología y rehabilitación de edificios: 12-14 de abril de 2012, Santiago de Compostela* (p. 68). Colexio Oficial de Arquitectos de Galicia.

Hilario, A., Carbonell, P., & Carbonell, P. F. CUADERNO TÉCNICO: CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA INDUSTRIALES SEGÚN ISO 9000; Recuperado el 2 Agosto del 2016, de http://intranet.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXI/documentos/ja00_012/ja00_012.pdf

Moya, M., Guerrón, G., & Montero, A. (2015). Sistema de Control Embebido en Tiempo Real para una Estación Meteorológica Portátil. *Enfoque UTE*, 6(3), pp-106. Recuperado el 4 Agosto del 2016, de <http://www.ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/73/77>

Velásquez Vivas, A. D. L. Á. (2012). *Ingeniería de detalle de un separador de prueba bifásico para facilidad de producción petrolera* (Doctoral dissertation, QUITO/EPN/2012). Recuperado el 10 de agosto del 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5336/1/CD-4573.pdf>

11. ANEXOS

- 11.1 Anexo 1 - 01-47-02-007 Termohigrómetro**
- 11.2 Anexo 2 - 01-47-02-009 Estación Meteorológica**
- 11.3 Anexo 3- 01-47-02-011 (Bloque Seco)**
- 11.4 Anexo 4 - 01-47-02-012 (calibrador multi-procesos)**
- 11.5 Anexo 5 - 01-47-02-014 (Cuerpo Negro)**
- 11.6 Anexo 6 - 01-47-05-007 manómetro Ashcroft**
- 11.7 Anexo 7 - 01-47-05-008 (Balanza de presión WIKA)**
- 11.8 Anexo 8 - 01-47-05-018 Modulo de presión**
- 11.9 Anexo 9 - 01-47-05-024 (Diafragma)**
- 11.10 Anexo 10 - 01-47-05-027 (Deshumidificador)**
- 11.11 Anexo 11 - PAM - COTECMAR TESIS**
- 11.12 Anexo 12 - CRONOGRAMA MANTENIMIENTO CONDICION**
- 11.13 Anexo 13 - CAPTURAS DE PANTALLAS SOFTWARE ISOLUCION v3**
- 11.14 Anexo 14 - NTC-ISO-IEC_17025-2005**
- 11.15 Anexo 15 - CERTIFICACIONES Y CARTAS**