# PRÁCTICA INDUSTRIAL: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO, REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO DE INSTRUMENTOS Y CONCEPTOS SOBRE ANALIZADORES EN LÍNEA EMPLEADOS EN LA GCB

**SERGIO ALEXANDER SALINAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, ELÉCTRICA Y TELECOMUNICACIONES**

**BUCARAMANGA**

**2005**

# PRÁCTICA INDUSTRIAL: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO, REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO DE INSTRUMENTOS Y CONCEPTOS SOBRE ANALIZADORES EN LÍNEA EMPLEADOS EN LA GCB

**SERGIO ALEXANDER SALINAS**

**Trabajo de Grado para optar al Título de**
**Ingeniero Electrónico**

Director
**OSCAR MAURICIO REYES TORRES**
Ingeniero Electrónico

Tutor
**GERMÁN PIMENTEL SANDOVAL**
Ingeniero Electrónico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**
**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS**
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, ELÉCTRICA Y TELECOMUNICACIONES**
**BUCARAMANGA**
**2005**

A mi madre Teresa
y mi hermana Valentina,
los dos grandes amores
que dan valor a mi vida.

# AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de seguir creciendo como persona y como profesional.

A mi familia, por su apoyo constante.

A mi director y mi tutor que con su paciencia y compromiso me impulsaron a continuar y finalizar este proyecto.

A Nidia, mi novia, por su ayuda, compañía y consejos incondicionales y siempre oportunos.

A los demás estudiantes en práctica y al personal de mantenimiento de la Gerencia Complejo Barrancabermeja, por su colaboración, compañerismo e información.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, por sus grandiosas enseñanzas y buenos consejos.

A amigos, compañeros, y demás personas que colaboraron para que este proyecto se hiciera realidad.

# CONTENIDO


| | | Pág. |
|---|---|---|
| **GLOSARIO** | | **xiii** |
| **RESUMEN** | | **xv** |
| **INTRODUCCIÓN** | | **1** |
| **1.** | **MARCO REFERENCIAL** | **2** |
| 1.1 | DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA | 2 |
| 1.2 | SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD (SGC) | 3 |
| 1.2.1 | Norma ISO 9000:2000 | 3 |
| 1.2.2 | Principios de la calidad | 4 |
| 1.2.3 | Auditorías de calidad | 5 |
| 1.2.4 | Documentación | 6 |
| 1.3 | INSTRUCTIVOS DE TRABAJO | 8 |
| 1.3.1 | Implementación | 8 |
| 1.3.2 | Elaboración, revisión y actualización | 9 |
| 1.4 | MANTENIMIENTO | 10 |
| 1.4.1 | Clases de mantenimiento | 11 |
| 1.4.2 | Mantenimiento en la GCB | 13 |
| 1.4.3 | Áreas de mantenimiento de instrumentos | 14 |
| 1.4.4 | Condiciones de seguridad | 15 |
| 1.5 | INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL | 17 |
| 1.5.1 | Clasificación | 17 |
| 1.5.2 | Instrumentación analítica | 18 |
| 1.6 | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 18 |
| 1.6.1 | Métodos de investigación | 18 |
| 1.6.2 | Tipos de estudios | 19 |
| 1.6.3 | Recopilación de información | 20 |

1.7 MEJORAMIENTO CONTINUO 21
1.7.1 Clases de mejoramiento 21
1.7.2 Responsabilidad de la dirección 22
1.7.3 Participación del personal 23
1.7.4 Medición y seguimiento 23
1.7.5 El ciclo PHVA 24

**2. REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO DE INSTRUMENTOS 26**

2.1 METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN 26
2.2 ESTUDIO DE CAMPO EXPLORATORIO 27
2.2.1 Identificación y definición del problema 27
2.3 ESTUDIO ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO 28
2.3.1 Diseño del cuestionario 28
2.3.2 Diseño de la muestra 32
2.3.3 Proceso de muestreo 33
2.3.4 Resultados de la encuesta 34
2.3.5 Análisis de resultados 35
2.3.6 Hipótesis 42
2.4 ESTUDIO CONFIRMATIVO DEFINITIVO 42
2.4.1 Preparación de la auditoría 42
2.4.2 Realización de la auditoría 44
2.4.3 Resultados de la auditoría 45
2.4.4 Resumen de hallazgos 46

**3. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS INSTRUCTIVOS Y SU IMPLEMENTACIÓN 48**

3.1 ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA 49
3.2 REVISIÓN Y PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE INSTRUCTIVOS 49
3.2.1 Observaciones globales 50
3.2.2 Observaciones particulares 57
3.3 MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN 58
3.3.1 Causas de los problemas de implementación 58
3.3.2 Plan de acción (Planear) 62

3.3.3 Recomendaciones para la implementación del plan (Hacer) 67
3.3.4 Formas y parámetros de evaluación (Verificar) 68
3.3.5 Incentivos, motivaciones y correcciones (Actuar) 70

**4. CONCEPTOS SOBRE ANALIZADORES EN LÍNEA E INSTRUCTIVO PARA MANTENIMIENTO 71**

4.1 ANALIZADOR DE OXÍGENO 72
4.1.1 Principio de medición 72
4.1.2 Componentes del sistema 74
4.1.3 Especificaciones técnicas 75
4.1.4 Principales aplicaciones 76
4.2 CROMATÓGRAFO 77
4.2.1 Principio de medición 77
4.2.2 Componentes del sistema 78
4.2.3 Especificaciones técnicas 81
4.2.4 Principales aplicaciones 82
4.3 ANALIZADOR DE RVP 83
4.3.1 Proyecto de mezclado de gasolina 83
4.3.2 Descripción del sistema de mezclado de gasolina 84
4.3.3 Sistema de analizadores del proyecto de mezclado de gasolina 85
4.3.4 Medición de la presión de vapor Reid 87
4.3.5 Descripción del analizador de RVP 88
4.3.6 Características especiales del equipo 89
4.4 ELABORACIÓN DEL INSTRUCTIVO PARA MANTENIMIENTO DEL ANALIZADOR EN LÍNEA DE RVP 90
4.4.1 Objetivos 90
4.4.2 Metodología 90
4.4.3 Criterios de contenido 91

**5. CONCLUSIONES 97**

**6. RECOMENDACIONES 99**

**BIBLIOGRAFÍA 101**

**ANEXOS 104**

# LISTA DE TABLAS

**Pág.**


Tabla 1. Resumen de resultados porcentuales individuales de la encuesta. 41

Tabla 2. Especificaciones técnicas del analizador de oxígeno Oximitter4000. 75

Tabla 3. Especificaciones técnicas del cromatógrafo ABB3100. 81

Tabla 4. Especificaciones técnicas de composición de la gasolina. 85

# LISTA DE FIGURAS

**Pág.**


Figura 1. Estructura de la documentación. 7
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración, revisión y actualización de documentos. 9
Figura 3. Diagrama del ciclo PHVA. 24
Figura 4. Diagrama de causa- efecto general. 24
Figura 5. Distribución de porcentajes de antigüedad en la muestra. 36
Figura 6. Porcentajes del nivel de importancia de los instructivos. 36
Figura 7. Porcentajes del grado de conocimiento e implementación de los instructivos. 37
Figura 8. Porcentajes de participación de las fuentes de conocimiento. 38
Figura 9. Porcentajes de criterios. 38
Figura 10. Porcentajes de falencias y sugerencias. 39
Figura 11. Niveles de cumplimiento y promedios. 45
Figura 12. Diagrama de flujo del desarrollo del mantenimiento. 55
Figura 13. Diagrama de causa-efecto para la falencia de desconocimiento de los instructivos. 59
Figura 14. Diagrama de causa-efecto del problema de actualización y elaboración de instructivos. 59
Figura 15. Diagrama de causa-efecto para la problemática de bajo sentido de pertenencia y conciencia. 60
Figura 16. Diagrama de causa-efecto para la falta de profundidad y estructura en los instructivos. 60
Figura 17. Sistema sensor de concentración de oxígeno. 73
Figura 18. Foto del analizador Oximitter 4000. 74
Figura 19. Planta de caldera típica 76
Figura 20. Ejemplo de la cromatografía. 78

Figura 21. Fotografía del controlador del cromatógrafo. 79
Figura 22. Fotografía de la unidad de análisis. 80
Figura 23. Fotografía del interior del horno isotérmico del cromatógrafo. 81
Figura 24. Sistema de mezclado de gasolina. 84

# LISTA DE ANEXOS

**Pág.**


ANEXO A. Estructura y requisitos de los documentos de calidad de la GCB 105
ANEXO B. Conceptos de estadística descriptiva 112
ANEXO C. Cuestionario de la encuesta 116
ANEXO D. Lista de instructivos y formatos del área de instrumentos 120
ANEXO E. Tabla de resultados de la encuesta 126
ANEXO F. Tabla de observaciones particulares de instructivos 128
ANEXO G. Instructivo para el mantenimiento del analizador de RVP 132

# GLOSARIO

**Acción correctiva**: acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable.

**Acción preventiva:** acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad potencial u otra situación potencialmente indeseable.

**Analizador**: instrumento de medición orientado a obtener información acerca de las partes componentes de una sustancia, un proceso, un parámetro o un fenómeno químico o físico.

**Auditoría**: proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar hasta que punto cumplen las políticas, procedimientos o requisitos de referencia.

**Calidad:** grado en el que un conjunto de características inherentes al producto, servicio o proceso se cumplen respecto a unos requisitos aceptados internacionalmente.

**Contingencia:** actividad a seguir en caso de que otras, planteadas inicialmente, no se puedan llevar a cabo.

**Cromatografía:** método empleado para realizar separaciones de componentes de una mezcla, inventada a principios del siglo XX por el botánico ruso Mikhail Tswett.

**Inferencia estadística:** proceso de reunir datos de una muestra para hacer estimaciones acerca de las características de una población.

**Instructivo:** documento que describe detalladamente la forma cómo debe ejecutarse una actividad o tarea para asegurar su correcta realización.

**Intranet**: red de computadores usado para el manejo de información dentro de una organización.

**Mantenedor:** persona encargada de realizar el mantenimiento.

**Mantenimiento**: actividad necesaria para prolongar la vida útil de un equipo y conservarlo dentro de los parámetros de funcionamiento técnicos, económicos y ambientales aceptables.

**Mejoramiento continuo**: actividad que aumenta la eficiencia, eficacia, calidad y satisfacción del cliente de una empresa.

**Metrología:** ciencia que estudia las mediciones, su control, sus características sus restricciones y su estandarización.

**No conformidad:** incumplimiento de un requisito.

**Registro:** documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas.

**Sistema de Gestión de la Calidad (SGC):** sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad.

# RESUMEN

**TÍTULO:** PRÁCTICA INDUSTRIAL: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO, REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO DE INSTRUMENTOS Y CONCEPTOS SOBRE ANALIZADORES EN LÍNEA EMPLEADOS EN LA GCB [*]

**AUTOR:** Sergio Alexander Salinas[**]

**PALABRAS CLAVES:** Propuesta de Mejoramiento, Mejoramiento Continuo, Instructivos, Mantenimiento, Instrumentación Industrial, Analizadores, Sistema de Gestión de Calidad.

**DESCRIPCIÓN:**

Realizando un estudio sobre el proceso de implementación de los instructivos para mantenimiento de instrumentos en la Gerencia Complejo Barracabermeja (GCB), se pudieron identificar factores por mejorar y con ello realizar una propuesta sobre la estructura de estos documentos y su implementación, que se complementa con la elaboración del instructivo para mantenimiento del analizador en línea de Presión de Vapor Reid (RVP).

Las revisiones periódicas que realiza la empresa, como la expuesta en este trabajo, son base fundamental para la toma de decisiones por parte de las directivas, que buscan el mejoramiento continuo del Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Los instructivos, que hacen parte de la documentación de este sistema, establecen pasos para realizar las actividades de la mejor forma posible buscando eficiencia, seguridad, reducción de costos y confiabilidad en los diferentes procesos.

Por medio de tres estudios complementarios se determinó que los principales factores por mejorar son la capacitación del personal y la actualización, divulgación y profundidad de los instructivos. La propuesta ataca estos factores basándose en la familia de normas ISO 9000:2000, las normas internas de la empresa, la revisión de instructivos y las opiniones del personal; empleando herramientas como los diagramas de causa-efecto, el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), las auditorías de calidad y los indicadores de gestión.

Además la práctica industrial brinda al estudiante una visión global del entorno profesional y le permite desarrollar sus competencias. El conocimiento de la instrumentación analítica hace parte de estas competencias, por ello se incluyen en el texto conceptos sobre el analizador de oxígeno, el cromatógrafo y el analizador de RVP.

---

[*] Trabajo de Grado

[**] Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Oscar Mauricio Reyes Torres.

# SUMMARY

**TITLE**: INDUSTRIAL PRACTICE: PROPOSAL OF IMPROVEMENT, REVISION OF THE IMPLEMENTATION OF MAINTENANCE INSTRUCTIVES OF INSTRUMENTS AND DEFINITIONS ABOUT ANALYZERS IN LINE USED IN THE GCB[*]

**AUTHOR**: Sergio Alexander Salinas[**]

**KEYWORDS**: Proposal of Improvement, Continuous Improvement, Instructives, Maintenance, Industrial Instrumentation, Analyzers, Quality Management System.

**DESCRIPTION**:

Making a study about the process of the instructives implementation for the maintenance of instruments in the Complex Management of Barrancabermeja (GCB: Spanish), many factors could be identified to improve and with it to make a proposal about the structure of these documents and their implementation, which is complemented with the creation of the instructive for the maintenance of the analyzer in line of Reid Vapor Pressure (RVP).

The periodical revisions that the company makes, like the one exposed in this work, are the main base for making decisions by the managers, who look for the continuos improvement of the Quality Management System (QMS). The instructives, which take part of this system's documentation, establish instructions to make the activities in the best possible way seeking efficiency, security, reduction of costs and reliability in the different processes.

Trough three complementary studies it was determined that the main factors for improvement are the personnel's training and updating, spreading and profundity of the instructives. The proposal attacks these factors being supported on the ISO 9000:2000, the internal rules of the company, the revision of the instructives and the staff's opinion; using tools as the cause-effect diagrams, the PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act), the quality's audits and the management indicators.

Also the industrial practice gives to the student a global sight of the professional environment and allows him to develop his capacities. The analytical instrumentation knowledge forms these capacities, that is why are included definitions in the book about oxygen analyzer, chromatograph and RVP analyzer.

---

[*] Thesis of Grade

[**] Faculty of Physic-Mechanical Engineerings. Electrical, Electronics Engineerings and Telecommunicaction's School. Supervisor: Oscar Mauricio Reyes Torres.

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó en la modalidad de práctica industrial en la Gerencia Complejo Barrancabermeja (GCB), refinería líder a nivel nacional en la producción y venta de derivados del petróleo. La práctica industrial permite al estudiante afrontar situaciones que ameritan diferentes y variadas capacidades, habilidades y conocimientos, más allá de su propia profesión, de tal forma que puede desarrollarse integralmente y adquirir experiencia profesional.

Para la GCB es muy importante la calidad de sus procesos, productos y servicios, que ha logrado siguiendo los requisitos de la Norma ISO 9000, al elaborar e implantar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y planear su acción en la política del mejoramiento continuo.

El marco referencial que se empleó para el desarrollo del trabajo de grado, y que se expone en el primer capítulo, contiene información acerca de la empresa y su SGC, mejoramiento continuo, así como fundamentos teóricos relacionados con estadística, mantenimiento, metodología de investigación e instrumentación electrónica.

La propuesta de mejoramiento de los instructivos para el mantenimiento de instrumentos, que se plantea en el capítulo 3 de este documento, proyecta el compromiso de la empresa por mejorar continuamente sus procesos. Dicha propuesta se basa en el estudio de los instructivos y la revisión de su implementación, lo cual se describe en el capítulo 2; y en la norma ISO 9004 versión 2000, desarrollada especialmente para procesos de mejoramiento en las empresas.

En el capítulo 4 se exponen conceptos sobre algunos instrumentos analíticos en línea empleados en la GCB, y la metodología seguida en la elaboración del instructivo para mantenimiento del analizador de RVP. El glosario y los anexos pretenden dar mayor claridad y explicación sobre aspectos específicos, términos y temas de cada capítulo.

# 1. MARCO REFERENCIAL

Todo trabajo académico se fundamenta en una o varias teorías, que brindan un punto de partida y un marco de referencia. Este capítulo contiene la información utilizada para desarrollar este trabajo, tal como la descripción de la empresa; la ISO 9000 versión 2000 y su Sistema de Gestión de la Calidad; las características del mantenimiento; los conceptos sobre la instrumentación electrónica, la estadística y metodología de la investigación aplicada.

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

ECOPETROL S.A. es una sociedad pública por acciones de conformidad con el Decreto Ley 1760 de 2003, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, regida por sus estatutos protocolizados mediante Escritura Pública número 2931 del 7 de julio de 2003, otorgada en la Notaría Segunda del Circulo Notarial de Bogotá D.C.

El Objeto Social es el desarrollo en Colombia o en el exterior de actividades comerciales o industriales correspondientes o relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos y de operaciones subsidiarias, conexas o complementarias de dichas actividades, de acuerdo con la normatividad que resulte aplicable.

El centro de dirección de la Empresa funciona en la ciudad de Bogotá D.C. y las áreas de operación se localizan en diversos puntos estratégicos de la geografía nacional, desde los cuales se cumple el cubrimiento de sus actividades.

ECOPETROL es la empresa estatal líder en el sector energético y se ha constituido en la columna vertebral de la cadena productiva del petróleo, gas y sus derivados en Colombia, lo cual le ha permitido posicionarse como la primera compañía del país. A nivel mundial,

ECOPETROL fue ranqueada en el puesto 39, en 2002, según el estudio realizado por Energy Intelligence Group.[1]

En la ciudad de Barrancabermeja se encuentra el principal Complejo Industrial, que toma el nombre de Gerencia Complejo Barrancabermeja (GCB) en donde se desarrolló el presente proyecto. "Esta refinería ocupa una extensión de 262 hectáreas, procesa 240 mil barriles de crudo diariamente, emplea alrededor de 2.000 trabajadores y opera alrededor de 50 plantas de procesamiento y de generación de energía, abasteciendo el 75% de los combustibles y el 55% de los productos petroquímicos que requiere el país para su desarrollo"[2].

## 1.2 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD (SGC)

Sistema conformado por la estructura de la empresa, las responsabilidades del personal, los procedimientos, procesos y recursos que se establecen para llevar a cabo actividades coordinadas con el objetivo de dirigir y controlar la *calidad* de la empresa.[3]

### 1.2.1 Norma ISO 9000:2000

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) es una federación mundial conformada por miembros de organismos nacionales de estandarización de diferentes países. Las Normas Internacionales son preparadas por el comité de técnicos y evaluadas antes de ser publicadas. Cada norma requiere la aprobación de por lo menos el 75% de los miembros.

---

[1] Tomado de www.ecopetrol.com.co

[2] ECOPETROL. Gerencia Complejo Barrancabermeja. Manual del Sistema de Gestión de la Calidad. Barrancabermeja; 2003. p.6.

[3] ICONTEC. Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario. Bogotá; 2003. NTC-ISO 9000:2000.

La Familia de Normas ISO 9000 versión 2000 lleva por título 'Sistemas de Gestión de la Calidad' y está conformada por 4 normas:

**ISO 9000:2000:** indica los fundamentos de la *calidad* a los cuales debe acogerse la empresa y, la explicación del vocabulario que se emplea en la Familia de Normas.
**ISO 9001:2000:** contiene los requisitos a cumplir por la empresa al establecer un SGC.
**ISO 9004:2000:** contiene recomendaciones para mejorar el desempeño de la empresa, que complementan la ISO 9001:2000.
**ISO 19011:** brinda las directrices para realizar las Auditorías de Calidad en la empresa.

Desde 1997 la GCB comenzó con el establecimiento de un SGC, que integra los demás Sistemas de Gestión de la empresa y permite mejorar la calidad. Actualmente tiene certificados la mayoría de sus productos bajo ISO 9000:2000.

### 1.2.2 Principios de la calidad

Tanto en la ISO 9000 como en la empresa se establecen *principios de calidad* que son la base del SGC, estos principios son:

1. Enfoque al cliente
2. **Liderazgo**
3. **Participación del personal**
4. Enfoque hacia proceso
5. Gestión enfocada a sistemas
6. **Mejoramiento continuo**
7. **Toma de decisiones basadas en hechos**
8. Relaciones mutuamente benéficas con proveedores[4]

Los ítems que se encuentran resaltados son usados en este trabajo para su desarrollo.

[4] ICONTEC. Sistemas de Gestión de la Calidad. Recomendaciones para la Mejora del Desempeño. Bogotá; 2003. NTC-ISO 9004:2000. p. 10.

### 1.2.3 Auditorías de calidad

Son revisiones documentadas del SGC de la empresa o secciones de ésta, que se llevan a cabo a intervalos de tiempo planificados y sirven para evaluar la eficacia, el nivel de implementación de la norma e identificar oportunidades de mejoramiento.

En general existen tres tipos de auditorías:

1. **Internas:** realizadas por personal de la misma empresa a intervalos de tiempo planeados, cubriendo todas las dependencias.
2. Externas: son las que realizan clientes, proveedores, personas o entidades externas a la empresa.
3. De certificación: son las realizadas por organismos de certificación como el Icontec.

La ISO 9004:2000 menciona que “las auditorías internas son métodos eficaces y eficientes para identificar áreas por mejorar del SGC”, y la ISO 19011 determina el procedimiento a seguir para la realización de la auditoría:

1. Designación de un líder auditor.
2. Definición de los objetivos, el alcance y los criterios de la auditoría.
3. Determinación de la viabilidad de la auditoría.
4. Selección del equipo auditor.
5. Establecimiento del contacto inicial con el auditado.
6. Revisión de la documentación.
7. Preparación del plan de auditoría.
8. Asignación de tareas al equipo auditor.
9. Preparación de los documentos de trabajo.
10. Realización de la reunión de apertura.
11. Recopilación y verificación de la información.
12. Generación de hallazgos de la auditoría.
13. Preparación de las conclusiones.
14. Realización de la reunión de cierre.

15. Preparación del informe.
16. Aprobación y distribución del informe.[5]

El programa de auditoría puede incluir una o más auditorías, dependiendo de la empresa a la cual se le realice y sus resultados deben registrarse en informes de auditoría, de no conformidades y de acciones correctivas y preventivas. Estos informes son usados por la dirección para revisar el SGC y adecuar la eficiencia del mismo, además cada área debe asegurarse de tomar acciones para eliminar las no conformidades y sus causas.

En la GCB el departamento encargado de planificar y programar las auditorías es el de Salud, Seguridad, Ambiente y Calidad (HSEQ), que como mínimo debe realizar una auditoría al año, siguiendo el procedimiento interno para tal objetivo, que contiene los mismos pasos de la norma ISO 19011.

### 1.2.4 Documentación

La escritura ha sido uno de los más fieles colaboradores en el progreso de la humanidad a través de la historia, sin ella gran cantidad de conocimiento se hubiese perdido en el tiempo, quedando sin la posibilidad de mejorar continuamente. En las empresas la documentación de las actividades, propósitos, políticas, principios, etc., tiene la misma importancia que la escritura para la humanidad.

El capítulo 2.7.2 de la ISO 9000:2000 define los tipos de documentos que se deben utilizar en un SGC y en el capítulo 4 de la ISO 9001:2000 se menciona que: “la organización debe establecer, *documentar*, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia...”.

Así la GCB adopta la estructura de la documentación presentada en la Figura 1.

---

[5] ICONTEC. Directrices para la Auditoría de los Sistemas de Gestión de la Calidad y/o Ambiental. Bogotá; 2003. NTC-ISO 19011.

Figura 1. Estructura de la documentación.

Fuente: Manual de Calidad de la GCB.

**NIVEL 1:** El Manual del Sistema de Gestión de la Calidad (MSGC), documento en el que el nivel estratégico de la organización describe el sistema implementado.

**NIVEL 2:** Los procedimientos del Sistema de Gestión de la Calidad que documentan en forma general, las actividades y responsabilidades administrativas y operacionales de todo el personal en cuanto a la calidad especialmente en lo relacionado con el "Qué, Cuándo, Porqué y Quién" debe ejecutarlas.

**NIVEL 3:** Los instructivos de trabajo, en los cuales se establece la responsabilidad directa que tiene el personal operativo en función del "Cómo" deben hacerse las cosas.

**NIVEL 4:** Los registros de calidad y los documentos de referencia que sirven de soporte para la ejecución de las actividades y para dar evidencia de lo realizado. [6]

Todos estos documentos se encuentran en el Listado Maestro de Documentos con sus respectivos códigos y contenidos que pueden ser consultados en la red interna de la empresa, con los jefes de las dependencias o en las bibliotecas, cumpliendo así con el requisito de asegurar el acceso a la documentación.

---

[6] ECOPETROL. Gerencia Complejo Barrancabermeja. Manual del Sistema de Gestión de la Calidad. Barrancabermeja. 2003. p. 24.

## 1.3 INSTRUCTIVOS DE TRABAJO

En el **ANEXO A** se especifica la estructura de los instructivos y los requisitos a cumplir en su diseño. A continuación se presenta el proceso de su implementación y el procedimiento de su elaboración, revisión y actualización.

### 1.3.1 Implementación

Antes de comenzar la implementación de instructivos, se realiza su divulgación.

**Divulgación y distribución:** cada área es responsable de sus documentos, por lo tanto deben realizar la divulgación y distribución de estos a todo el personal a su cargo. Además "la Coordinación de Informática es la responsable de realizar la publicación de los documentos actualizados, debidamente aprobados, a través de la red de información de la compañía. En los casos donde se presentan dificultades de acceso a los documentos de la red, el Administrador de documentos (Controlador) entrega copias controladas o no controladas en papel, previa solicitud por parte del jefe del área que lo requiere"[7].

La **intranet** es una herramienta importante, que mejora el proceso de implementación de los instructivos:

1. Permite al personal tener acceso a la información actualizada en todo momento.
2. La distribución es inmediata y fácilmente controlada con la opción de imprimir copias en papel.
3. Permite acceso a los documentos desde posiciones remotas.
4. Los documentos para archivar son fáciles de eliminar del sistema de información.[8]

---

[7] ECOPETROL. Gerencia Complejo Barrancabermeja. Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos. Barrancabermeja. 2003. p.9.

[8] ICONTEC. Directrices para la Documentación del Sistema de Gestión de la Calidad. Bogotá; 2003. GTC-ISO/TR 10013. p. 4.

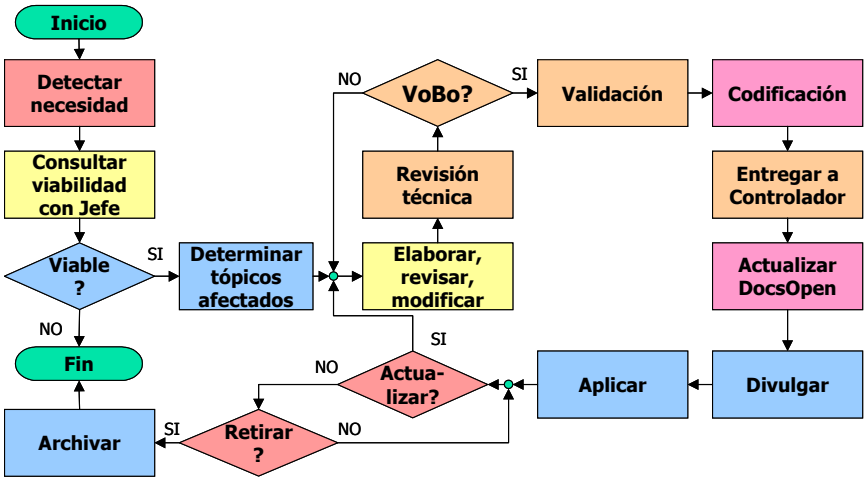
5. Contiene el listado maestro de documentos, donde aparece el historial, código y estado de cada instructivo.

La **implementación** de los instructivos de trabajo y los formatos son responsabilidad de cada área, con lo cual aseguran la calidad de sus labores.

### 1.3.2 Elaboración, revisión y actualización

La GTC-ISO/TR 10013 menciona que los instructivos deben elaborarse y actualizarse para describir el desempeño de todo trabajo que se podría ver afectado adversamente por la falta de éste.[9] Esto requiere de un procedimiento establecido por la empresa que comprende las actividades presentadas en el diagrama de flujo de la Figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración, revisión y actualización de documentos.




Fuente: Información extractada del Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos de ECOPETROL.

[9] ICONTEC. Directrices para la Documentación del Sistema de Gestión de la Calidad. Bogotá; 2003. GTC-ISO/TR 10013. p. 8.

Los responsables de cada actividad se relacionan con el color del cuadro, así:

- Rosado: todo el personal relacionado con el documento.
- Amarillo: grupo de trabajo del área.
- Azul: jefe del área afectada.
- Naranja: persona capacitada y responsable de revisar el documento.
- Violeta: administrador del sistema de información (DocsOpen*).

Como muestra el diagrama de flujo de la Figura 2, se crea un ciclo constante en el cuál el personal debe estarse preguntando si el documento, que se encuentra en sus manos, debe ser actualizado o retirado del SGC.

En el momento de elaborar instructivos es importante tener en cuenta las condiciones y facilidades de la empresa, las opiniones del personal involucrado y las recomendaciones de seguridad, tanto para proteger al equipo como al personal.

## 1.4 MANTENIMIENTO

El Ing. Manuel Cristancho, funcionario del Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), menciona que: "el mantenimiento de los equipos (electrónicos, mecánicos, etc.) en la industria es la actividad necesaria para prolongar la vida útil de los mismos dentro de los parámetros de funcionamiento técnicos, económicos y ambientales aceptables, buscando maximizar la rentabilidad de las empresas que los usan"[10].

Esta actividad es indispensable en la industria, y como lo determina la ISO 9004:2000: se debe "desarrollar e implementar métodos de mantenimiento para asegurarse de que la infraestructura continúe cumpliendo las necesidades de la organización; estos métodos

---

* DocsOpen es el software por medio del cual se actualizan y consultan los documentos de calidad en la Intranet.

[10] CRISTANCHO, Manuel. Seminario de Mantenimiento en la Industria; Nov de 2004; Bucaramanga: Asociación Colombiana de Ingenierías Eléctrica y Mecánica: 2004. p. 13.

deberían considerar el tipo y frecuencia del mantenimiento, y la verificación de la operación de cada elemento de la infraestructura, basado en su criticidad y en su aplicación"[11]. Los equipos electrónicos hacen parte de la infraestructura de la empresa.

La norma ISO 9001:2000 en su título 7.6 "Control de los Dispositivos de Seguimiento y de Medición" determina que los equipos de medición deben:

a) calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación;
b) ajustarse o reajustarse según sea necesario;
c) identificarse para poder determinar el estado de calibración;
d) protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición;
e) protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.

Deben mantenerse registros de resultados de calibración y verificación[12], para evidenciar la realización del mantenimiento y realizar seguimiento al desempeño del equipo.

El punto a) de la lista se aplica al mantenimiento preventivo, el c) se aplica al mantenimiento correctivo y los demás puntos se deben cumplir cuando se realice cualquier tarea de mantenimiento.

### 1.4.1 Clases de mantenimiento

Entre las principales clases de mantenimiento que se realizan en la industria, se encuentran:

---

[11] ICONTEC. Sistemas de Gestión de la Calidad. Recomendaciones para la Mejora del Desempeño. Bogotá; 2003. NTC-ISO 9004:2000. p. 30.

[12] ICONTEC. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. Bogotá; 2003. NTC-ISO 9001:2000. p.17.

**Predictivo**: actividad de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, a través de análisis de tendencias o evaluación de estadísticas, para determinar el punto de operación exacto en el cual está trabajando.

**Preventivo**: es una tarea de inspección, control y conservación de un equipo o componente para prevenir, detectar o corregir situaciones indeseables o defectos, tratando de evitar averías. Existen cuatro modalidades de mantenimiento preventivo:

- **Por tiempo**: aquel que se realiza en periodos de tiempo igualmente espaciados, según recomendación del fabricante o por experiencia del personal de mantenimiento de la empresa. Los periodos típicos son de 30, 60, 180, 360 días.
- **Por tiempo de servicio**: al medir la cantidad de horas de servicio de un equipo se puede saber cuales de sus componentes pueden llegar a necesitar un reemplazo o revisión.
- **Por ciclos de producción**: este mantenimiento se realiza cada vez que la planta de producción se encuentra en receso (parada de planta), así todos los equipos de dicha planta se encuentran fuera de servicio y pueden ser revisados libremente.
- **Por condición**: en las etapas iniciales y después de la instalación de un equipo es necesario llevar a cabo mantenimiento preventivo con mayor frecuencia, en comparación con las etapas posteriores, cuando el equipo tiene más tiempo de servicio en la empresa.

**Correctivo**: es una acción tomada para eliminar la causa de falla de un equipo, uno de sus componentes u otra situación indeseable. A esta clase de mantenimiento, se le llama también ‘reactivo’, pues se reacciona ante eventos de falla.

“La clave para restablecer en un tiempo rápido las condiciones de un equipo es diagnosticar la causa de la falla”, y para tener éxito en el diagnóstico “es necesario conocer muy bien el funcionamiento de los equipos, sus principios de operación y

control"[13]. El instructivo de trabajo es tan solo una de las herramientas, para realizar el mantenimiento y por tanto el diagnóstico.

Existen otras ayudas para el diagnóstico de fallas como: la información del fabricante, la historia del equipo, el análisis de confiabilidad, el personal experto, sistemas de información expertos y equipos de diagnóstico.

El tiempo empleado en una actividad correctiva es, por lo general, más prolongada que el empleado en una preventiva, aunque los recursos para desarrollarlas sean los mismos.

Se realiza una combinación de estás tres clases, para crear un plan de mantenimiento que dé confiabilidad a los procesos, mediciones y productos. Estos planes de mantenimiento poseen actividades determinadas, para áreas definidas y en tiempos exactos.

Los recursos necesarios en toda actividad de mantenimiento son: las personas capacitadas, la información técnica del equipo (registros), las herramientas adecuadas, los repuestos e insumos y los elementos de seguridad.

### 1.4.2 Mantenimiento en la GCB

En la GCB se emplea, en la mayoría de los casos, el mantenimiento correctivo, lo cual acarrea mayores costos a la refinería, pues lo ideal en cualquier empresa es realizar mantenimiento preventivo y predictivo, basándose en estrategias de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) que tratan los puntos críticos de los procesos.

La refinería también realiza mantenimiento preventivo, aunque en menor medida, y el mantenimiento predictivo es prácticamente nulo; en la actualidad se están realizando estudios para mejorar las operaciones de mantenimiento.

---

[13] CRISTANCHO, Manuel. Seminario de Mantenimiento en la Industria; Nov de 2004; Bucaramanga: Asociación Colombiana de Ingenierías Eléctrica y Mecánica: 2004. p. 30.

Los trabajos que deben realizar, en una semana el departamento de mantenimiento, son programados todos los viernes por un grupo de directivos, tanto de operaciones como de mantenimiento, al comenzar la semana siguiente las Ordenes de Trabajo (OTs) son publicadas en el sistema de información, de tal forma que cada supervisor pueda distribuir sus recursos para cumplir con las tareas. Sin embargo, en el transcurso de la semana se presentan OTs de emergencia que también deben ser atendidas.

El **mantenimiento de primera línea** es otra estrategia que está empleando la empresa para mejorar los índices de eficiencia del mantenimiento, y consiste en asignar grupos pequeños e interdisciplinarios (4 personas), a las áreas de producción, para que mantengan en buen funcionamiento los equipos no críticos del proceso y se disminuya así la generación de Ordenes de Trabajo (OTs) correctivas.

La coordinación de instrumentos tiene actualmente personal en mantenimiento: preventivo, correctivo y de primera línea.

### 1.4.3 Áreas de mantenimiento de instrumentos

Entre las dependencias de la GCB se encuentra el Departamento de Mantenimiento, encargado de la Coordinación de Eléctrico – Instrumentos, ésta tiene a su cargo las siguientes áreas:

- **Metrología:** área encargada de realizar el mantenimiento preventivo, en laboratorio y plantas de producción, a los instrumentos que puedan afectar las especificaciones de productos que se encuentran en los diferentes planes de calidad de la GCB.
- **Taller de instrumentos:** taller donde se realiza mantenimiento correctivo y preventivo a válvulas de control, válvulas de alivio, contadores de flujo de desplazamiento positivo, indicadores de presión, entre otros.
- **Analítica:** área de mantenimiento preventivo y correctivo, con labores en laboratorio y plantas de producción, de instrumentación analítica en línea.

- **Grupos de mantenimiento de campo:** son grupos interdisciplinarios que se encargan de realizar mantenimiento correctivo, así como de montar y desmontar los equipos de las plantas de producción cuando se hace necesario.
- **Comunicaciones:** encargada de realizar mantenimiento a radios de comunicaciones, redes telefónicas, baterías, inversores, entre otros.
- **Grupo de mantenimiento del laboratorio industrial:** grupo conformado por un ingeniero y dos instrumentistas, encargados de realizar mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos que se encuentran en el laboratorio industrial de la empresa.

### 1.4.4 Condiciones de seguridad

En las actividades de mantenimiento, uno de los factores más importantes es la seguridad del personal, los equipos y la empresa.

Los **elementos de protección personal** (EPP), se han convertido en artículos indispensables que todo mantenedor debe poseer, estos son:

- Casco
- Gafas de seguridad
- Protectores auditivos
- Mascara protectora de gases y partículas
- Overol de seguridad
- Guantes
- Calzado de seguridad

Su uso depende de las situaciones ambientales a las cuales se expone el mantenedor cuando está realizando sus labores, estas situaciones varían de una planta de producción a otra dentro de la misma refinería. Otros elementos de protección son: arnés y lazos para trabajos en altura; guantes especiales para manejo de químicos; mascaras de cara

completa; guantes resistentes a altas temperaturas; y gafas y overoles resistentes a altas radiaciones.

La mejor forma de prevenir accidentes es con la eliminación de condiciones inseguras y de actos inseguros, generados por la falta de conocimiento, aptitud y concentración del personal; el empleo de herramientas o procedimientos inadecuados; y el mal diseño de las instalaciones o los equipos.[14]

La GCB, manipula grandes cantidades de materiales inflamables y tóxicos, lo que la convierte en una empresa con gran potencial de accidentes graves, para evitarlos es vital que existan **sistemas de trabajo seguro**, por ello se cuenta con algunas normas que procuran prevenir incidentes o accidentes que pudiesen presentarse cuando se realiza el mantenimiento o cualquier otra actividad de riesgo, algunas de las normas son:

- **Permisos de trabajo**: son documentos que deben tramitarse antes de intervenir cualquier equipo o proceso que se encuentre dentro de las instalaciones de la refinería, debe ser tramitado por el personal de producción, encargado de las instalaciones, y el personal que hace la intervención. Su objetivo es evaluar el nivel de riesgo del trabajo, de acuerdo a las situaciones ambientales; definir las medidas de seguridad a tomar, el tiempo a emplear, las herramientas a usar, etc.
- **Análisis de trabajo seguro (ATS)**: procedimiento documentado mediante el cual las personas involucradas en la realización de un trabajo evalúan los riesgos asociados y recomiendan prácticas de trabajo seguro y medidas preventivas. Este documento se emplea cuando el nivel de riesgo del trabajo sea, mediana a altamente grave.
- **Aislamiento seguro de planta y equipos**: procedimiento de señalización de los lugares de trabajo, que se realiza con tarjetas y candados, de tal forma que cualquier persona que se aproxime al lugar, identifique el riesgo al cual se expone.

[14] CRISTANCHO, Manuel. Seminario de Mantenimiento en la Industria; Nov de 2004; Bucaramanga: Asociación Colombiana de Ingenierías Eléctrica y Mecánica: 2004. p. 7.

## 1.5 INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Los instrumentos de medición y control son muy importantes en la industria, pues permiten garantizar la calidad de los productos y asegurar su producción masiva. La inversión económica que las empresas realizan en instrumentación va desde el 3% al 10% del valor de las plantas de proceso.

### 1.5.1 Clasificación

Existen varios criterios para realizar la clasificación de los instrumentos industriales: por la función que cumplen, por la variable que miden, por la señal de transmisión de los datos y por su forma de conexión al proceso. A continuación se describen dos de estas:

**Por la variable que miden:**

- Instrumentación básica: instrumentos que miden las variables básicas de los procesos industriales, como flujo, presión, temperatura y nivel.
- **Instrumentación analítica**: instrumentos que miden otro tipo de variables, como pH, nivel de oxigeno, velocidad, masa, compuestos de una mezcla, etc.

**Por su forma de conexión al proceso:**

- Fuera de Línea: instrumentación que realiza la medición y/o análisis con muestras extraídas manualmente del proceso industrial, esta forma de medición acarrea gran inversión de tiempo.
- Dentro de la Línea: instrumentación que realiza la medición y/o análisis directamente dentro del proceso industrial, siendo intrusiva.
- **En Línea**: instrumentación que realiza la medición y/o análisis con muestras del proceso industrial, automáticamente extraídas por medio de la tubería, el mismo instrumento o un sistema de control. Esta clase de instrumentación no es intrusiva.

### 1.5.2 Instrumentación analítica

Una definición más rigurosa: los analizadores son un “tipo especial de sistemas de medida, generalmente orientados a obtener información acerca de las partes componentes de una sustancia, un proceso, un parámetro o un fenómeno”. Los analizadores se dividen en dos tipos:

- **De análisis físico**: miden variables físicas relacionadas con los cuerpos, las sustancias y su movimiento. Ejemplos: peso, viscosidad, densidad, humedad, etc.
- **De análisis químico**: miden variables químicas de los cuerpos o su composición. Ejemplos: conductividad, pH, composición de los gases en una mezcla.

Por lo general esta clase de instrumentación es más compleja que la básica, requiriendo algunas veces de esta última para realizar las mediciones. Los analizadores químicos reaccionan a la composición del producto, para poder realizar la medición, algunos de ellos destruyen o contaminan la muestra del producto y otros no.

Los sistemas que componen un analizador son los de acondicionamiento de muestra y/o calibración, de sensado y medición (por lo general más de un sensor), de seguridad y detección de fallas, de control y manejo de información, y de comunicaciones.

## 1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología es el conocimiento de los pasos a seguir en un estudio, para conseguir resultados satisfactorios, y el método es la lista de dichos pasos.

### 1.6.1 Métodos de investigación

Existen cuatro principales métodos de investigación científica:

1. Inductivo: se obtienen leyes universales a partir de casos particulares.

2. Deductivo: método inverso al inductivo, a partir de la ley universal se obtiene el caso particular.
3. Sintético: relaciona hechos y luego formula una teoría que unifica los elementos que conforman esos hechos.
4. Analítico: distingue los elementos de un fenómeno, revisándolos ordenadamente cada uno por separado.[15]

### 1.6.2 Tipos de estudios

Los estudios se dividen en tres grandes grupos:

1. Por el ámbito en el cual se efectúan.
   - De campo: ya sea participando o no de la actividad a investigar.
   - Experimental: el investigador tiene una hipótesis que desea comprobar.
2. Por sus objetivos.
   - Exploratorio: se realiza cuando no se sabe específicamente lo que se estudiará o cuando el fenómeno es poco conocido por el investigador. Su objetivo es definir el problema y establecer una hipótesis.
   - Descriptivo: sirve para explicar las características más importantes del fenómeno en estudio.
   - Confirmativo: pone a prueba estudios exploratorios y/o descriptivos anteriores.
3. Por el periodo en el que se realizan:
   - Transversal: se realiza en un lapso de tiempo específico.
   - Longitudinal: se realiza a través del tiempo en diferentes lapsos.
   - Piloto o previo: se usa para verificar y mejorar variables, hipótesis e instrumentos técnicos de estudio.
   - Final o definitivo: establece conclusiones definitivas registradas en un informe.[16]

---

[15] MÜNCH, L y ÁNGELES, E. Métodos y Técnicas de la Investigación. Méjico. Trillas. 1990. p. 15.

[16] Ibíd., p. 29.

En una investigación lo ideal es usar varios tipos de estudios que se complementen y que permitan llegar a conclusiones válidas y confiables.

### 1.6.3 Recopilación de información

Etapa esencial en el proceso investigativo, de la cuál dependen dos características muy importantes, la validez y la confiabilidad del estudio. La principal técnica usada para la adquisición de información en campo es la *encuesta*, usando *cuestionario* y/o *entrevista*.

El *cuestionario* tiene tres objetivos: traducir la información necesaria a un conjunto de preguntas que los entrevistados puedan comprender, motivar para obtener cooperación con la encuesta y minimizar errores de respuestas inexactas. Los pasos que se aconsejan para su elaboración son:

1. Especificar la información que se necesita.
2. Especificar el modelo de entrevista.
3. Determinar el contenido de las preguntas.
4. Diseñar las preguntas de tal forma que motiven a ser contestadas.
5. Decidir sobre la estructura de las preguntas.
6. Determinar la redacción de las preguntas.
7. Acomodar las preguntas en el orden apropiado.
8. Identificar la forma y disposición.
9. Reproducir el cuestionario.
10. Realizar una prueba previa.[17]

La ISO 9004:2000 menciona que las *encuestas* a empleados y los esquemas para recopilar sugerencias son métodos de comunicación interna, empleados para mejorar el desempeño del SGC, siempre y cuando se usen técnicas estadísticas apropiadas.

---

[17] MALHOTRA, Naresh. Investigación de Mercados. Méjico. Prentice Hall. 1997. p. 321.

## 1.7 MEJORAMIENTO CONTINUO

Éste es uno de los principios de la calidad, que promueve actividades basadas en prevención, y se sustenta en el ciclo Demming* PHVA: Planear, Hacer, Verificar y Actuar, empleado en la GCB, buscando el beneficio integral de la empresa y con el apoyo de la firma Shell Global Solutions en el proyecto de Optimización.

La norma ISO 9004:2000 es un documento especialmente diseñado para el mejoramiento del desempeño de los SGC, en ella se encuentran algunos conceptos importantes que se trabajan en este proyecto. Tales como:

### 1.7.1 Clases de mejoramiento

Hay dos vías fundamentales para llevar a cabo el mejoramiento continuo de los procesos:

**Proyectos de avance significativo**: se llevan a cabo por equipos compuestos por representantes de diversas secciones más allá de las operaciones de rutina.

**Actividades de mejoramiento continuo escalonado**: realizadas por el personal en procesos ya existentes, dado que el personal es la mejor fuente de ideas. En esta clase es importante que las personas estén dotadas de autoridad, apoyo técnico y recursos.

El mejoramiento continuo, por cualquiera de los métodos, debe implicar:

1. Razón para mejorar: identificación del problema y la justificación de cambio.
2. Situación actual: debe evaluarse la eficiencia y eficacia de los procesos existentes, recopilando y analizando datos para descubrir que tipos de problemas ocurren más frecuentemente. Establecer un objetivo de mejoramiento.
3. Análisis: identificar y verificar las causas raíz del problema.

---

* En honor a su diseñador.

4. Identificación de soluciones: seleccionar e implementar la mejor solución, de tal forma que elimine la causa raíz y prevenga que vuelva a surgir
5. Evaluación de Efectos: confirmar el problema y sus causas han sido eliminados o disminuidos y que se ha logrado el mejoramiento.
6. Implementación y normalización de una nueva solución: reemplazar los procesos anteriores por el nuevo proceso para prevenir que vuelva a surgir el problema.
7. Evaluación de la eficacia y eficiencia del proceso al completarse el mejoramiento: al evaluar se puede considerar la posibilidad de utilizar esta solución en otro proceso.

### 1.7.2 Responsabilidad de la dirección

Las directivas de una empresa tienen la responsabilidad de responder por el buen desempeño de la organización y de mejorarlo continuamente. Algunas responsabilidades:

- Los líderes deben crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos.
- Promover la innovación en todos los ámbitos de la empresa.
- Participar en proyectos de mejoramiento buscando nuevos métodos y soluciones.
- Proveer la estructura y recursos necesarios para apoyar los planes estratégicos.
- Buscar continuamente mejorar, previniendo y previendo problemas.
- Debe asegurarse de utilizar la acción correctiva.
- Debe formar grupos pequeños y elegir líderes entre los miembros del grupo de trabajo, estableciendo objetivos individuales y de equipo.
- Colaborar en el desarrollo de conocimiento, experiencia y habilidades del personal.
- Evaluar el desempeño individual y colectivo del personal y su contribución a los resultados de la organización, revisando continuamente sus necesidades.
- Motivar al personal mediante reconocimientos y recompensas.
- Facilitar la comunicación abierta con el personal.
- Tomar decisiones eficaces basándose en el análisis de los datos y la información.

### 1.7.3 Participación del personal

El personal es la esencia de la organización y su compromiso facilita el uso de sus habilidades para el beneficio de la misma. Entre sus responsabilidades se encuentran:

- Controlar y mejorar su lugar de trabajo.
- Participar activamente en la toma de decisiones, el establecimiento y logro de objetivos, contribuyendo así al mejoramiento del desempeño de la empresa.
- Desarrollar conocimientos, aptitudes y actitudes por sí mismo.
- Facilitar la comunicación abierta con las directivas, comunicando sugerencias, opiniones e ideas de mejoramiento y condiciones operacionales de innovación.
- Asegurar la eficacia del trabajo en equipo y capacidades para aceptar los cambios.

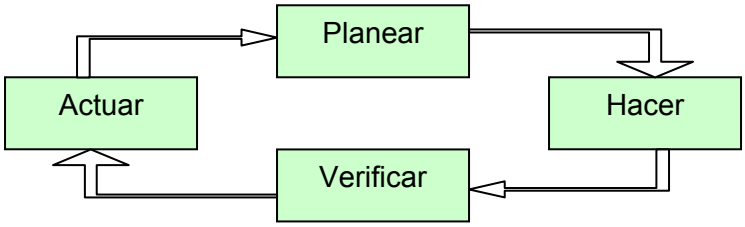
### 1.7.4 Medición y seguimiento

El seguimiento de una labor y la medición de sus resultados, son esenciales para obtener mejoras reales y permanentes. Algunas características referentes a estas actividades:

- Se deben identificar métodos de medición y realizarlos.
- Las mediciones deben utilizarse para: gestionar operaciones del día a día, evaluar los procesos que pueden ser adecuados para mejoramientos continuos o escalonados y para proyectos de mejoramiento significativo, de acuerdo con la visión y objetivos estratégicos de la organización.
- Cuando no se alcancen los resultados planificados, deben llevarse a cabo acciones correctivas, para asegurarse de la conformidad del producto.
- La organización debe mejorar continuamente la eficacia del SGC mediante el uso de la política de calidad, los objetivos de calidad, los resultados de auditorias, el análisis de datos, las acciones correctivas, preventivas y la revisión de la dirección.

### 1.7.5 El ciclo PHVA

Figura 3. Diagrama del ciclo PHVA.

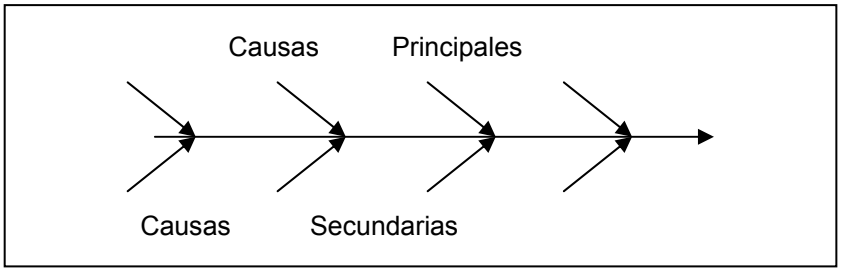



**"Planear**: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización". Las preguntas a responder en este paso son ¿Qué?, ¿Quién?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿Dónde?

Una de las herramientas que se recomiendan para realizar la primera etapa de la planificación, antes del Plan de Acción, es el diagrama de Causa-Efecto, que ayuda a identificar y clasificar las causas del problema, usando un enfoque estructurado. Un diagrama general se presenta en la Figura 4. La flecha central indica la problemática identificada en la empresa y las flechas concurrentes son las causas del problema.

Después de la identificación de las causas se busca eliminarlas o disminuir sus efectos a través de un Plan de Acción.

Figura 4. Diagrama de causa- efecto general.




**"Hacer:** poner en práctica el Plan de Acción diseñado".

**"Verificar:** realizar el seguimiento, la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos, e informar sobre los resultados". Para este paso se emplean dos tipos de herramientas:

- Las auditorías de calidad: este tema se encuentra explicado en la sección 1.2.3.
- Los indicadores de gestión son medidas a través de las cuales se evalúa un proceso, para observarlo y controlarlo. Estas medidas deben ser confiables y realizables para que permitan una visión continua del proceso.

**"Actuar:** tomar acciones y decisiones para mejorar continuamente, con base en la verificación" [18].

[18] SENA. Seccional Santander. Memorias del Curso Virtual sobre ISO9000. Módulo de Documentación. Bucaramanga. 2005.

# 2. REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO DE INSTRUMENTOS

Las directivas de la empresa realizan revisiones periódicas al sistema de documentación y su implementación, de tal forma que se asegure la calidad de las diferentes actividades. Este capítulo describe las diferentes etapas de la revisión realizada en la coordinación de instrumentos del departamento de mantenimiento, y sus resultados, base fundamental para la elaboración de la propuesta de mejoramiento, presentada en el siguiente capítulo.

## 2.1 METODOLOGÍA DE LA REVISIÓN

Para obtener resultados satisfactorios y lograr hacer una inferencia sobre las características a estudiar en la población, el personal de mantenimiento de instrumentos de la GCB, por medio de casos particulares se emplea el método de investigación inductivo, que en este caso se dividió en tres etapas:

**Estudio de campo exploratorio:** realizado en campo participando de las actividades de mantenimiento de instrumentos. Se hizo necesario este estudio preliminar para explorar el proceso de realización del mantenimiento de instrumentos que se lleva a cabo en la empresa, conocer el ámbito social e identificar algunas opiniones del personal sobre los instructivos. Además esta etapa hace parte de la formación de competencias e idoneidad para realizar las siguientes etapas de la investigación.

**Estudio estadístico descriptivo:** basado en la realización de una encuesta para obtener datos registrados sobre el conocimiento, grado de implementación y opiniones del personal. Este estudio es observacional pues no se hace manipulación sobre ninguna variable, y es descriptivo en cuanto pretende explicar y dar a conocer la situación actual del proceso de implementación a través de una inferencia estadística.

**Estudio confirmativo definitivo:** con los dos estudios anteriores se obtiene una hipótesis sobre los porcentajes de implementación, que se contrastan con la realización de auditorías internas de calidad en campo. Este estudio es el definitivo o final que permite concluir sobre el tema estudiado.

Los resultados y las acciones propuestas se presentan al personal administrativo del área de instrumentos de la GCB para su posterior uso en la toma de decisiones. Según la norma ISO 9000:2000 uno de los principios fundamentales para lograr la calidad en la empresa es la toma de decisiones basadas en estudios confiables o datos reales, por lo tanto este estudio es de gran ayuda en la Gestión de la Calidad y su mejoramiento.

## 2.2 ESTUDIO DE CAMPO EXPLORATORIO

Durante este estudio se realizaron actividades de mantenimiento en algunas áreas enunciadas en la sección 1.4.3; además del Nuevo Llenadero de Ventas, que es el sector de la empresa donde se despachan los productos terminados a carrotanques y a botes.

### 2.2.1 Identificación y definición del problema

Al desempeñar labores de mantenimiento en la GCB, se puede observar que:

- Personal de algunas áreas como metrología, analítica e ingeniería tienen gran conocimiento sobre el SGC de la empresa y su documentación.
- En el área de metrología y analítica se lleva a cabo el registro de los instrumentos críticos de las plantas de proceso.
- En metrología, analítica y laboratorio industrial existe más del 50% de personal con menos de 2 años de experiencia en la GCB.
- Comunicaciones es el área con mayor densidad de personal de experiencia, con más de 10 años de antigüedad.
- En Mantenimiento de Campo es donde, al parecer, menos se usan los instructivos.

- No existe, en la mayoría del personal de mantenimiento de instrumentos, el compromiso de la elaboración, implementación y actualización de los instructivos, sino que esta labor la realizan los supervisores.
- Existen dificultades de comunicación entre el personal directivo y el de labor, debido a diferencias políticas, dificultando así el proceso de mejoramiento.

A partir de estas observaciones se puede definir el problema:

*Aunque gran parte del personal de mantenimiento de instrumentos tiene conocimiento sobre los instructivos y demás documentos del SGC de la empresa, éstos no se implementan correctamente. Más de la mitad de los instrumentistas no tiene conocimiento de la existencia de dichos instructivos y falta promover su elaboración, implementación y actualización.*

## 2.3 ESTUDIO ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Para cumplir con el objetivo de identificar el grado de conocimiento e implementación de los instructivos de mantenimiento de instrumentos y registrar las opiniones del personal, se decidió realizar una encuesta a través de un cuestionario y de una serie de entrevistas.

### 2.3.1 Diseño del cuestionario

El primer paso en el diseño de la encuesta es el diseño del cuestionario, siguiendo las recomendaciones listadas en la sección 1.6.3 de este documento. El cuestionario se presenta en el **ANEXO C**.

**Información que se desea obtener:** el porcentaje de personas de mantenimiento de instrumentos que implementan y conocen los instructivos, además de las opiniones que tienen los mismos acerca del tema. En este punto es importante tener en cuenta que el cuestionario se realiza tanto a personal del sindicato como de la administración.

**Modelo de entrevista:** personalizada, donde el entrevistado puede observar el cuestionario y/o redactar las respuestas por su cuenta si lo desea. En la mayoría de las encuestas se ayudó al entrevistado a redactar, para plasmar correctamente lo que deseaba dar a entender.

**Contenido de las preguntas:** en la encuesta se desea preguntar:

- Antigüedad del entrevistado en el área de instrumentos de la GCB.
- Conocimiento sobre qué es y para qué sirve un instructivo de trabajo.
- Opinión sobre la importancia de los instructivos en el mantenimiento de equipos.
- Conocimiento sobre la existencia de los instructivos en la empresa.
- Implementación de los instructivos.
- Opinión sobre la calidad de los instructivos existentes.
- Opinión sobre como puede la empresa mejorar en este ámbito.

**Diseño, estructura y redacción de las preguntas:** se busca que el cuestionario motive al entrevistado a contestar de forma concreta y completa. Descripción de las preguntas:

- *¿Cuánto tiempo lleva laborando en la GCB? ¿En qué áreas?:* pregunta estructurada introductoria de opción múltiple con múltiples respuestas.

- *¿A qué instrumentos realiza o ha realizado mantenimiento con más frecuencia?:* pregunta no estructurada introductoria, que busca dar tranquilidad al entrevistado.

- *¿Qué es un instructivo para mantenimiento?:* no estructurada, directa y general que identifica el conocimiento del entrevistado sobre el tema.

- *¿Cuál es el objetivo de un instructivo para mantenimiento?:* no estructurada, directa y general que identifica el conocimiento del entrevistado sobre el tema.

- *¿Qué nivel de importancia tienen los instructivos en operaciones de mantenimiento?:* estructurada de opción múltiple con única respuesta, que busca registrar la opinión del entrevistado, por lo que se adiciona la palabra *¿Por qué?*

- *¿Conoce los instructivos de mantenimiento elaborados por personal de ECOPETROL?:* estructurada, dicotómica (con opciones de sí o no) y de filtro que hace pasar al entrevistado a la última pregunta si la respuesta es *no*, esto se debe a que las preguntas siguientes solo pueden responderse por quienes conocen los instructivos.

- *¿Cuál fue la fuente de este conocimiento?:* estructurada y de opción múltiple con múltiples respuestas, que identifica la fuente de conocimiento, acerca de los instructivos, con mayor efectividad.

- *Si un compañero le pregunta ¿dónde puedo encontrarlos?, usted que respondería:* no estructurada, que identifica el conocimiento del entrevistado acerca de los diferentes lugares donde se pueden conseguir los documentos de *calidad.*

- *¿Implementa los pasos que indican los instructivos para realizar sus labores?:* estructurada y dicotómica con la opción de dar una razón del porqué implementa o no el instructivo. El entrevistador realiza esta pregunta con delicadeza, recordando la confidencialidad de la encuesta, pues el entrevistado puede pensar que se le está evaluando y sentirse indispuesto a contestar con la verdad.

- *Escriba los códigos de los instructivos que implementa entre los que aparecen en la siguiente página:* no estructurada, que pretende identificar cuales de los instructivos se emplean con mayor frecuencia.

- *¿Cuáles de los instructivos de su sección no se usan por obsolescencia o desaparición del equipo o del mismo instructivo?:* no estructurada, con la cual se identifica cuales de los instructivos de mantenimiento de instrumentos deben salir del SGC por obsolescencia.

- *¿Cómo considera los instructivos de mantenimiento que conoce?:* estructurada de opción múltiple con múltiples respuestas, con la posibilidad de captar la opinión del entrevistado.

- *¿Qué le hace falta a los procedimientos que conoce?:* no estructurada, que adquiere importancia pues el entrevistado puede dar a conocer su visión de cómo podría lograrse un mejoramiento en los documentos.

- *Déjeme conocer su opinión sobre: ¿Cómo puede la empresa promover el uso de los instructivos en el área de instrumentos?:* no estructurada y final que se le realiza a todos los entrevistados. La pregunta procura elevar el sentido de pertenencia y la participación del empleado en los procesos de mejoramiento y optimización de la empresa.

**Orden de las preguntas:** se emplea la estrategia del embudo, donde las preguntas generales aparecen primero y las especificas después.

**Forma y disposición:** esta parte tiene las siguientes características importantes:

- El encabezado de la encuesta tiene el mismo diseño de los documentos de *calidad* de la empresa*,* con la diferencia que ésta no posee codificación, el objetivo es dar una guía, al encuestado, sobre el tema a tratar.

- Seguido del título se encuentran el objetivo y las instrucciones que se deben seguir para contestar las preguntas, estos dos párrafos son leídos por el entrevistador antes de comenzar la encuesta.

- Luego se designan dos espacios, para escribir el área de mantenimiento de instrumentos a la cual pertenece el entrevistado y la fecha de realización de la encuesta, el primer dato lo pregunta el entrevistador para estimular las respuestas.

- El cuestionario cuenta con 7 preguntas fáciles de responder, sea que se conozca sobre el tema o no.

- Al final del cuestionario se escribe la frase 'En este espacio en blanco puede escribir los que desee...', buscando que el entrevistado se exprese libremente sobre el tema y aporte ideas sobre como mejorar.

- Se adiciona una lista, al final de la encuesta, de los instructivos existentes para el mantenimiento de instrumentos, con codificaciones y por áreas, para que el entrevistado pueda responder algunas de las preguntas que lo requieren y dar a conocer estos documentos a aquellos que aun no lo han hecho. Ver **ANEXO D**.

**Reproducción del cuestionario:** se realiza en hojas blancas tamaño carta, por medio de fotocopias individuales por entrevistado. La lista de los instructivos se entrega al personal para motivar la investigación sobre el tema.

**Prueba previa:** se realiza con el tutor de la práctica quien se ha desempeñado como instrumentista en la empresa durante 17 años.

### 2.3.2 Diseño de la muestra

Éste es el segundo paso en la elaboración de la encuesta, se siguen las recomendaciones listadas en el **ANEXO B** de este documento.

**Población:** personal que realiza mantenimiento a instrumentos de la GCB y que labora en las áreas de Metrología, Analítica, Taller, Laboratorio Industrial, Grupos de Mantenimiento, Ingeniería y Comunicaciones.

**Marco de la muestra:** el número de personas (elementos) a entrevistar se escogen de la lista de distribución de personal de instrumentos de la GCB. El número total de personas

en la lista que trabajan en las áreas descritas es de 70 y el número de personas que realizan mantenimiento día a día (sin personal administrativo) es de 51.[19]

**Técnica de muestreo:** se escoge la técnica probabilística de muestreo aleatorio simple sin reemplazo, pues una persona no puede ser encuestada dos veces y las 51 personas deben tener la misma posibilidad de ser seleccionadas.

**Tamaño de la muestra:** se escoge un nivel de confianza del 85%, dado que no se trata de un estudio final o definitivo, al cual le corresponde el valor z de 1.44 en la tabla de distribución normal y, la probabilidad de éxito se escoge de 50% como lo aconseja el libro de 'Métodos y técnicas de investigación'[20]. Los valores a introducir en la formula son:

Z = 1.44
N = 51
p = 0.5
q = 1-p = 0.5
e = 0.15

$$n = \frac{Z^2 pqN}{Ne^2 + Z^2 pq} \qquad (1)$$

$$n = \frac{1.44^2 * 0.5 * 0.5 * 51}{51 * 0.15^2 + 1.44^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 15.87$$

Por lo tanto, el número mínimo de muestras para obtener un 85% de confiabilidad en una población de 51 elementos es de 16.

### 2.3.3 Proceso de muestreo

Durante el desarrollo de la encuesta se tuvo en cuenta los siguientes lineamientos:

- Se encuestan personas de todas las áreas de mantenimiento de instrumentos.
- La selección de las personas se realiza de forma casual, asistiendo a las diferentes áreas.
- La encuesta tiene una duración aproximada de 15 minutos.

---

[19] Tomado de la Lista de Distribución de Personal de Instrumentos de la GCB. ECOPETROL. 2004

[20] MÜNCH, L y ÁNGELES, E. Métodos y Técnicas de la Investigación. Méjico. Trillas. 1990. p. 99.

- Se encuesta en las zonas de trabajo y en lapso de descanso.
- Algunas de las respuestas son redactadas por los mismos entrevistados.
- La entrevista se realiza a una persona a la vez, no de forma grupal, pues las opiniones son personales.

### 2.3.4 Resultados de la encuesta

La relación de resultados se presenta en el **ANEXO E**, de los cuales se extrae toda la información para el análisis.

Dos resultados adicionales que se detectaron con las encuestas y que no se presentan en la relación del anexo son:

- Los instrumentos a los que se hace mantenimiento con más frecuencia son: transmisores de presión, flujo, temperatura, nivel, termocuplas, válvulas de control, básculas, analizadores de oxigeno, cromatógrafos, sistema de monitoreo de vibraciones y temperaturas Bently Nevada, Sistemas Ininterrumpidos de Potencia (UPS), cargadores de baterías, destiladores de laboratorio industrial, planchas de laboratorio, maquina supercarga, computador de flujo DanLoad, gobernadores de velocidad de equipos rotativos.

- Los instructivos que se deben retirar del sistema de calidad y archivar son:

    - PMT-00-I-014 Instructivo Para Calibración Y Ajuste Del Calibrador De Corriente Marca Transmation Modelo 1028 (Equipo que ya no se utiliza).
    - PMT-00-I-502 Mantenimiento Analizadores de O2 Westinghouse AR47055 (Se han cambiado esta clase de analizadores por otros de nuevas tecnologías)

Los originales de las encuestas se encuentran en poder del ingeniero José María Soria, líder de Metrología de la empresa, quien es el directo encargado de realizar el seguimiento al proceso de implementación, elaboración, control y actualización de los documentos de calidad en la coordinación de instrumentos.

### 2.3.5 Análisis de resultados

**Detección de errores ajenos al muestreo:** al observar con detenimiento los datos de la tabla de resultados (**ANEXO E**), se detectan posibles errores en dos puntos:

- El encuestado 4 asegura no conocer los instructivos, sin embargo opina que puede existir una falencia en la forma en la cual se presentan los diagramas y/o fotos en los mismos. Este dato se elimina del estudio pues si la persona no conoce el instructivo ofreció una sugerencia y no una falencia. Sin embargo los demás datos de esta muestra serán tenidos en cuenta pues son coherentes.

- La encuesta 17 se le realizó a una persona con 17 años de antigüedad en el área de instrumentos que, al parecer, mal interpretó la pregunta sobre la fuente de conocimiento de los instructivos, al responder con 'experiencia' se refería a la fuente de conocimiento de las tareas de mantenimiento y no a los instructivos como documentos. Esta muestra es eliminada por completo pues no se asegura la veracidad de las respuestas de la misma.

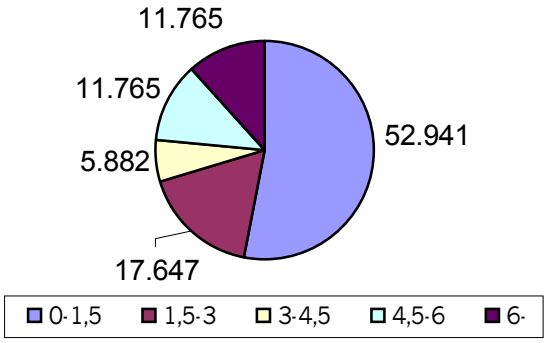
Por lo tanto, se obtuvo 17 muestras con información confiable, superando la meta de 16.

**Análisis descriptivo:** análisis de los resultados de las preguntas individualmente:

- *Antigüedad*: las personas encuestadas tienen entre 3 meses y 16 años de antigüedad en el área de instrumentos, la representación gráfica muestra la distribución de años en la muestra.

  El análisis muestra que más del 50% de los instrumentistas encuestados tienen menos de año y medio de antigüedad y más del 70% tienen menos de 3 años, esto se presenta principalmente por el proceso de contratación de nuevo personal en la empresa y por que al personal más experimentado le asignan labores administrativas. Ver Figura 5.

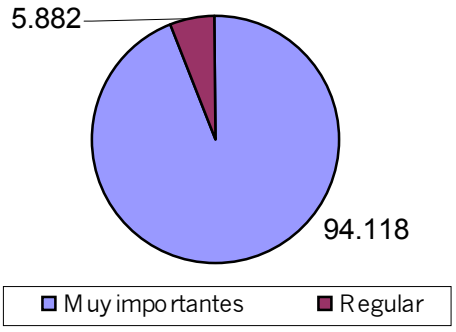
Figura 5. Distribución de porcentajes de antigüedad en la muestra.




Intervalos de años de antigüedad.

- *Nivel de importancia:* esta variable es de opciones no traslapadas, por tanto se puede usar el diagrama de pastel para representar sus resultados.

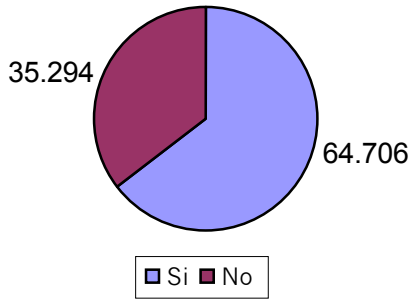
Figura 6. Porcentajes del nivel de importancia de los instructivos.




En general el personal es consciente de la gran importancia de los instructivos de trabajo para las labores de mantenimiento, ninguno de los encuestados considero de baja importancia o sin importancia los instructivos.

- *Grado de conocimiento e implementación*: variable cualitativa dicotómica con opciones excluyentes, por lo tanto se emplea el diagrama de pastel.

Figura 7. Porcentajes del grado de conocimiento e implementación de los instructivos.



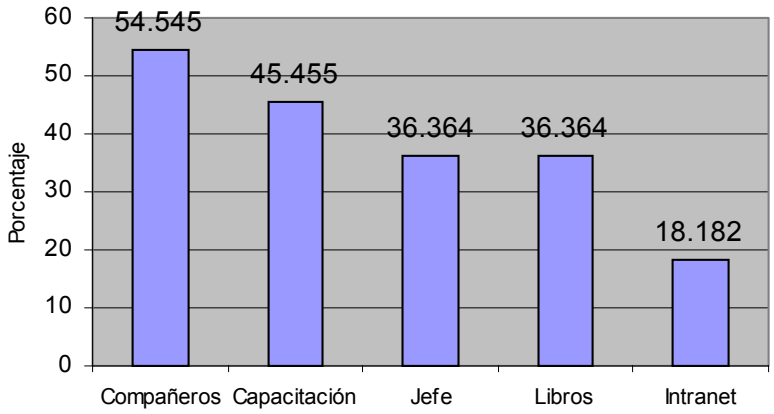

Todos los encuestados que aseguraron conocer los instructivos elaborados por personal de ECOPETROL, garantizaron la implementación de los mismos, por esto los resultados de las dos preguntas se presentan en una misma representación. El resultado del 64,7% indica que la mayoría del personal encuestado tiene conocimiento sobre los instructivos y los implementan.

- *Fuente del conocimiento de la existencia de los instructivos*: esta pregunta solo fue contestada por las personas que respondieron afirmativamente a la anterior, por lo tanto se calcula sobre una muestra de 11 personas. Como la variable es cualitativa de opciones traslapadas, se emplea el diagrama de barras para representar sus resultados.

  Las principales fuentes de conocimiento de los instructivos son la información brindada por los compañeros de trabajo y la capacitación recibida de la empresa, la fuente más desconocida es la red interna, aunque es la más completa.

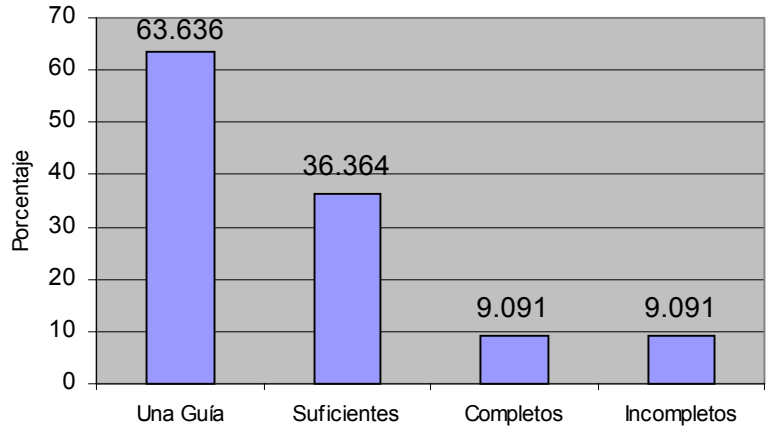
  Es importante mencionar que el acceso a esta red es abierto, de tal forma que cualquier persona que pertenezca a la empresa puede consultarla.

Figura 8. Porcentajes de participación de las fuentes de conocimiento.




- *Criterios varios de percepción:* pregunta que solo contestaron las personas que afirmaron conocer los instructivos, por lo tanto se calcula sobre una muestra de 11 personas. Se presenta al encuestado la opción de escoger cuantas respuestas desee de las opciones, de tal forma que pueda expresar su percepción ante los instructivos. Como la variable es cualitativa de opciones traslapadas, se emplea el diagrama de barras para representar sus resultados.

Figura 9. Porcentajes de criterios.

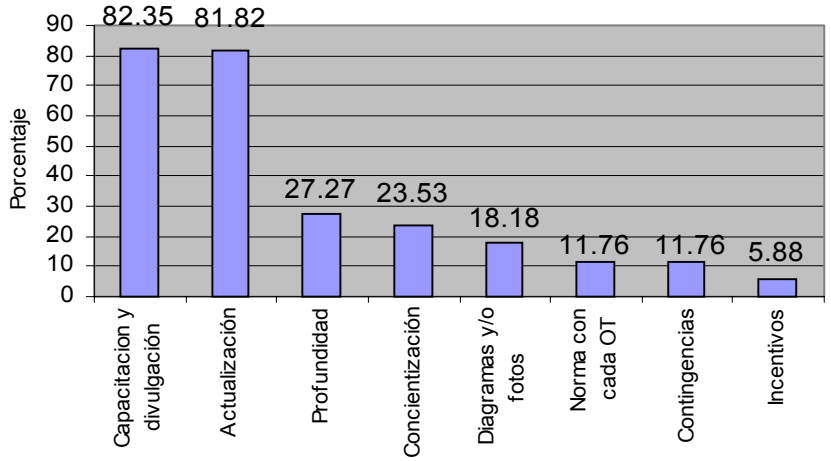


Más del 60% considera que el instructivo es una guía y el 36.4% mencionan que son suficientes para las labores que realizan, ninguno afirmó que fuesen innecesarios o irreales. Solo el 9% definió los instructivos como completos, lo cual indica que existe alguna característica por mejorar.

- *Falencias y sugerencias:* se presentan las dos últimas variables en conjunto, pues tratan la problemática de mejoramiento. Se emplea el diagrama de Pareto, especial "para identificar las causas más importantes de los problemas"[21] en aplicaciones de *calidad.* Las falencias son detectadas por los encuestados, ya sea en los instructivos como documentos o en el proceso de capacitación e implementación de estos, y las sugerencias son opiniones que aporta el personal con el ánimo de mejorar el sistema de gestión de calidad.

  Es de resaltar que las falencias solo pueden ser detectadas por aquellos que conocen los instructivos, por lo tanto para hallar los porcentajes de estas se divide por 11 y no por 17, como se hace en la sección de sugerencias, que son aportes de personas que sólo deben conocer el ámbito en el cual se desenvuelven.

Figura 10. Porcentajes de falencias y sugerencias.




[21] ANDERSON, Sweeney. Estadística para Administración y Economía. México. Tomson. Vol I.

Más del 80% de los encuestados aseguraron que la mejor opción para mejorar el proceso de implementación y aprendizaje de los instructivos, es a través de capacitación del personal y divulgación de los diferentes instructivos que pueden ser empleados en las labores diarias. La falta de actualización de los documentos es la falencia con mayor porcentaje y por tanto en la que se debe actuar con diligencia.

La falta de profundidad en los documentos y la sugerencia de concientizar al personal sobre la importancia de los instructivos en las labores diarias de mantenimiento son los siguientes de mayor porcentaje con el 27.3% y 23.5% respectivamente.

Dos de las sugerencias más interesantes, aunque sin mucho porcentaje, son las de normalizar el uso diario de los instructivos con cada Orden de Trabajo (OT), esto quiere decir con cada labor de mantenimiento, y la de dar incentivos a aquellos que mejoren y usen adecuadamente los instructivos, como una forma de motivar al personal.

Un **resumen de resultados** porcentuales derivados del análisis de las preguntas de forma individual se presenta en la Tabla 1, los ítems con mayor porcentaje e importancia están en negrilla.

**Análisis sistemático:** a continuación se analizan algunas relaciones entre las variables, que servirán para determinar la hipótesis. La tabulación cruzada es la herramienta que se emplea en estadística para encontrar relaciones entre variables.

- *Antigüedad Vs. Nivel de conocimiento e implementación*: empleando la tabla de resultados generales, se deduce que más de la mitad de las personas con menos de año y medio de antigüedad en el mantenimiento de instrumentos, no conocen los instructivos elaborados en la empresa y por tanto no los implementan concientemente. Y que solo después de los 3 años de antigüedad los instrumentistas reconocen un instructivo y lo implementan en sus labores diarias.

Tabla 1. Resumen de resultados porcentuales individuales de la encuesta.

| Ítem | Porcentaje |
|---|---|
| **~ Conocimientos básicos sobre Instructivos.** | **64.7%** |
| **~ Implementación de los instructivos.** | **64.7%** |
| ~ Nivel de importancia de los instructivos: | |
| **Muy Importantes** | **94.1%** |
| Regularmente Importantes | 5,9% |
| ~ Fuentes de conocimiento sobre los instructivos: | |
| **Compañeros** | **54.5%** |
| Capacitación | 45.4% |
| Jefe | 36.4% |
| Libros | 36.4% |
| Intranet | 18.2% |
| ~ Criterios sobre los instructivos existentes: | |
| **Una guía** | **63.6%** |
| Suficientes | 36.4% |
| Completos | 9.1% |
| Incompletos | 9.1% |
| ~ Principales falencias detectadas por los encuestados: | |
| **Actualización** | **81.8%** |
| Profundidad en los instructivos | 27.3% |
| Diagramas y/o Fotos en los instructivos | 18.2% |
| ~ Sugerencias de los encuestados: | |
| **Capacitación y Divulgación** | **82,3%** |
| Concientización | 23.5% |
| Establecer como norma el uso de instructivos | 11,8% |
| Elaborar de forma suficiente la parte de contingencias | 11,8% |
| Dar incentivos al personal para motivar el mejoramiento | 5.9 |

- *Falencias y sugerencias Vs. Nivel de conocimiento e implementación:* de este cruce de información se puede deducir que: tanto los que afirmaron conocer los instructivos como aquellos que afirmaron lo contrario están de acuerdo en que la mejor forma de promover la implementación es a través de capacitaciones y

divulgación de documentos. Además la propuesta de crear una norma que obligue a usar los instructivos de trabajo cada vez que se vaya a realizar el mantenimiento, surgió solo de quienes dicen desconocer los instructivos y tienen menos de 3 años de antigüedad en el área, esto sugiere dos cosas, que el nuevo personal está dispuesto a implementar continuamente los instructivos y acatar las normas, o que existe un problema de desmotivación con respecto a los instructivos que aun no han adquirido, pero que se desarrolla a medida que transcurre el tiempo.

### 2.3.6 Hipótesis

Se estableció, por muestreo, que el margen de error es de 15%, por tanto la hipótesis es:

*El porcentaje de conocimiento e implementación de los instructivos de mantenimiento en el área de instrumentos está aproximadamente entre el 50% y el 80%. Se tiene una certeza entre el 67% y el 97% de que para mejorar el porcentaje de conocimiento e implementación deben realizarse, principalmente, esfuerzos por gestionar procesos de capacitación, divulgación y actualización de los instructivos.*

## 2.4 ESTUDIO CONFIRMATIVO DEFINITIVO

Este estudio permite establecer conclusiones de alto grado de confiabilidad, basándose en los estudios exploratorio y descriptivo. La realización de auditorías internas no participativas, permite investigar a fondo la problemática detectada. Para el desarrollo de las auditorías se siguen los pasos descritos en la sección 1.2.3.

### 2.4.1 Preparación de la auditoría

La planificación de la auditoría es esencial para obtener resultados confiables.

**Auditor líder:** es quien guía el proceso de auditoría y gestiona los recursos necesarios para llevarla a cabo, en este caso fue el ingeniero José María Soria, asignado por el departamento de HSEQ y el de mantenimiento, también líder de metrología.

**Objetivo:** revisar el proceso de implementación de los instructivos para el mantenimiento de instrumentos de la GCB.

**Alcance:** esta auditoría se realiza en la coordinación de instrumentos, para los instructivos referenciados con los códigos: PMT-00-I-553/535/505/503/008/002/018/544, pertenecientes a las áreas de Metrología, Analítica, Laboratorio Industrial, Ingeniería de Mantenimiento y Taller de Instrumentos.[22]

**Criterios:** los aspectos que se revisan en la auditoría son:

- Uso de los elementos de seguridad que se solicitan en el instructivo de acuerdo a la actividad de mantenimiento a realizar.
- Seguimiento de los pasos descritos en el capítulo 'Desarrollo' del instructivo, según la tarea específica que se realiza en el mantenimiento.
- Conocimiento del personal que desarrolla el mantenimiento, sobre la existencia y la aplicación del instructivo a evaluar.
- Nivel de actualización del instructivo, dado que ésta es responsabilidad del área.
- Uso de los formatos de seguimiento del mantenimiento, llamados registros.

**Viabilidad de la auditoría y selección de los auditores:** estos dos pasos fueron realizados por la empresa. Se escogió un solo auditor para esta labor.

**Contacto inicial:** se realizaron visitas a los sitios de trabajo de los supervisores encargados de cada área a auditar, para informar que en los próximos días se estarían llevando a cabo auditorías de calidad, se acordó que:

[22] Las áreas se escogieron de acuerdo a su incidencia en el proceso de certificación de productos.

- El día de la auditoría se definiría la actividad de mantenimiento a revisar, pues la programación del trabajo cambia día a día, parámetro que no podía establecerse con anterioridad.
- El auditor debe llevar los elementos de protección personal. Ver sección 1.4.4.
- El acompañamiento de la actividad se realiza en una sola jornada, esto es de 6:30am – 10:30am, o de 11:30am – 3pm.

**Documentos de trabajo:** los documentos donde se registran las observaciones, no conformidades, buenas prácticas del personal y comentarios, son: el instructivo, una lista de verificación y una hoja en blanco.

### 2.4.2 Realización de la auditoría

Después de aprobarse la planificación inicial de la auditoría, se procede a su realización en el sitio de trabajo, generando los informes respectivos:

**Reunión de apertura:** se realiza a las 6:10am en el área a auditar con el supervisor encargado. En esta reunión se establecen la jornada, el instructivo, el lugar de trabajo y el personal al cual se auditará.

**Revisión de documentos:** el mismo día de la auditoría se revisa el instructivo correspondiente a la actividad de mantenimiento, los registros de seguimiento de los equipos y la biblioteca del área.

**Recopilación de la información:** se acompaña a los instrumentistas, supervisores y/o ingenieros en la actividad de mantenimiento para:

- Verificar el cumplimiento de los pasos descritos en el instructivo.
- Anotar posibles cambios que se pueden realizar a dichos instructivos.
- Definir si se cumplen los criterios de la auditoría.
- Obtener información de identificación.

**Generación de hallazgos y conclusiones:** pequeño informe con las observaciones, no conformidades, acciones propuestas y buenas prácticas que se detectaron. El porcentaje de cumplimiento se calculó restando el 10% por cada no conformidad.

**Reunión de cierre:** se realiza con cada uno de los supervisores encargados, para presentarle los hallazgos y las conclusiones. En esta reunión el auditado presenta sus inconformidades y se evalúa si se pueden hacer las modificaciones o no.

**Preparación del informe:** se realizan las correcciones pertinentes a los informes.

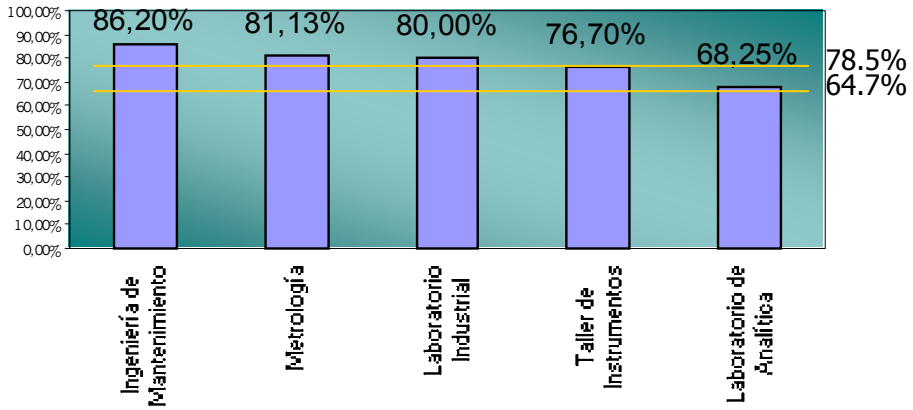
**Aprobación del informe:** se presentan los informes corregidos a los supervisores para que firmen y acepten la distribución de los resultados en la coordinación de instrumentos.

**Distribución del informe:** el resumen de los resultados es presentado a cada supervisor y al líder de metrología.

### 2.4.3 Resultados de la auditoría

Los resultados del nivel de cumplimiento de los pasos descritos en el instructivo, durante el mantenimiento, realizadas por instrumentistas e ingenieros de la coordinación de instrumentos, arrojados por la auditoría se presentan en la Figura 11.

Figura 11. Niveles de cumplimiento y promedios.



Como se observa, el nivel de cumplimiento detectado en la auditoría es 13.8% mayor que el definido en la encuesta, incluso las áreas de Ingeniería y Metrología excedieron el límite máximo que se plantea en la hipótesis. Al parecer la hipótesis estaba por debajo del promedio real de cumplimiento.

El nivel de cumplimiento de cada área fue calculado con el promedio de los niveles de cumplimiento de las auditorías del área. El departamento de HSEQ tiene en su poder las auditorías con sus respectivos niveles de cumplimiento de pasos descritos en el instructivo respectivo, observaciones, no conformidades, acciones propuestas y mejores prácticas.

### 2.4.4 Resumen de hallazgos

Las observaciones, no conformidades, acciones propuestas y mejores prácticas más relevantes se describen a continuación:

**Observaciones generales**

- La capacitación del personal de mantenimiento en el tema de los instructivos, es el punto de partida para generar la concientización y el mejoramiento continuo.
- Los instrumentistas detectan la necesidad de actualización e inclusión de pasos en los instructivos tanto para equipos nuevos como para los existentes.
- Falencia en la existencia de repuestos, indispensable para realizar una mejor actividad de mantenimiento en las diferentes áreas.

**Conjunto de no conformidades**

- Falta de capacitación del personal de instrumentos con respecto a los instructivos y su política en la empresa.
- Falta de actualización y mayor profundidad en algunos de los instructivos actualmente elaborados.
- Inexistencia de procedimientos sobre mantenimiento para instrumentación reciente.

- No se ha fomentado lo suficiente la cultura del instructivo en el área de instrumentos, para lograr su concientización.
- Falta acondicionar el laboratorio de metrología para el desarrollo óptimo de la calibración con patrones, es húmedo y tiene variación de temperatura.

**Acciones propuestas**

- Divulgar la existencia, mostrar la utilidad y motivar la elaboración y actualización de los instructivos de mantenimiento en el área de instrumentos.
- Continuar con el acondicionamiento de carpetas en donde se lleve el registro del mantenimiento en formatos de cada instrumento.
- Documentar procedimientos de calidad sobre mantenimiento para instrumentación reciente.
- Acondicionar bibliotecas de instructivos en cada una de las áreas mencionadas.
- Llevar a cada labor de mantenimiento el instructivo.
- Anexar a los registros o a los instructivos casos especiales de algunos instrumentos, que en ciertas ocasiones previene accidentes para el personal y/o para los equipos.
- Insertar gráficos o fotografías a los instructivos que permitan el mejor entendimiento de los conceptos.
- Realizar estudio técnico-económico de reacondicionamiento del laboratorio de Metrología.

**Mejores prácticas**

- Buena comunicación entre personal de ingeniería de mantenimiento e instrumentistas.
- Búsqueda de soluciones apropiadas para situaciones no previstas en la tarea de mantenimiento.
- Correcto seguimiento del mantenimiento de instrumentos a través de registros en el área de Metrología.

# 3. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS INSTRUCTIVOS Y SU IMPLEMENTACIÓN

La Gerencia Complejo de Barrancabermeja (GCB) está comprometida a mejorar continuamente sus actividades en medio de un proceso de certificación de productos y manejo de recursos, bajo la premisa del cumpliendo de normas y procedimientos, que guíen hacia un objetivo común.

Cada estamento de la GCB, tiene la responsabilidad de actualizar e implementar los procedimientos que apliquen como validos para el óptimo cumplimiento de sus labores.

En el área de Instrumentos existen actualmente 86 instructivos aprobados, y aproximadamente 18 más en proceso de revisión y elaboración, empleados para el mantenimiento de equipos que se encuentran dentro de los procesos industriales certificados y por certificar.

Es de gran importancia realizar revisiones y actualizaciones periódicas a dichos instructivos para garantizar la calidad del mantenimiento, la seguridad del personal, los equipos y el medio ambiente, el mejoramiento continuo y mostrar el compromiso del área tanto a la empresa como a los clientes externos.

Sin embargo, el cumplimiento de este objetivo debe ser responsabilidad de todos aquellos que conforman los grupos de trabajo dentro de la coordinación de instrumentos, por tanto es necesario concientizar a cada funcionario de su responsabilidad como integrante de la empresa.

Este capítulo se divide en dos propuestas principales, la primera para los instructivos como documentos de calidad y la segunda para el proceso de elaboración, implementación y actualización de estos.

## 3.1 ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA

Los pasos para realizar la revisión de la documentación y generar las propuestas son:

1. Coordinar con el líder en Metrología el trabajo a realizar, debido a que es el encargado del proceso de mejoramiento del sistema de calidad en la coordinación de instrumentos.
2. Organizar la lista de los instructivos por áreas. Ver **ANEXO D**.
3. Concordar con el supervisor del área el instructivo a revisar.
4. Imprimir y leer el instructivo.
5. Acompañar o realizar la actividad de mantenimiento descrita en el instructivo.
6. Reajustar, en papel, el instructivo según observaciones, tanto de quien revisa como de los instrumentistas.
7. Elaborar las tablas de observaciones, específicas y generales.
8. Elaborar las propuestas de modificación e implementación de los instructivos, basadas en las opiniones del personal, los resultados de la revisión de implementación y las teorías de mejoramiento continuo.
9. Presentar el informe final ante las directivas.

## 3.2 REVISIÓN Y PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE INSTRUCTIVOS

La revisión y la propuesta se realizan a los instructivos de la coordinación de instrumentos en las áreas de Metrología, Analítica, Mantenimiento de Campo, Taller de Instrumentos e Ingeniería de Mantenimiento.

Además se revisan con detenimiento 14 de ellos, correspondiente al 16.3% de 86, que poseen los siguientes códigos:
PMT-00-I-001/002/003/005/006/007/008/011/018/503/504/505/553/535.

La forma de la propuesta se realiza como un proyecto de avance significativo, donde el objetivo es mejorar los instructivos adaptándolos al nuevo estatuto de elaboración de documentos, y haciéndolos más comprensibles y completos. El proceso de

implementación, verificación y evaluación de la propuesta, quedan a cargo de las directivas del Departamento de Mantenimiento. Ver la sección 1.7.1.

Las modificaciones y observaciones que se plantean a continuación son una propuesta de mejoramiento y actualización de los Documentos de Calidad en la GCB, específicamente los instructivos de mantenimiento del área de Instrumentos.

### 3.2.1 Observaciones globales

Las siguientes son las modificaciones, por capítulos, que se propone realizar a todos los instructivos de mantenimiento de instrumentos, cada una de estas modificaciones posee su justificación. Modificaciones basadas principalmente en el **ANEXO A** de este informe.

En el siguiente capitulo se describe el proceso de elaboración de un instructivo y en el **ANEXO G** se presenta el instructivo que puede emplearse como guía para la elaboración y actualización de otros instructivos.

**Glosario**

- **Situación actual:** existen palabras dentro del texto que ameritan la inclusión, no realizada, de su significado en este capítulo. Además se presentan palabras diferentes entre los instructivos que tratan el mismo concepto.

- **Propuesta**: leer el instructivo e identificar las palabras del documento que ameriten anexar su significado, he introducirlo. Es importante recordar que los significados deben ser normalizados, de tal forma que todos los instructivos, con palabras iguales, contengan el mismo significado.

- **Justificación**: un mejor entendimiento de un documento se realiza cuando éste contiene un glosario de términos no comunes y/o de alta importancia normalizados.

**Documentos aplicables**

- **Situación actual:** en este capítulo se han listado los formatos que deben ir en el capítulo de Registros, de acuerdo al actual Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos, y se han dejado de referenciar los manuales e instructivos de apoyo, como se explica en la siguiente propuesta.

- **Propuesta:** en este capítulo deben colocarse solo las referencias de los documentos de primera mano, los cuales se deben consultar (diferentes a los formatos), para realizar el mantenimiento, en caso de necesitar un soporte o por la aparición de dudas no resueltas por el instructivo. Por ejemplo el libro de la historia del equipo, manuales, en español si los hubiese, u otros instructivos que mejoran la realización de las labores de mantenimiento.

- **Justificación:** al referenciar los documentos de soporte adecuados, las actividades de mantenimiento se realizan con mayor eficacia, pues la ruta de acceso a la información es más directa, lo que disminuye el tiempo de estudio de alguna situación conflictiva en el instrumento a intervenir. Además es necesario realizar la actualización de los documentos de acuerdo a las normativas de la empresa y con ello lograr una estandarización y mejor comprensión de los instructivos.

**Condiciones generales**

- **Situación actual:** capítulo que presenta desorden en el listado de condiciones al mezclar en la lista condiciones de seguridad, herramientas, trabajo, etc., además de la inexistencia de algunas condiciones en algunos de los instructivos.

- **Propuesta**: organizar las diferentes condiciones que se deben cumplir para la realización del mantenimiento, en por lo menos 4 subtítulos que son:

- **De seguridad:** describe las normas de seguridad específicas para el trabajo a realizar de acuerdo a la ubicación, la función del instrumento y el nivel de riesgo, tales como: Elementos de Protección Personal (EPP), Permisos de trabajo, Accesorios adicionales (cinturones de seguridad, bolsos o maletines, etc.), Rutas de evacuación, Equipos contra incendios, Aislamiento seguro de planta y equipos, etc.

- **De personal:** describe el número, el cargo y el conocimiento mínimo de las personas que deben realizar el trabajo.

- **Herramientas:** lista el tipo, la cantidad y las características (tamaño, forma, etc.) de las herramientas a utilizar. Anexo a este ítem se puede emplear una lista de verificación, de tal forma que antes de dirigirse a realizar el mantenimiento, el personal verifique que lleva las herramientas correctas en su maletín. [♣]

- **De trabajo:** describe las condiciones y precauciones específicas del trabajo a realizar, ya sea de documentación o de labor, tales como: leer la historia del instrumento actualizada con su última verificación o calibración, definir el tipo de comunicación con el operador, eliminar posibilidades de explosión por electricidad estática, no exponerse más de cierto tiempo a un químico o vapor, etc.

  Más condiciones generales pueden ser adicionadas en otro ítem con el nombre de 'Otras Condiciones'.

- **Justificación:** al seguir las recomendaciones que se sugieren en este capítulo pueden realizarse las labores de forma más segura y eficaz, cualquier medida condicionante que proteja a las personas, los equipos, el medio ambiente y la imagen de la empresa debe tenerse en cuenta.

---

[♣] Observación realizada por el Supervisor Edgar Marín.

**Descripción del equipo**

- **Situación actual:** los instructivos actuales presentan una descripción muy global del instrumento, algunos de ellos en tan solo un párrafo, sin diagramas que den una idea al lector sobre la forma o clase de instrumento a intervenir.

- **Propuesta**: adicionar a este capítulo las siguientes características sin llegar a ser demasiado extenso: algún Diagrama o Foto que contenga las partes del instrumento, especificaciones técnicas más relevantes (tensión de alimentación eléctrica, rangos de operación, suministros adicionales como aire, nitrógeno, hidrógeno, etc.), describir el principio básico de medición y la función principal que cumple en el proceso.

- **Justificación**: éste es uno de los capítulos más importantes en los instructivos de mantenimiento de instrumentos, pues cada equipo tiene características particulares que lo hacen más o menos peligroso. El capítulo busca dar una pequeña introducción sobre las especificaciones, el funcionamiento y mostrar las secciones que son intervenidas en el desarrollo del mantenimiento (con imágenes), para que la persona logre reconocer física y conceptualmente el instrumento. Las imágenes se introducen, además, por ser una sugerencia del personal resaltada en el estudio de implementación.

**Desarrollo**

- **Situación actual:** entre algunos de los instructivos revisados se encontró: confusión entre lo que es calibración, ajustes y verificación; instructivos sin la profundidad necesaria y suficiente para realizar el mantenimiento de equipos complejos; y repetición de subtítulos que hacen más extenso el documento, pero no aportan pasos adicionales a los procedimientos.

- **Propuesta:** se sugiere la siguiente distribución del capítulo para los instructivos de mantenimiento en general:

- **Indicaciones preliminares:** pasos a realizar en toda actividad de mantenimiento del instrumento en cuestión y que lo preparan para acciones posteriores.

- **Mantenimiento preventivo**: pasos a seguir para prevenir posibles daños o desajustes del equipo, en este ítem se incluye: limpieza, verificación de medición y de conexión.

- **Mantenimiento correctivo:** contiene calibración, configuración (si fuese necesario) y localización de fallas con sus posibles soluciones.

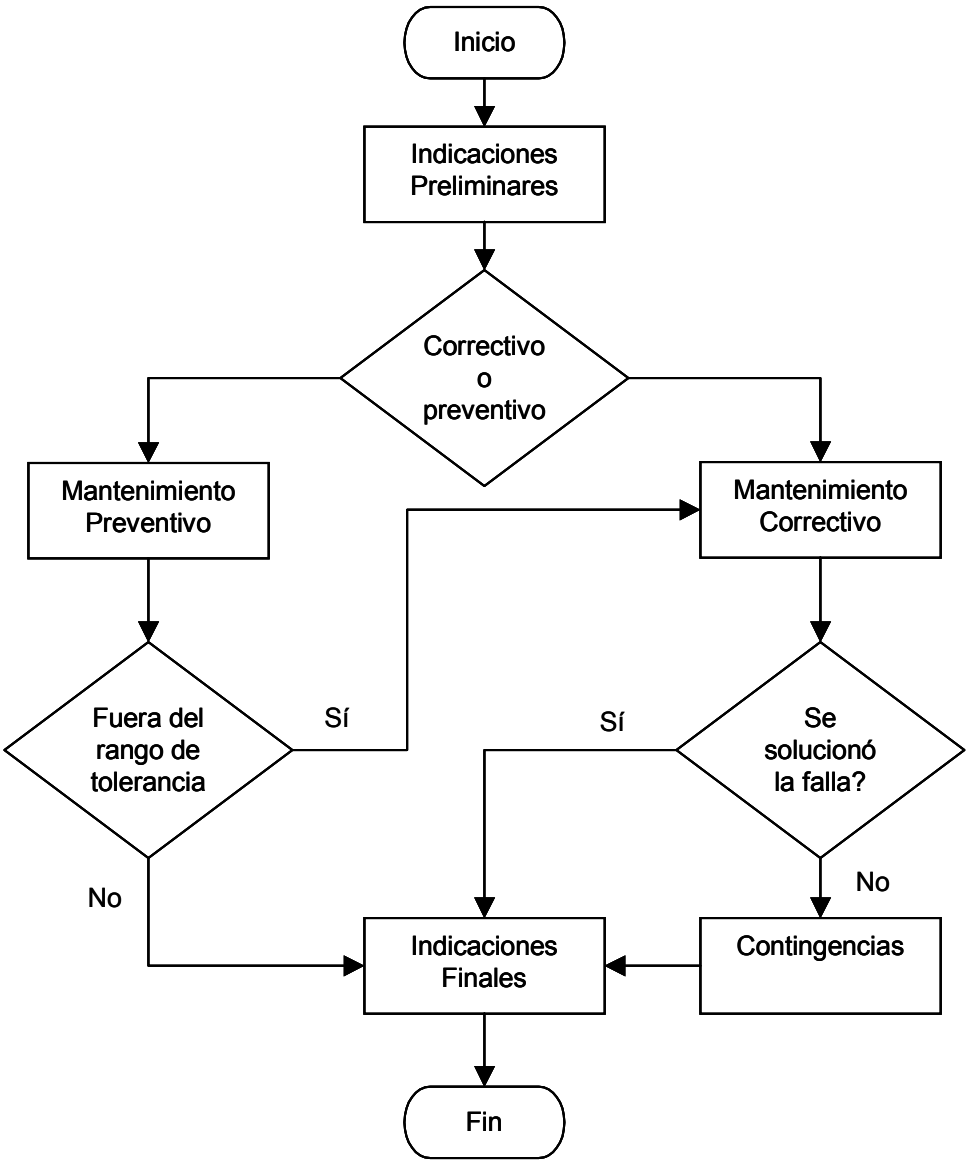
- **Indicaciones finales:** pasos que en todo mantenimiento se llevan a cabo para dejar en servicio el instrumento.

Cuando el desarrollo del mantenimiento correctivo o el preventivo ocupa más de 20 páginas, se sugiere realizar instructivos independientes para cada tipo de mantenimiento. En algunos instructivos, actualmente aprobados, los ítems se encuentran bien desarrollados, es conveniente normalizar los instructivos, haciendo uso de estos.

- **Justificación:** este capítulo es la parte principal del instructivo que describe detalladamente el **cómo** se realiza una actividad para asegurar su correcta ejecución. Cualquier error en su edición puede ser catastrófico para la empresa, pues si la persona que realiza el mantenimiento es novato no detectará el error, poniendo en peligro su vida, el equipo, el medio ambiente y en general a la empresa.

  El siguiente diagrama de flujo sintetiza el desarrollo del mantenimiento que se propone.

Figura 12. Diagrama de flujo del desarrollo del mantenimiento.




**Registros**

- **Situación actual:** este capítulo no se encontró en los instructivos que se revisó. Los códigos de los formatos se han venido citando en el capítulo de Documentos Aplicables.

- **Propuesta:** anexar los códigos de los formatos, que se diligencian en la labor de mantenimiento, que correspondan al instrumento a intervenir según el instructivo en este capítulo.

- **Justificación:** de acuerdo al 'Procedimiento para Administración, Control Y Elaboración de Documentos', los protocolos y formatos deben citarse en este capítulo.

**Contingencias**

- **Situación actual:** este capítulo está desarrollado solo en algunos de los instructivos y son poco específicos.

- **Propuesta:** anexar este capítulo a todos los instructivos, pues se deben tener actividades opcionales en caso de que las ya planteadas no funcionen, es importante tener en cuenta que esta actividad se presenta cuando el mantenimiento correctivo no soluciona la falla del equipo.

- **Justificación:** en cualquier actividad pueden surgir inconvenientes y se debe tener una segunda opción para poder tomar decisiones adecuadas, además en el estudio se detectó interés por parte del personal en mejorar este capítulo.

**Bibliografía**

- **Situación actual:** en algunos instructivos no se ha diligenciado este capítulo.

- **Propuesta**: incluir la referencia de la fuente bibliográfica de cada uno de los instructivos.

- **Justificación:** para profundizar en el tema tratado en un documento el lector se remite a la bibliografía, de allí su importancia.

**Otras sugerencias globales**

Revisar redacción y ortografía, de tal forma que cumplan con los requisitos expuestos en el **ANEXO A**.

Existen lugares en la refinería que son de mayor riesgo que otros para las personas, por ello es apropiado anexar a los instructivos un listado de estos lugares con el nivel de riesgo que poseen y sus antecedentes (Ej. Los Cromatógrafos ABB 3100 y su nivel de riesgo en la Planta de Aromáticos).

### 3.2.2 Observaciones particulares

En la tabla del **ANEXO F** se describen algunas observaciones adicionales, no descritas en la sección anterior, que son particulares de algunos de los instructivos revisados. Se sugiere emplear esta tabla para realizar un seguimiento de la revisión y actualización de los documentos de calidad. Las características de mejoramiento, más relevantes, que se presentan en la tabla son:

- Especificar mejor las tareas a desarrollar y el alcance del instructivo.
- Organizar mejor la información y no incurrir en redundancias.
- Identificar claramente qué es una calibración y qué un ajuste.
- Mejorar la descripción del equipo.
- Se pueden especificar responsabilidades del personal determinado si así se requiere.
- Cuando el instructivo es demasiado grande, se puede subdividir en más instructivos, o anexarle más detalles y registrarlo como un procedimiento o un manual en el sistema de información.
- Diseñar o registrar en el instructivo, el formato de calibración y ajuste del equipo.

## 3.3 MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

Con el objetivo de obtener una propuesta que logre mejorar el proceso de implementación de los instructivos para mantenimiento de instrumentos en la GCB, se empleó como base la metodología del ciclo PHVA, referenciado en la sección 1.7.5, ya que está "asociado con la planificación, implementación, control y mejora continua, tanto en la realización del producto como en otros procesos del sistema de gestión de la calidad"[23].

Debido a que el proceso de implementación ya se ha establecido en la empresa, las propuestas de mejoramiento presentadas en este capítulo son de tipo escalonadas. Los pasos 1 y 2 presentados en la sección 1.7.1, se trataron en el segundo capítulo, mientras los pasos 3 y 4 se trabajan en éste y se da una pauta para realizar el paso 5; los pasos 6 y 7, que son el 'Hacer y Actuar' del ciclo PHVA, los realizan las directivas de la empresa.

El estudio descrito en el segundo capítulo, muestra que existen actividades que necesitan ser mejoradas, tales como: la capacitación y divulgación sobre los instructivos, la elaboración y actualización, la profundidad en los temas y la concientización del personal.

A continuación se presentan propuestas sobre las actividades del ciclo PHVA, que buscan dar una opción de gestión administrativa para ayudar a eliminar o disminuir los efectos de las falencias y las no conformidades.

### 3.3.1 Causas de los problemas de implementación

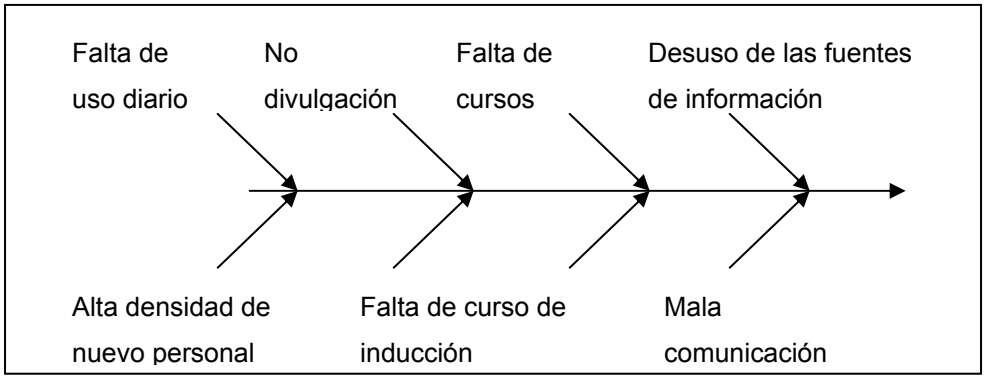
El proceso de planificación del mejoramiento se comienza con la identificación de las causas que generan las no conformidades y falencias, para tal labor se emplea el diagrama de causa-efecto, que permite dar claridad a la identificación de las causas, empleando un enfoque estructurado, como se menciona en el primer capítulo.

---

[23] SENA. Seccional Santander. Memorias del Curso Virtual sobre ISO9000. Modulo de Documentación. Bucaramanga. 2005.

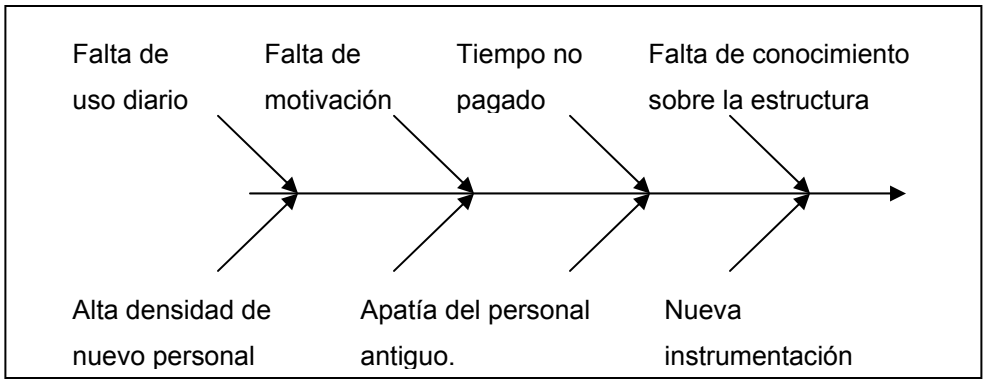
**Desconocimiento de los instructivos para mantenimiento de instrumentos:** ésta es la principal problemática identificada con el estudio presentado en el segundo capítulo y la más crítica pues genera problemas a la empresa como: inseguridad en las actividades, perdidas de tiempo, malos resultados en auditorías y revisiones, entre otras.

Figura 13. Diagrama de causa-efecto para la falencia de desconocimiento de los instructivos.



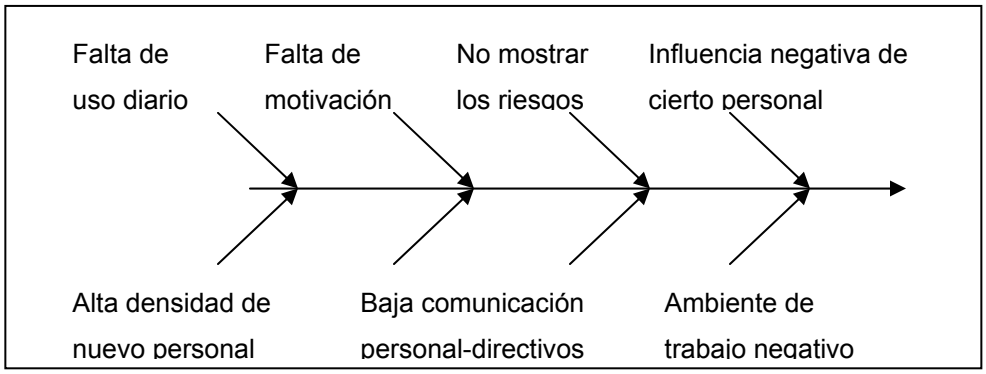

**Dificultad en la actualización y elaboración de instructivos:** esta problemática se refiere a la falta de actualización de la mayoría de los instructivos para mantenimiento de instrumentos y el bajo número de elaboración de los mismos, tanto para instrumentación antigua como para la nueva. El siguiente diagrama muestra las principales causas:

Figura 14. Diagrama de causa-efecto del problema de actualización y elaboración de instructivos.



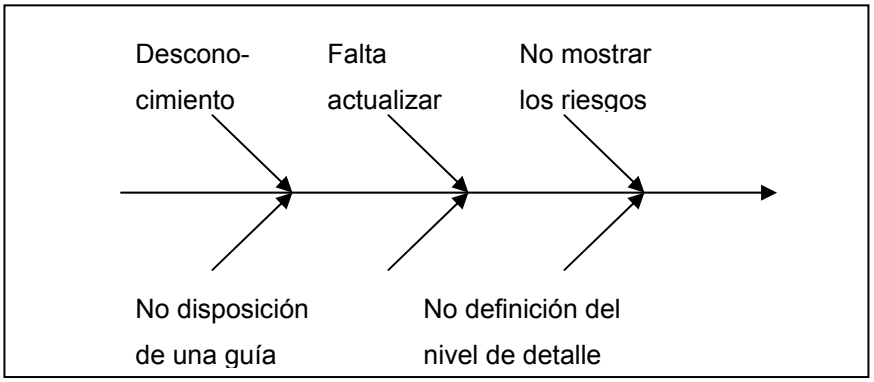
**Bajo sentido de pertenencia y conciencia:** se detectó la poca motivación que tiene el personal, sobre todo el antiguo, con respecto al tema de los instructivos, causando un bajo sentido de pertenencia y de conciencia sobre la importancia de estos documentos.

Figura 15. Diagrama de causa-efecto para la problemática de bajo sentido de pertenencia y conciencia.




**Falta de profundidad y estructura en los instructivos:** se detectó, en algunos instructivos, la poca profundidad con respecto a la realización del mantenimiento, la descripción del equipo, las contingencias y en general en la estructura del documento.

Figura 16. Diagrama de causa-efecto para la falta de profundidad y estructura en los instructivos.



**Descripción de las causas principales**

1. Falta de uso diario del instructivo: aunque los instructivos se encuentren elaborados, estos no se emplean diariamente en las labores de mantenimiento, algunos de los instrumentistas comentan que no lo necesitan por saberse los pasos a realizar de memoria, sin embargo la memoria del hombre es limitada y puede causar errores.

2. No divulgación de los instructivos: esta labor es responsabilidad del supervisor del área de mantenimiento, quien debe explicar la política de la empresa, los pasos descritos en el instructivo, su objetivo, su alcance, etc. Esto se presenta como una de las causas principales actualmente por el ingreso frecuente de nuevo personal.

3. Falta de cursos de capacitación: frecuentemente se han desarrollado charlas y cursos sobre temas técnicos en el área de instrumentos, pero pocos sobre los instructivos, su importancia, su estructura, su nivel de detalle, su uso, etc.

4. Desuso de las fuentes de información: existen dos fuentes de información, sobre instructivos, eficaces que no han sido explotadas adecuadamente, como lo muestran los resultados del segundo capítulo, que son: la red interna de computadores y las bibliotecas de las diferentes áreas.

5. Falta de motivación: es cierto que existe una herramienta de motivación en la empresa llamada CREACTIVIDAD, sin embargo se hace necesario desarrollar otra que sea interna del departamento de mantenimiento, para lograr mejores resultados en el personal. Esta desmotivación se encuentra principalmente en el personal con más antigüedad.

6. Tiempo no pagado: la influencia monetaria siempre será causal de problemas en una organización, pues la mayoría del personal realiza sus actividades solo por dinero, por lo tanto les preocupa el invertir más tiempo en una labor que puede serles mal pagada.

7. Baja comunicación personal-directivos: después de la huelga del mes de abril del 2004, se presentan dificultades en la comunicación de conceptos, criterios, conocimientos, tanto laborales como sociales, lo cual impide el normal funcionamiento de los procesos de mantenimiento.

8. Influencia negativa de cierto personal: dadas las diferencias políticas, sociales, económicas y laborales, se presentan influencias que crean ambientes de trabajo negativos, lo que dificulta todo proceso de mejoramiento.

9. No disposición de una guía: para el desarrollo de nuevos instructivos para mantenimiento, la actualización de los existentes y para comprender el nivel de detalle que debe emplearse en ellos, no existe, además de los instructivos ya aprobados, un instructivo que sirva de guía o una guía como tal, que funcione como un normalizador.

10. No mostrar los riesgos: falta en el personal la percepción sobre los incidentes y accidentes que podrían evitarse al implementar adecuadamente los instructivos, asunto causado por el hábito de desarrollar las labores sin usar estos documentos.

### 3.3.2 Plan de acción (Planear)

Después de identificar las principales causas que generan problemas, se procede a desarrollar un plan de acción (1ra etapa del ciclo PHVA), generando opciones de mejoramiento que pueden ser implementadas o no, dependiendo del criterio de los directivos de la empresa.

A continuación se describen las propuestas de mejoramiento con sus impactos sobre el proceso de implementación de instructivos, estas propuestas se realizan exclusivamente para la Coordinación de Mantenimiento de Instrumentos de la GCB, aunque pueden servir de referencia para otras coordinaciones.

1. **Los instructivos como objetivo**

**Descripción:** desde hace menos de un año, todos los instrumentistas y supervisores del área de instrumentos poseen, dentro de sus objetivos laborales, la responsabilidad de elaborar o actualizar, por lo menos, un instructivo cada 6 meses. Sin embargo, es importante que se promueva el trabajo en equipo y por tanto se asignen también objetivos por áreas de mantenimiento.

**Impacto:** esto genera interés en el personal sobre el tema de los instructivos, su elaboración, actualización y demás; permite hacerle saber que es uno de sus deberes y que por tanto el pago del mismo se contempló con la firma del contrato de trabajo. Además lo motiva a buscar fuentes de información que le permitan cumplir con sus objetivos y lograr realizar un aprendizaje significativo que solo se adquiere al interactuar con la documentación y enfrentar el reto de la elaboración y actualización.

2. **Capacitación**

**Descripción:** aprovechando la motivación generada a partir del objetivo y buscando eliminar una de las principales causas de las no conformidades, debe brindarse conocimiento al personal sobre el 'Manual de Calidad' y el 'Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos' de la empresa, ofreciendo una idea global de la importancia que poseen los instructivos, de los riesgos que se pueden prevenir al implementarlos y de la forma en la cual deben elaborarlos.

También se deben seguir fomentando capacitaciones técnicas para los instrumentistas, tanto sobre los equipos como sobre la Intranet, que les permita elaborar documentos de calidad con la suficiente profundidad y criterio. Esta labor está a cargo del personal directivo de la coordinación de instrumentos.

**Impacto:** al desarrollar estas capacitaciones de una forma amena, se pueden aprovechar para motivar al instrumentista a realizar su trabajo con compromiso, mostrándole que su aporte es importante para la empresa y que se le brindarán los recursos necesarios para el logro de sus objetivos.

Permite dar claridad a dudas o mal entendidos que puedan surgir con respecto al plan de mejoramiento del proceso de implementación y las 'reglas de juego' del mismo, disminuyendo con esto los problemas de baja comunicación y de influencia negativa de cierto personal. Además de motivar el uso de la Intranet y lograr con ello una autoformación en el personal.

3. **Divulgación**

**Descripción:** en cada una de las áreas de mantenimiento de instrumentos y por medio de charlas, los supervisores deben divulgar la existencia de los instructivos que se encuentren aprobados, en proceso de elaboración y sus autores para evitar repetición de instructivos o generación de trabajo perdido.

Una herramienta que puede ser empleada para la divulgación es la libreta de anotaciones que el instrumentista usa diariamente, incorporándole los códigos de los instructivos con sus respectivos títulos y áreas de aplicación, como se muestra en el **ANEXO D**; además del listado maestro de actualizaciones, elaboraciones, su estado y sus autores.

**Impacto:** la divulgación masiva de los instructivos, permite a los instrumentistas tener claridad sobre la existencia o inexistencia del instructivo para mantenimiento de un instrumento determinado, motivando de esta forma la elaboración de instructivos.

El uso diario de la libreta de anotaciones, permite que el personal revise y actualice constantemente su listado de instructivos, además del impacto que genera por hacer parte de un proceso de capacitación.

4. **Recursos**

**Descripción:** en todo trabajo se necesitan recursos, sin ellos no se podrían alcanzar las metas. Los siguientes son los mínimos recursos, adicionales a los ya existentes, que deben dársele al personal, quien siempre debe estar dispuesto a colaborar y exigir aquellos que le hagan falta.

- Acceso a la Intranet: permitir a todos los instrumentistas este acceso por medio de los supervisores, quienes poseen computador en sus oficinas, para que ellos puedan adquirir sus propias copias impresas no controladas de estos documentos y mantener actualizada su carpeta de instructivos.
- Bibliotecas de instructivos: acondicionar bibliotecas de instructivos actualizados en cada área, anexando hojas en blanco al final de cada instructivo, que servirán para que el personal realice sus anotaciones.
- Instructivo guía: diseñar un instructivo para mantenimiento que sirva de guía en el proceso de elaboración y actualización, este instructivo debe cumplir con todas las normas y ser de fácil acceso a los instrumentistas.

**Impacto:** la asignación de recursos permite el mejoramiento de las labores diarias, la reducción de las falencias causadas por el desuso de las fuentes de información, el acceso a los instructivos en cualquier momento, el registro directo de correcciones y/o aportes que deben realizarse al instructivo, la normalización de los instructivos para mantenimiento de instrumentos basándose en una guía y el trabajo en grupo.

**5. Campaña de uso diario**

**Descripción:** el manual y el instructivo de cada instrumento deben llevarse a las labores de mantenimiento como una herramienta más. Durante y/o después de realizar el mantenimiento, el instrumentista debe registrar, en las hojas en blanco de la biblioteca, las correcciones y/o aportes que a su parecer deben realizarse al instructivo y debe escribir su nombre en forma legible.

Esta campaña debe ser educativa durante los primeros 3 meses, de tal forma que no se imponga como norma desde el primer momento sino que el personal se acostumbre a la nueva situación gradualmente, pasados los 3 meses se puede normalizar la idea, convirtiéndose en un requisito para realizar actividades de mantenimiento.

**Impacto:** es una de las propuestas con mayor incidencia en el proceso de implementación, pues modifica los hábitos diarios de la empresa y el procedimiento de actualización de instructivos. Muchos de los instrumentistas se demorarán en adaptarse al cambio, lo que acarreará la participación activa de las directivas del área para motivarlos y ayudarlos en su adaptación.

Se logran modificaciones relevantes y constantes en los instructivos, autoformación diaria del personal y un alto grado de pertenencia y compromiso con la empresa por mejorar; lo anterior depende en gran medida de la forma en la cual se plantee la campaña.

6. **Notificación de actualización semanal**

**Descripción:** el controlador del sistema de información del Departamento de Mantenimiento, debe generar una lista de las actualizaciones que se han realizado en cada área de mantenimiento de instrumentos y distribuirla a todas las áreas. Esta lista contendrá es estado de los instructivos en proceso de actualización, los actualizados y los nombres de las personas que trabajan en los mismos.

**Impacto:** cada instrumentista podrá actualizar su lista de instructivos en la libreta de anotaciones y cada supervisor la biblioteca del área, además cada área podrá comparar su rendimiento con el de las demás e identificar acciones correctivas.

7. **Actualización y elaboración constantes**

**Descripción:** durante 2 semanas, los supervisores de las áreas y sus grupos de trabajo, deben revisar y verificar los instructivos elaborados (mínimo uno por área) o las modificaciones propuestas, en las hojas en blanco, de instructivos ya existentes (mínimo uno por área), además de evaluar e incorporar las más apropiadas al documento. Y cada 2 semanas los supervisores de las diferentes áreas deben entregar los instructivos revisados y/o elaborados al controlador del sistema del departamento, quien inicia el proceso de actualización e incorporación al sistema de calidad, por medio del software.

**Impacto:** la acción constante de actualización permite obtener instructivos de calidad, con alto grado de profundidad, estructura y criterio, aunque acarrea más trabajo para los supervisores, los instrumentistas y el Líder de Metrología, requiriéndoles coordinar sus labores y trabajar en grupo.

### 3.3.3 Recomendaciones para la implementación del plan (Hacer)

El plan de acción se implementa para eliminar las causas principales de los problemas, falencias o no conformidades, de tal forma que no vuelvan a surgir. Dado que esta implementación la realiza el personal directivo, se presentan solo algunas sugerencias:

- Es conveniente que el Coordinador de Instrumentos realice una reunión informativa, antes de implementar el plan, con el personal a su cargo, para dar a conocer las nuevas acciones correctivas y las pautas para el desarrollo de las actividades, como: formas de comunicación, tiempos de entrega, evaluaciones, etc.

- El orden con el cual se implementen las propuestas del plan, pueden variar con respecto al presentado en este trabajo. Sin embargo, los primeros cuatro pasos deberían dejarse en ese orden, asignando una semana para la realización de cada uno, y luego implementar los otros tres al mismo tiempo, por un periodo de 5 meses, pues estos son complementarios.

- Al finalizar los 6 meses se debe realizar una verificación del cumplimiento del plan y una medición del resultado de la implementación. Las herramientas a usar para este paso pueden ser las auditorías de calidad internas, como lo sugiere la ISO 9001:2000, y/o los indicadores de gestión, que permiten medir resultados de forma cuantitativa y comparativa entre áreas. Los resultados de esta etapa deben ser reportados, por la persona encargada, a las diferentes áreas.

- El personal directivo debería dar incentivos y realizar actividades de motivación, durante la implementación del plan y después de la verificación y medición.

- En el momento en el cual el controlador del sistema de información del Departamento, expida la Notificación de Actualización Semanal, también debe actualizar su tabla de revisiones, como la que aparece en el **ANEXO F**.

- Como lo menciona la guía técnica GTC-ISO/TR10013: "la documentación del SGC debe ser desarrollada por aquellas personas involucradas en los procesos y actividades, esto conduce a un mejor entendimiento de los requisitos necesarios y proporciona al personal un sentido de compromiso y propiedad"[24].

### 3.3.4 Formas y parámetros de evaluación (Verificar)

Después de implementar el plan de acción se debe evaluar sus resultados y verificar su cumplimiento, esto se realiza de dos formas:

1. **Por auditorías de calidad:** que verifican la eliminación de las no conformidades a través de las acciones correctivas, notifican las nuevas no conformidades que pudiesen surgir y las observaciones pertinentes que permiten corregir el plan y así las nuevas problemáticas. Una guía referencial sobre el tema se presenta en la sección 1.2.3.

   Los parámetros de evaluación que se emplean en las auditorías de calidad son principalmente cualitativos, usándose como referencia los mismos empleados para la auditoría anterior, los nuevos que hayan surgido por el diseño o rediseño del plan y las normas que rijan sobre el proceso medido en ese momento.

2. **Por indicadores de gestión:** medidas principalmente cuantitativas, que evalúan un proceso para lograr su observación y control, teniendo en cuenta las características críticas de éste. Algunos indicadores que pueden emplearse cada 6 meses para evaluar la efectividad de este plan son:

---

[24] ICONTEC. Directrices para la Documentación del Sistema de Gestión de la Calidad. Bogotá; 2003. GTC-ISO/TR 10013. p. 10.

- Número de Instructivos Actualizados por Persona: se usa para identificar las personas que más actualizaciones realizaron.

- Número de Instructivos Elaborados por Persona: se usa para identificar las personas que más elaboraciones realizaron.

- Índice de Gestión de Instructivos por Área: se usa para comparar las áreas de mantenimiento de instrumentos y relacionarlas de mayor a menor. La formula que lo describe es:

$$GIA = \frac{No._de_Instructivos_Aprobados_del_Area}{No._de_Instructivos_Solicitados_del_Area} x100 \qquad (2)$$

los instructivos aprobados son la suma de los elaborados con los actualizados que entregó el área y que le fueron aprobados, y los solicitados son los instructivos que se asignaron al área para realizar su actualización y elaboración, es preciso mencionar que la asignación equitativa de trabajo depende de las directivas. Este índice debe ser mayor al 70%, para considerarse una buena gestión.

- Índice de Implementación: usado tanto para medir desempeño de las áreas como de los instrumentistas, la formula es:

$$IMP = \frac{No._de_Veces_que_se_llevó_el_Instructivo}{No._de_Ordenes_de_Trabajo_Atendidas} x100 \qquad (3)$$

el numerador determina los instructivos que se llevaron al lugar de trabajo y el denominador la cantidad de trabajos que se atendieron. Para este indicador no se cuentan los equipos para los cuales no existen instructivos, se debe procurar que este indicador éste entre 90% y 100%.

De esta forma se pueden determinar gran cantidad de indicadores, que dependen de las características de mejoramiento a verificar o medir.

### 3.3.5 Incentivos, motivaciones y correcciones (Actuar)

Los resultados de la evaluación, se emplean para determinar cuales procesos, áreas, características, etc, deben ser ajustados, corregidos, resaltados o reincorporados en otros procesos de la misma empresa.

Unas de las estrategias para motivar e incentivar a aquellas personas o grupos de personas que lograron buenos resultados en la evaluación:

- El Supervisor de cada área debe divulgar las modificaciones aceptadas y sus autores, realizando un reconocimiento público del trabajo.
- Premiar con bonos, capacitaciones, equipos u otro elemento, que no sea dinero, a los instrumentistas y áreas de instrumentistas que hayan generado la mayor cantidad de actualizaciones y elaboraciones aprobadas.
- Que el Gerente les realice un reconocimiento público.
- Darles prioridad en la asignación de puestos de trabajo a aquellas personas con mejores resultados ponderados durante su tiempo de labor.

Las correcciones que se generen de las evaluaciones servirán para modificar y mejorar el plan de acción, su implementación y el mismo proceso de evaluación, de tal forma que se cierre el ciclo PHVA.

# 4. CONCEPTOS SOBRE ANALIZADORES EN LÍNEA E INSTRUCTIVO PARA MANTENIMIENTO

En la industria del petróleo se emplea la instrumentación analítica para tres funciones principales: la seguridad de las plantas de proceso, los demás equipos, las personas, el medio ambiente; el control de calidad en laboratorio; y el control del proceso y la calidad del producto, cuando se encuentra en la planta de proceso. En la GCB, la política de modernización y optimización de la refinería está aumentando el número de instrumentos analíticos instalados, tanto en las plantas de proceso como en los laboratorios[25].

A continuación se presentan conceptos sobre dos analizadores '*en línea*' instalados en la refinería: el cromatógrafo y el analizador de RVP; y un analizador '*dentro de línea*' como el analizador de oxígeno. El criterio de selección de estos tres analizadores se basó en su incidencia sobre los procesos en los cuales están instalados, la experiencia que se tuvo con estos en la práctica industrial, el nivel de complejidad y el nivel de actualidad.

Para cada uno de los analizadores se explica brevemente: el principio de medición que emplea, los sistemas que lo componen, las características técnicas y las principales aplicaciones. En la sección del analizador de RVP se hace un más extensa la descripción para lograr en el lector mejor comprensión sobre la elaboración del instructivo para el mantenimiento de éste.

[25] Entre los instrumentos analíticos con los que actualmente cuenta la GCB se tienen: 9 pHmetros, 7 turbidímetros, 65 analizadores de oxígeno en línea, 85 sistemas de monitoreo de equipo rotativo, 34 cromatógrafos, 10 electrofotómetros, más de 200 detectores de fuego, H2S y gas, entre muchos otros.

## 4.1 ANALIZADOR DE OXÍGENO

Analizador químico que por lo general se encuentra 'dentro de la línea' de proceso, es decir, realiza la medición directamente dentro del proceso industrial. Algunas de las principales empresas que fabrican esta clase de analizadores son: Rosemount, ABB, Yokogawa, Servomex y Ametek; la información de esta sección es aplicable principalmente a los analizadores de Rosemount, aunque puede ser empleada para entender el funcionamiento de equipos de los demás fabricantes.

### 4.1.1 Principio de medición

La medición se basa en la electrometría de gases, ya que el equipo determina la concentración de oxígeno basándose en las características eléctricas de una célula electroquímica, como lo es el óxido de zirconio (ZrO) o 'zirconia', el cual es conductivo a iones de oxígeno cuando existe una diferencia de concentración a través de ella y está calentada a más que 600ºC. Efecto descubierto por el químico alemán Nernst.[26]

Existen dos tipos de analizadores de oxígeno:

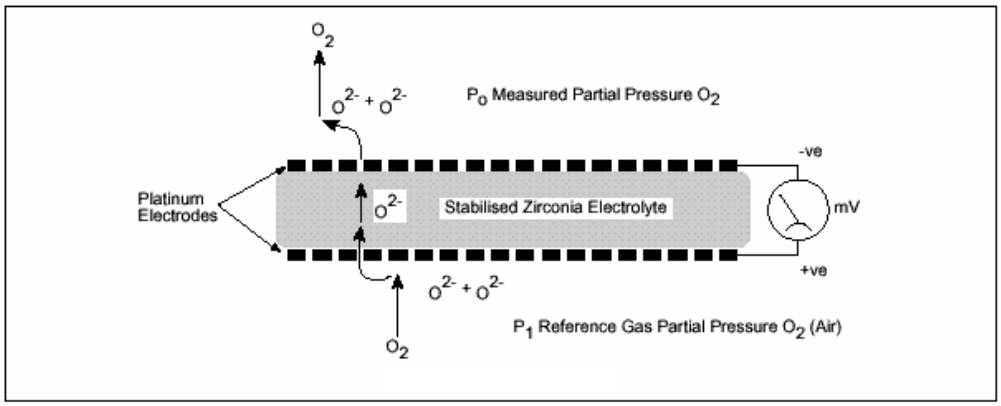
1. **De altas temperaturas**: cuando el gas de proceso a medir está entre 600 y 1400ºC por tanto no se requiere un calentador para la celda de zirconia.
2. **De bajas temperaturas**: en el cual el gas de proceso está por debajo de los 600ºC, esto acarrea el uso de un calentador para la celda de zirconia.

Para ambos casos, el sistema sensor está compuesto por un tubo de zirconia, recubierto por dos electrodos porosos de platino, uno de los cuales tiene contacto con el aire de referencia (concentración de oxígeno conocido), y el otro con el gas del proceso (concentración a medir). El platino actúa como catalizador en la presencia de gases de

[26] BBC Ingeniería Ltda. Memorias del Curso de Analizador de Oxígeno. Barrancabermeja: BBC Ingeniería Ltda.; Abril de 2003.

oxígeno y habilita la conversión de oxígeno molecular en iones de oxígeno móviles que migran de la concentración más alta hacia la más baja creando una diferencia de concentración y de potencial eléctrico, como lo muestra la siguiente figura.

Figura 17. Sistema sensor de concentración de oxígeno.




Fuente: BBC Ingeniería Ltda. Memorias del Curso de Analizador de Oxígeno.

La ecuación de Nernst relaciona el potencial con las presiones de los gases, así:

$$E(mV) = KTLog\left(\frac{P_1}{P_0}\right) \quad (4)$$

donde: K = constante.

T = temperatura absoluta de la celda de zirconia dada en ºK.

P1 = presión parcial del oxígeno en el gas de referencia.

P1 = presión parcial del oxígeno en el gas medido.[27]

Por lo general el gas de referencia contiene 20.95% de oxígeno y es suministrado al equipo por medio de cilindros o cabezales de proceso. Actualmente existen otros sistemas que miden concentraciones de oxígeno sin necesidad de gas de referencia usando un sensor de óxido de titanio.

[27] NORTON, Harry. Sensores y Analizadores. Barcelona: Gustavo Gili; 1984. p. 535.

### 4.1.2 Componentes del sistema

La empresa Rosemount fabrica analizadores de oxígeno que pueden ser usados para altas y bajas temperaturas como el modelo Oximitter 4000, el cual está compuesto por:

Figura 18. Foto del analizador Oximitter 4000.

Fuente: Data Sheet Oxymitter 4000.

**Sonda de medición:** parte del equipo, de varios tamaños, que va insertada en la tubería del proceso, eliminando la necesidad de un sistema de muestreo. La sonda contiene: filtro de partículas, celda de zirconia, calentador, termocupla, tubo de inyección de gas, bridas y tubo protector.

**Tarjetas electrónicas integradas:** se encuentran en el extremo de la sonda que está fuera de la tubería y son de: alimentación eléctrica, microprocesado e interfaz con el usuario. El sistema electrónico está encargado de transformar la señal de voltaje de la sonda a una señal de 4-20mA, controlar la temperatura interna de la celda por medio de la termocupla y el calentador, comunicarse con los sistemas de calibración automática y el cuarto de control, realizar la interfaz con el usuario permitiéndole observar estados de alarma, realizar calibraciones, medir salidas del sensor y la termocupla.

**Autocalibrador y probador sencillo o probador múltiple:** permite la calibración automática o semiautomática del analizador, de tal forma que el equipo pueda realizar sus propios ajustes, pero para ello requiere que el aire de referencia (20.95% de $O_2$) y calibración (0.4% y 8% de $O_2$) se encuentren constantemente conectados. Este sistema contiene: electrónica de mando, regulador de presión del aire de referencia, flujómetros para los gases de referencia y calibración.

La diferencia entre el probador sencillo y el múltiple es que el primero se encuentra acoplado directamente en la sonda y el segundo puede estar instalado en un cuarto de control, alejado del proceso y el equipo. Adicionalmente puede descartarse el uso de estos sistemas y dejar el proceso de calibración en manual, de tal forma que no exista la necesidad de mantener conectados los cilindros de oxígeno al equipo.

Las partes del equipo que se encuentran a la intemperie se protegen con un sistema a prueba de explosiones.

### 4.1.3 Especificaciones técnicas

Las siguientes características, importantes en el momento de estudiar y seleccionar el equipo, se obtienen de la hoja de datos del equipo.[28]

Tabla 2. Especificaciones técnicas del analizador de oxígeno Oximitter4000.

| Característica | Valor |
|---|---|
| Rango de mediciones | 0-10%, 0-25%, 0-40% de $O_2$ |
| Precisión | ±0,75% de la lectura o 0,1% de $O_2$ |
| Mínima lectura | 0,5% de $O_2$ |
| Tiempo de ciclo de análisis | Menos de 15 segundos |
| Línea de voltaje | 90 – 250 Vac, 48 – 62 Hz. |
| Consumo de potencia máxima | 185 W |
| Salida análoga aislada | 4 – 20 mA |
| Salidas digitales | 2 configurables de alarmas o de calibración. |
| Calibración | Automática o semiautomática. |
| Gas de calibración bajo | 0.4% de $O_2$ con balance de $N_2$ |
| Gas de calibración alto | 8% de $O_2$ con balance de $N_2$ |
| Flujo para los gases de calibración | 2,5 lt/min para calibración |

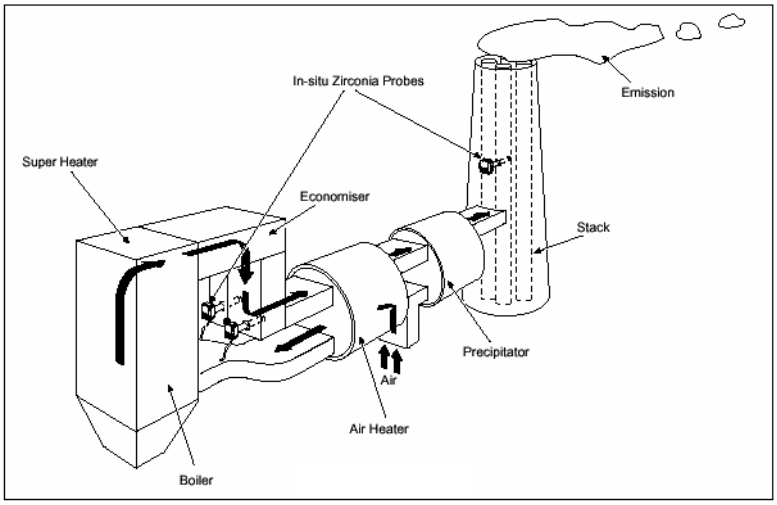
[28] ROSEMOUNT Analytical Inc. Data Sheet Oxymitter 4000. Orville USA: ROSEMOUNT; 1999. p. 4.

| | |
|---|---|
| Flujo para el gas de referencia | 1 lt/min, de aire limpio (20.95% de $O_2$), regulado a 5 psi. |
| Rango de temperatura de proceso | 0ºC – 704ºC sin accesorios<br>más de 1300ºC con accesorios |
| Temperatura del sistema electrónico | -40ºC – 65ºC. |
| Longitudes de la sonda | 45,7 cm, 91 cm, 1,83 m, 2,74 m y 3,66 m. |
| Comunicación | Por Hart o bus de campo digital |

### 4.1.4 Principales aplicaciones

Las mediciones de concentración de oxígeno se emplean principalmente como variables de control en sistemas de combustión relacionados con gases, tales como: calderas, procesos de calefacción y hornos. Al emplear un medidor de oxígeno se puede optimizar la relación combustible-aire y obtener un sistema de combustión eficiente, que logre reducir costos y niveles de contaminación. Un sistema típico donde se emplea el analizador se presenta en la Figura 19.

Figura 19. Planta de caldera típica




Fuente: BBC Ingeniería Ltda. Memorias del Curso de Analizador de Oxígeno.

Otras aplicaciones de menor frecuencia en la industria son las mediciones de oxígeno en ambientes de trabajo con alto nivel de contaminación, en determinadas sustancias analizadas en laboratorio y en sistemas de control de mezcla.

## 4.2 CROMATÓGRAFO

Analizador químico que se emplea generalmente en laboratorios y 'en línea', es decir, realiza la medición de una muestra extraída automáticamente del proceso industrial. Algunas de las principales empresas que fabrican esta clase de analizadores son Rosemount, ABB, y Daniels; la información de esta sección es aplicable principalmente a los analizadores de ABB, aunque puede ser empleada para entender el funcionamiento de equipos de los demás fabricantes.

### 4.2.1 Principio de medición

La cromatografía es el método más empleado para realizar separaciones de componentes en una mezcla, inventada a principios del siglo XX por el botánico ruso Mikhail Tswett.

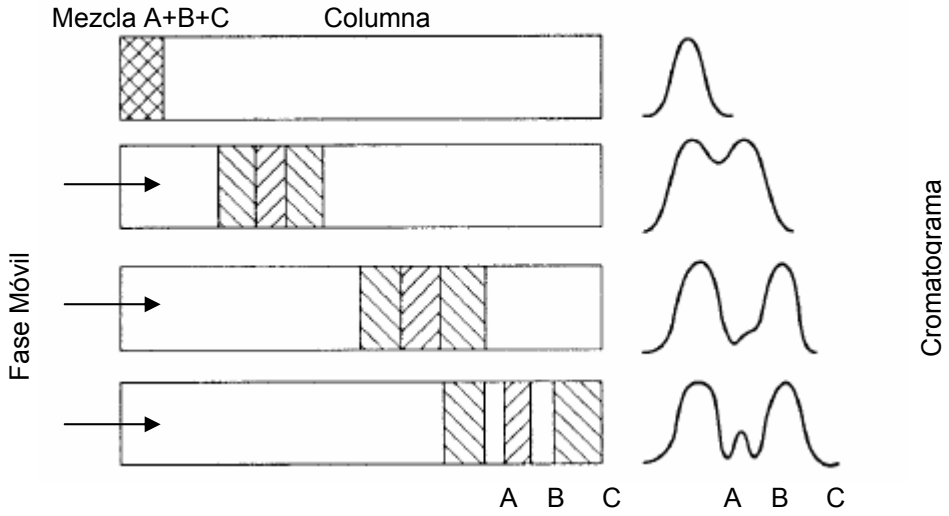
La cromatografía comienza con la disolución de la muestra en una fase móvil (gas o líquido), que se hace pasar por una fase estacionaria, fija en una columna o superficie; los componentes de la mezcla retenidos fuertemente por la fase estacionaria se mueven lentamente mientras los componentes livianos se mueven con rapidez. De esta forma los componentes de la mezcla quedan divididos por bandas en la columna cromatográfica.[29]

Para lograr tener un registro (cromatograma) de la separación de componentes en función del tiempo se coloca un detector calentado al final de la columna. En la Figura 20 se presenta una mezcla de tres componentes (A, B y C), que se hace pasar por una columna con la ayuda de una fase móvil, los componentes se detectan y se presentan en el cromatograma.

---

[29] SKOOG D. y LEARY J. Análisis Instrumental. Cuarta edición. McGrawHill; 1994. p. 674.

Figura 20. Ejemplo de la cromatografía.




Las columnas deben ser lo suficientemente largas para permitir una óptima separación de los componentes y sus picos en el cromatograma, logrando distinguir cada componente y medir su concentración. El componente se distingue por el tiempo que tarda en salir de la columna (tiempo de retención) y su concentración por el tamaño del pico.

La clasificación de los cromatógrafos se hace de acuerdo a la fase móvil empleada, existiendo así tres clases: líquidos, gases y fluidos supercríticos.

### 4.2.2 Componentes del sistema

El cromatógrafo de gases (GC) a analizar en esta sección es el ABB modelo 3100 que consta de una unidad de control y una unidad de análisis.

**Unidad de control (GCC):** es un computador de tarjeta sencilla y un módulo de control que contiene las siguientes tarjetas electrónicas: de suministro de potencia; de procesado (Intel 8086) y comunicación por puerto serial; de entradas y salidas que permite el control y la adquisición de datos; de salida de 4-20 mA; y de comunicaciones locales con otros cromatógrafos por medio del protocolo VistaNet (propio de ABB). Además cuenta con

una pantalla monocromática y un teclado de membrana para la interacción con el usuario.[30]

Figura 21. Fotografía del controlador del cromatógrafo.

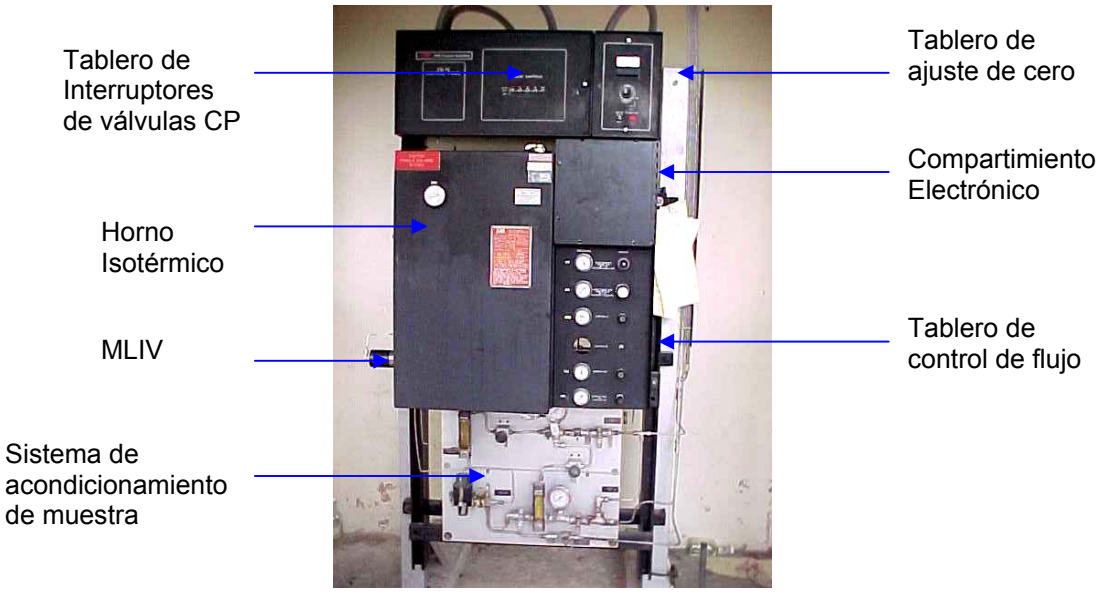
**Unidad de análisis:** parte del equipo que realiza el muestreo, el acondicionamiento de la muestra, la separación y detección de los componentes, el control de flujos de gases y contiene un compartimiento electrónico.

- **Sistema de acondicionamiento de muestra**: contiene los dispositivos de control de presión y flujo, válvulas y filtros, para proveer al analizador una muestra repetible, de calidad, libre de partículas y contaminantes, a una presión y temperatura constantes. Las válvulas de selección de chorro son controladas por el analizador y son de accionamiento neumático o eléctrico.
- **Tablero de control de flujo**: donde se encuentran los reguladores de presión del gas de arrastre (fase móvil), aire y gas para el detector, aire de purga de la parte electrónica y aire para el calentador con sus respectivos indicadores de presión.
- **Tablero de interruptores de válvulas de funcionamiento continuo (CP)**: son interruptores para manejo manual de dichas válvulas, que sirven para realizar diferentes configuraciones de conexión de las columnas.

[30] ABB Inc. Operator's Manual. 3100 Gas Chromatograph. Lewisburg. ABB Inc. 1997. p. 1.1 – 2.6.

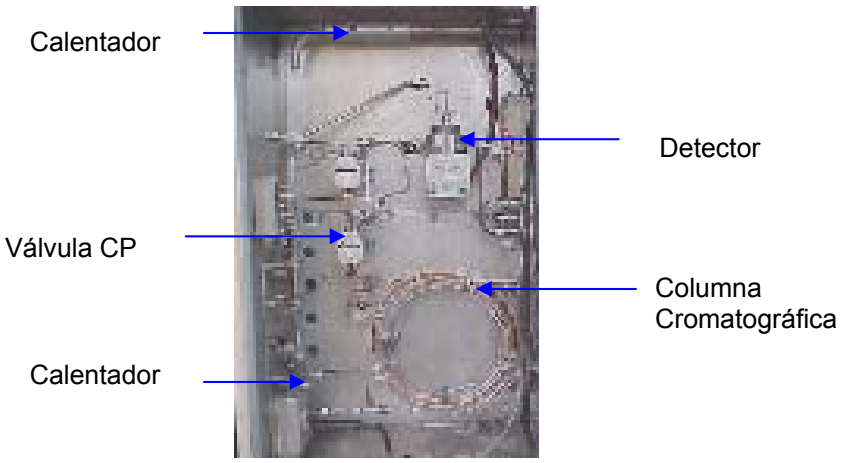
- **Tablero de ajuste de cero:** cuenta con un indicador, que permite ajustar el cero del detector, e interruptores para el encendido y verificación del mismo.

Figura 22. Fotografía de la unidad de análisis.




- **Válvula de microinyección líquida (MLIV)**: válvula controlada que permite vaporizar una cantidad pequeña de muestra líquida y unirla con la fase móvil, para que pase directamente al sistema de columnas cromatográficas.
- **Horno isotérmico**: donde se encuentran alojado el detector, las columnas de análisis, las válvulas de CP, el calentador usado para el control de temperatura del horno. Ver Figura 23.

Figura 23. Fotografía del interior del horno isotérmico del cromatógrafo.




Adicionalmente se deben poseer cilindros cargados con gas de arrastre y gas para el detector, sistemas de suministro de aire, sistemas de comunicación adecuados a redes internas.

### 4.2.3 Especificaciones técnicas

Algunas de las características técnicas del cromatógrafo presentadas a continuación, varían de acuerdo a la función del mismo en el proceso industrial.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del cromatógrafo ABB3100.

| Característica | Valor |
|---|---|
| Mezcla a analizar | Depende del proceso |
| Rango de medición | Depende del tipo de columna y el funcionamiento de las válvulas CP |
| Tiempo del ciclo de análisis | Por lo general más de 3 minutos, dependiendo de la mezcla a medir. |
| Línea de voltaje | 115/220 Vac ± 10%, 50/62 Hz ± 1 Hz |
| Consumo de potencia | 1500 VA |

| | |
|---|---|
| Salidas análogas | 16 salidas de voltaje 0 – 5 Vdc y 16 salidas de corriente 4 – 20 mA. |
| Salidas digitales | 64 de salida y 32 de entrada, que pueden ser leídas y controladas a través de la red de ABB (VistaNet) |
| Calibración | Con una muestra en cilindro previamente analizada en laboratorio |
| Gas de la fase móvil | $H_2$, He, $N_2$ dependiendo de la mezcla y la columna |
| Presión de entrada de la fase móvil | 100 psi |
| Flujo del aire de calentamiento del horno | 102 lt/min – 4,5 lt/min limpio a -34ºC en forma de riego |
| Presión del aire | 80 psi – 100 psi |
| Temperatura ambiente | -10ºC – 50ºC |
| Limite de temperatura del horno | 220ºC ± 1ºC |
| Anchos de columna | 1/16”, 1/8”, 3/16” |
| Longitud de columna | Depende de la mezcla y el proceso |
| Número de válvulas | 5 CP (internas) y 2 MLIV (Externas) |
| Red de comunicación VistaNet | Permite la conexión de varios GC, el control, monitoreo y configuración del GC desde un PC remoto. |

### 4.2.4 Principales aplicaciones

La cromatografía es aplicada en las industrias de petróleo, perfumería, cosmética, farmacéutica, pintura, barnices, colorantes, insecticidas, plásticos, productos alimenticios y grasos, control de polución atmosférica y contaminación, etc. Además se emplea como equipo de laboratorio para investigaciones químicas.

Al realizar análisis cromatográfico en línea a los procesos, se puede controlar la calidad de las mezclas y productos en corto tiempo, comparado con el análisis de laboratorio. Esto

permite reducir contaminación ambiental, costos por producción, pérdidas y devoluciones, y mejorar el proceso para hacerlo más eficiente.

En la GCB se analizan productos como: refinato, benceno, xileno, tolueno, ortoxileno, ciclohexano, etileno, etano, polietileno, gas natural, gasolinas; y contaminantes como: gas carbónico e hidrógenos.

## 4.3 ANALIZADOR DE RVP

Antes de comenzar con la descripción de este equipo y para comprender el contenido del instructivo presentado en el **ANEXO G**, se expone a continuación el sistema de análisis al que pertenece, por lo tanto la estructura de esta sección cambia con respecto a las anteriores.

### 4.3.1 Proyecto de mezclado de gasolina

Actualmente se está llevando a cabo en la GCB, un proyecto de ampliación y actualización tecnológica de los elementos externos, es decir, los equipos y procesos que conciernen al mezclado de componentes químicos y derivados del petróleo para la obtención de la gasolina.

Los objetivos de un proyecto de esta magnitud son: preparar productos terminados de alta calidad bajo especificaciones técnicas internacionales; aumentar la eficiencia en la producción al aprovechar mejor los recursos; disminuir la contaminación, tanto en la producción como en el uso del producto; controlar y monitorear las variables del mezclado en tiempo real; y disminuir el tiempo de preparación de los productos.

Este proyecto acarrea cambios en toda la estructura de la refinería e incorpora instrumentación de alta calidad empleada en las mejores refinerías del mundo, una pequeña reseña del sistema de mezclado de gasolina, se presenta a continuación. Es

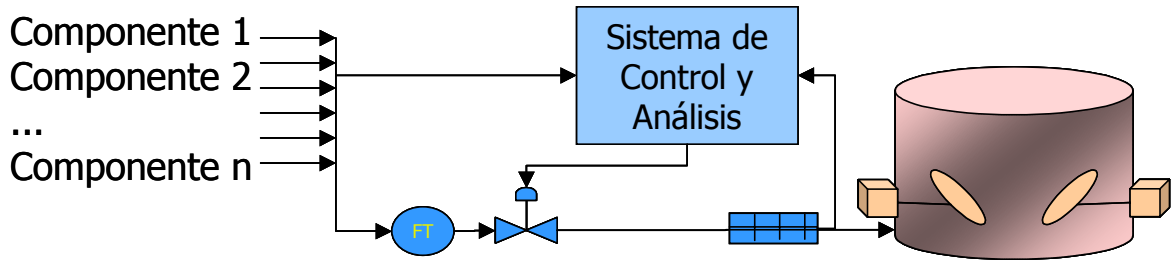
importante mencionar que parte de la información es confidencial de la empresa y no puede ser mostrada en este documento.

### 4.3.2 Descripción del sistema de mezclado de gasolina

Todo sistema de mezclado está compuesto por: ingredientes, medidores de la cantidad de ingrediente a mezclar, sistemas de graduación de esa cantidad, mezcladores y un sistema de almacenamiento.

Para el caso de la producción de gasolina a través del mezclado, no es diferente, se tienen 7 ingredientes (componentes), un cabezal donde se unen los componentes, medidores de flujo para cada uno de los componentes, válvulas de control de flujo para graduar la cantidad de componente a mezclar, un mezclador estático y un tanque de almacenamiento de combustible con paletas para homogenizar la mezcla. En la Figura 24 se muestra un esquema general y simplificado del sistema.

Figura 24. Sistema de mezclado de gasolina.




El sistema de control y análisis adicionado permite realizar una medición, en tiempo real, de las características de los componentes y controlar y optimizar el proceso de mezclado, para obtener gasolina con las características deseadas desde el primer intento de mezclado, eliminando adiciones posteriores de ingredientes.

La Presión de Vapor Reid (RVP) es una de las características importantes de la gasolina, en conjunto con el índice antidetonante (octanos), los puntos de destilación (10%, 50%,

90% y PFE), la cantidad de plomo, de azufre y de componentes aromáticos (Bencenos, Xilenos, Toluenos). Estas especificaciones técnicas de la gasolina, tanto motor (corriente) como extra, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Especificaciones técnicas de composición de la gasolina.

| Característica | Gasolina Motor | Gasolina Extra |
|---|---|---|
| **Índice Antidetonante (Octanos)** | ≥ 81 | ≥ 87 |
| **RVP (psi)** | ≤ 8.5 | ≤ 8.5 |
| **10 % (°C)** | ≤ 70 | ≤ 70 |
| **50 % (°C)** | 77-121 | 77-121 |
| **90 % (°C)** | ≤ 190 | ≤ 190 |
| **PFE (°C)** | ≤ 225 | ≤ 225 |
| **Plomo (gr/ml)** | ≤ 0.013 | ≤ 0.013 |
| **Aromáticos (%V)** | ≤ 28 | ≤ 35 |
| **Azufre (% W)** | ≤ 0.1 | ..... |

Fuente: Cortesía del Ingeniero Ernesto Gómez - GCB

Por lo tanto los equipos instalados en el sistema de control y análisis, deben ser capaces de medir estas características en tiempo real y dar respuesta oportuna a alguna desviación de éstas, para garantizar la calidad de la gasolina ante los clientes de la refinería.

### 4.3.3 Sistema de analizadores del proyecto de mezclado de gasolina

"Los sistemas analizadores son tipos especiales de sistemas de medida generalmente orientados a obtener información acerca de las partes componentes (ingredientes, constituyentes) de una sustancia, un proceso, un parámetro o un fenómeno"[31].

[31] NORTON, Harry. Sensores y Analizadores. Barcelona: Gustavo Gili; 1984. p. 40.

En el proyecto de mezclado de gasolina están instalados los siguientes analizadores:

- Analizador avanzado FTIR (Transformada de Fourier Infrarroja)
- Analizador de azufre
- Analizador de RVP
- Analizador de destilación simulada

Para asegurar el buen funcionamiento, la protección y las condiciones ambientales adecuadas, los analizadores están confinados en una casa metálica llamada '*shelter'*, que cuenta con los siguientes servicios de soporte:

- Aire limpio para instrumentos, suministrado por un compresor con secador.
- Suministro de gas de protección de purga para equipos.
- Aire acondicionado.
- Suministro de energía eléctrica por transformador independiente, que es relevado por un sistema ininterrumpido de potencia (UPS) cuando ocurre una falla o cuando es necesario sacar de servicio el transformador.
- Luces internas y externas, tanto para iluminación como para alarma.
- Suministro de químicos para calibración y funcionamiento de los equipos (Hidrógeno, Nitrógeno, Tolueno, Pentano).
- Sistema de comunicaciones que emplea el protocolo VistaNet 2.0 de la empresa ABB, al interior del *shelter*, y protocolo Ethernet por fibra óptica para la comunicación con el centro de control.
- Sistema de seguridad que se activa en caso de detección de humo, fuego, gas combustible, alto nivel de $H_2S$, bajo nivel de presión del *shelter* o baja presión de aire de instrumentos.
- Sistema de recuperación de líquidos, que permite el almacenamiento y realimentación de muestras y drenajes de combustible sin destruir por los analizadores en la medición de los parámetros.

Uno de los analizadores que se encuentra en el *shelter* y con el cual se tuvo más contacto, es el de RVP que, como su nombre lo indica, mide el RVP de la gasolina

producto. Es un analizador modelo 4100 en-línea fabricado por la empresa alemana ABB, con un diseño a prueba de explosiones.

### 4.3.4 Medición de la presión de vapor Reid

La presión de vapor es una propiedad muy importante para las gasolinas automotor y de aviación, afectando el arranque, calentamiento y la tendencia a la no-producción de vapor con temperaturas altas de operación o a altas altitudes. Los límites máximos de la presión de vapor para la gasolina se establecen legalmente en algunas áreas como una medida de control para la contaminación del aire.

Existen varios métodos de ensayo de laboratorio para realizar la medida de presión del vapor, entre los que se encuentra el método Reid, descrito en la norma ASTM D323. Este método de ensayo se usa para determinar la presión de vapor a 37,8°C (100°F) de productos derivados del petróleo y crudos con un punto inicial de ebullición por encima de 0°C (32°F).

La medición del RVP se realiza de la siguiente forma: la cámara de líquido del equipo para la medición se llena con una muestra refrigerada y se conecta a la cámara de vapor que se ha calentado previamente a 37,8°C (100°F). El equipo ensamblado se sumerge a 37,8°C (100°F) hasta que se observe una presión constante y se toma la lectura de esa presión.[32] Esta lectura debe ser corregida debido a errores inherentes de recolección, manipulación y transferencia de la muestra.

En este método es importante la correcta manipulación de la muestra, las temperaturas de la muestra y la cámara, los tiempos y la presurización del recipiente donde se almacena la muestra.

[32] ECOPETROL. Gerencia Complejo Barrancabermeja. Método de Ensayo Estándar para la Presión de Vapor de Productos del Petróleo (Método Reid) (Astm D 323). Barrancabermeja. 2001. p. 3.

### 4.3.5 Descripción del analizador de RVP

El analizador de RVP instalado en-línea al proceso de mezclado, permite realizar la medición del RVP de una muestra extraída automáticamente de la tubería, eliminando los errores causados por la manipulación de la muestra.

Este analizador está compuesto por:

- Un compartimiento de la celda de calentamiento, donde se realiza la medida de la presión.
- Un compartimiento electrónico, que contiene los circuitos impresos encargados del control, la comunicación y el suministro de energía.
- Un sistema de muestreo, que acondiciona la muestra para ser insertada al analizador.
- Una jeringa, empleada como sistema de inyección de muestra cuando el equipo se saca de servicio, ya sea para calibración o para mantenimiento.
- Un vortex, que mantiene fría la muestra mientras es transportada del sistema de muestreo, o la jeringa, hasta el compartimiento de la celda.
- Un sistema de purga tipo X, que permite el encendido del equipo sólo cuando éste se encuentre en total seguridad interna.

El analizador obtiene el dato del RVP de una muestra de 2,5 ml, en un tiempo aproximado de 8,5 minutos, contabilizado desde el comienzo del ciclo de medición, y lo convierte a una salida análoga de 4-20 mA, que es enviada a un concentrador de señales de los diferentes analizadores.

Además, requiere de una pipeta de nitrógeno para realizar el purgado (limpieza) de la celda de calentamiento de muestra, antes de cualquier medida, e igualmente realiza otro purgado con parte de la muestra que analiza. Dado que la muestra no es evaporada por completo, el equipo drena la cantidad de producto restante al sistema de recuperación de líquidos del *shelter*.

Una descripción más detallada del modo de operación, las partes que componen al equipo y sus especificaciones técnicas, se exponen en el instructivo diseñado que se presenta en el **ANEXO G**.

### 4.3.6 Características especiales del equipo

Este equipo posee algunos requisitos especiales que deben ser tenidos en cuenta siempre que se le realice una intervención, por lo tanto son datos importantes en la elaboración del instructivo:

- Para la correcta medición del RVP, la temperatura ambiente del equipo debe ser menor a 33ºC y el vortex debe estar siempre en funcionamiento.
- Debe existir siempre suministro de nitrógeno, de energía eléctrica y de aire de purga.
- Se debe limitar el valor de RVP de las muestras a menos de 15 psi.
- No se debe desenergizar el equipo cuando haya una muestra en el compartimiento de la celda, pues puede causarse una contaminación que produce datos erróneos en mediciones posteriores.
- Dado que el ambiente en el cual se encuentra el analizador puede resultar contaminado por gases volátiles, se deben tomar estrictas medidas de seguridad por la posibilidad de generación de electricidad estática al abrir cualquiera de los compartimentos.

Otras medidas de seguridad importantes y que son específicas de la empresa, se presentan en el instructivo elaborado. Ver **ANEXO G**.

## 4.4 ELABORACIÓN DEL INSTRUCTIVO PARA MANTENIMIENTO DEL ANALIZADOR EN LÍNEA DE RVP

Esta sección presenta la metodología seguida para elaborar el instructivo, los objetivos y los criterios de contenido más importantes en cada capítulo; se aconseja leerlo en conjunto con el instructivo que se presenta en el **ANEXO G**.

### 4.4.1 Objetivos

- Brindar una herramienta al personal de mantenimiento de instrumentos, en este caso del área analítica, para la realización del mantenimiento preventivo y correctivo del analizador de RVP instalado en la casa de bombas 9, que comenzará a operar en cuanto concluya el proyecto de mezclado de gasolina.
- Fijar un instructivo guía, como conclusión de la propuesta, para el mejoramiento de la estructura y contenido de los instructivos de mantenimiento de instrumentos.
- Contribuir con la actualización y mejoramiento de la documentación del sistema de gestión de la calidad.

El instructivo realizado se entregó al personal de mantenimiento de analizadores, para su verificación, revisión y posterior aprobación.

### 4.4.2 Metodología

Los pasos que se siguieron para la elaboración del instructivo fueron:

1. Reconocimiento físico y familiarización con el equipo, en compañía de los ingenieros encargados de su puesta en servicio y correcta operación.
2. Lectura del manual de operación y servicio.
3. Lectura de los requisitos que la empresa ha definido para la elaboración de los documentos de calidad.

4. Observación del sistema de analizadores en el cual está integrado el RVP, en planos y en la casa de bombas 9.
5. Lectura del método Reid para la medición de presión de vapor que se presenta en la norma ASTM D323.
6. Identificación de otros parámetros a integrar en el instructivo como: medidas de seguridad, formatos para el registro de los datos de calibración y ajuste, etc.
7. Participación en el curso de capacitación sobre el sistema de mezclado y sus analizadores.

### 4.4.3 Criterios de contenido

El contenido y la estructura del instructivo están acorde con las normas internas de calidad de la empresa. En los pies de página, donde se edita el nombre y cargo de quién elabora, quién revisa y quién aprueba, sólo aparecen el nombre y cargo del autor pues aún está en proceso de revisión y aprobación. Se decidió implementar una tabla de contenido por la extensión del documento y, para dar mayor versatilidad a su lectura y estudio.

**Título**

Las palabras del título y su redacción se escogieron de tal forma que dieran una idea clara del contenido del documento, así “Instructivo para el Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Analizador de RVP Marca ABB Modelo 4100”, describe el tipo de documento, las clases de mantenimiento para las cuales se puede usar y el equipo específico para el cual se elaboró.

**Objeto y alcance**

Se redactaron de acuerdo a lo recomendado por el procedimiento de la empresa, de tal forma que fueran concisos y lograran definir el propósito del documento, el área funcional, el proceso y la ubicación geográfica sobre los que aplica, de tal forma que no se

presenten confusiones en el momento de identificar el instrumento. Cabe anotar que este es el primer analizador de RVP en línea que se instala en la empresa.

**Glosario**

Para dar mayor claridad al contenido del instructivo se ofrece el significado de algunas palabras claves, sin ser demasiado extenso, intentando identificar las posibles palabras que el personal no pudiese conocer, como las palabras en inglés y expresiones como '*el baño de hielo*'. El glosario se organiza en orden descendente del abecedario (de la 'A' a la 'Z'), para facilitar la ubicación de cualquier palabra.

**Condiciones generales**

El contenido de esta sección se estructuró de acuerdo con la propuesta de mejoramiento de los instructivos, presentada en el capítulo anterior. La estructura permite listar de forma organizada y por criterios las condiciones, normas y recomendaciones a seguir para cumplir con el objetivo del instructivo.

Las condiciones de seguridad, se redactaron en concordancia con las normas de la empresa, tales como: el uso de los elementos de protección personal, el diligenciamiento del permiso de trabajo, el análisis de trabajo seguro y el aislamiento de planta y equipos. Además de tener en cuenta el ambiente especial en el cual está confinado en analizador.

La recomendación: 'Antes de ingresar al *shelter* asegurarse de desacalorar el cuerpo en la sombra', se redactó porque la temperatura fuera del *shelter* es de 38ºC aproximadamente y dentro de éste es de 20ºC, lo que puede llegar a causar enfermedades en el personal.

Se requieren mínimo tres personas para realizar estas actividades de mantenimiento, ya que se trabaja en tres áreas diferentes que son: operación de sistemas de monitoreo y control de procesos; mantenimiento de equipos electrónicos; manipulación y análisis de productos químicos.

El listado detallado de herramientas e insumos es un instrumento que puede emplear el personal para verificar sus recursos antes de desplazarse a realizar el trabajo. Esto minimiza los riesgos de emplear herramientas inadecuadas en el mantenimiento que pueden causar daños al equipo, lesiones al personal y/o resultados indeseables en las mediciones del instrumento.

Este trabajo requiere la obtención de muestras de gasolina que sirvan para verificar o calibrar la medida de RVP y sacar de servicio el equipo mientras se realiza el mantenimiento.

**Descripción del equipo**

Ésta es una de las secciones más importantes en el instructivo, porque el analizador de RVP en línea es nuevo en la empresa y el personal requiere información comprensible para comenzar a aprender sobre él.

Se dividió en tres secciones, de tal forma que la primera describe las partes que conforman el instrumento, la segunda muestra, de forma tabulada, sus especificaciones técnicas, y la tercera sintetiza el modo de operación cíclico normal.

Para ofrecer un mejor entendimiento sobre la estructura física del analizador, se incorporaron al documento algunas fotos de las principales partes que lo conforman, tanto a nivel interno como externo.

Para describir el modo de operación, se empleó un diagrama y una tabla resumen, que se complementan y dan a conocer al lector: la acción que realiza el equipo, el estado de sus válvulas internas y el mensaje que aparece en pantalla.

**Desarrollo**

Como lo recomienda la propuesta de mejoramiento, esta parte se dividió en cuatro secciones: indicaciones previas, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo e indicaciones finales. De tal forma que las indicaciones iniciales y finales se realizan de forma independiente al tipo de mantenimiento.

La principal fuente de información que se empleó fue el manual de operación y servicio del equipo, en conjunto con la ingeniería de detalle del proyecto de mezclado de gasolina y las memorias del curso de capacitación sobre el proyecto y los analizadores.

Se emplearon fotos, diagramas, notas, resaltado de palabras con negrilla, numeración de los pasos a seguir y modelos de cómo aparecerán los mensajes en la pantalla del analizador, para los ítem que lo requerían, logrando un mejor entendimiento del procedimiento a seguir.

Las indicaciones previas, están organizadas de tal forma que el personal verifique la instalación y condición de operación, tanto del analizador como de su entorno; y realice primero las tareas de fuera del *shelter* y luego las de adentro, previniendo así que ingresen a éste demasiado rápido, además de ofrecerles una organización adecuada de las tareas para el mejor aprovechamiento del tiempo.

El mantenimiento preventivo se subdividió en seis tareas principales que permiten definir los pasos a seguir de una forma más organizada, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante, el método de laboratorio ASTM D323, las calibraciones que se realizaron al analizador físicamente y la opinión de los ingenieros.

En el preventivo, se hace una verificación de las medidas del analizador, al tomar nota de cinco mediciones de RVP de gasolina, previamente analizada en laboratorio, y realizando un cálculo de repetibilidad que determina si es necesario realizar mantenimiento correctivo o está funcionando correctamente.

El mantenimiento correctivo se subdividió en cinco tareas, de las cuales la primera debe ser realizada como actividad de rutina para detectar la falla y luego remitirse al subtítulo que define la forma de eliminar la falla. Este tipo de mantenimiento se realiza si el error de medición del analizador con respecto a la medida del laboratorio está por fuera de los límites de tolerancia.

Las indicaciones finales se realizan sin importar qué tipo de mantenimiento se haya efectuado, y tiene el objetivo de dejar en funcionamiento el analizador y verificar que las mediciones de RVP son correctas tomando nota de cinco mediciones de RVP del producto, antes de abandonar el *shelter*. En el ítem 1 de esta sección se tiene en cuenta si el personal ha realizado o no el mantenimiento preventivo.

Las últimas operaciones son de rutina: limpieza y orden del lugar, notificación de la fecha y personal que realiza el mantenimiento, diligenciamiento del formato, notificación de la puesta en servicio y cierre del permiso de trabajo.

**Registros**

Los formatos escogidos para obtener registros del analizador son:

- La 'Ficha Técnica para Instrumentos y Equipos de Medición', con código PMT-00-F-001, que permite tener los datos de identificación y las características del instrumento.
- La 'Hoja de Control para Instrumentos y Equipos de Medición', con código PMT-00-F-002, para realizar el registro de las mediciones hechas por el analizador cuando se verifica su funcionamiento y se deja en servicio.

Se escogieron formatos ya existentes en el sistema de calidad de la empresa, pues son los que se emplean con todos los instrumentos y los que permiten obtener datos suficientes del mantenimiento del analizador en línea de RVP.

**Contingencias**

Las contingencias son actividades a seguir en caso de que las planteadas inicialmente no se puedan llevar a cabo, para este instructivo se escogieron tres posibles fallas de temperatura de la celda de análisis, que no se habían estipulado en la sección de mantenimiento correctivo y que pueden estar generando datos errados.

Es importante tener en cuenta que este capítulo del instructivo debe ser constantemente actualizado y revisado por el personal, ya que cada vez que se realiza una actividad con un instrumento, existe la probabilidad de que ocurran situaciones inesperadas.

# 5. CONCLUSIONES

Las labores de mantenimiento realizadas en las diferentes áreas fueron base fundamental para el desarrollo y entendimiento de la encuesta y la auditoría.

El diseño del cuestionario y la muestra es importante en la investigación por encuestas, pues determinan la validez y nivel de confiabilidad de la información y de su análisis.

Las inferencias que se realizan en este trabajo, sobre la población muestreada, se refieren en un 70,5% al personal con menos de 3 años de antigüedad pertenecientes, principalmente, a las áreas de Ingeniería de Mantenimiento, Metrología, Laboratorio, Taller de Instrumentos y Analítica.

Los instructivos para mantenimiento son considerados muy importantes por el personal, pero no se usan adecuadamente por falta de capacitación, motivación y actualización.

Las principales deficiencias radican en la falta de divulgación de información, actualización de instructivos y concientización del personal.

El porcentaje de conocimiento e implementación de los instructivos de mantenimiento en el área de instrumentos está entre 64,7% y 78,5%, lo cual es un porcentaje aceptable, teniendo en cuenta el creciente número de nuevo personal.

La diferencia de 13,8% entre el nivel de implementación detectado con la auditoría respecto al detectado con la encuesta, indica que parte del personal realiza las labores de mantenimiento de acuerdo a lo establecido en el instructivo sin plena conciencia de ello.

Las propuestas de mejoramiento y modificación expuestas en este documento, quedan a disposición de la administración de la empresa para ser implementadas, verificadas y evaluadas.

Es indispensable motivar la participación del personal directamente involucrado en las actividades de mantenimiento, en el proceso de documentación de procedimientos, pues con ello se asegura la elaboración, revisión y actualización constante de los instructivos.

Para realizar un instructivo de mantenimiento de un instrumento se deben tener en cuenta, tanto las recomendaciones del fabricante como las características particulares de la empresa en la cual se encuentra instalado.

Los diagramas, fotos, tablas y notas permiten un mejor entendimiento de los documentos y sirven para sintetizar ideas o descripciones que ocuparían muchos renglones en el texto, sin brindar la misma claridad.

Existe gran cantidad de variables que afectan la complejidad del mantenimiento de un equipo, tales como su ubicación geográfica, el clima, la humedad, su entorno, el sistema de producción al cual pertenece, la función que cumple dentro del proceso, etc.

La efectividad en el mantenimiento correctivo depende, en gran medida de la experiencia y el conocimiento del personal; el instructivo es una herramienta que le sirve de soporte para llegar a un diagnóstico de falla y una solución a ésta, de forma organizada y sin producir daños en el equipo, las personas, el medio ambiente o la empresa.

La instrumentación analítica es importante en la industria del petróleo, pues permite observar variables de los procesos que con la instrumentación básica no se detectan.

El instructivo elaborado se está empleando en el área de analítica de la coordinación de instrumentos como un documento guía para la elaboración y actualización de instructivos de mantenimiento, actividad que hace parte de las funciones de los instrumentistas.

El instructivo elaborado hace parte de la documentación de calidad para mantenimiento de nuevos instrumentos que permite guiar al personal en sus labores diarias y avanzar en el proceso de mejoramiento del SGC.

# 6. RECOMENDACIONES

La red interna (*intranet*) de la empresa es una fuente de conocimiento de instructivos muy versátil, que puede emplearse mejor como una herramienta diaria, por el personal de mantenimiento.

El 55.6% de los encuestados con menos de año y medio de antigüedad aseguraron no conocer los instructivos, lo que sugiere la implementación de un programa de capacitación y motivación sobre los instructivos de mantenimiento orientado principalmente a este personal.

Los instructivos con códigos PMT-00I-014 y PMT-00-I-502 deben ser archivados y retirados del sistema de calidad, por actualización de tecnologías.

En cada uno de los capítulos de los Documentos de Calidad se pueden realizar mejoras en el momento de la actualización, particularmente en los instructivos para mantenimiento, es de esencial atención los capítulos de Condiciones Generales y Desarrollo, pues son los que afectan directamente la calidad, la seguridad del personal, los equipos y el medio ambiente.

Aun existe gran cantidad de instructivos por mejorar y elaborar, pero con compromiso real del personal en la actividad diaria y con líderes que estimulen el progreso de sus áreas, se pueden lograr excelentes resultados en poco tiempo.

La tabla de seguimiento de actualizaciones y revisiones de Documentos de Calidad, es lo suficientemente sencilla y práctica para ser utilizada por cualquier ente administrativo.

La propuesta de mejoramiento expuesta debe ser evaluada y reestructurada a medida que se observan cambios en los sistemas a los cuales afecta, para obtener los mejores resultados.

Cada una de las secciones de un instructivo es importante, por ello se debe redactar y elaborar de tal forma que sea entendible por el personal y aplicable al sistema real para el cual se diseña.

Antes de realizar una propuesta de mejoramiento para cualquier proceso, se debe realizar un estudio investigativo de sus falencias u oportunidades de mejoramiento, para lograr suficiente confiabilidad y validez.

Se debe motivar más el estudio de la instrumentación analítica en la universidad, con el objetivo de crear competencias cognoscitivas que puedan servir en el ejercicio profesional del ingeniero electrónico al desempeñarse en la industria.

# BIBLIOGRAFÍA


- ABB Inc. Operation and Service Manual. Model 4100 Low RVP Analyzer and Model 4101 High RVP Analyzer. Lewisburg: ABB; 2001. 100 p.

- ABB Inc. Operator's Manual. 3100 Gas Chromatograph. Lewisburg: ABB Inc; 1997. 222 p.

- ANDERSON, Sweeney. Estadística para Administración y Economía. México: Tomson; Vol I.

- BBC Ingeniería Ltda. Memorias del Curso de Analizador de Oxígeno. Barrancabermeja: BBC Ingeniería Ltda.; Abril de 2003.

- COLOMBIA. Empresa Colombiana de Petróleos. Gerencia Complejo Barrancabermeja. Manual del Sistema de Gestión de la Calidad. Barrancabermeja: GCB; 2003. 65 p.

- _____._____._____. Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos. Cuarta actualización. Barrancabermeja: GCB;2003. 20 p.

- _____._____._____. Procedimiento para la Auditoría Interna de Calidad. Barrancabermeja: GCB; 2003. 9 p.

- _____._____._____. Método de Ensayo Estándar para la Presión de Vapor de Productos del Petróleo (Método Reid) (Astm D 323). Segunda actualización. Barrancabermeja. 2001. 26 p.

- _____._____._____. Compendio de Instructivos para el Mantenimiento de Instrumentos. Barrancabermeja: GCB.

- CRISTANCHO, Manuel. Seminario de Mantenimiento en la Industria; Nov de 2004; Bucaramanga: Asociación Colombiana de Ingenierías Eléctrica y Mecánica: 2004. 55p.

- ESCOBAR, José. Mantenimiento Preventivo de las Subestaciones Eléctricas de la UIS. Diseño y Puesta en Marcha de los Procedimientos. [Tesis de grado de Ingeniería Eléctrica]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas; 2001.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario. Segunda actualización. Bogotá: ICONTEC; 2003. NTC-ISO 9000:2000.

- _____._____. Requisitos. Segunda actualización. Bogotá: ICONTEC; 2003. NTC-ISO 9001:2000.

- _____._____. Recomendaciones para la Mejora del Desempeño. Segunda actualización. Bogotá: ICONTEC; 2003. NTC-ISO 9004:2000. 70 p.

- _____. Directrices para la Auditoría de los Sistemas de Gestión de la Calidad y/o Ambiental. Bogotá: ICONTEC; 2003. NTC-ISO 19011. 37 p.

- _____. Directrices para la Documentación del Sistema de Gestión de la Calidad. Bogotá: ICONTEC; 2003. GTC-ISO/TR 10013. 13 p.

- _____. Documentación. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y Otros Trabajos de Investigación. Quinta actualización. Bogotá: ICONTEC; 2000. NTC 1486. 33 p.

- INSURCOL LTDA. Memorias del Curso de Capacitación. Sistema de Analizadores. Agosto 2004; Barrancabermeja: INSURCOL: 2004.

- MALHOTRA, Naresh. Investigación de Mercados. Méjico: Prentice Hall; 1997.

- MARTÍNEZ, Isabel. Auditoría del Servicio y Propuesta de Mejoramiento para la Prestación de Servicios de Calidad en Bancafé Piedecuesta. [Monografía de Especialización en Alta Gerencia]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas; 2000.

- MÜNCH, L y ÁNGELES, E. Métodos y Técnicas de la Investigación. Segunda edición. Méjico: Trillas; 1990. 166 p.

- NORTON, Harry. Sensores y Analizadores. Barcelona: Gustavo Gili; 1984.

- OLARTE, A Y RAMÍREZ, L. Análisis, Documentación y Presentación de Propuestas de Modernización y Mejoramiento Continuo de los Procesos de las Áreas Críticas de la Secretaría de Salud de Santander. [Tesis de grado de Ingeniería Industrial]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas; 2001. 171 p.

- ROSEMOUNT Analytical Inc. Data Sheet Oxymitter 4000. Orrville USA: ROSEMOUNT; 1999. 12. p.

- SENA. Seccional Santander. Memorias del Curso Virtual sobre ISO9000. Módulo de Documentación. Bucaramanga. 2005.

- SKOOG D. y LEARY J. Análisis Instrumental. Cuarta edición. McGrawHill; 1994.

- ECOPETROL. Conózcanos. http://www.ecopetrol.com.co> [Consulta: 15 de Junio de 2004].

# ANEXOS

# ANEXO A. Estructura y requisitos de los documentos de calidad de la GCB

## A.1 Estructura

Como lo menciona el procedimiento para la administración, control y elaboración de documentos[33] de la empresa, la estructura de un documento de calidad la integran tres (3) grupos de información:

1. **Elementos de identificación**: se encuentran en el encabezado, que contiene: logotipo de ECOPETROL, nombre de la Gerencia, título del documento, código y número de páginas. Todas las hojas del documento tienen un encabezado.

Figura A1. Encabezado de los documentos de calidad.

| | | | |
|---|---|---|---|
| SOCIEDAD PÚBLICA POR ACCIONES ECOPETROL S.A. | GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA | Versión: | Código documento |
| | TÍTULO: | Fecha de Revisión: | Página X de Y |

Fuente: Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos de ECOPETROL.

2. **Elementos de control**: los que se encuentran en el encabezado son: el número de actualización (Versión), la fecha de vigencia (Fecha de Revisión) y el código. Los que se encuentran en el pie de página son: las firmas y fechas de elaboración, revisión y aprobación. En la primera página se encuentra el índice de páginas y modificaciones que se han realizado al documento. Y en todas las páginas se coloca un sello de “copia controlada” o “copia no controlada”, que depende de su

[33] ECOPETROL. Gerencia Complejo Barrancabermeja. Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos. Barrancabermeja. 2003. p.4-8.

modo de distribución. En las versiones anteriores al 2004, el pie de página se presenta en todas las páginas y la tabla de modificaciones al final del documento.

Tabla A1. Pie de página de los documentos de calidad.

| ELABORÓ | REVISÓ | APROBÓ |
|---|---|---|
| Nombre del funcionario que elabora el documento | Nombre de quién revisa el documento | Nombre del jefe que aprueba el documento de calidad |
| Fecha de elaboración | Fecha de revisión | Fecha de aprobación |

Fuente: Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos de ECOPETROL.

Quien revisa debe poseer los conocimientos suficientes de la tecnología para validar un documento, y quien aprueba es la persona con capacidad para autorizar la utilización de un documento, por lo general es el jefe de la dependencia que cubre aquellas áreas o dependencias afectadas por el documento.

Tabla A2. Elementos del código de los documentos de calidad.

| NIVEL DE APLICACIÓN | AUTORIDAD FUNCIONAL | TIPO DE DOCUMENTO | CONSECUTIVO |
|---|---|---|---|
| GCB: Gerencia Complejo Barrancabermeja | Sigla de la dependencia responsable del documento. Ejemplo: PSD, PPQ, PMT, etc. | Manual: M<br>Reglamento : R<br>Procedimiento: P<br>Instructivo: I<br>Formatos: F<br>Plan de Calidad: Q | XXX – Asignado por el Administrador de documentos correspondiente |

Fuente: Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos de ECOPETROL.

En la Tabla se presenta el elemento que es de identificación y a su vez de control, el “código del documento”, dado por el Administrador local de documentos (Administrador de documentos asignado por cada área) y su composición.

3. **Cuerpo del documento:** lo conforma el desarrollo de los capítulos y varía dependiendo del tipo de documento, en el título de ‘requisitos’ se presentan las condiciones del contenido de los capítulos y su nivel de requerimiento, según el tipo de documento.

## A.2 Requisitos

La norma ISO 9001:2000 menciona que, además del manual de calidad y otros documentos, "el SGC debe incluir los procedimientos documentados requeridos..., los documentos necesitados por la organización para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos; y los registros requeridos por esta Norma Internacional"[34]. Las siguientes características son las que deben cumplir los instructivos de trabajo del SGC.

**Vocabulario:** la Guía Técnica Colombiana GTC-ISO/TR 10013 describe que "el vocabulario utilizado debería estar de acuerdo con definiciones y términos normalizados"[35], de tal forma que no existan diferentes definiciones de un mismo término en documentos de una misma entidad. Esto lo reiteran las normas internas de la empresa al mencionar las condiciones de redacción:

**Redacción:** Para la elaboración de documentos la redacción debe ser:

- Clara y precisa, es decir, que en lo posible haya en cada oración una sola idea y que ésta sea concreta.
- Breve, es decir, en párrafos cortos, resumida y con lo indispensable.
- Uniforme en la terminología: utilizar siempre el mismo término para un mismo concepto.
- Comprensible para todos los niveles, evitando en lo posible vocablos extranjeros y argot.
- Con ilustraciones para reducir texto si se requiere.

---

[34] ICONTEC. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. Bogotá; 2003. NTC-ISO 9001:2000. p.7.

[35] ICONTEC. Directrices para la Documentación del Sistema de Gestión de la Calidad. Bogotá; 2003. GTC-ISO/TR 10013. p. 3.

- Los verbos se deben emplear en presente, en la tercera persona del singular. Ejemplo: el operador toma la muestra ó el operador debe tomar la muestra[36].

**Extensión:** la ISO 9001:2000 referencia que "la extensión de la documentación del sistema de gestión de la calidad puede diferir de una organización a otra debido a: el tamaño de la organización y el tipo de actividades; la complejidad de los procesos y sus interacciones; y la competencia del personal"[37].

**Nivel de detalle:** para los instructivos, el nivel de detalle debe "adaptarse a las necesidades del personal de la organización y depende de la complejidad del trabajo, métodos utilizados, formación recibida, y las habilidades y calificaciones de tal personal"[38], de tal forma que la empresa determinó los capítulos que son obligatorios y los que no lo son, dependiendo del tipo de documento. La tabla a continuación presenta un resumen de este requisito.

[36] ECOPETROL. Gerencia Complejo Barrancabermeja. Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos. Barrancabermeja. 2003. p.11.

[37] ICONTEC. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. Bogotá; 2003. NTC-ISO 9001:2000. p.7.

[38] ICONTEC. Directrices para la Documentación del Sistema de Gestión de la Calidad. Bogotá; 2003. GTC-ISO/TR 10013. p. 8.

Tabla A3. Relación de capítulos vs. El tipo de documento.

| CAPÍTULO | TIPO DE DOCUMENTO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Manual | Reglamento | Procedimiento | Instructivo | Formatos | Plan de Calidad |
| | M | R | P | I | F | Q |
| 1. Objeto | X | X | X | X | O | O |
| 2. Alcance | X | X | X | X | O | O |
| 3. Glosario | O | O | O | O | O | O |
| 4. Documentos de Referencia | X | X | X | X | O | O |
| 5. Condiciones Generales | X | O | X | X | O | O |
| 6. Descripción del equipo | O | O | O | O | O | O |
| 7. Desarrollo | X | X | X | X | O | O |
| 8. Registros | O | O | O | O | O | O |
| 9. Contingencias | O | O | O | O | O | O |
| 10. Bibliografía | X | X | X | X | O | O |
| 11. Anexo | O | O | O | O | O | O |

Nota : cuando un capítulo no se justifique, se conserva el orden y el título pero agregando la anotación "no aplica".

X: capítulo obligatorio.

O: capítulo opcional.

Fuente: Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos de ECOPETROL.

**Contenido:** los instructivos deben describir las actividades críticas y cualquier material, equipo y documentación a utilizar[39]. El contenido de cada uno de los capítulos se reglamenta en la empresa de la siguiente forma:

[39] ICONTEC. Directrices para la Documentación del Sistema de Gestión de la Calidad. Bogotá; 2003. GTC-ISO/TR 10013. p. 3 y 9.

Tabla A4. Descripción de los capítulos de un documento.

| Nombre del Capítulo | Contenido |
|---|---|
| 1. Objeto | Presenta el propósito del documento. |
| 2. Alcance | Indica el proceso y el área funcional y/o geográfica sobre los que aplica el documento. |
| 3. Glosario de Términos | Define las palabras especializadas, las siglas y los acrónimos utilizados en el documento. |
| 4. Documentos Aplicables | Presenta los documentos que son necesarios para la ejecución de las actividades relacionadas en el documento y los que sirven de apoyo o amplían la información sobre las actividades a realizar. |
| 5. Condiciones Generales | Describe las directrices que enmarcan las actividades y las condiciones exigidas para su cumplimiento. |
| 6. Descripción del Equipo | Indica los elementos básicos y generales del equipo y su ubicación. Puede contener gráficas, fotografías, planos, etc. que faciliten la descripción. |
| 7. Desarrollo<br>• Instructivo | Este capítulo se prepara de acuerdo con el tipo de documento:<br>Se elabora en forma de texto, colocando el cargo o dependencia responsables al inicio de cada actividad o grupo de actividades. Puede también redactarse en forma de tabla en la cual se precisan las actividades en forma secuencial, los responsables y observaciones con los requisitos específicos que deba tenerse en cuenta. |
| 8. Registros | Establece los sistemas de información, listas de chequeo y/o los formatos en los cuales se debe dejar constancia documental del desarrollo de la norma como mecanismos de control. |
| 9. Contingencia | Describe las actividades a seguir en caso de que las planteadas inicialmente no se puedan llevar a cabo. Se debe indicar si es el caso el funcionario autorizado para realizarlas. |
| 10. Bibliografía | Referencia los documentos consultados para su elaboración. |
| 11. Anexos | Contiene documentos requeridos para complementar lo expuesto. |

Fuente: Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos de ECOPETROL.

**Forma:** la empresa determina la forma en la cual desea que se presentan los documentos de calidad en el Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de

Documentos[40], en este sentido la GCB define las siguientes características, adicionales a los elementos de identificación y control:

- **Márgenes:** Izquierdo: 3 cm; Derecho: 3 cm; Superior: 3 cm; Inferior: 3 cm.
- **Preliminares:** los documentos de la GCB tienen como hoja preliminar la tabla de relaciones de versiones, en donde se relaciona la versión, una breve descripción del cambio y la fecha.
- **Tipo y tamaño de letra:**

Tabla A5. Formato del tipo de letra en documentos de calidad

| CLASIFICACIÓN | TIPO DE LETRA | TAMAÑO |
|---|---|---|
| Títulos primer nivel | Mayúscula Arial negrita | 12 |
| Títulos segundo nivel | Mayúscula Arial negrita | 11 |
| Títulos tercer nivel en adelante | Minúscula Arial negrita | 11 |
| Texto general | Arial | 11 |
| Ejemplos, concordancias y aclaraciones | Arial Cursiva | 10 |

Fuente: Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos de ECOPETROL.

- **Numeración de divisiones y subdivisiones:** los capítulos son las divisiones mayores del documento. Cada capítulo corresponde a un tema específico. Los títulos de cada capítulo se escriben en mayúsculas al costado izquierdo de la página precedido por el numeral respectivo. Las divisiones y subdivisiones clarifican la secuencia, importancia o interrelación. Para la numeración se emplean los números arábigos. Las divisiones principales (primer nivel) de un documento se enumeran en forma continua, empezando por 1. Cada división principal, a su vez, puede subdividirse en cualquier número de niveles. Se recomienda limitar la cantidad de subdivisiones a 4 niveles.

[40] ECOPETROL. Gerencia Complejo Barrancabermeja. Procedimiento para Administración, Control y Elaboración de Documentos. Barrancabermeja. 2003. p.11.

## ANEXO B. Conceptos de estadística descriptiva

Los estudios estadísticos son actividades realizadas para obtener datos cuando estos no existen en una fuente, hay dos tipos de estudios:

1. Experimentales: donde se manipulan las variables para evaluar sus resultados.
2. Observacionales: donde se obtienen datos de las variables sin manipularlas.

Una de las formas de realizar estudios estadísticos observacionales es por medio de *encuestas*. Los siguientes son algunos conceptos de estadística que se emplean para su diseño y análisis.

### B.1 El muestreo

Es el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinadas características en la totalidad de una población, a partir de la observación de una parte de dicha población, denominada muestra.[41]

La *población* es un conjunto de elementos de interés que comparten características comunes, los *elementos* son entidades que poseen la información a recopilar, las *unidades de muestreo* son sectores en los cuales se divide la población y que contienen los elementos que se incluirán en la muestra. La lista de unidades de muestreo se denomina *marco*.

El proceso de diseño del muestreo contiene los siguientes pasos:

1. Definir la población.
2. Determinar el marco de la muestra.
3. Seleccionar la técnica de muestreo.

---

[41] MÜNCH, L y ÁNGELES, E. Métodos y Técnicas de la Investigación. Méjico. Trillas. 1990. p. 99.

4. Determinar el tamaño de la muestra.
5. Ejecutar el proceso de muestreo.[42]

Las técnicas de muestreo se clasifican en:

- Probabilísticas: en las cuales cada elemento tiene una probabilidad determinada de ser seleccionado.
- No probabilísticas: la selección de la muestra depende más del criterio del investigador que de una selección aleatoria.
- Con reemplazo: cada elemento puede elegirse más de una vez.
- Sin reemplazo: cada elemento se puede elegir solo una vez.

Entre las técnicas de muestreo probabilísticas se encuentra el *muestreo aleatorio simple* (MAS), que consiste en tomar una muestra de tamaño 'n' que tenga la misma probabilidad de ser seleccionada que otra del mismo tamaño, esto se logra tomando una muestra aleatoria del marco.

También existen otras técnicas probabilísticas como las de muestreo estratificado, sistemático, de grupo y por conglomerados.

Las etapas para determinar el *tamaño de la muestra* en el MAS por la estrategia del intervalo de confianza son:

1. Definir el tamaño de la población a la cual se realizará el muestreo.
2. Determinar el nivel de confianza que se desea obtener, por ejemplo 95%, 90%, 80%, etc.
3. Encontrar el valor z (número de errores estándar de la media a un punto) correspondiente al nivel de confianza, por medio de las tablas de la distribución de probabilidad normal.
4. Estimar la probabilidad de éxito (p) de acuerdo a las características del fenómeno en estudio, en caso de no conocerlas se sugiere usar una probabilidad del 50%.

[42] MALHOTRA, Naresh. Investigación de Mercados. Méjico. Prentice Hall. 1997. p. 360.

5. Aplicar la formula:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{Ne^2 + Z^2 pq} \quad \text{(B1)}$$

Donde: Z = número calculado en el paso 3.
N = número de elementos en la población.
p = probabilidad de éxito.
q = probabilidad de fracaso.
e = error de estimación.[43]

## B.2 Análisis de la Información

El primer paso en el análisis de los datos recolectados es la detección de errores u omisiones, por medio de la organización tabulada de los datos; después se emplea la *estadística descriptiva* para realizar la representación de los datos por métodos tabulares, gráficos y numéricos; y finalmente se realiza una inferencia estadística sobre las características de la población muestreada.

Los errores que surgen en las *encuestas* se clasifican en:

- Errores ajenos al muestreo: producidos por errores en la medición de la característica de interés, errores del entrevistador, errores de procesamiento de los datos, entre otros.
- Errores de muestreo: los que se presentan por no encuestar a cada elemento existente en la población.[44]

Los métodos tabulares y gráficos que se emplean en la estadística descriptiva son: la distribución de frecuencias, la gráfica de barras, el diagrama de pastel, la gráfica de puntos, el histograma, la ojiva, el diagrama de caja, la tabulación cruzada. Y en la descriptiva numérica se emplean las medidas de tendencia central y de dispersión.

---

[43] MÜNCH, L y ÁNGELES, E. Métodos y Técnicas de la Investigación. Méjico. Trillas. 1990. p. 103.

[44] ANDERSON, Sweeney. Estadística para Administración y Economía. Méjico. Tomson. Vol I. p. 295.

Como complemento al análisis estadístico es necesario realizar un análisis lógico de la información, que puede ser:

- Descriptivo: análisis individual de cada pregunta, para luego analizarla en conjunto.
- Dinámico o sistemático: análisis del problema, basado en el descriptivo para estudiar la interrelación de variables.
- De identificación de la problemática: requiere del dinámico para encontrar alternativas de solución a la problemática.[45]

[45] MÜNCH, L y ÁNGELES, E. Métodos y Técnicas de la Investigación. Méjico. Trillas. 1990. p. 144.

## ANEXO C. Cuestionario de la encuesta

| EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS ECOPETROL | GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA | **PMT-00-F-XXX** | |
|---|---|---|---|
| | **FORMATO PARA LA** | 30/07/2004 | 1/1 |
| | **REALIZACIÓN DE ENCUESTAS** | ACT: **1** | PMT |

Sergio Salinas

### ENCUESTA SOBRE INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO

| **OBJETIVO** |
|---|
| Identificar conocimiento, uso y opiniones sobre los instructivos de mantenimiento en el área de instrumentos, para actualizarlos, promoverlos y mejorarlos continuamente. |

| **INSTRUCCIONES** |
|---|
| Responda cada una de las preguntas con sinceridad, ayudará a su empresa a mejorar continuamente. Las preguntas que no requieran de respuesta serán indicadas. Esta información es confidencial por tal motivo no requiere de su nombre ni registro. |

Sección:_____Fecha:_____

1 ¿Cuánto tiempo lleva laborando en la GCB? ¿En qué áreas?

| ÁREA | TIEMPO |
|---|---|
| Metrología | |
| Analítica | |

| | |
|---|---|
| Taller de instrumentos | |
| Comunicaciones | |
| Grupos de Mantenimiento | |

2 ¿A qué instrumentos realiza o ha realizado mantenimiento con más frecuencia?

_____

_____

3 ¿Qué es un instructivo para mantenimiento?

_____

_____

4 ¿Cuál es el objetivo de un instructivo para mantenimiento?

_____

_____

5 ¿Qué nivel de importancia tienen los instructivos en operaciones de mantenimiento?

Muy importantes

Regularmente importantes

De baja importancia

Sin importancia

¿Porqué? _____

_____

6 ¿Conoce los instructivos de mantenimiento elaborados por personal de Ecopetrol?

Si No

*Nota: Si contesto NO a esta pregunta, por favor desplácese a la pregunta No. 7.*

6a ¿Cuál fue la fuente de este conocimiento?

Capacitación.
Información dada por el jefe.
Información dada por un compañero.
Libros.
Otra:_____

6b Si un compañero le pregunta ¿dónde puedo encontrarlos?, ud. que respondería:
_____
_____

6c ¿Implementa los pasos que indican los instructivos para realizar sus labores?
Si No
¿Porqué? _____

6d Escriba los códigos de los Instructivos que implementa entre los que aparecen en la siguiente pagina.
_____
_____

6e ¿Cuáles de los instructivos de su sección no se usan por obsolescencia o desaparición del equipo o del mismo instructivo?
_____
_____

6f ¿Cómo considera los instructivos de mantenimiento qué conoce?
Completos.
Suficientes
Una guía.
Incompletos.
Irreales.
Innecesarios.

¿Porqué? _____

_____

6g ¿Qué le hace falta a los procedimientos que conoce?

_____

_____

7 Déjeme conocer su opinión sobre: ¿Cómo puede la empresa promover el uso de los instructivos en el área de instrumentos?

_____

_____

En este espacio en blanco puede escribir lo que desee…

## ANEXO D. Lista de instructivos y formatos del área de instrumentos

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS ECOPETROL

GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA

**LISTA DE INSTRUCTIVOS Y FORMATOS**

**DEL ÁREA DE INSTRUMENTOS**

Sergio Salinas — Septiembre de 2004

| ANALÍTICA | | |
|---|---|---|
| **No.** | **Código** | **Título** |
| 1 | PMT-00-I-079 | Instructivo Calibración Basculas Aditivo Poly I Y Ii |
| 2 | PMT-00-I-083 | Instructivo De Verificación Y Calibración Bascula Camionera De 100ton |
| 3 | PMT-00-I-502 | Mantenimiento Analizadores De O2 Westinghouse Ar47055 |
| 4 | PMT-00-I-503 | Mantenimiento Analizador Worldclass 3000 |
| 5 | PMT-00-I-504 | Mantenimiento Analizadores O2 Oxy 4000 |
| 6 | PMT-00-I-505 | Mantenimiento Cromatógrafos ABB 3100 |
| 7 | PMT-00-I-506 | Arranque Computadores De Flujo Telemetría Gas |
| 8 | PMT-00-I-508 | Mantenimiento Analizador De O2 Johnson Yokogawa |
| 9 | PMT-00-I-509 | Congelamiento De Señales Sistema De Telemetría De Gas |

| EQUIPOS DE LABORATORIO | | |
|---|---|---|
| **No.** | **Código** | **Título** |
| 10 | PMT-00-I-507 | Mantenimiento Analizador De Punto De Ablandamiento |
| 11 | PMT-00-I-511 | Mantenimiento Destiladores Herzop Modelo Mp626/627 |
| 12 | PMT-00-I-512 | Mantenimiento Cromatógrafo Pelkin Elmer Y Shimadzu |
| 13 | PMT-00-I-513 | Mantenimiento Analizador Punto De Inflamación Herzop Mc315 |
| 14 | PMT-00-I-514 | Mantenimiento De Analizador Punto De Anilina Ap611 |
| 15 | PMT-00-I-515 | Mantenimiento Medidor De Opacidad |
| 16 | PMT-00-I-516 | Mantenimiento Extrusores De Película |

| | | |
|---|---|---|
| 17 | PMT-00-I-517 | Mantenimiento Espectrofotómetro Infrarrojo Ir 470 |
| 18 | PMT-00-I-519 | Mantenimiento Determinador De Brillo |
| 19 | PMT-00-I-521 | Mantenimiento Plastómetros De Extrusión |
| 20 | PMT-00-I-522 | Mantenimiento Baños De Corrosión Y Viscosidad |
| 21 | PMT-00-I-523 | Mantenimiento Horno Microcarbón Residual Marca Alcor |
| 22 | PMT-00-I-524 | Mantenimiento Integradores Marca Shimadzu Cr1b |
| 23 | PMT-00-I-525 | Mantenimiento Analizador De Sal En Crudos Marca Analis |
| 24 | PMT-00-I-526 | Mantenimiento Titulador Automático Marca Mitler Dl25 |
| 25 | PMT-00-I-527 | Mantenimiento Unidad Destilación Marca Herzop Mc630 |
| 26 | PMT-00-I-528 | Mantenimiento Colorímetro Saybolt |
| 27 | PMT-00-I-529 | Mantenimiento Medidor Detonación Marca Waukesha |
| 28 | PMT-00-I-530 | Mantenimiento Titulador De Humedad Mtroohm |
| 29 | PMT-00-I-531 | Mantenimiento Analizador De Azufre Productos Del Petróleo |
| 30 | PMT-00-I-533 | Mantenimiento Cromatógrafos Hewlett Packard |
| 31 | PMT-00-I-534 | Mantenimiento Equipo Oxidación Térmica Del JetA |
| 32 | PMT-00-I-541 | Mantenimiento Densímetro Digital |
| 33 | PMT-00-I-542 | Mantenimiento Espectrofotómetro Shimadzu |
| 34 | PMT-00-I-544 | Mantenimiento Refractómetro Leica Auto Abbe |
| 35 | PMT-00-I-545 | Mantenimiento Maquina Centrifuga |
| 36 | PMT-00-I-546 | Mantenimiento Horno Microondas |
| 37 | PMT-00-I-547 | Mantenimiento Analizador De Punto De Inflamación Automático |

| **METROLOGÍA Y GRUPOS DE MANTENIMIENTO** | | |
|---|---|---|
| **No.** | **Código** | **Título** |
| 1 | PMT-00-I-001 | Instructivo Para Verificación Y Calibración De Transmisores De Presión Manométrica |
| 2 | PMT-00-I-002 | Instructivo Para Verificación Y Calibración De Transmisores De Temperatura |
| 3 | PMT-00-I-003 | Instructivo Para Verificación De La Medición De Termopares |
| 4 | PMT-00-I-004 | Instructivo Para El Mantenimiento De Los Medidores De Flujo De Desplazamiento Positivo |
| 5 | PMT-00-I-005 | Instructivo Para Calibración Y Ajuste De Transmisores De Nivel Enraf |

| | | |
|---|---|---|
| | | Modelo 811 |
| 6 | PMT-00-I-006 | Instructivo Para Calibrar Y Ajustar Transmisores De Nivel Enraf Modelo 854 |
| 7 | PMT-00-I-007 | Instructivo Para Revisión De Mediciones En DCS Sistema De Control Distribuido |
| 8 | PMT-00-I-008 | Instructivo Para Verificación Y Calibración De Transmisores De Flujo |
| 9 | PMT-00-I-009 | Instructivo Para Calibración Y Ajuste De Densitómetros Radiactivos Modelo 3680 Rosemount |
| 10 | PMT-00-I-010 | Instructivo Para Verificación De La Medición En Transmisores De Nivel |
| 11 | PMT-00-I-011 | Instructivo Para Verificación De Las Mediciones En Transmisores Inteligentes Con Protocolo Hart |
| 12 | PMT-00-I-012 | Instructivo Para Calibración Y Ajuste Del Calibrador / indicador Para Termocoplas Doric Mod. 473 Patrón De Trabajo |
| 13 | PMT-00-I-013 | Instructivo Para La Calibración Y Ajuste Del Calibrador / indicador Para Rtd Doric Mod. 475 Patrón De Trabajo |
| 14 | PMT-00-I-014 | Instructivo Para Calibración Y Ajuste Del Calibrador De Corriente Marca Transmation Modelo 1028 |
| 15 | PMT-00-I-015 | Instructivo Para Calibración Y Ajuste De Manómetros De Carátula |
| 16 | PMT-00-I-016 | Instructivo Para Calibración Y Ajuste De Multímetros Fluke Utilizados Como Patrón De Trabajo |
| 17 | PMT-00-I-017 | Instructivo Para Calibrar Y Ajustar El Calibrador Para Termocoplas Tipo E De La Marca Transmation |
| 18 | PMT-00-I-018 | Instructivo Para Calibración Y Verificación De Termocoplas Y Rtd |
| 19 | PMT-00-I-076 | Instructivo Para Verificación Y Ajuste De Controladores E Indicadores Foxboro M/761 |
| 20 | PMT-00-I-077 | Instructivo Para Verificación; Calibración Y Ajuste De Transmisores De Alta Presión Marca T-Hydronics |
| 21 | PMT-00-I-079 | Instructivo Calibración Basculas Aditivo Poly I Y Ii |
| 22 | PMT-00-I-080 | Instructivo Para Verificación; Calibración Y Ajuste De Transmisores De Temperatura Neumáticos |
| 23 | PMT-00-I-081 | Instructivo De Verificación Para Indicadores Y Reg. 5412t Y 130m |

| | | |
|---|---|---|
| 24 | PMT-00-I-084 | Instructivo Para Verificación; Calibración Y Ajuste De Indicadores De Temperatura Tipo Thi |
| 25 | PMT-00-I-085 | Instructivo Verificación Y Calibración Transmisor Sor |
| 26 | PMT-00-I-086 | Instructivo Para La Verificación, Calibración Y Mantenimiento De Controladores Foxboro M130 |
| 27 | PMT-00-I-087 | Instructivo Para Sacar Y Colocar En Servicio Manifolds De 3 Vías |
| 28 | PMT-00-I-506 | Arranque Computadores De Flujo Telemetría Gas |
| 29 | PMT-00-I-509 | Congelamiento De Señales Sistema De Telemetría De Gas |
| 30 | PMT-00-I-541 | Mantenimiento Densímetro Digital |
| 31 | PMT-00-I-552 | Instructivo Para Comparación Y Ajuste De Indicadores De Presión. |

| TALLER DE INSTRUMENTOS | | |
|---|---|---|
| **No.** | **Código** | **Título** |
| 1 | PMT-00-I-551 | Manejo Y Operación Del Torno De Instrumentos |
| 2 | PMT-00-I-552 | Instructivo Para Comparación Y Ajuste De Indicadores De Presión. |
| 3 | PMT-00-I-553 | Para Inspección Y Reparación De Válvulas De Control En El Taller |
| 4 | PMT-00-I-554 | Revisión Y Reparación Válvulas De Presión Y Vacío En Taller PMT |

| COMUNICACIONES | | |
|---|---|---|
| **No.** | **Código** | **Título** |
| 1 | PMT-00-I-500 | Mantenimiento Cargadores De Baterías SCI |
| 2 | PMT-00-I-501 | Mantenimiento Tarjetas Comunicación Dpc3330 |
| 3 | PMT-00-I-510 | Mantenimiento Inversores SCI 3; 5; 15 KVA. |
| 4 | PMT-00-I-520 | Mantenimiento Repetidoras Quantro |
| 5 | PMT-00-I-543 | Mantenimiento UPS Emerson Sice Uop2 |
| 6 | PMT-00-I-555 | Instructivo Para el Manejo de Radios Digitales |

| INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO | | |
|---|---|---|
| **No.** | **Código** | **Título** |
| 1 | PMT-00-I-007 | Instructivo Para Revisión De Mediciones En DCS Sistema De Control Distribuido |
| 2 | PMT-00-I-532 | Mantenimiento Preventivo Procesos PMPEI |
| 3 | PMT-00-I-535 | Danload 6000 Envía Pulsos A Válvula Set Stop |
| 4 | PMT-00-I-536 | Instructivo Cambio Operación Danload M/A Y/O |
| 5 | PMT-00-I-537 | Instructivo Danload 6000 Envía Pulsos A Bomba |
| 6 | PMT-00-I-538 | Instructivo Config.Dynamic Data Danload 6000 |
| 7 | PMT-00-I-539 | Instructivo Para Leer; Salvar Y Grabar En Memoria Danload |
| 8 | PMT-00-I-540 | Instructivo Prog.Factores De Medición Danload 6000 |
| 9 | PMT-00-I-548 | Instructivo Configuración Danload 6000 |

| OTROS | | |
|---|---|---|
| **No.** | **Código** | **Título** |
| 1 | PMT-00-I-078 | Instructivo Medidores De Nivel Kay Ray Modelo 4760 |
| 2 | PMT-00-I-082 | Verificación Y Calibración Indicadores De Velocidad De Extrusores Y Cortadores |
| 3 | PMT-00-I-518 | Mantenimiento Prensas Hidráulicas |
| 4 | PMT-00-I-549 | Instructivo Reparación Y Ajuste Celdas Neumáticas 13a; 15a; 11gm Otros |
| 5 | PMT-00-I-550 | Instructivo Para Revisión Y Verificación De Platinas De Orificio |

| FORMATOS | | |
|---|---|---|
| **No.** | **Código** | **Título** |
| 1 | PMT-00-F-001 | Ficha Técnica Para Equipos E Instrumentos De Medición |
| 2 | PMT-00-F-002 | Hoja De Control Para Instrumentos Y Equipos De Medición |
| 3 | PMT-00-F-003 | Programa De Verificación Y Calibración De Instrumentos |
| 4 | PMT-00-F-004 | Inventario De Instrumentos Y Equipos De Medición |

| | | |
|---|---|---|
| 5 | PMT-00-F-005 | Inventario De Patrones |
| 6 | PMT-00-F-006 | Formato De Calibración De Termocuplas |
| 7 | PMT-00-F-007 | Formato De Calibración De Rtd |
| 8 | PMT-00-F-008 | Formato Para Calibración De Básculas |
| 9 | PMT-00-F-009 | Formato Para La Calibración De Instrumentos Y Equipos De Medición |
| 10 | PMT-00-F-010 | Formato Para La Calibración De Densitómetros |
| 11 | PMT-00-F-011 | Formato Para Revisión De Telemétricos De Niveles |
| 12 | PMT-00-F-012 | Formato Para Calibración De Cintas Métricas A Vacío |

## ANEXO E. Tabla de resultados de la encuesta

| | No. DE ENCUESTA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CONCEPTO** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** |
| **Años de experiencia** | 1 | 2 | 4 | 1 | 2.5 | 5 | 6 | 1 | 1 | 1 | 13 | 0.2 | 1 | 1 | 3 | 16 | 17 | 1 |
| **Nivel de importancia** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muy importantes | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Regular | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Bajo | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No importante | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **¿Conoce los instructivos?** | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| **¿Implementa los instructivos?** | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| **Fuente de conocimiento** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capacitación | 1 | | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | |
| Compañeros | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | 1 | | |
| Jefe | 1 | | | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | | | |
| Libros | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Intranet | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Experiencia | | | | | | | | | | | | | | | | | **1** | |
| **¿Cómo los considera?** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Una Guía | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | |
| Suficientes | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Completos | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| Incompletos | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Innecesarios | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Irreales | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Falencias** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capacitación y divulgación | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Actualización | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 |
| Concientización | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | | | | |
| Profundidad | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | | | |
| Diagramas y/o fotos | | | | **1** | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| **Sugerencias** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Norma: con cada OT* | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | |
| Contingencias | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | |
| Incentivos | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |

Las posiciones con el número ‘1’ indican respuesta afirmativa y los espacios en blanco indican sin respuesta o respuesta negativa.

* Implantar como norma el uso del instructivo con cada Orden de Trabajo (OT).

## ANEXO F. Tabla de observaciones particulares de instructivos

El símbolo '•' en la tabla, significa que está pendiente por actualizar el capítulo, del documento respectivo, ubicado en la fila. Cada punto en la columna de observaciones representa un símbolo '•' interno a la tabla.

| Código | Título | Objetivo | Alcance | Glosario | Doc. Referencia | Cond. Generales | Descrip. Equipo | Desarrollo | Registros | Contingencias | Bibliografía | Anexos | Observaciones Particulares |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PMT-00-I-001 | Instructivo Para Verificación Y Calibración De Transmisores De Presión Manométrica | | • | | | | | • • • • | | • | | | • Especificar en el título y el alcance que aplica solo para Transmisores Análogos.<br>• En el subtítulo 7.1 entre los pasos g y h, insertar: 'Desacoplar el Proceso del Transmisor, desconectando, con la llave de expansión, la entrada de producto al sensor.<br>• Eliminar el paso 7.3.f, pues éste se realiza en las indicaciones finales.<br>• Colocar el capítulo de Ajustes como un subtítulo del capítulo de Calibración y reasignar numeración.<br>• Anexar a las contingencias la tabla de Posibles Fallas que se encuentra en el manual del 1151. |
| PMT-00-I-002 | Instructivo Para Verificación Y | | • | | | | | • • | | | | | • Especificar en el título y el alcance que aplica solo |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Calibración De Transmisores De Temperatura | | | | | | | | | | | | para Transmisores Análogos.<br>• Reinsertar las figuras 2 y 3 del instructivo, pues tienen una falla en el archivo magnético.<br>• Colocar el capítulo de Ajustes como un subtítulo del capítulo de Calibración y reasignar numeración. |
| PMT-00-I-003 | Instructivo Para Verificación De La Medición De Termopares | | | | | | | | | • | | | • Escribir los pasos que se llevan a cabo cuando se cambia una termocupla. |
| PMT-00-I-005 | Instructivo Para Calibración Y Ajuste De Transmisores De Nivel Enraf Modelo 811 | | | | | | • | • | | | | | • Mejorar la descripción del equipo.<br>• Colocar el capítulo de Ajustes como un subtítulo del capítulo de Calibración y reasignar numeración.<br>• Modificar el paso 7.1.c, especificando que se compara la medida con cinta contra la del indicador local.<br>• La '*Nota 3*' del capítulo 7.2 debe ir después del paso e del mismo capítulo. |
| PMT-00-I-006 | Instructivo Para Calibrar Y Ajustar Transmisores De Nivel Enraf Modelo 854 | | | | | | • | • | | | | | • Mejorar la descripción del equipo.<br>• Colocar el capítulo de Ajustes como un subtítulo del capítulo de Calibración y reasignar numeración.<br>• Modificar el paso 7.1.d, especificando que se compara la medida con cinta contra la del indicador local. |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PMT-00-I-007 | Instructivo Para Revisión De Mediciones En DCS Sistema De Control Distribuido | | | | | • | | | | • | | | • Clarificar los pasos a realizar en la configuración del ítem 5.d.<br>• En el ítem 8.a especificar el cómo cambiar los parámetros de la base de datos o definir si lo realiza el ingeniero. |
| PMT-00-I-008 | Instructivo Para Verificación Y Calibración De Transmisores De Flujo | | | | | | | • | | | | | • Colocar el capítulo de Ajustes como un subtítulo de Calibración y reasignar numeración. |
| PMT-00-I-011 | Instructivo Para Verificación De Las Mediciones En Transmisores Inteligentes Con Protocolo Hart | | | | | | | • • | | | | | • Colocar el capítulo de Ajustes como un subtítulo de Calibración y reasignar numeración.<br>• Realizar instructivos para cada Hand Held por aparte.* |
| PMT-00-I-503 | Mantenimiento Analizador Worldclass 3000 | | | | | | | • • | | | | | • Eliminar la repetición de los Capítulos 7.2.1 y 7.2.2<br>• Agregar Indicaciones Previas y finales para recibo y entrega del analizador. |
| PMT-00-I-505 | Mantenimiento Cromatógrafos ABB 3100 | | | | | | • | • • • • | • | | | | • Adicionar fotos o diagramas del Cromatógrafo.<br>• Establecer algunos pasos para solucionar fallas en el cromatograma.<br>• Incluir procedimiento de cambio de Columnas.<br>• Agregar el mantenimiento correctivo que se hace a las válvulas CP actualmente.<br>• Incorporar el formato de la tabla de Método, que se |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | lleva a este equipo, en el sistema de calidad. |
| PMT-00-I-553 | Para Inspección Y Reparación De Válvulas De Control En El Taller | | | | | | • | • • | | | | | • Incluir foto o diagrama de una válvula de control.<br>• Adicionar pasos de prueba de sello de la válvula.<br>• En el paso 7.2.g se refiere a la calibración del posicionador, crear instructivos para tal fin. |

*Observación realizada por el Supervisor Edgar Marín.

## ANEXO G. Instructivo para el mantenimiento del analizador de RVP

Como soporte para el texto principal se presenta el instructivo desde la siguiente página, con la estructura y el contenido requeridos por la empresa.

# INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DEL ANALIZADOR DE RVP MARCA ABB MODELO 4100

| ELABORÓ | REVISO | APROBÓ |
|---|---|---|
| Sergio Alexander Salinas | | |
| 2004-10-03 | | |

# TABLA DE CONTENIDO

**Pág.**


| | | |
|---|---|---|
| 1. | OBJETO | 4 |
| 2. | ALCANCE | 4 |
| 3. | GLOSARIO | 4 |
| 4. | DOCUMENTOS DE REFERENCIA | 5 |
| 5. | CONDICIONES GENERALES | 5 |
| 5.1 | DE SEGURIDAD | 5 |
| 5.2 | DE PERSONAL | 6 |
| 5.3 | DE HERRAMIENTAS | 7 |
| 5.4 | DE TRABAJO | 7 |
| 6. | DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO | 8 |
| 6.1 | PARTES QUE LO CONFORMAN | 8 |
| 6.1.1 | Compartimiento Electrónico | 8 |
| 6.1.2 | Compartimiento de Celda de Análisis | 9 |
| 6.1.3 | Sistema de Muestreo | 10 |
| 6.2 | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | 10 |
| 6.3 | CICLO DE OPERACIÓN NORMAL | 11 |
| 7. | DESARROLLO | 13 |
| 7.1 | INDICACIONES PREVIAS | 13 |
| 7.2 | MANTENIMIENTO PREVENTIVO (VERIFICACIÓN) | 14 |
| 7.2.1 | Purgado De La Jeringa | 14 |
| 7.2.2 | Vaciado De La Jeringa | 15 |
| 7.2.3 | Prealistamiento de la Muestra | 15 |
| 7.2.4 | Llenado De La Jeringa | 16 |
| 7.2.5 | Conexión de la Jeringa | 16 |

7.2.6 Reinicio del Ciclo de Análisis 17
7.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO 18
7.3.1 Revisión De Parámetros De Configuración 18
7.3.2 Ajuste de Elevación 21
7.3.3 Ajustes de Cero y Rango de Operación 22
7.3.4 Sensor de Nivel Fuera de Rango 24
7.3.5 Presión de Purga Fuera de Especificaciones 26
7.4 INDICACIONES FINALES 27
8. REGISTROS 28
9. CONTINGENCIAS 29
9.1 TEMPERATURA FUERA DEL RANGO DE MEDICION 29
9.2 TEMPERATURA FUERA DEL RANGO DEL INSTRUMENTO 29
9.3 TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO VARIABLE 30
10. BIBLIOGRAFÍA 30
11. ANEXOS 31

## 1. OBJETO

Establecer las actividades a realizar para asegurar el adecuado mantenimiento del analizador de Presión de Vapor Reid (RVP) marca ABB modelo 4100.

## 2. ALCANCE

Este instructivo está dirigido al personal de mantenimiento de instrumentos para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo del RVP 4100, localizado en el Shelter de Gasolina de la Casa de Bombas 9 de la Gerencia Complejo Barrancabermeja (GCB).

## 3. GLOSARIO

**ABB:** Empresa alemana que diseña y construye equipos electrónicos.

**Baño de hielo:** Cúmulo de hielo inmersos en un recipiente que sirve para enfriar muestras y/o equipos.

**Presión de Vapor Reid (RVP):** Presión ejercida por el vapor de un derivado del petróleo calentado a 37.8 °C (100 °F) sobre un volumen de líquido en un recipiente cerrado.

**Repetibilidad:** La diferencia entre resultados de ensayos sucesivos obtenidos por el mismo operador con el mismo equipo bajo condiciones de operación constantes en la misma muestra de ensayo.

**Reproducibilidad***:* La diferencia entre dos resultados únicos e independientes, obtenidos por diferentes operadores trabajando en diferentes laboratorios sobre la misma muestra de ensayo debería

**Shelter**: Casa donde se encuentra el RVP y otros analizadores.

**Sistema de Recolección de Líquidos:** Sistema que almacena los drenajes y venteos del sistema de analizadores.

**Syringe**: Palabra inglesa que significa jeringa.

**Syringe Bleed**: Palabra inglesa que significa goteo de jeringa.

**Vortex:** Dispositivo que enfría con aire, por intercambio de calor, la muestra a analizar en el analizador.

## 4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- OPERATION AND SERVICE MANUAL, Model 4100 Low RVP Analyzer and Model 4101 High RVP Analyzer. ABB, Dec 2001.

- PSD-00-I-163. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA PRESIÓN DE VAPOR DE PRODUCTOS DEL PETRÓLEO (MÉTODO REID) (ASTM D 323). Jairo Maldonado. Dic. 2001

## 5. CONDICIONES GENERALES

### 5.1 DE SEGURIDAD

- Utilizar Elementos de Protección Personal tales como: Camisas de dotación manga larga, casco, tapones auditivos, guantes de vaqueta y gafas de seguridad.

- Utilizar máscara 3M para protección de gases y posibles residuos.

- Usar guantes de Nitrilo para manipular las muestras de gasolina.

- Usar bolsos o maletines que tengan correa de agarre para llevar herramientas o equipo, para tener libertad de agarre de las manos.

- Hacer inspección del sitio para identificar riesgos, identificar las rutas de evacuación, ubicar equipos contra incendios más cercanos y puntos de encuentro.

- Solicitar permiso escrito para trabajo en frío al personal de Operaciones y realizar el análisis de los 3Que, siguiendo los trámites especificados en el Manual de normas de Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

- Si se pretende abrir los compartimentos a prueba de explosión del equipo, realizar Análisis de Trabajo Seguro (ATS), pues esto puede llegar a generar una situación peligrosa al existir gases volátiles en el ambiente.

- Siempre revisar que los sensores, la presión interna del shelter, el sistema de aire y ventilación y el sistema de alarma del shelter antes de comenzar cualquier labor.

- Antes de ingresar al Shelter asegurarse de desacalorar el cuerpo en la sombra.

- Antes de comenzar la labor realizar el aislamiento seguro del equipo y adicionar tarjetas y candados según el instructivo PSD-00-IN-010.

## 5.2 DE PERSONAL

- Un técnico instrumentistas o ingeniero electrónico con conocimientos en: seguridad industrial, sistema de analizadores de la Casa de Bombas 9, electricidad estática, manejo de equipos electrónicos y de muestras de gasolina según la Norma ASTM D323.

- Un operador con conocimiento en el funcionamiento de los analizadores, el sistema de control y monitoreo de los analizadores de la Casa de Bombas 9.

- Un analista de laboratorio que adquiera las muestras, el baño de hielo y el análisis de RVP, con conocimientos sobre la Norma ASTM D323 y el analizador de RVP.

## 5.3 DE HERRAMIENTAS

- Tres contenedores tapados de ¼ de litro con gasolina, sumergidos en 3 baños de hielo.
- Resultados de análisis de RVP de laboratorio de una de las muestras.
- Dos vasos de precipitación de 50 ml para recolección de muestra drenada.
- Jeringa y aguja del equipo RVP 4100, introducidas en una bolsa plástica y ésta en el baño de hielo.
- Termómetro.
- Multímetro.
- Llave fija de ½''.
- Destornillador eléctricamente aislado.
- Mazo de caucho.
- Manguera flexible de 1 metro.
- Manilla con cable para conexión a tierra.

## 5.4 DE TRABAJO

- Leer la Historia del transmisor actualizada con su última verificación o configuración.

- Solicitar permiso para extraer 4 muestras de gasolina en contenedores de ¼ de litro, inmersos en un baño de hielo que se encuentre entre los 0 y 2ºC.

- Informar al personal de operaciones que el equipo estará fuera de servicio durante un tiempo.

- En caso de necesitar abrir uno de los compartimentos a prueba de explosiones, use la manilla con cable aterrizado para prevenir la generación de electricidad estática, desde que comience a quitar los tornillos.

## 6. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El RVP 4100 es un analizador 'En-Línea' que acondiciona una muestra de gasolina producto extraída del proceso y mide su RVP en un tiempo aproximado de 8.5 minutos. Tiene una salida análoga 4-20mA proporcional a la medición de RVP y su estructura está diseñada a prueba de explosiones.

### 6.1 PARTES QUE LO CONFORMAN

#### 6.1.1 Compartimiento Electrónico

Posee en su interior 3 tarjetas electrónicas, una detrás de la otra:

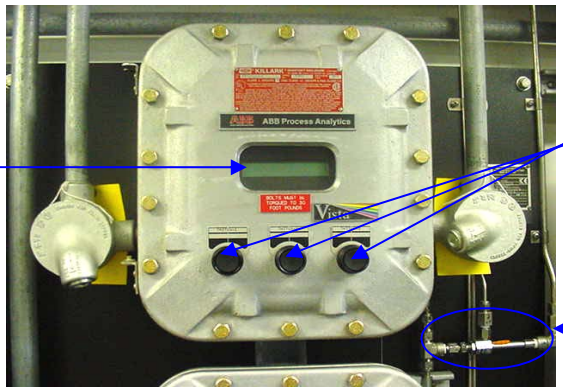



Figura 1. Vista Frontal del compartimiento Electrónico

**Tarjeta electrónica lógica**: encargada de controlar variables, procesar señales, detectar fallas o daños, controlar el proceso y enviar información, está ubicada en el fondo del compartimiento.

**Tarjeta electrónica fuente**: encargada de convertir tensión AC a DC. En ésta se encuentran las conexiones de 120Vac, señales de entrada y salida, está ubicada en medio del compartimiento.

**Tarjeta electrónica de visualización**: muestra los mensajes en un Indicador local y permite el acceso a los programas a través de 3 botones, está ubicada detrás de la tapa del compartimiento. Ver Figura1.

### 6.1.2 Compartimiento de Celda de Análisis

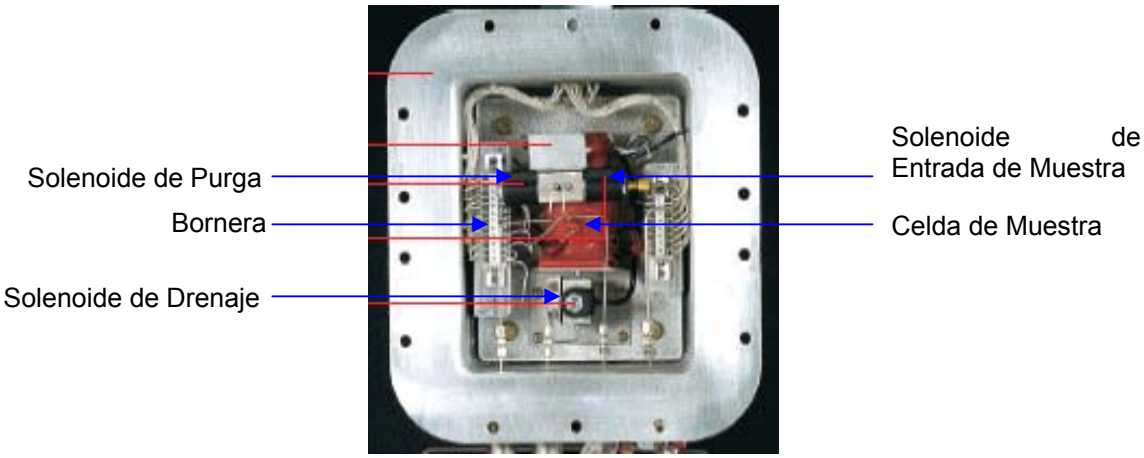



Figura 2. Interior del compartimiento de análisis

Dentro de este compartimiento se realiza: el calentamiento y la evaporación del combustible en la **celda de muestra** (diseñada de acuerdo a la Norma ASTM D323), el control del muestreo, purga, drenaje a través de **3 válvulas solenoides** y la comunicación con el compartimiento electrónico por medio de **borneras** donde se encuentran conectadas: las válvulas, los sensores, el calentador; el sensor de nivel, el sensor de temperatura y el sensor de presión en la celda. Ver Figura2.

### 6.1.3 Sistema de Muestreo

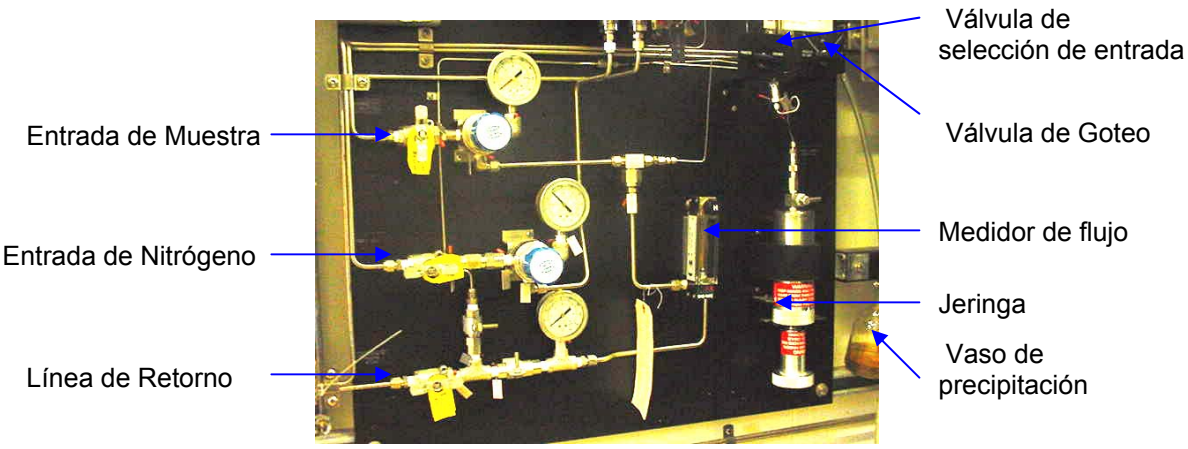



Figura 3. Sistema de Acondicionamiento de Muestra.

Permite el acceso, filtrado, drenaje y regulación de la entrada y salida de producto y nitrógeno a la celda, está conformado por filtros, reguladores de presión, válvulas, jeringa, vortex (ver Figura1), silenciador y un indicador de flujo. Ver Figura3.

## 6.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

| Característica | Valor |
|---|---|
| Tiempo de un ciclo de análisis | 8.5 minutos. |
| Salida análoga aislada | 4-20 mA |
| Salida digital de alarma | 28 Vdc a 0.1A máximo. Normalmente Abierta. |
| Salida digital de fin de ciclo. | 28 Vdc a 0.1A máximo. Normalmente Abierta. |
| Tamaño de la muestra | 2.5ml. |
| Rango de operación | 0-20 psia. |
| Repetibilidad | 0.05 psia. |
| Reproducibilidad | 0.2 psia. |

| | |
|---|---|
| Precisión del transductor de presión | 0.5% de la escala total. |
| Presión mínima de muestra | 35 psia. |
| Presión mínima del Gas de purga | 30 psig. |
| Temperatura ambiente máxima | 32ºC. |
| Temperatura de muestra máxima | 32ºC. |
| Jeringa de acero inoxidable | 95cc con presión de 28-30psig |
| Enfriamiento de muestra | Con vortex |
| Alimentación eléctrica | 15/220/240 Vac, 50/60 Hz, 2A |
| Gas de purga | Nitrógeno |
| Material de sellos | Kalrez. |

*NOTA: Debido a las limitaciones de la presión mecánica de la jeringa, el uso debe ser restringido a muestras estándar cuyos valores de RVP son inferiores a 15psia.*

## 6.3 CICLO DE OPERACIÓN NORMAL

Las acciones que realiza el analizador para medir el RVP son las siguientes:

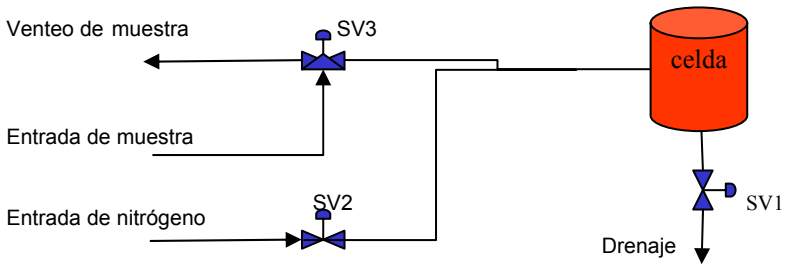



Figura 4. Sistema de análisis.

| ACCIÓN | SV1 | SV2 | SV3 | MENSAJE EN EL INDICADOR LOCAL |
|---|---|---|---|---|
| Calienta la celda a la temperatura de operación (100ºF). | OFF | OFF | OFF | HEATING SAMPLE CHAMBER CELL TEMPERATURE 99.8° F |
| Purga la celda con Nitrógeno por 20 seg. | ON | ON | OFF | HEATING SAMPLE CHAMBER CELL TEMPERATURE 99.8° F |
| Pasa una muestra para limpiar impurezas. | OFF | OFF | ON | MEASURING CELL FILLED |
| Purga la celda con Nitrógeno tres veces. | ON | ON | OFF | RVP(100.0° F) 0.00 PSI or 00 mbar/0.0 kPa<br>*Nota: Dato medido anterior.* |
| Calienta la celda a la temperatura de operación (100ºF) a presión atmosférica. | ON | OFF | OFF | HEATING SAMPLE CHAMBER CELL TEMPERATURE 99.8° F |
| Mide la presión y la establece como cero. | ON | OFF | OFF | HEATING SAMPLE CHAMBER CELL TEMPERATURE 99.8° F |
| Introduce la muestra a la celda después de enfriarla a través del vortex. La celda permanece a 100ºF. | OFF | OFF | ON | FILLING MEASURING CELL |
| Al llenar la celda espera 4.5 minutos para que se establezca la presión. | OFF | OFF | OFF | MEASURING CELL FILLED |
| Mide la presión de la celda, calcula el RVP y lo muestra en el indicador local. | OFF | OFF | OFF | RVP(100.0° F) 15.35 PSI or 1058 mBar/105.8 kPa |
| Envía el resultado por la salida análogo y drena la muestra. | ON | OFF | OFF | RVP(100.0° F) 15.35 PSI or 1058 mBar/105.8 kPa |

Luego se mantiene en un ciclo constante de medición y purga.

# 7. DESARROLLO

## 7.1 INDICACIONES PREVIAS

*Nota: Los pasos descritos en las indicaciones previas y finales se realizan tanto para mantenimiento preventivo como para correctivo.*

1. Solicitar al operador sacar de servicio al analizador, desde el cuarto de control, para no generar datos erróneos en el sistema.

2. Verificar que las válvulas de drenaje y de retorno de muestra, que están fuera del shelter y van hacia el sistema de recolección de líquidos, se encuentren abiertas.

3. Verificar que los venteos del vortex, ubicados fuera del shelter se encuentren libres de obstrucción, pues un mal funcionamiento de estos afectará los resultados del análisis.

   *Nota: Ingresar el baño de hielo al shelter para mantener la temperatura de 0ºC en su interior.*

4. Revisar la presión de las balas de nitrógeno; si alguna de las dos está descargada, tomar nota en la libreta para reportar al operador y si la que se encuentra descargada está habilitada para suministrar gas al analizador, entonces abrir la válvula de salida de la bala cargada y cerrar la válvula de la bala descargada.

5. Verificar y ajustar, si es necesario, el regulador de presión de entrada de aire al vortex, ubicado dentro del shelter.

6. Verificar que el medidor de flujo y los reguladores de presión del sistema de acondicionamiento de muestra se encuentren en funcionamiento normal.

7. Esperar un tiempo para que el analizador termine su ciclo de análisis y tomar nota de los datos del analizador y su resultado en el formato PMT-00-F-002.

8. Remover el polvo y suciedad con una bayetilla seca.

## 7.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO (VERIFICACIÓN)

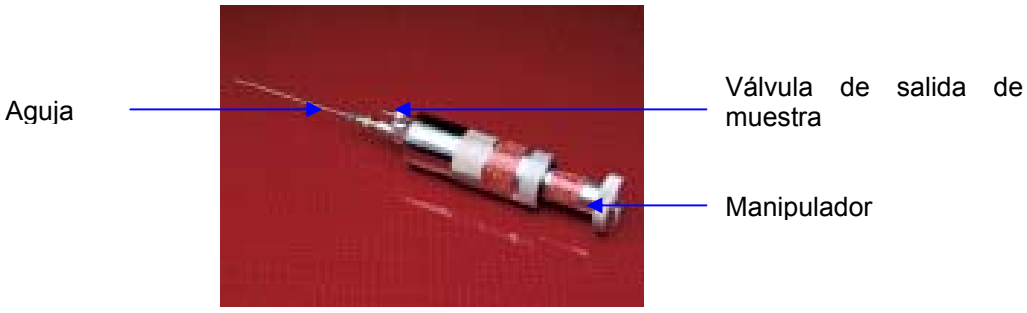



Figura 5. Jeringa y aguja acopladas.

*Nota: Nunca girar el manipulador de la jeringa en el sentido de las manecillas del reloj con la válvula cerrada o sin la aguja conectada; ya que de esta forma creará un vacío que dañará los sellos de la jeringa. Un daño en los sellos hará que se presenten fugas en la jeringa y permitirá que el aire dentro de la jeringa se mezcle con la muestra y de esta forma altere el resultado del análisis.*

### 7.2.1 Purgado de la Jeringa

1. Extraer la jeringa y la aguja del baño, cerrar la válvula de la jeringa y conectarlas.

2. Extraer uno de los contenedores del baño, quitarle la tapa e introducirle la aguja, abrir la válvula y girar el manipulador en sentido de las manecillas del reloj hasta que se hayan introducido a la jeringa entre15 y 30 cc de la muestra.

   *Nota: Verificar que el baño de hielo permanezca entre 0 y 2ºC.*

3. Retirar la aguja del contenedor y continuar girando el manipulador en sentido de las manecillas del reloj hasta que ya no sea posible girarlo más.

4. Cerrar la válvula de la jeringa y agitarla vigorosamente de manera que cada una de las partes de la jeringa sean purgadas.

### 7.2.2 Vaciado de la Jeringa

1. Colocar la jeringa horizontalmente y abrir la válvula.

2. Desplazar lentamente la jeringa a una posición vertical, golpeando suavemente con un mazo de caucho o la mano y almacenando el líquido que emane de la jeringa en uno de los vasos de precipitación.

3. Sostener la jeringa y girar el manipulador en sentido contrario a las manecillas del reloj para sacar el líquido. Ver figura 5.

4. Repetir los pasos del 1 al 3 hasta que no salga mas muestra de la jeringa.

   *Nota: Si la muestra no es removida en su totalidad, vuelva a realizar el purgado y vaciado de la jeringa, un residuo de esta muestra puede generar errores en los resultados de los análisis.*

5. Con la aguja conectada a la jeringa y la válvula abierta, girar el manipulador en sentido contrario a las manecillas del reloj hasta encontrar tope.

### 7.2.3 Prealistamiento de la Muestra

1. Verificar que el baño de hielo permanezca entre 0 y 2ºC.

2. Extraer el otro contenedor del baño de hielo, secar con un papel adsorbente y destaparlo, teniendo cuidado de no permitir el ingreso de agua, por aproximadamente 5 segundos (máximo).

3. Cerrar, asegurar y agitar vigorosamente el contenedor por 30 segundos.

4. Introducir el contenedor al baño de hielo y dejarlo allí por al menos 2 min.

5. Repetir los pasos del 2 al 4, tres veces. Ésta parte del procedimiento saturará la muestra con aire.

### 7.2.4 Llenado de la Jeringa

1. Introducir la aguja en el contenedor de la muestra que va a ser analizada y abrir la válvula de la jeringa.

2. Girar el manipulador en sentido de las manecillas del reloj hasta que se detenga y permitir varios segundos hasta que la muestra llene la cámara de la jeringa completamente.

3. Retirar la jeringa de la muestra.

4. En el vaso de precipitación, recibir la muestra que emana de la jeringa, golpeando esta suavemente con el mazo de caucho o la mano.

5. Girar el manipulador en sentido contrario a las manecillas del reloj hasta que la muestra salga en forma de gotas de la jeringa, esto removerá el aire contenido en la aguja y en partes de la jeringa.

6. Cerrar la válvula de la jeringa. Ver la Figura 5.

7. Remover la aguja y dejarla drenar en el vaso de precipitación.

8. Presurizar la jeringa girando el manipulador contra de las manecillas del reloj hasta encontrar tope.

### 7.2.5 Conexión de la Jeringa

1. Cerrar la válvula de entrada de muestra ubicada en el sistema de acondicionamiento de muestra (Figura3), y verificar que el medidor de flujo indique flujo nulo.

*Nota: Esto causará un mensaje de falla y abortará el ciclo de análisis, que será corregido en el siguiente subtítulo.*

2. Conectar la jeringa al analizador y asegurarla con la correa como se muestra en la Figura3.

3. Conectar un extremo de la manguera a la salida de goteo y el otro extremo introducirlo en el segundo vaso de precipitación de 50ml.

4. Llevar la válvula de goteo a la posición OFF. Ver Figura3.

5. Llevar la válvula de inyección a 'Syringe'. Ver Figura3.

6. Abrir la válvula de la jeringa. Ver Figura5.

7. Llevar la válvula de goteo a la posición "Syringe Bleed" y permitir que aproximadamente 10 cc de la muestra lleguen al vaso de precipitación de 50 ml. Ver Figura3.

### 7.2.6 Reinicio del Ciclo de Análisis

1. Revisar y ajustar, si fuese necesario, el regulador de presión de la entrada de nitrógeno en el sistema de acondicionamiento de muestra, de manera que indique entre 18 y 20 psig.

2. Al encontrarse en **falla**, por falta de muestra en la celda, el equipo presenta la posibilidad de:
   - **Reiniciar el sistema SYSTEM <RESET >:** Al oprimir el botón SW1 el analizador retorna al **inicio del programa** como si fuese apagado momentáneamente, lo que permite revisar o cambiar los parámetros de configuración.

- **Reiniciar el ciclo de análisis CYCLE <RESET>:** Al oprimir el botón SW2 el analizador retorna al **inicio de la estabilización del ciclo**, donde la celda es calentada hasta 100ºF.

3. Presionar SW2 para comenzar el Ciclo de Análisis, descrito en el capítulo 6.3.

4. Tomar nota de 5 mediciones de RVP realizadas por el analizador en el formato PMT-00-F-002.

5. Calcular la repetibilidad en la medida del analizador y, la diferencia entre los datos de RVP del laboratorio y los del analizador. Si la diferencia es menor o igual a 0.1psia y la repetibilidad es menor o igual a 0.2psia, remitirse al capitulo 7.4, sino realizar Mantenimiento Correctivo.

## 7.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

### 7.3.1 Revisión de Parámetros de Configuración

1. Si el analizador está energizado, cerrar la válvula de entrada de muestra ubicada en el sistema de acondicionamiento de muestra (Figura3) y presionar el botón SW1 para reiniciar el sistema. Si el analizador se encuentra desenergizado, subir el interruptor ubicado al lado izquierdo del analizador.

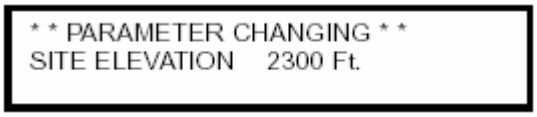
2. Cuando el analizador muestre el siguiente mensaje:

```
REVIEW PARAMETER SETUP?
PRESS: SW1 - YES   SW2 - NO
```

*Nota: Si durante 60 segundos no se presiona el interruptor el controlador inicia el ciclo de análisis automáticamente.*

Presionar el interruptor SW1 en el panel frontal (Ver Figura1) para proceder con la verificación de parámetros.

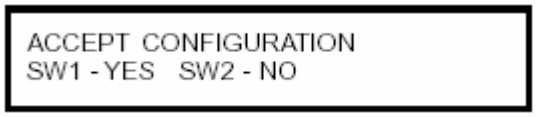
3. La pantalla mostrará:




*Nota: La elevación del shelter de Gasolina sobre el nivel del mar es de 218Ft.. Si este dato es diferente proceda a realizar un ajuste de elevación como se indica en el subtítulo 7.3.2.*

Verificar que en pantalla aparezca la elevación del equipo sobre el nivel del mar y tomar nota en el formato PMT-00-F-002.

4. Presionar SW3 para avanzar a la pantalla:




5. Presionar SW1-YES, se mostrará un mensaje de confirmación y aceptación de la configuración.

6. Luego aparece en el Indicador local:

*Nota: Para ajustar el cero y el rango de operación, remítase al subtítulo 7.3.3.*

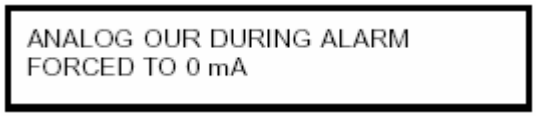
Presionar SW1 cuatro veces para continuar, sin modificar la configuración del cero y el rango de operación.

7. La pantalla muestra:

*Nota: Cuando la alarma común es seteada para desenergizarse, la señal de la alarma será activada por un fallo de energía. Si la alarma común es ajustada para energizarse, la señal de la alarma no será activada por una falla de energía.*

Dejar la configuración en <DE-ENERGIZED> y presionar SW2.

8. En este paso se puede seleccionar, con SW1, el modo de operación de la salida análoga cuando sucede una alarma, hay dos opciones::
   **OPCIÓN 1**: "*La salida análoga es forzada a 0mA durante la condicione de alarma*", así cuando se haga un reinicio de ciclo, la salida permanece en 0mA hasta que el analizador realice una medición.




   **OPCIÓN 2***: "La salida análoga retiene el último valor durante la condición de alarma"*, así cuando se haga un reinicio de ciclo, la salida es retenida en el valor medido previamente (dato congelado), hasta que hasta que el analizador realice una nueva medición.

   Presionar SW2 para salvar la configuración.

9. Ahora se podrá pasar al modo de diagnostico, al ubicarse en <SELECTED> en la pantalla:

   *Nota: Con SW1 se conmuta entre <SELECTED> y <DE-SELECTED>,*

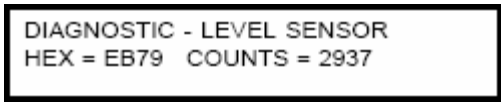
   Presionar SW2 para aceptar este parámetro.

10. Aparece:

*Nota: La Tabla de Búsqueda de Transductores de Presión es usada solamente cuando se instala una nueva celda de medición.*

Presionar SW2-NO dos veces.

11. El indicador local muestra las cuentas en decimal y hexagecimal del sensor de nivel análogo-digital dos veces durante el ciclo de análisis: después de la primera purga con nitrógeno y antes del llenado de análisis.




*Nota: El rango operacional correcto para el sensor de nivel es de 1800-3500 cuentas, en caso de estar fuera de rango o presentarse cualquier número hexagecimal entre F y H, remitirse al subtítulo 7.3.4.*

Tomar nota de los valores de conteo en el formato PMT-00-F-002.

12. Si las cuentas del sensor de nivel están dentro del rango, el analizador pasa a revisar la presión de purga, la cual debe estar entre 5-15psi dentro de la celda de medición durante la purga, idealmente esta presión debe ser de 10psi. Sin embargo, si el Indicador local muestra la presión de purga automáticamente es porque el analizador detecta que ésta se encuentra fuera de especificaciones.

*Nota: En caso de falla en la presión de purga, remítase al subtítulo 7.3.5.*

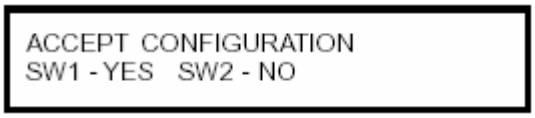
13. En caso de presentarse cualquier otra falla, remitirse al capítulo de Contingencias o al Manual del Analizador.

### 7.3.2 Ajuste de Elevación

*Nota: La elevación del shelter de Gasolina sobre el nivel del mar es de 218ft.*

1. Ajustar la elevación presionando SW1 y SW2, cuando el indicador local muestre la elevación deseada, proceda a presionar SW3.

2. Aparece en el indicador:




*Nota: Al presionar SW2-NO el indicador retorna a la pantalla de ajuste o verificación de la Elevación del Sitio.*

Presionar SW1-YES y se mostrará un mensaje de confirmación y aceptación de la configuración. Si modifica este dato tome nota en los formatos PMT-00-F-002 y PMT-00-F-001.

### 7.3.3 Ajustes de Cero y Rango de Operación

***Atención:***
***Antes de realizar ajustes de cero y rango de operación debe hacerse un Análisis de Trabajo Seguro ATS, pues abrir el compartimiento electrónico puede llegar a causar una situación peligrosa al existir gases volátiles en el ambiente.***
***Todos los ajustes para el cero y el rango de operación deben ser hechos usando un destornillador aislado eléctricamente y una manilla con cable aterrizado para prevenir la generación de electricidad estática.***

1. Revisar que los sensores de gas combustible, H2S, la presión interna del shelter, el sistema de aire y ventilación estén en funcionamiento y no se encuentren fuera de su tolerancia.

2. Colocarse la manilla aterrizada en una de las muñecas.

3. Con la llave fija retirar los 14 tornillos del compartimiento electrónico.

4. Revisar todos los requerimientos de seguridad y abrir la puerta del compartimiento.

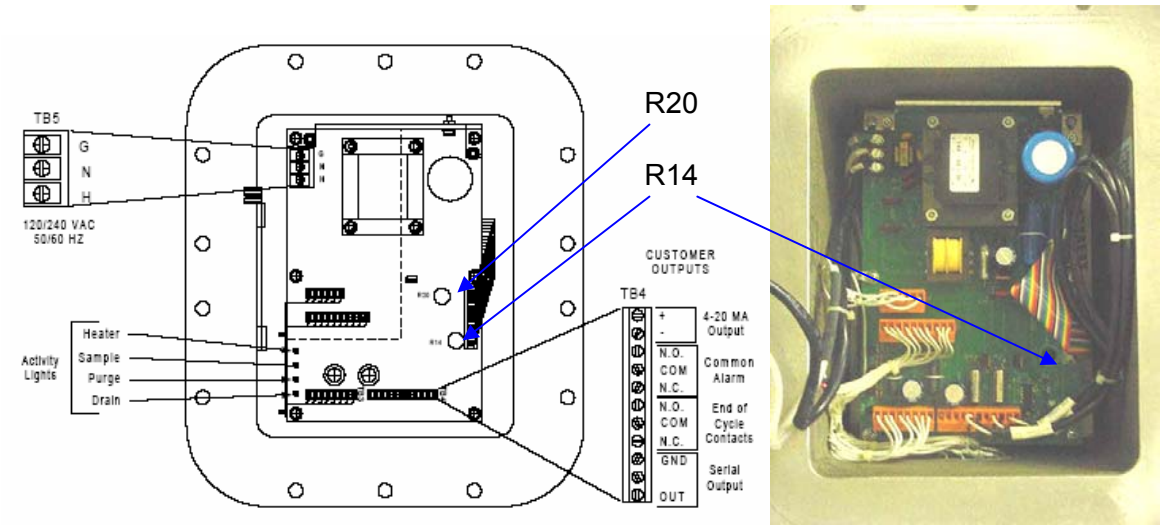



Figura 6. Compartimiento electrónico y sus componentes visibles.

5. Remover el cable externo de la bornera TB4, pines 1 y 2. Ver Figura6.

6. Conectar el multímetro a los pines 1(+) y 2(-) de TB4 para medir corriente.

7. Al visualizar la pantalla:

```
ZERO D/A CONVERTER
SW1 TO CONTINIUE
```

   Presionar SW1.

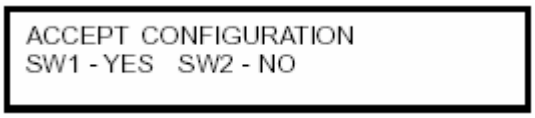
   *Nota: Los agujeros en la Power Supply Board (Tarjeta de Alimentación de Potencia) permite el acceso a los potenciómetros R14 y R20 de la Logic Board (Tarjeta Lógica) ubicada justo detrás de la Power Supply Board. Como se muestra en la Figura5*

8. Usando el destornillador aislado, ajustar el potenciómetro R14 hasta que el multímetro muestre 4mA. Ver Figura6.

9. Presionar SW1 para continuar. Aparecerá:

10. Con el multímetro aún en TB4, ajustar el potenciómetro R20 hasta los 20mA. Ver Figura6.

11. Presionar SW1 para continuar. Se mostrará un mensaje de aceptación:




*Nota: Al presionar SW2-NO y la pantalla retorna al mensaje de 'conversor D/A a cero'.*

12. Al Presionar SW1-YES se acepta la configuración.

13. Remover el multímetro de TB4.

14. Reconectar el cableado a los pines 1 y 2 de TB4.

15. Asegurarse que todos los cables y conexiones están adentro del compartimiento.

16. Cerrar la puerta del compartimiento, alinear los agujeros con los tornillos y asegurarlos.

### 7.3.4 Sensor de Nivel Fuera de Rango

Al ocurrir una falla en el sensor de nivel, el indicador muestra:

1. Verificar y ajustar, si es necesario, la presión de entrada de muestra en el sistema de acondicionamiento y el flujo de retorno.

2. Si esto no funciona, desenergizar el analizador por 10 segundos y volver a realizar los pasos del subtitulo 7.3.1.

3. Si aun no funciona, el sensor podría estar dañado. Cualquier número hexagecimal entre F – H indica un sensor de nivel abierto.

4. Proceder a abrir el compartimiento de la celda.

   ***Atención:***
   ***Abrir el compartimiento de la celda puede llegar a causar una situación peligrosa al existir gases volátiles en el ambiente.***

5. Revisar que los sensores de gas combustible, H2S, la presión interna del shelter, el sistema de aire y ventilación estén en funcionamiento y no se encuentren fuera de su tolerancia.

6. Colocarse la manilla aterrizada en una de las muñecas.

7. Con la llave fija retirar los 14 tornillos del compartimiento.

8. Revisar todos los requerimientos de seguridad y abrir la puerta del compartimiento.

9. Conectar el multímetro entre los pines 1 y 2 de TB1(estos se encuentran en la parte superior de la regleta izquierda).

10. Con entrada de muestra, ya sea de la jeringa o del proceso, realizar un reinicio de ciclo varias veces y medir la tensión del sensor, si el voltaje está entre 0 y 2Vdc el sensor está en buen estado, pero si la medición es de 5 V el sensor está abierto y debe ser cambiado.

### 7.3.5 Presión de Purga Fuera de Especificaciones

Al ocurrir una falla en la presión de purga dentro de la celda, el indicador muestra:

```
FAILURE - PURGE PRESSURE
OUT OF SPECIFICATIONS
```

1. Verificar y ajustar, si es necesario, la presión de entrada de nitrógeno en el sistema de acondicionamiento de muestra a 20psi.

2. Si la presión de purga de entrada está bien, y el valor medido está **fuera del limite superior**, el drenaje de la celda esta restringido, permitiendo que exista muestra residual en la celda de medición. Verificar que las válvulas de drenaje y de retorno de muestra, que están fuera del shelter y van hacia el sistema de recolección de líquidos se encuentren abiertas.

3. Si el valor medido está **fuera del límite inferior** la línea de suministro de purga está restringida o el suministro de purga no es continuo. Revisar la presión de las balas de nitrógeno, si alguna de las dos está descargada, tomar nota en la libreta para reportar al operador y, si la que se encuentra descargada está suministrando gas al analizador, entonces abre la válvula de salida de la bala cargada y cerrar la válvula de la bala descargada.

4. Desenergizar el analizador por 10 segundos y volver a realizar los pasos del subtitulo 7.3.1.

## 7.4 INDICACIONES FINALES

1. Si durante el mantenimiento se corrigió cualquier falla o se hizo modificaciones en los parámetros del analizador, se debe desenergizar el analizador por 10 segundos y volver a realizar una revisión de parámetros (Subtítulo 7.3.1) cambiando el Modo de Diagnostico del Analizador a Deseleccionado <DE-SELECTED> (ítem 9) y una verificación de la medición del equipo (Subtítulo 7.2). Esta nueva verificación se hace con una muestra de gasolina que aun se encuentre en el contenedor a 0ºC y sin manipulación previa.

2. Si el analizador se encuentra energizado y en ciclo de análisis, esperar que pase del mensaje de Indicador local que se muestra en la acción 8 del capítulo 6.3 al de la acción 9 y bajar el interruptor ubicado a la izquierda del compartimiento de análisis.

3. Llevar la válvula de goteo a la posición OFF. Ver Figura3.

4. Cerrar la válvula de la jeringa. Ver Figura4.

5. Llevar la válvula de inyección a ‘Process’. Ver Figura3.

6. Desconectar la jeringa del analizador.

7. Desconectar la manguera y el vaso de precipitación de 50ml.

8. Realizar el vaciado de la jeringa como se especifica en el capítulo 7.2.2.

9. Cerrar la válvula de la jeringa y desconectar la aguja.

10. Colocar la jeringa y la aguja en la posición adecuada de forma que queden aseguradas al sistema de acondicionamiento de muestra.

11. Llevar la válvula de goteo a la posición ‘Bleed Process’. Ver Figura3.

12. Abrir la válvula de entrada de muestra ubicada en el sistema de acondicionamiento de muestra (Figura3), ajustar el regulador de presión de entrada de muestra a 30psi y verificar que el medidor de flujo indique flujo.

13. Colocar en servicio el equipo, como se especifica en el subtítulo 7.2.6 de los pasos 1 al 4.

14. Verificar en el Indicador local que el analizador muestre resultados de análisis.

15. Limpiar el lugar de trabajo y retornar la herramienta a su respectivo lugar.

16. Colocar el rótulo donde se identifica el instrumento, la fecha y quién realiza el mantenimiento.

17. Terminar de diligenciar el formato PMT-00-F-002.

18. Notificar al operador que el equipo queda en servicio.

19. Cerrar el permiso de trabajo.

## 8. REGISTROS

- PMT-00-F-001. FICHA TÉCNICA PARA INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE MEDICIÓN.
- PMT-00-F-002. HOJA DE CONTROL PARA INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE MEDICIÓN.

## 9. CONTINGENCIAS

Estas son algunas fallas comunes del equipo con sus respectivas recomendaciones:

### 9.1 TEMPERATURA FUERA DEL RANGO DE MEDICIÓN

La temperatura de la celda de muestra debe mantenerse dentro del rango de 100°F ± 0.5°F, si no es así el indicador local muestra:

```
FAILURE - TEMPERATURE
IS OUT OF ANALYSIS RANGE
```

Recomendación: Chequear si la temperatura ambiente del shelter, sea menor a 32ºC. Si esta condición se cumple, la falla podría ser dada por el calentador.

### 9.2 TEMPERATURA FUERA DEL RANGO DEL INSTRUMENTO

Si la temperatura de la celda sobrepasa los 101ºF, el indicador local muestra:
Indica deterioro o desperfecto en la sonda de temperatura (Subtítulo 9.3).

```
FAILURE - TEMPERATURE IS
BEYOND THE INSTRUMENT RANGE
```

### 9.3 TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO VARIABLE

Si la sonda de temperatura falla, causa una señal de descontrol, el sistema aborta el análisis y muestra:

```
FAILURE - TEMPERATURE
HEATER RUNAWAY
```

Recomendación: se debe desenergizar el analizador por 10 segundos, luego volverlo a energizar. Si el error no desaparece revisar la conexión en los bornes 3, 4, 5 y 6 de TB1 en el compartimiento de la celda. Si estos están bien conectados, el sensor puede estar

dañado, desconectar los cables de los bornes y medir la resistencia entre los cables blancos y los rojos, con el equipo energizado.

Si la resistencia es mayor a 115ohms el sensor de temperatura puede estar dañado o el control del calentador no está operando correctamente.

Si la resistencia es menor a 100ohms pueden estar fallando: el calentador, el sensor de temperatura o alguna de las Tarjetas Electrónicas.

Si la resistencia es cero o infinito el sensor de temperatura está dañado y necesita cambiarse.

Si la resistencia es aproximadamente 114.68ohms, ésta es correcta. Desenergizar el analizador por 10 minutos y luego volverlo a energizar.

*Nota: en caso de no encontrar solución en este documento remitirse al manual ubicado en el tomo uno de la documentación de la Casa de Bombas 9.*

## 10. BIBLIOGRAFÍA


- OPERATION AND SERVICE MANUAL, Model 4100 Low RVP Analyzer and Model 4101 High RVP Analyzer. ABB, December 2001.

- PSD-00-I-163. MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA PRESIÓN DE VAPOR DE PRODUCTOS DEL PETRÓLEO (MÉTODO REID) (ASTM D 323). ECOPETROL Jairo Maldonado. Diciembre. 2001.

- OPERATOR'S MANUAL for 4100 Reid Vapor Pressure Analyzer. ABB, March 1998.

- MEMORIAS DEL CURSO DE CAPACITACIÓN, Sistema de Analizadores, INSURCOL, Agosto 2004.

- VISTA MODEL 4100 ON-LINE RVP ANALYZER, ABB, 2001.


## 11. ANEXOS

No aplica.

| | |
|---|---|
| Elaboró | Estudiante en Práctica Industrial |
| Revisó | |
| Aprobó | |