



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSE DE SUCRE”  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
**TRABAJO DE GRADO**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL  
PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE CUPAPUICITO, ACUEDUCTO – UPATA, MUNICIPIO PIAR,  
ESTADO BOLÍVAR**

**TUTOR INDUSTRIAL:**

Ing. Lionelo Espina

**TUTOR ACADÉMICO:**

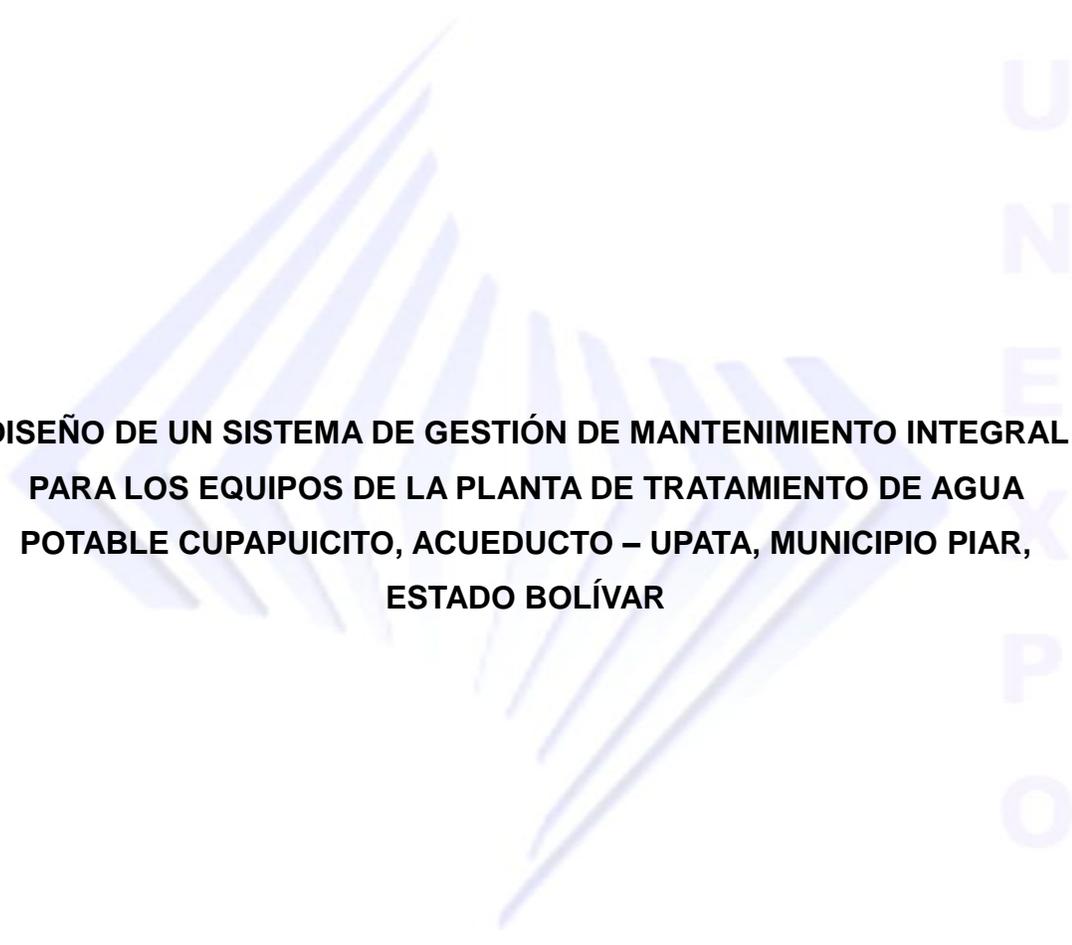
MSc. Ing. Iván Turmero

**AUTORA:**

Mendoza R. Nohelis N.

C.I: 19.419.400

**CIUDAD GUAYANA, MAYO 2014**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL  
PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE CUPAPUICITO, ACUEDUCTO – UPATA, MUNICIPIO PIAR,  
ESTADO BOLÍVAR**

U  
N  
E  
X  
P  
O

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”  
VICE-RECTORADO DE PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO DE GRADO**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL  
PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE CUPAPUICITO, ACUEDUCTO – UPATA, MUNICIPIO PIAR,  
ESTADO BOLÍVAR**

Trabajo de grado que se presenta ante el Departamento de Ingeniería Industrial de la UNEXPO Vice-rectorado de Puerto Ordaz como requisito para optar al Título de Ingeniero Industrial.

Autora: Nohelis Mendoza

---

MSc. Ing. Iván Turmero  
**Tutor Académico**

---

Ing. Lionelo Espina  
**Tutor Industrial**

**CIUDAD GUAYANA, MAYO DE 2.014**

**MENDOZA RIOS, NOHELIS NINOSKA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL  
PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE CUPAPUICITO, ACUEDUCTO – UPATA, MUNICIPIO PIAR,  
ESTADO BOLÍVAR.**

127 Páginas  
Trabajo de Grado

Universidad Nacional Experimental Politécnica  
“Antonio José de Sucre”  
Vice-rectorado Puerto Ordaz.  
Departamento de Ingeniería Industrial.  
Departamento de Entrenamiento Industrial.

**Tutor Académico:** MSc. Ing. Iván Turmero  
**Tutor Industrial:** Ing. Lionelo Espina  
**Ciudad Guayana, Mayo de 2.014**

CAPÍTULOS: I. EL PROBLEMA, II GENERALIDADES DE LA EMPRESA,  
III. MARCO TEÓRICO, IV. MARCO METODOLÓGICO, V. SITUACIÓN  
ACTUAL, VI. ANÁLISIS Y RESULTADOS, CONCLUSIONES,  
RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, APÉNDICES, ANEXOS.  
CONTIENE UN (01) CD; PLAN DE MANTENIMIENTO, PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO Y (07) PRÁCTICAS OPERATIVAS.

**Universidad Nacional Experimental Politécnica**  
**“Antonio José de Sucre”**  
**Vice-Rectorado de Puerto Ordaz**  
**Departamento de Ingeniería Industrial**  
**Trabajo de Grado**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Quienes suscriben, miembros del Jurado Evaluador designados por la Comisión de Trabajo de Grado del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” Vicerrectorado Puerto Ordaz, para examinar el Trabajo de Grado presentado por la Bachiller: **Nohelis Ninoska Mendoza Rios**, portadora de la C.I.: 19.419.400 titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CUPAPUICITO, ACUEDUCTO – UPATA, MUNICIPIO PIAR, ESTADO BOLÍVAR**, para optar al título de Ingeniero Industrial, consideramos que dicho Trabajo de Grado cumple con los requerimientos exigidos para tal efecto, por lo tanto lo declaramos: **APROBADO**.

En la Ciudad de Puerto Ordaz a los 19 días del mes de Mayo del año dos mil catorce.

---

MSc. Ing. Iván Turmero  
**Tutor Académico**

---

Ing. Lionelo Espina  
**Tutor Industrial**

---

Ing. Scandra Mora  
**Jurado Evaluador**

---

Ing. Mayra D´ Armas  
**Jurado Evaluador**

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA**  
**“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”**  
**VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**TRABAJO DE GRADO**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INTEGRAL**  
**PARA LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA**  
**POTABLE CUPAPUICITO, ACUEDUCTO – UPATA, MUNICIPIO PIAR,**  
**ESTADO BOLÍVAR**

**AUTORA:** Mendoza R. Nohelis N.  
**TUTOR ACADÉMICO:** MSc.Ing. Iván Turmero.  
**TUTOR INDUSTRIAL:** Ing. Lionelo Espina.  
**FECHA:** Mayo 2.014.

**RESUMEN**

El presente trabajo de Investigación tuvo como finalidad el diseño de un sistema de gestión de mantenimiento integral sobre los equipos a utilizar en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Cupapuicito, Acueducto Upata, Municipio Piar del Estado Bolívar, la cual se encuentra en proyecto de ampliación. Dicha gestión propuesta se fundamentó en un plan y programa de mantenimiento preventivo, el diseño de indicadores, prácticas operativas para los equipos determinados como importantes y críticos para la planta y la Evaluación de la gestión llevada en la misma bajo la implementación de la Norma ISO 9001:2008. Para la realización de ésta investigación, se recurrió a la revisión bibliográfica con respecto a los manuales de mantenimiento de los equipos, a la inspección visual y a la información dada por los operadores y personal de mantenimiento de la planta. Con la información recolectada se procedió a la elaboración del Plan de Mantenimiento el cual se diseñó bajo los conceptos y términos de la Norma COVENIN 3049-93. El Diseño de las Prácticas Operativas se fundamentó en el objetivo de la práctica, alcance, personal ejecutor, herramientas y equipos utilizados, medidas de seguridad a tomar y pasos a seguir; Finalmente se elaboraron las propuestas de mejoras para el diseño de la gestión.

**Palabras claves:** Mantenimiento, Plan, Indicadores, Sistema de Gestión, Planta de Tratamiento, Prácticas Operativas, Norma ISO 9001:2008.

## DEDICATORIA

A **Dios Todopoderoso**, por ser mi gran guía y darme la Sabiduría, la Fortaleza y la Fe que siempre necesito para alcanzar y lograr todas mis metas.

A mi **Virgen del Valle** y mi **Jesús de Nazaret**, por iluminar mí camino, acompañarme en cada instante de mi vida y darme la fortaleza de cargar ésta cruz que en ocasiones se torno muy pesada pero me hicieron llegar hasta el final del camino.

A mis padres **Noé Mendoza** y **Elsis de Mendoza**, por ser mis héroes, mi inspiración, ejemplos de lucha y superación y mi mayor orgullo y razón de alcanzar ésta y todas las metas propuestas. ¡LOS AMO INMENSAMENTE!

A mi hermano **Nohe Mendoza**, por ser mi compañero incondicional, que este triunfo sirva como ejemplo y motivación para que alcance todos sus sueños y metas propuestas.

A mis hermosas sobrinas **Noah** y **Leah**, por ser mis grandes razones de luchar y de alcanzar ésta y todas las metas propuestas, por iluminar mis días con alegría, fuerza y motivación. ¡LAS ADORO MIS PRINCESAS!

A mi mamita Eudocia, por todo el amor y valores inculcados que han servido de base para alcanzar todas las metas propuestas.

A mi **Familia**, por brindarme siempre su apoyo, valores y su infinito amor.

A mi novio **Gregory Masssiah**, por ser mi amigo y compañero de lucha, por todo el amor, ayuda y comprensión brindada para alcanzar ésta meta.

**¡LOS ADORO!**

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios Todopoderoso** y a la **Virgen del Valle**, por estar siempre a mi lado, por guiarme y llenarme de la Fortaleza, la Sabiduría, serenidad y Fe que siempre necesite. ¡Gracias por esta gran Bendición!

A mi padre **Noé Mendoza**, por inspirarme y llenarme de orgullo, gracias papi por toda la ayuda incondicional dada para realizar mi trabajo dentro y fuera de la empresa.

A mi madre **Elsis Rios**, por el inmenso apoyo brindado en todo este camino, gracias mami por todos los sacrificios hechos por mí y decir: ¡Misión Cumplida!

A mi hermano **Nohe Mendoza**, por hacerme reír en momentos difíciles, por siempre escucharme y regalarme los dos tesoros hermosos que hoy puedo llamar Sobrinas.

A mi novio **Gregory Massiah**, por su apoyo infinito, su paciencia y entrega para alcanzar juntos esta meta. ¡Gracias Moso!

A mi **Familia**, por su ayuda, sus consejos y los valores que cada uno cultivo en mi y que han hecho que hoy alcance esta meta.

A mi tío **Adalberto Mendoza**, gracias por hacerme entender y creer que ésta es la “MEJOR CARRERA DEL MUNDO”, tus palabras me recuerdan donde empecé y lo que he logrado hasta ahora.

A mi tutor académico **Iván Turmero**, por su ayuda, sabios consejos y regaños que sirvieron de estímulo para realizar un trabajo de calidad. Gracias por todas las enseñanzas dadas y convertirse en el Mejor tutor que se pueda tener.

A mi tutor industrial **Lionelo Espina**, por toda la ayuda, apoyo y permitirme realizar este trabajo con Éxito.

A la empresa **Hidrobolívar**, por permitirme cumplir este importante objetivo en mi carrera y por todos los conocimientos que de ella obtuve.

A mis compañeros de la **Gerencia de Proyectos y Construcción**, por hacer de mi estadía amena y brindarme el apoyo necesario para cumplir con mi trabajo.

A mi casa de estudios **UNEXPO-POZ**, por brindarme todos los conocimientos, valores y destrezas que hoy me convierten en la profesional que soy.

A todos mis amigos y compañeros que en este largo camino encontré, sobre todo a los que siempre han estado ahí desde el comienzo. Gracias amigas **Keilys Rivero**, **Angellis Díaz**, **Mireya Soler** y amigo **Alexis Pereira**.

**¡A todos Mil Gracias!**

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Objetivo General .....	6
1.3 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación .....	7
1.5 Alcance .....	7
1.6 Limitaciones .....	8

### CAPÍTULO II: GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1. Nombre .....	9
2.2. Ubicación Geográfica.....	9
2.3. Reseña Histórica.....	9
2.4. Servicios que presta .....	10
2.5. Recursos.....	10
2.6. Misión .....	11
2.7. Visión .....	11
2.8. Valores.....	12
2.9 Política .....	13
2.10 Estructura Organizativa de la empresa .....	13

### CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Proceso de Tratamiento del Agua.....	15
3.2 Equipos comúnmente utilizados en plantas potabilizadoras .....	17
3.3 Mantenimiento .....	19
3.4 Identificación de los Equipos para el plan de mantenimiento.....	28
3.5 Selección de equipos (Análisis de criticidad) .....	30
3.6 Indicadores del mantenimiento .....	33
3.7 Norma Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).....	33

3.8 Normas ISO ( <i>INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION</i> ).....	35
3.9 Definición de términos básicos .....	37
3.10 Glosario de términos básicos.....	38

## **CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO**

4.1. Tipos de Investigación .....	41
4.2 Diseño Metodológico .....	42
4.3 Población y Muestra .....	42
4.4 Recursos.....	43
4.5 Técnicas de Recolección de datos .....	43
4.6 Procedimiento Metodológico.....	45

## **CAPÍTULO V: SITUACIÓN ACTUAL**

5.1 Descripción del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, Acueducto Upata, Municipio Piar.....	47
5.2 Listado de Equipos a funcionar en la planta .....	52
5.3 Situación Actual de la Gerencia de Mantenimiento.....	54
5.4 Análisis de la Situación Actual .....	68

## **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y RESULTADOS**

6 Situación Propuesta.....	70
6.1 Diseño del Plan de Mantenimiento .....	70
6.2 Elaboración del Plan de Mantenimiento para los equipos Importantes y Críticos.....	108
6.3 Elaboración de Prácticas Operativas de los principales equipos que conforman la Planta de Tratamiento de Agua potable Cupapuicito, Acueducto Upata.....	114
6.4 Análisis de Brechas .....	117
6.5 Evaluación del impacto de la propuesta del Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral .....	119

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>124</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>127</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

3.1 Análisis de Criticidad .....	32
5.1 Inventarios de los equipos de la Planta de Tratamiento Cupapuicito incluidos en el Plan de Mantenimiento.....	53
5.2 Escala de Valores de Anderi Sourí.....	60
5.3 Cuestionario de la Evaluación del Sistema de Gestión basado en la Norma ISO 9001:2008 .....	61
5.4 %Cumplimiento de la Cláusula 4 .....	63
5.5 %Cumplimiento de la Cláusula 7 .....	64
5.6 %Cumplimiento de la Cláusula 8 .....	65
5.7 Resumen de %Cumplimiento obtenidos por cada Cláusula .....	66
5.8 Matriz FODA (Análisis de la Situación Actual que presenta la Planta de Tratamiento Cupapuicito).....	69
6.1 Inventario de los principales equipos incluidos en el diseño del plan de mantenimiento preventivo. Planta de Tratamiento de agua potable Cupapuicito - Acueducto Upata, Municipio Piar, estado Bolívar .....	74
6.2 Código propuesto para cada una de las Áreas de Producción que conforman la Planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito - Acueducto Upata, Municipio Piar, estado Bolívar .....	74
6.3 Codificación propuesta para los principales equipos que conforman la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito – Acueducto Upata, Municipio Piar, estado Bolívar .....	76
6.4 Ponderación y Rangos utilizados para el Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas.....	79
6.5 Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 1: Torre Toma de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito .....	81
6.6 Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 2: Bifurcación Agua Cruda – Planta de Tratamiento Cupapuicito.....	83
6.7 Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 3: Unidades SIPB .....	85
6.8 Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 4: Estación de Retrolavado SIPB.....	87
6.9 Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 5: Estación de Bombeo Sabaneta .....	89
6.10 Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que	

conforman el Área 6: Sistema de Dosificación de Sustancias Químicas de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito ..... 91

6.11 Clasificación de los equipos que conforman los equipos de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, según su criticidad ..... 93

6.12 Propuestas de mejoras para la gestión en la planta de tratamiento Cupapuicito ..... 120

6.13 Matriz FODA (Estrategias de mejora para el Sistema de Gestión en la Planta de tratamiento Cupapuicito) ..... 122

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

5.1 Representación de %Cumplimiento de las Sub-cláusulas contenidas en la Cláusula 4 .....	64
5.2 Representación de %Cumplimiento de las Sub-cláusulas contenidas en la Cláusula 7 .....	65
5.3 Representación de %Cumplimiento de las Sub-cláusulas contenidas en la Cláusula 8 .....	66
5.4 Representación de %Cumplimiento general de las Sub-cláusulas analizadas.....	67
5.5 Relación del Cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008 .....	68
6.1 Distribución porcentual de los equipos según la criticidad obtenida ....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

2.1 Estructura Organizativa de Hidrobolívar C.A .....	13
2.2 Estructura Organizativa de la Gerencia General de Proyectos y Construcción .....	14
3.1 Planta Potabilizadora .....	17
5.1 Diagrama de Procesos de la Planta de Tratamiento Cupapuicito, Acueducto Upata .....	51
5.2 Vista del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento .....	52
5.3 Estructura Organizativa de la Gerencia de Mantenimiento .....	55
6.1 Formulario F-GO-076, Diseñado para indicador de Temperatura en Motores.....	98
6.2 Formulario F-GO-077, Diseñado para Indicador de Temperatura en Bombas.....	99
6.3 Formulario F-GO-007 (Inspección de Equipos de Bombeos), Diseñado para el Indicador de Corriente y Tensión Eléctrica para los conjuntos Motor-Bombas.....	101
6.4 Formulario F-GO-061, Diseñado para el Indicador de Vibración en los Motores y Bombas .....	103
6.5 Formulario F-GO-051, Diseñado para Reportar las Fallas en los Equipos.....	105
6.6 Formulario F-GO-036, Diseñado para las Ordenes de Trabajos en Equipos.....	107
6.7 Formato Plan de Mantenimiento. Planta de tratamiento Cupapuicito (Torre toma) .....	109
6.8 Formato Programa de Mantenimiento. Planta de Tratamiento Cupapuicito (Torre Toma).....	111

## INTRODUCCIÓN

HIDROBOLÍVAR, es una empresa del estado Bolívar encargada del tratamiento del agua potable y residual para la población de la región.

Para esto cuenta con varias plantas de tratamiento distribuidas por todo el estado, que se encargan que el servicio, se encuentre siempre disponible para todos los ciudadanos, lo cual hace necesario la construcción de nuevas plantas a medida que la demanda aumenta y que las mismas cuenten con un sistema de gestión de mantenimiento adecuado para conservar la calidad del servicio.

De esta manera, se crea la Planta de Tratamiento de agua potable Cupapuicito, la cual fue construida en el año 1958, la producción para esa época era de treinta (30) litros por segundo para abastecer la demanda de la ciudad de Upata, constituida en aquel entonces, posteriormente, se han ido sumando poblaciones para ser surtidas a través de ésta planta.

Con el objetivo de mejorar las condiciones para el abastecimiento de agua potable a dichas poblaciones e incrementar la cantidad de habitantes que reciben el servicio, HIDROBOLÍVAR, C.A. ésta llevando a cabo la preparación de proyectos para la ampliación del Acueducto de Cupapuicito, divididos en dos etapas con la finalidad de alcanzar la capacidad de ciento veintiún (121,00) lps.

Por otro lado, en la empresa en el año 2011 se creó la Gerencia de Mantenimiento, la cual tiene por objetivo, adoptar políticas de mantenimiento preventivo, ya que desde que la organización está funcionando, el mantenimiento que se lleva a cabo es principalmente correctivo.

Por tal motivo, es importante destacar que por la naturaleza de la empresa (la cual tiene el deber de brindar su servicio de manera continua) es necesario que se plantee para todos los equipos que operan en la planta de tratamiento, un sistema de gestión de mantenimiento integral.

Así mismo, el presente informe consta de seis (6) capítulos repartidos de la siguiente forma **Capítulo I: El Problema.** Se plantea el problema que se presenta con la carencia de un sistema de mantenimiento integral, además los objetivos de la investigación, su justificación, limitaciones y alcance. **Capítulo II: Generalidades de la empresa.** Se presentan nombre, ubicación geográfica, reseña histórica de la empresa, recursos, filosofía de gestión, estructura organizativa. **Capítulo III: Marco Teórico.** Se desarrollan las bases teóricas que sustentan la investigación. **Capítulo IV: Marco Metodológico:** Se expone el tipo de investigación, el diseño de la investigación, población y muestra, técnicas de recolección de datos y procedimiento. **Capítulo V: Situación Actual:** Exhibe la composición de la planta a construir y la situación actual de la Gerencia de Mantenimiento. **Capítulo VI: Análisis y Resultados:** Donde se explican los resultados obtenidos y se expone la propuesta. Por último Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

En el presente capítulo se plantea la problemática que se presenta en la planta de tratamiento Cupapuicito, con la carencia de un sistema de mantenimiento integral, además los objetivos de la investigación, justificación, limitaciones encontradas y alcance de la propuesta.

#### **1.1.- Planteamiento del problema**

La Hidrológica del Estado Bolívar está comprometida para dar respuestas rápidas y eficaces a la problemática de agua en el estado, proveer el servicio de agua potable y saneamiento en condiciones de óptima calidad, para así asegurar la satisfacción de todos los usuarios y promover el desarrollo de una nueva cultura del agua fundamentada en la valoración del recurso hídrico.

Así mismo, HIDROBOLÍVAR es una organización cuya misión consiste en “proveer el servicio de agua potable y saneamiento en condiciones de óptima calidad...” debido a la naturaleza de la empresa, cuyo objetivo es llegar a cada hogar que pertenezca al estado Bolívar, se tiene que a medida que aumenta la población aumenta la demanda.

De esta manera, cumpliendo con la misión y visión propuesta por la empresa, se crea la Planta de Tratamiento de agua potable Cupapuicito, la cual fue construida en el año 1958, la producción para esa época era de treinta (30) litros por segundo para abastecer junto a la planta de Santa

Rosa, la demanda de la ciudad de Upata, constituida en aquel entonces, posteriormente, se han ido sumando poblaciones para ser surtidas a través de ésta planta.

En esta planta de tratamiento se realizan operaciones de captación, tratamiento y potabilización del agua proveniente del Embalse Sabanetica (Río Cupapuicito), para ser distribuida a los sectores de Upata, Sabaneta y Sabanetica del Municipio Piar.

Actualmente, el acueducto cuenta con una capacidad de producción de treinta (30,00) litros por segundo y se requiere aumentar ésta cifra, debido al crecimiento demográfico, esto con el objetivo de mejorar las condiciones para el abastecimiento de agua potable a dichas poblaciones e incrementar la cantidad de habitantes que reciben el servicio. Es por ello, que HIDROBOLÍVAR, C.A. ésta llevando a cabo la ampliación del Acueducto de Cupapuicito, la primera etapa consiste en la ampliación de la planta a ochenta y un (81,00) litros por segundo, y segunda etapa de éste objetivo, el cual consiste en extender la capacidad a ciento veintiún (121,00) litros por segundo, con la instalación de dos (02,00) unidades potabilizadoras autónomas de cinco punto cinco (5,5) litros por segundo cada una, y dos Sistemas Integral Potabilizador Bolivariano (SIPB) de cuarenta (40,00) Ips cada una, además de la rehabilitación del sistema de bombeo existente y la sustitución de setecientos (700,00) metros de tubería de acero de 10 pulg. de diámetro por tubería de PEAD de 12 pulg. de diámetro.

Éste proyecto incluye el suministro, adquisición, instalación y ubicación de tuberías, válvulas, bombas, plantas potabilizadoras, así como también para la rehabilitación en general del sistema existente y todas las actividades necesarias para la Ampliación de la Planta de Tratamiento Cupapuicito, Upata, Municipio Piar, Estado Bolívar

Por otro lado, en Hidrobolívar en el año 2011 se creó la Gerencia de Mantenimiento, cuyo objetivo es adoptar políticas de mantenimiento preventivo, ya que desde que en la organización el mantenimiento que se lleva a cabo es principalmente correctivo. También, es importante destacar que por la naturaleza de la empresa (la cual tiene el deber de brindar su servicio de manera continua) es necesario que se plantee para todos los equipos que allí operan un sistema de gestión de mantenimiento integral.

Por tal motivo, surge la necesidad de incluir los planes de mantenimiento adecuados para la planta, considerando los proyectos de ampliación en ejecución. Además, este trabajo pretende cubrir la necesidad de esta planta en formar parte de las políticas de la Gerencia de Mantenimiento.

La razón por la cual es importante implementar un sistema de mantenimiento integral para los equipos de la planta de tratamiento Cupapucito, es por la responsabilidad que tiene la empresa de llevar el servicio a las zonas antes mencionadas, así mismo, cumplir con los principales objetivos de dicho sistema, como lo son: prolongar la vida útil de los equipos que conforman la planta, optimizar la operación de los mismos en situaciones de emergencia y reducir los riesgos en el personal que labora en la planta de tratamiento.

Consecuentemente, es imprescindible para la preservación y control de equipos que constituyen esta planta de tratamiento, la realización de un sistema de gestión de mantenimiento integral adecuado a las condiciones futuras de funcionamiento de la planta, además de alinearse con las nuevas políticas adoptadas por la organización, sienta un precedente sobre la forma en que se conforman las plantas y en la incorporación del mantenimiento junto con el desarrollo del proyecto para su conservación a largo plazo.

Así mismo, el Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral en la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, apoya la implantación de la Norma ISO 9001:2008, y va a permitir alcanzar los objetivos del mantenimiento cumpliendo con las actividades programadas, haciendo uso eficiente de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo, de esta manera se dará cumplimiento a esta Norma.

### **1.2.- Objetivo General:**

Diseñar un Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral para los equipos de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, Acueducto Upata, Municipio Piar, Estado Bolívar.

### **1.3.- Objetivos Específicos:**

- 1.- Realizar diagnóstico de la situación actual del mantenimiento de los equipos de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, acueducto Upata, Municipio Piar, Estado Bolívar.
- 2.- Identificar los equipos que conforman la planta de tratamiento de agua de agua potable Cupapuicito.
- 3.- Realizar un análisis de fallas y de criticidad a los equipos de la planta de tratamiento de agua potable.
- 4.- Evaluar el cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008 del Sistema de Gestión de Calidad para aspectos relacionados con el mantenimiento.
- 5.- Determinar los indicadores para el sistema de gestión de mantenimiento

integral.

6.- Desarrollar las prácticas operativas de los principales equipos que conforman la planta de tratamiento de agua potable.

7.- Realizar el plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos críticos de la planta de tratamiento de agua potable, basado en la Norma Covenin 3049-93.

8.- Evaluar el impacto de la propuesta del Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral.

#### **1.4.- Justificación**

La implementación de este sistema de mantenimiento integral es necesaria no solo para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos a utilizar para el suministro de agua de potable de la planta de tratamiento Cupapuicito, Acueducto Upata, además de respaldar su integridad en el Municipio Piar, además de respaldar su integridad. Sino también, para cumplir con los parámetros establecidos en la Norma ISO 9001:2008 del Sistema de Gestión de Calidad.

Así mismo, al favorecer el alargamiento de la vida útil de los equipos garantiza un servicio oportuno y de calidad. Ya que se aumenta los tiempos entre fallas, se obtienen equipos con mayor disponibilidad y confiabilidad, lo que trae como consecuencia una disminución de pérdidas económicas para la organización y así como también, de clientes insatisfechos.

## 1.5.- Alcance

Este trabajo de investigación pretende cubrir el mantenimiento preventivo y correctivo de los principales equipos que conforman la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito actualmente, dichos planes se proyectaran a los venideros equipos que se integraran en el proceso de ampliación de la misma, Acueducto Upata, Municipio Piar, Estado Bolívar, así como también, el sistema de gestión diseñado para la planta de tratamiento, basado en la Norma ISO 9001:2008 del Sistema de Gestión de Calidad.

## 1.6.- Limitaciones

Esta investigación se realizará en un lapso de 20 semanas de estadía en la empresa, comprendidas entre el 4 de noviembre al 24 de marzo del año 2014.

Las principales limitaciones son las siguientes:

- ✦ La Gerencia de mantenimiento apenas tiene dos años en funcionamiento, por lo tanto, la información sobre el funcionamiento de las gestiones del mantenimiento es limitada.
- ✦ La planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, se encuentra en proyectos de ampliación, por lo que debe hacerse una proyección de los equipos que no se encuentran físicamente, pero que se integraran en el término de estos proyectos.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

Para realizar la presente investigación es necesario conocer la institución, organización o empresa objeto de este estudio, es por ello que en el presente capítulo se conocerán generalidades entorno a la empresa.

#### **2.1.- Nombre**

HIDROBOLÍVAR, C. A.

#### **2.2.- Ubicación Geográfica**

Zona Industrial Matanzas parcelas 321-08-04 y 321-08-05 Puerto Ordaz, Parroquia Unare, Estado Bolívar.

#### **2.3.- Reseña histórica**

La sociedad mercantil Hidrobolívar C.A, fue constituida y debidamente registrada en un principio como Aguas de Bolívar C.A, la cual quedo registrada por la oficina del registro mercantil segundo del Estado Bolívar en la fecha, 10 de septiembre del 2002.

En el acta de asamblea extraordinaria de accionistas, de la fecha 24 de febrero de 2005 se sometió a discusión y aprobación de los siguientes puntos; cesión de las acciones, modificación de la denominación de la empresa, al igual que la aprobación del proyecto de la reforma general de los

estatus, nombramiento de la nueva junta directiva. La sociedad fue debidamente registrada ante la oficina del registro mercantil segundo en la fecha 03 de marzo del 2005, bajo el nombre de HIDROBOLIVAR C.A.

HIDROBOLIVAR C.A, es una empresa hidrológica del Estado Venezolano, creado por el Gobierno Regional y once municipios las cuales son: Heres, Caroní, Raúl Leoni, Piar, Sucre, Padre Chien, Gran Sabana, Cedeño, Roscio, Sifonte, El Callao. Nace para satisfacer y solucionar los problemas del agua en la comunidad de esta Entidad ya que es uno de los recursos más necesarios del ser Humano.

#### **2.4.- Servicios que presta**

El principal servicio prestado por la hidrológica es el tratamiento de agua y su distribución a las distintas comunidades, centros urbanos e industrias ubicados por todo el estado Bolívar, para luego realizar su recolección y saneamiento de las aguas servidas.

#### **2.5.- Recursos**

Hidrobolívar cuenta con acueductos y plantas potabilizadoras ubicadas por todo el estado entre las principales vale destacar:

- Acueducto Angostura Ciudad Bolívar, municipio Heres.
- Acueducto Tocomita en Gurí que surte a Ciudad Bolívar, municipio Heres.
- Sistema Integral Acueducto en Puerto Ordaz, municipio Caroní.
- Acueducto Industrial en Puerto Ordaz, Municipio Caroní.
- Acueducto Macagua en San Félix, municipio Caroní.
- Acueducto Cupapuicito, Upata, Municipio Piar.

- Planta de tratamiento de agua Puente Blanco que suministra agua a Guasipati y El Callao, que queda en la Troncal 10 entre los municipios Roscio y El Callao, respectivamente.
- Planta de tratamiento de agua Tumeremo en el municipio Sifontes.
- Planta de El Palmar, Municipio Padre Chién.
- Planta de tratamiento La Paragua en el municipio Angostura.
- Planta de tratamiento de agua potable de Caicara del Orinoco, municipio Cedeño.
- Planta de tratamiento Wara, Santa Elena de Uairén.

Es válido mencionar que se incluyen unidades autónomas potabilizadoras por todo el territorio en las comunidades más pequeñas gracias al convenio Venezuela-Uruguay y aparte de todas estas plantas, cuenta con las redes de distribución que llevan el agua desde las plantas y acueductos hasta los hogares y organizaciones conectados a esta red. Por supuesto es imprescindible señalar parte de lo que conforman los recursos de HidroBolívar son los sistemas encargados de la recolección de las aguas servidas.

## **2.6.- Misión**

Proveer el servicio de agua potable y saneamiento en condiciones de óptima calidad, mediante un modelo de gestión efectivo y sustentable, asegurando la satisfacción de nuestros clientes y el desarrollo de una nueva cultura del agua fundamentada en la valoración del recurso hídrico.

## **2.7.- Visión**

“Ser la Hidrológica de Referencia Nacional”

## **2.8.- Valores**

### **- Integridad, Ética y Compromiso**

Valoramos los comportamientos que reflejan ética, transparencia, honradez, disposición y automotivación como medio para obtener credibilidad y respeto.

### **- Orientación a los Procesos y Clientes.**

Valoramos los aportes para mejorar los procesos a través de la identificación y logro de objetivos cuantificables, realistas y rentables, enfocados a satisfacer las necesidades de nuestros clientes.

### **- Comunicación Abierta.**

Valoramos el intercambio de información dentro de un espíritu abierto y sincero como medio para abordar y resolver los problemas cotidianos dentro de la organización.

### **- Trabajo en Equipo.**

Valoramos el trabajo en equipo por tener un resultado superior a los esfuerzos individuales hacía el logro de un fin común.

### **- Creatividad e Innovación.**

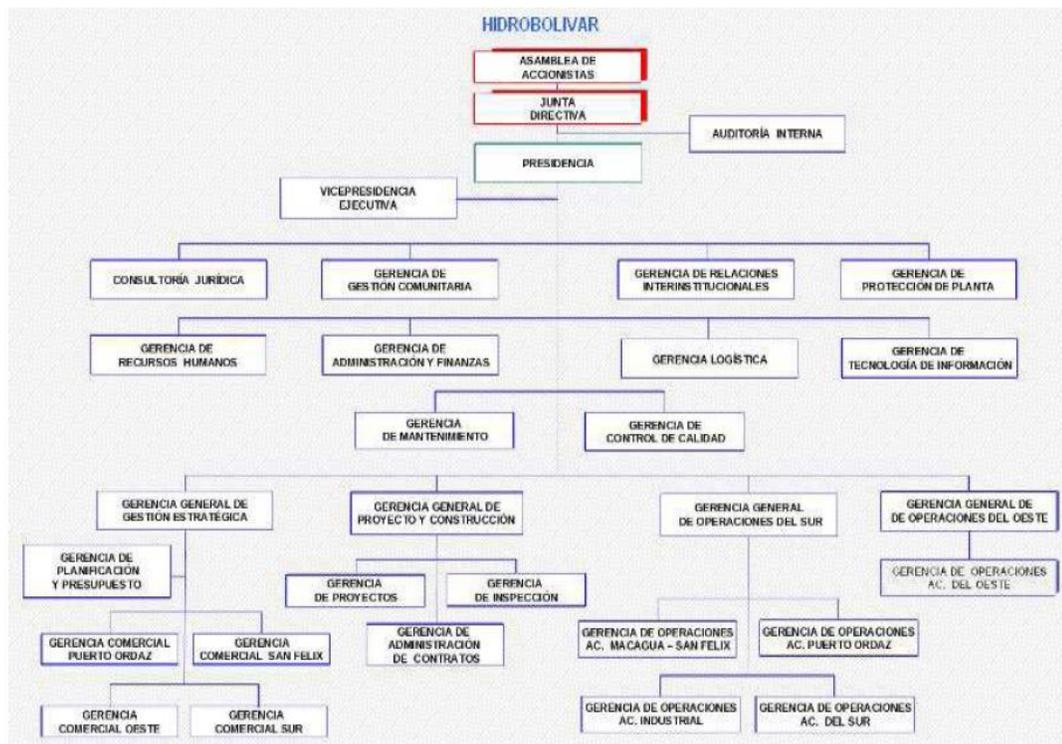
Valoramos la búsqueda continua de nuevas soluciones que agreguen valor a la misión de HIDROBOLIVAR.

## 2.9.- Política

En HIDROBOLIVAR C.A, estamos comprometidos a prestar un servicio de agua potable e industrial, que satisfaga los requisitos establecidos en las normas sanitarias, mejorando continuamente los procesos, desarrollando las competencias de nuestro capital humano, manteniendo un ambiente de trabajo seguro, promoviendo la participación comunitaria organizada para solución de problemas del servicio de agua y mejorando continuamente el Sistema de Gestión de la Calidad.

## 2.10.- Estructura Organizativa de la empresa.

La estructura organizativa se muestra en la figura 2.1:

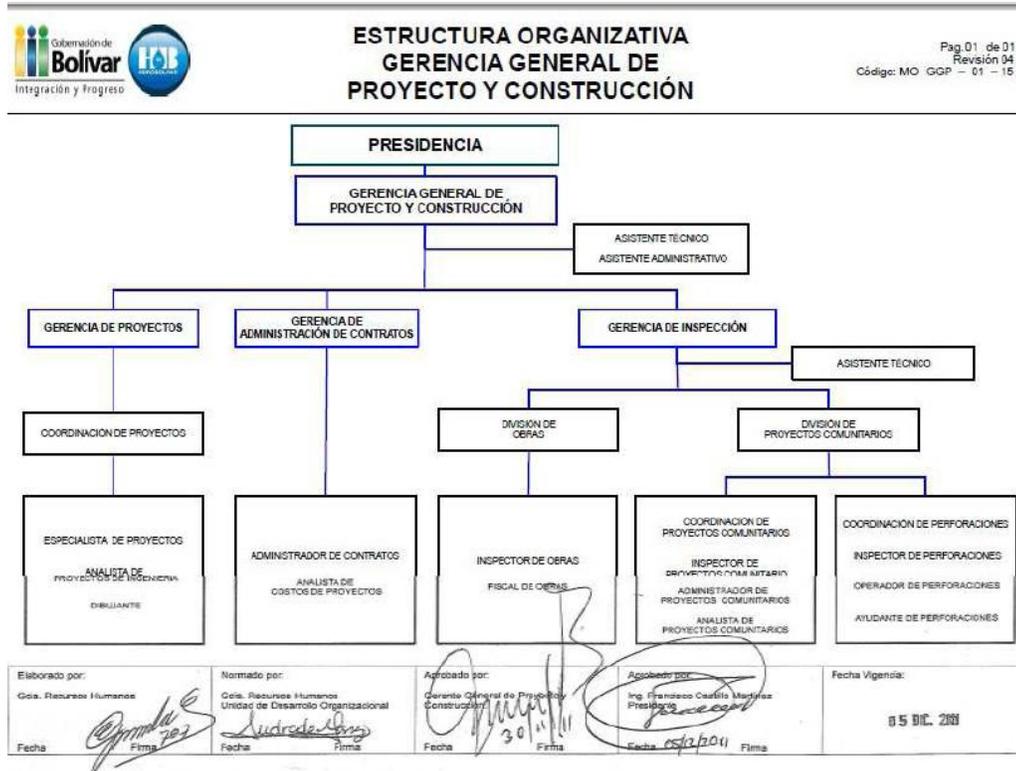


**Figura 2.1:** Estructura Organizativa de Hidrobolivar

**Fuente:** [www.hidrobolivar.gob.ve/DI\\_filosofia/AR\\_estruc\\_org.php](http://www.hidrobolivar.gob.ve/DI_filosofia/AR_estruc_org.php)

## 2.11.- Estructura Organizativa de la Gerencia General de Proyecto y Construcción.

Este trabajo de Investigación se realiza específicamente en el área de coordinación de proyectos, (ver figura 2.2).



**Figura 2.2:** Estructura Organizativa de Gerencia General de Proyectos y Construcción.

**Fuente:** Gerencia General de Proyectos y Construcción.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se exponen las bases teóricas que sustentan la presente investigación.

#### 3.1.- Proceso de Tratamiento del Agua

El agua potable no nace, se hace. Cuando un proveedor de agua obtiene el agua no tratada de un río o embalse, regularmente contiene suciedad y pequeños pedazos de hojas y otras materias orgánicas, además de pequeñas cantidades de ciertos contaminantes. El proceso de potabilización se lleva a cabo a través de un proceso industrial donde se conjugan factores importantes que requieren de esfuerzo humano, de toda una organización de trabajo permanente y grandes inversiones.

A partir de la fuente de abastecimiento que no es otra que el agua tal como nos la presenta la naturaleza, ríos, lagos, quebradas, embalses o aguas subterráneas, el agua transita básicamente por los siguientes procesos importantes:

1. Clarificación: Consiste en la eliminación de partículas finas, que originan la turbiedad, propiedad óptica de una muestra de diseminar y absorber la luz en lugar de transmitirla en línea recta, además de turbiedad es posible también definir color. Se habla de color aparente si no se ha removido la turbiedad y de color verdadero del agua en caso contrario. el color del agua se debe principalmente a materia orgánica y minerales en suspensión o en estado coloidal. Esta etapa

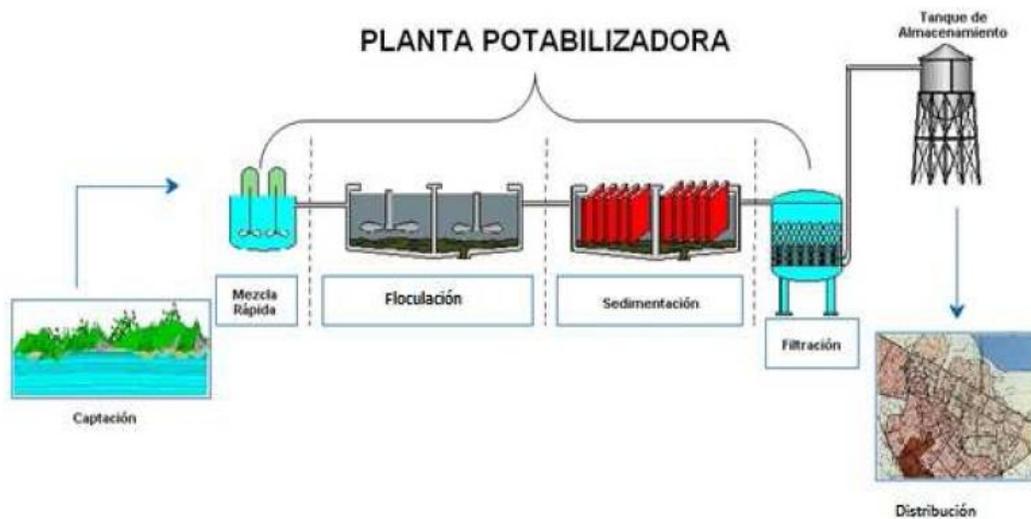
se subdivide en: Coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

2. **Coagulación y Floculación:** son dos procesos en el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flocs tal que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar. La Coagulación se refiere al proceso de desestabilización de las partículas suspendidas de modo que reduzcan las fuerzas de separación entre ellas, comienza al agregar el coagulante al agua y dura fracciones de segundos. La floculación tiene relación con los fenómenos de transporte dentro del líquido para que las partículas hagan contacto. Esto implica la formación de puentes químicos entre partículas de modo que se forme una malla de coágulos, la cual sería tridimensional y porosa. Así se formaría, mediante el crecimiento de partículas coaguladas, un floc suficientemente grande y pesado como para sedimentar.
3. **Sedimentación:** A través de este proceso los sólidos suspendidos (hidróxidos que se han formado) son separados del agua, dejándolos reposar y por acción de la gravedad sedimentan en el fondo de los decantadores. Un decantador consiste en un recipiente generalmente rectangular, con un volumen suficiente como para permitir que el agua permanezca el tiempo necesario para que los coágulos se depositen en el fondo, formando lo que comúnmente se denominan barros.
4. **Filtración:** Consiste en separar un sólido de un líquido a través de un medio filtrante. El agua limpiada conserva aun algunos materiales en suspensión y es necesario filtrarla para producir una clarificación completa.
5. **Desinfección:** Aunque la carga microbiana puede haber quedado retenida en el filtro de arena fina, es necesario desinfectar el agua. A

partir de la cloración de las aguas, se han podido controlar la mayoría de las enfermedades de transmisión hídrica como el cólera y las disenterías bacterianas.

El desinfectante utilizado casi universalmente es el gas Cloro, pudiéndose utilizar también el método de la ozonización. La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos.

El proceso queda ilustrado según la figura 3.1



**Figura 3.1:** Planta potabilizadora

**Fuente:** [www.hidrobolivar.gob.ve/DI\\_infraestructura/AR\\_plantas.php](http://www.hidrobolivar.gob.ve/DI_infraestructura/AR_plantas.php)

### **3.2.- Equipos comúnmente utilizados en plantas potabilizadoras tradicionales**

Tal como se mencionó las plantas potabilizadoras de agua con módulos y equipos. Los cuales se pueden dividir en 3 áreas las cuáles son las siguientes:

Equipos mecánicos: Cuya función es controlar el flujo y la velocidad del agua entre los que se menciona:

- ✦ Bombas hidráulicas, a cargo de brindarle energía al agua con el fin de transportarla a la altura deseada. Fundamentales en planta de tratamiento de agua potable de agua superficial de la naturaleza proyectada.
- ✦ Agitadores, los responsables de mezclar el coagulante con el agua.
- ✦ Tuberías y accesorios, los cuales son el medio de transporte del agua desde su captación hasta la entra del suministro y de regular el caudal que por allí pasa.

Módulos de potabilización: estos se encargan en sí mismos de la potabilización del agua en sus distintas fases:

- ✦ Filtros; es el medio por el que se lleva a cabo el proceso de filtración, con la finalidad de eliminar sólidos presentes mientras el agua pasa a través del medio filtrante.
- ✦ Tanques de sedimentación; es la herramienta principal para el proceso de sedimentación, el cuál es otro proceso físico para la separación del

fluido de las partículas.

- ✦ Dosificadores; responsables de la cantidad de compuestos químicos vertidos en el agua para su potabilización.

Equipos eléctricos: los cuáles se encargan de brindar la energía necesaria para la potabilización en la planta, entre los cuáles se tienen:

- ✦ Transformadores: Son aparatos eléctricos que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica proveniente de las líneas de alta tensión a la misma frecuencia pero disminuyendo la tensión a la adecuada utilizada en la planta.
- ✦ Centro de control de motores; el cuál es básicamente el que controla a los alimentadores de los motores y el resto de circuitos derivados.
- ✦ Motores eléctricos, que en su mayoría transforman la energía que reciben para hacer funcionar las bombas u otros artefactos a los cuales están conectados.

### **3.3.- Mantenimiento**

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

#### **3.3.1.- Funciones del Mantenimiento**

En términos muy generales, puede afirmarse que las funciones

básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso.

La concreción de esta definición tan amplia dependerá de diversos factores entre los que puede mencionarse el tipo de industria así como su tamaño, la política de la empresa, las características de la producción, e incluso su emplazamiento. Aun así, las tareas encomendadas al departamento encargado del mantenimiento pueden diferir entre las distintas empresas, atendiendo a la estructura organizativa de las mismas, con lo que las funciones del mantenimiento, en cada una de ellas, no serán obviamente las mismas.

Por tanto, dependiendo de estos factores citados, el campo de acción de las actividades de un departamento de ingeniería del mantenimiento puede incluir las siguientes responsabilidades:

- ✦ Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras.
- ✦ Efectuar un control del estado de los equipos así como de su disponibilidad.
- ✦ Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.
- ✦ En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos de almacén necesarios.
- ✦ Intervenir en los proyectos de modificación de diseño de equipos e instalaciones.
- ✦ Llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
- ✦ Instalación de nuevos equipos.

- ✦ Asesorar a los mandos de producción.
- ✦ Velar por el correcto suministro y distribución de energía.
- ✦ Realizar el seguimiento de los costes de mantenimiento.
- ✦ Preservación de locales, incluyendo la protección contra incendios.
- ✦ Gestión de almacenes.
- ✦ Tareas de vigilancia.
- ✦ Gestión de residuos y desechos.
- ✦ Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
- ✦ Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación.

Cualesquiera que sean las responsabilidades asignadas al servicio de mantenimiento, es fundamental para el buen funcionamiento de la empresa que éstas estén perfectamente definidas y sus límites de acción y autoridad claramente establecidos, esto implica evitar que determinadas actuaciones queden mal definidas, en lo que suele llamarse “terreno de nadie”, o por el contrario, que exista superposición de responsabilidades, lo que podría ocasionar conflictos de autoridad.

### **3.3.2.- Tipos de mantenimiento**

Aunque podrían establecerse diferentes clasificaciones del mantenimiento, atendiendo a las posibles funciones que se le atribuyan a éste, así como a la forma de desempeñarla, tradicionalmente se admite una clasificación basada más en un enfoque metodológico o filosofía de planteamientos, que en una mera relación de particularidades funcionales asignadas, que -como se ha visto- depende de diversos factores. Desde esta perspectiva, pueden distinguirse los siguientes tipos de mantenimiento:

- ✦ Mantenimiento Correctivo
- ✦ Mantenimiento Preventivo

- ✦ Mantenimiento Predictivo
- ✦ Mantenimiento Productivo Total

Ninguno de los tipos anteriores se utiliza de forma exclusiva sino que, en aras de la rentabilidad de la explotación, se impone practicar una adecuada combinación de los tipos anteriores, realizando lo que se ha venido a llamar mantenimiento planificado. Esto consiste, en definitiva, en efectuar una correcta selección de las plantas o de los equipos a los que se va aplicar cada uno de los tipos de mantenimiento anteriores. Seguidamente se hace una descripción de cada de los tipos enunciados.

#### a) Mantenimiento Correctivo

En este tipo de mantenimiento, también llamado “a rotura” (*breakdown maintenance*), solo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido. Se trata, por tanto, de una actitud pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de la avería o fallo.

A pesar de que por su definición pueda parecer una actitud despreocupada de atención a los equipos, lo cierto es que este tipo de mantenimiento es el único que se practica en una gran cantidad de industrias, y en muchas ocasiones esto está plenamente justificado, especialmente en aquellos casos en los que existe un bajo coste de los componentes afectados, y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no directamente relacionados con la producción.

En otros casos, cuando el fallo de los equipos no supone la interrupción de la producción, ni siquiera afecta a la capacidad productiva de forma instantánea, las reparaciones pueden ser llevadas a cabo sin perjuicio de ésta. En estos casos, el coste derivado de la aparición de un fallo

imprevisto en el equipo es, sin lugar a dudas, inferior a la inversión necesaria para poner en práctica otro tipo de mantenimiento más complejo.

En este sentido conviene indicar que, incluso en aquellas instalaciones industriales que disponen de sofisticados planes de mantenimiento, existe generalmente un porcentaje de equipos en los que se realiza exclusivamente este tipo de mantenimiento.

Esta filosofía de mantenimiento no requiere de ninguna planificación sistemática, por cuanto no se trata de planteamiento organizado de tareas. En el mejor de los casos puede conjugarse con un entretenimiento básico de los equipos (limpieza y engrase generalmente) y con una cierta previsión de elementos de repuestos, especialmente aquellos que sistemáticamente deben ser sustituidos. Sin embargo, adoptar esta forma de mantenimiento supone asumir algunos inconvenientes respecto de las máquinas y equipos afectados, los que pueden citarse:

- ⤴ Las averías se producen generalmente de forma imprevista, lo que puede ocasionar trastornos en la producción, que pueden ir desde ligeras pérdidas de tiempo, por reposición de equipo o cambio de tarea, hasta la parada de la producción, en tanto no se repare o sustituya el equipo averiado.
- ⤴ Las averías, al ser imprevistas, suelen ser graves para el equipo, con lo que su reparación puede ser costosa.
- ⤴ Las averías son siempre –en mayor o en menor medida inoportunas, por lo que la reparación de los equipos averiados puede llevar más tiempo del previsto, ya sea por ausencia del personal necesario para su reparación, o ya sea por falta de los repuestos necesarios.
- ⤴ Por tratarse de averías inesperadas, el fallo podría venir acompañado de algún siniestro, lo que obviamente puede tener consecuencias muy

negativas para la seguridad del personal de las instalaciones.

## b) Mantenimiento Preventivo

Como ya se ha indicado, la finalidad última del mantenimiento industrial es asegurar la disponibilidad de los equipos e instalaciones industriales, para obtener un rendimiento óptimo sobre la inversión total, ya sea de los sistemas de producción, como de los equipos y recursos humanos destinados al mantenimiento de los mismos.

El mantenimiento preventivo supone un paso importante para este fin, ya que pretende disminuir o evitar –en cierta medida- la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos deteriorados, lo que se conoce como “las erres del mantenimiento”. Si la segunda y a tercera no se realizan, la primera es inevitable.

En las inspecciones se procede al desmontaje total o parcial de la máquina con el fin de revisar el estado de los elementos, remplazando a aquellos que se estime oportuno a la vista del examen realizado. Otros elementos son sustituidos sistemáticamente en cada inspección, tomando como referencia el número de operaciones realizadas o un determinado periodo de tiempo de funcionamiento.

El éxito de este tipo de mantenimiento depende de la correcta elección del período de inspección. Un período demasiado largo conlleva el peligro de la aparición de fallos entre inspecciones consecutivas, en tanto que un periodo demasiado corto puede encarecer considerablemente el proceso productivo. El equilibrio se encuentra como solución de compromiso entre los costes procedentes de las inspecciones y los derivados de las averías imprevistas.

Si bien los primeros pueden ser suficientemente cuantificados, la evaluación de los segundos no es tarea fácil, por lo que la determinación del punto de equilibrio aludido es difícil y suele ajustarse en función de la propia experiencia.

El grave inconveniente que presenta la aplicación exclusiva de este tipo de mantenimiento es el coste de las inspecciones. El desmontaje y la revisión de una máquina que está funcionando correctamente o la sustitución de elementos (lubricantes, rodamientos, etc.) que no se encuentran en mal estado, se nos convierte innecesario. Por otra parte, sea cual sea el período de inspección fijado, no se elimina la posibilidad de una avería imprevista, si bien cuanto menor sea dicho período de inspección se fija, en cualquier caso, asumiendo-en alguna medida-la posibilidad de la aparición de averías imprevistas durante el intervalo comprendido entre dos inspecciones consecutivas.

Un tipo de mantenimiento que también puede considerarse preventivo es aquel, sin llegar al desmontaje de los equipos, se ocupa de forma periódica de realizar las tareas propias de lo que se suele llamar entretenimiento de los equipos, es decir, engrase, cambio de lubricantes, limpieza, sustitución periódica de ciertos elementos vitales del equipos, etc. Aunque a todos los efectos se trata de un mantenimiento preventivo, se suele denominar mantenimiento rutinario, con el fin de distinguirlo del anterior.

### c) Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo, también conocido como mantenimiento según estado o según condición, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costes de los métodos tradicionales – correctivo y preventivo- de mantenimiento. La idea básica de esta filosofía de mantenimiento parte del

conocimiento del estado de los equipos. De esta manera es posible, por un lado reemplazar los elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas, suprimiendo las paradas por inspección innecesarias y, por otro lado, evitar las averías imprevistas, mediante detección de cualquier anomalía funcional y seguimiento de su posible evolución.

La aplicación del mantenimiento predictivo se apoya en dos pilares fundamentales:

- ✦ La existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del equipo.
- ✦ La vigilancia continua de los equipos. La mayoría de los componentes de las máquinas avisan de alguna manera su fallo antes de que este ocurra. Por lo tanto, mediante el seguimiento de los parámetros funcionales adecuados es posible detectar prematuramente el fallo de algún componente de la máquina, se podrá asegurar el correcto funcionamiento de la misma, observar su evolución y predecir la vida residual de sus componentes. El conjunto de técnicas que se ocupan del seguimiento y examen de estos parámetros característicos de la máquina se conoce como Técnicas de Verificación Mecánica.

Entre las ventajas más importantes que reporta este tipo de mantenimiento, pueden citarse las siguientes:

- ✦ Detectar e identificar precozmente los defectos que pudieran parecer, sin necesidad de parar y desmontar la máquina.
- ✦ Observar aquellos defectos que sólo se manifiestan sobre la máquina en funcionamiento.
- ✦ Seguir la evolución del defecto hasta que se estime peligroso.
- ✦ Elaborar un historial del funcionamiento de la máquina, a través de la

evolución de sus parámetros funcionales y su relación con cualquier evento significativos: parada, revisión, lubricación, remplazo de algún elemento, cambio en las condiciones de funcionamiento, defectos detectados, etc.

- ⤴ Programar la parada, para la corrección del defecto detectado, haciéndola coincidir con un tiempo muerto o una parada rutinaria del proceso de producción.
- ⤴ Programar el suministro de repuestos y la mano de obra.
- ⤴ Reducir el tiempo de reparación, ya que previamente se ha identificado el origen de la avería y los elementos afectados por la misma.
- ⤴ Aislar las causa de los posibles fallos repetitivos, y procurar su erradicación.
- ⤴ Proporcionar criterios para una selección satisfactoria de las mejores condiciones de operación de la máquina.
- ⤴ Aumentar la seguridad de funcionamiento de la máquina, y en general de toda la instalación.

Sin embargo, una cosa es lo que predica la filosofía del mantenimiento predictivo, y otra lo que realmente se puede esperar de su puesta en práctica. Las dificultades para su desarrollo pleno provienen de los mismos principios en los que se basa, a saber:

En Primer lugar, no existe ningún parámetro funcional, ni siquiera una combinación de ellos, que sea capaz de reflejar exactamente el estado de una máquina, indicando de forma inmediata, mediante la aparición de signos identificadores, la presencia de un defecto incipiente, y además de todos los defectos posibles.

En segundo lugar, no es viable una monitorización (o vigilancia

continua) de todos los parámetros funcionales significativos para todos los equipos de instalación. En la realidad el número de parámetros analizados en el programa de mantenimiento debe limitarse, así como la proporción de máquinas implicadas. Además el término vigilancia continua se flexibiliza hasta convertirlo en vigilancia periódica, reservando la monitorización sólo para aquellos equipos críticos en el proceso.

Como consecuencia de las limitaciones anteriores puede presentarse los siguientes inconvenientes:

- ✦ Que el defecto se produzca en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.
- ✦ Que un defecto no sea detectado en la medición y análisis de los parámetros incluidos en el programa.
- ✦ Que, aun siendo detectado un defecto, éste no sea diagnosticado correctamente o en toda su gravedad.
- ✦ Que aun, habiéndose realizado un diagnóstico correcto, no sea posible programar la parada de la máquina en el momento oportuno, y sea preciso asumir el riesgo de fallo.

### **3.4.- Identificación de los Equipos para el plan de mantenimiento**

A la hora de implantar un Plan de Mantenimiento, es necesario comprobarla posibilidad, justificación y la viabilidad de cada una de las opciones previstas, es decir, realizar un análisis minucioso de todos los detalles que implica su implantación para lograr resultados satisfactorios y evitar enfoque erróneos en cuanto al tipo de mantenimiento a aplicar a cada uno de los equipos o plantas, así como el alcance del mismo.

Antes de abordar los pormenores de la implantación, es preciso

efectuar una revisión completa del proceso productivo así como de la instalación, y verificar sus condiciones técnicas de gestión. Será preciso, pues, realizar un estudio detallado de las instalaciones, historiales de las máquinas críticas, impacto de las paradas en la producción, disponibilidad de los equipos, y cuantos aspectos tengan relación con la selección de los equipos que deben integrarse en el sistema a implantar.

Es recomendable comenzar por elaborar una Base de datos, con una ficha técnica para cada equipo implicado, en la que se puede incluir la siguiente información:

- ✦ Especificaciones de diseño del equipo.
- ✦ Datos descriptivos relevantes del equipo: geométricos, limitaciones, tolerancias, materiales, etc.
- ✦ Sistemas auxiliares necesarios.
- ✦ Listas de anomalías/averías esperadas.
- ✦ Parámetros funcionales más significativos para la detección de desviaciones en el comportamiento normal.
- ✦ Magnitudes físicas y unidades de medida que se obtienen de las técnicas predictivas a utilizar.
- ✦ Valoración relativa de fiabilidad de elementos y probabilidad de ocurrencia de averías.
- ✦ Instrumentación existente en la fábrica.
- ✦ Posibilidad de incluir otros parámetros de seguimiento funcional a los equipos.
- ✦ Indicación de la necesidad (o de la posibilidad) de monitorización continua.

Cualquier cambio de diseño, reforma, eliminación del equipo o modificación en el seguimiento predictivo, debe actualizarse en la Base de

Datos. Lo más valioso de este tratamiento es la individualización de los equipos, permitiendo, dado el caso, la diferenciación de dos equipos iguales, tanto en características funcionales paramétricas como en su necesidad de vigilancia, mantenimiento, seguridad, fiabilidad y otros criterios importantes.

### **3.5.- Selección de equipos (Análisis de criticidad)**

Una vez determinada la viabilidad económica e inversión óptima, habrá que decidir qué equipos serán admitidos en el programa previsto. Se trata, pues de clasificar los equipos atendiendo principalmente a la significación funcional y a su repercusión económica.

En general, para decidir los equipos implicados se establece el criterio de seleccionar aquellos cuyo fallo produce una parada de la instalación, una disminución de su capacidad productiva, una merma de la calidad o un peligro eminente de ello. Como puede observarse, estos criterios son los mismos que se consideran cuando se plantea el plan de mantenimiento de la instalación.

Aunque normalmente los equipos críticos de una planta son conocidos, puede ser conveniente realizar una ponderación de la significación funcional de los mismos atendiendo a su importancia en el proceso productivo. Para ellos pueden seguirse distintos criterios de clasificación, en los que puede intervenir factores como la fiabilidad de los equipos, su impacto en la producción, las particularidades de su mantenimiento, la seguridad, y a cualquier otro aspecto que puede considerarse relevante en cada caso.

En primer lugar puede establecerse una clasificación entre los diferentes equipos de la planta en estudio, atendiendo para su efecto sobre

el proceso productivo, de la siguiente manera:

1. Equipos cuyo fallo provoca la parada del proceso productivo o afectan negativamente a la capacidad normal de producción.
2. Equipos cuyo fallo no provoca efectos inmediatos sobre el proceso productivo.

Se ha formulado distintas clasificaciones de los equipos con el fin de facilitar la selección de los equipos que deben incluirse en el plan de mantenimiento. El objetivo de estas clasificaciones no es otro que el de ponderar la importancia de cada uno de los equipos en el proceso productivo, con el fin de establecer un orden de prioridad entre ellos.

De este modo, derivada de la división expuesta anteriormente, puede utilizarse la clasificación ABC de los equipos:

- ⤴ Categoría A (críticos): Equipos esenciales para producción su fallos provoca la parada o la pérdida inmediata de la producción, o afectan seriamente a las condiciones de seguridad de la instalación.
- ⤴ Categoría B (importantes): Equipos importantes para la producción. Su fallos no provoca efectos inmediatos sobre la producción, pero, si el fallo, persiste, sus efectos si podrían resultar perjudiciales para la producción o para la seguridad de la instalación.
- ⤴ Categoría C (prescindibles): El resto de los equipos. Veamos, en segundo lugar, qué criterios podemos utilizar para clasificar cada uno de los equipos en alguna de las categorías anteriores. Debemos considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos:

producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- Frecuencia de Fallas: Es importante conocer la probabilidad casi inmediata de fallas de un sistema productivo (equipos, máquinas, etc.) bien sea, por cumplir (t) horas de operación o por causas inherentes al equipo.

- Producción: Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo.

- Mantenimiento: El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento; o por último, un equipo de muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.

- Seguridad y medio ambiente: Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio ambiente o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

La tabla propuesta para valorar la criticidad de un equipo puede ser la siguiente:

**Tabla 3.1:** Análisis de Criticidad

<b>TIPO DE EQUIPO</b>
Índice de Criticidad (IC)= $FF*(TSF+IO+IS)$
<b>CRÍTICO</b> (De 6 en adelante)
<b>IMPORTANTE</b> (3 – 5)
<b>PRESCINDIBLE</b> (0 – 2)

**Fuente:** Elaboración Propia.

Luego el equipo será clasificado según el aspecto cuyo puntaje sea el más crítico o más alto.

### **3.6.- Indicadores del Mantenimiento**

Desde que el ser humano nace ya está sometido a mediciones, en la vida empresarial pasa algo muy parecido. Debemos ser conscientes de que sólo podemos mejorar de forma objetiva aquello que se pueda medir. Por tanto, cualquier responsable técnico de una Empresa o de un Departamento de Mantenimiento que afronte un proceso de mejora serio y riguroso, debe plantearse profundamente la necesidad de medir en qué situación se encuentra ahora y cuál va a ser la forma de medir el éxito o fracaso de las nuevas medidas adoptadas.

Las empresas están habituadas históricamente a determinadas mediciones como las asociadas a la contabilidad, a los activos, al número de personas, etc. Lo mismo sucede con el mantenimiento entre los que se tiene indicadores tales como, la temperatura de equipos, la medición de vibración, nivel de aceite, entre otras.

### **3.7.- Norma Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)**

La comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN surgió del establecimiento de la normalización en el país en el año 1958. Esta comisión es un cuerpo colegiado que asesora al Ministerio de Fomento y que está integrado por los elementos del sector público y del privado.

La garantía o prueba de determinado producto elaborado en Venezuela, que haya cumplido todos los requisitos y que ha sido objeto de certificación de calidad, se tiene con la adquisición del sello o marca Norven

y su exhibición en determinado producto significa que este fue elaborado de acuerdo a los requisitos del comité venezolano de normas industriales Covenin y bajo las rigurosas pruebas y controles establecidos para así lograr una óptima calidad.

Actualmente Covenin cuenta con una unidad operativa, representada en la dirección de normalización y certificación del control de calidad, que tiene inherencia en las cuestiones técnicas inherentes a la información y aplicación de las reglas que orientan las actividades de normalización y control de calidad, en Venezuela.

### **3.7.1.- Norma COVENIN 3049-93**

La Norma COVENIN 3049-93, fue creada con el fin de establecer y dar a conocer los conceptos fundamentales del mantenimiento tales como: Mantenimiento, Ingeniería de Mantenimiento, Tipos de Mantenimiento, Organización, Objetivos del Mantenimiento, Políticas, Fallas, Reparación, Criticidad, Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad, entre otros.

Esta norma hace referencia a los conceptos empleados en la gestión del mantenimiento, con la finalidad de unificar los criterios utilizados para la gerencia e implementación de gestión de mantenimiento.

La aplicación de esta, se dirige a todos los sistemas en operación que se encuentran sujetos a acciones de mantenimiento, tales como reparaciones, reemplazos, paradas de plantas, entre otras actividades.

Así mismo, la norma establece los diferentes tipos de mantenimientos que se deben realizar para garantizar el éxito de la gestión del mismo, además de quien y como debe efectuarse las actividades inherentes al

mantenimiento y la estructura que debe presentar dicha gestión.

### **3.8.- Normas ISO (*INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*)**

La ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales, normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representados en dicho comité. Las organizaciones Internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) en todas las materias de normalización electrotécnica. Las Normas Internacionales son editadas de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 3 de las Directivas ISO/CEI. Los Proyectos de Normas Internacionales (FDIS) adoptados por los comités técnicos son enviados a los organismos miembros para votación. La publicación como Norma Internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros requeridos a votar. Las Normas ISO 9000, han sido preparadas por el Comité Técnico ISO/TC 176, Gestión de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad.

#### **3.8.1.- La serie ISO 9000**

Es un método práctico y probado para gestionar la calidad eficazmente, está constituida por un conjunto de documentos separados, pero relacionados, que definen estándares internacionales para los sistemas de administración de la calidad. Éstos se desarrollaron con la meta de documentar los elementos de un sistema de éste tipo en una organización,

con el fin de mantener un sistema de administración de la calidad efectivo. La serie no determina técnicas o tecnologías específicas que deben emplearse.

La Norma ISO 9001 está orientada al aseguramiento de la calidad del producto y a aumentar la satisfacción del cliente, mientras que la Norma ISO 9004 tiene una perspectiva más amplia sobre la gestión de la calidad brindando orientaciones sobre la mejora del desempeño. La familia de Normas ISO 9000 se ha elaborado para asistir a las organizaciones, de todo tipo y tamaño, en la implementación y la operación de sistemas de gestión de la calidad eficaces.

### **3.8.2.- La Norma ISO 9001:2008**

La nueva versión de la Norma ISO 9001:2008, fue considerada de acuerdo con las directrices del Comité Técnico de Normalización CT23 Gestión de la Calidad, y siendo aprobada por FONDONORMA en la reunión del Consejo Superior N° 2008-06 de fecha 10/12/2008. La norma ISO 9001:2008 mantiene de forma general la filosofía del enfoque a procesos y los ocho principios de gestión de la calidad, a la vez que seguirá siendo genérica y aplicable a cualquier organización independientemente de su actividad, tamaño o su carácter público o privado. Si bien los cambios abarcan prácticamente la totalidad de los apartados de la norma, éstos no suponen un impacto para los sistemas de gestión de la calidad de las organizaciones basadas en la ISO 9001:2000, ya que fundamentalmente están enfocados a mejorar o enfatizar aspectos como: Importancia relevante del cumplimiento legal y reglamentario. Alineación con los elementos comunes de los sistemas ISO 14001. Mayor coherencia con otras normas de la familia ISO 9000. Mejora del control de los procesos subcontratados. Aumento de comprensión en la interpretación y entendimiento de los elementos de la norma para facilitar su uso. Eliminación de ambigüedades en el tratamiento de algunas actividades.

### **3.9.- Sistema de Gestión de la Calidad**

Un Sistema de Gestión de la Calidad es el conjunto de normas interrelacionadas de una empresa u organización por los cuales se administra de forma ordenada la calidad de la misma, en la búsqueda de la satisfacción de las necesidades y expectativas de sus clientes, para lo cual planifica, mantiene y mejora continuamente el desempeño de sus procesos, bajo un esquema de eficiencia y eficacia que le permite lograr ventajas competitivas.

Se debe hacer un sistema no sólo para certificación, se debe preguntar qué aspectos de la organización están asociados con la calidad. Este sistema comprende la estructura organizacional, conjuntamente con la planificación, los procesos, los recursos, los documentos que necesitamos para alcanzar los objetivos de la organización para proveer mejoramiento de productos y servicios y para cumplir los requerimientos de nuestros clientes.

Un Sistema de Gestión de la Calidad no es sólo para las grandes empresas, puede ser manejado para todo tipo de negocio y en todos los aspectos de la gestión así como mercadeo, en las actividades de ventas y gestión financiera. Sin embargo, es decisión de cada organización, el alcance del SGC y que procesos incorpora.

#### **3.9.1.- Ventajas de un Sistema de Gestión de la Calidad.**

Desde el punto de vista externo:

- ✓ Potencia la imagen de la empresa frente a los clientes actuales y potenciales al mejorar de forma continua su nivel de satisfacción. Ello aumenta la confianza en las relaciones cliente-proveedor siendo fuente

de generación de nuevos conceptos de ingresos.

- ✓ Asegura la calidad en las relaciones comerciales.
- ✓ Facilita la salida de los productos/ servicios al exterior al asegurarse las empresas receptoras del cumplimiento de los requisitos de calidad, posibilitando la penetración en nuevos mercados o la ampliación de los existentes en el exterior.

### 3.10.- Definición de términos básicos

**Agua:** Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales.

**Agua potable:** Agua apta para el consumo humano.

**Planta de tratamiento de agua potable:** Entidad encargada de acondicionar el agua para lograr una calidad cónsona con los consumidores.

**Mantenimiento:** es el conjunto de acciones que permiten conservar un dispositivo o restablecerlo a un estado específico en el que se cumple un servicio determinado.

**Gestión del mantenimiento:** Conjunto de trámites que se llevan a cabo para conservar o restablecer el estado de los equipos.

**Mantenimiento preventivo:** Son una serie de acciones que se llevan a cabo para prevenir las fallas o las roturas.

**Mantenimiento correctivo:** Son las labores que se ejecutan para devolver el equipo a su operación normal luego de presentarse una falla.

**Plan de mantenimiento:** Modelo sistemático que se elabora para la realización del mantenimiento.

**Programa de mantenimiento:** Acciones organizadas que determinan en agenda a los encargados de ejecutar el mantenimiento, con sus respectivas piezas y repuestos.

**Coagulación:** Desestabilización de partículas coloidales por la adición de un reactivo químico, llamado coagulante. Esto ocurre a través de la neutralización de las cargas.

**Floculación:** Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

**Sedimentación:** es el proceso mediante el cual la materia en suspensión (sedimento) en un líquido, termina en el fondo por su mayor densidad.

**Filtración:** Se denomina filtración al proceso de separación de sólidos en suspensión en un líquido mediante un medio poroso, que retiene los sólidos y permite el pasaje del líquido.

**Desinfección:** Proceso físico o químico que mata o inactiva a los

microorganismos tales como bacterias, virus y protozoarios.

**Bomba hidráulica:** es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente mecánica) a hidráulica, con la finalidad de mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

**Filtro:** Material poroso o dispositivo a través del cual se hace pasar un fluido para limpiarlo de impurezas o separar ciertas sustancias.

**Materia orgánica:** composición de residuos animales o vegetales.

**Floc:** Unión de partículas coloides en suspensión.

**Sedimento:** Materia que tras haber estado suspenda en un líquido se posa en el fondo recipiente que la contiene.

**Confiabilidad:** Probabilidad de que el equipo no falle mientras esté en funcionamiento.

**Mantenibilidad:** Distribución de probabilidad asociada a los tiempos de realización del mantenimiento.

**Disponibilidad:** Probabilidad de uso del equipo en ciertas condiciones.

## CAPÍTULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de una investigación se requiere de la implementación de una metodología de investigación que permita utilizar las herramientas y técnicas adecuadas a través de las cuáles se puede obtener toda la información necesaria para la evaluación y búsqueda de soluciones al problema presentado.

En el desarrollo de esta investigación es necesaria la aplicación de la siguiente metodología:

#### 4.1.- Tipo de Investigación

Con respecto a la definición de la investigación descriptiva, Arias (2006) establece lo siguiente:

*“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo ó grupo, con el fin de establecer su estructura ó comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (p. 24).”*

Dado que la investigación del problema planteado consiste en primer lugar realizar un inventario de todos los equipos que formarán parte del sistema de mantenimiento integral, incluyendo todas sus características se está incurriendo en una descripción.

Por otro lado, dado a que la información se obtendrá a través de observaciones y visitas técnicas a la planta de tratamiento Cupapuicito, esta investigación se considera De Campo, la cual consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. Por tal motivo, se considera esta investigación también De Campo.

#### **4.2.- Diseño Metodológico**

Atendiendo a los objetivos delimitados, la investigación se orientó hacia un Diseño de Campo, de allí su carácter de investigación No Experimental. Por cuanto, este diseño de investigación se basó en observar y recolectar los datos directamente de la realidad del objeto de estudio, en su ambiente cotidiano.

#### **4.3.- Población y Muestra**

Una población la conforman un conjunto de seres u objetos con características en común y que representan el objeto principal de estudio.

Esta definición se corresponde claramente con lo planteado por Pérez (2002) quien señala:

*“La población es el conjunto finito o infinito de unidades de análisis, individuos, objetos o elementos que se someten a estudio, pertenecen a la investigación y son la base fundamental para obtener la información” (p.75).*

Para el caso pertinente a esta investigación, la población son los equipos que se proyectan en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Cupapuicito, Acueducto Upata, Municipio Piar.

Mientras que la muestra se define por Gómez (2006) quien apunta “...una muestra es una parte de la población o universo a estudiar...” (p. 109). Para este caso en particular la muestra coincide con la población.

#### **4.4.- Recursos**

Dentro de la investigación, se utilizaron las siguientes herramientas para la realización del estudio:

- ✦ Computadora personal.
- ✦ Memoria con puerto USB.
- ✦ Cámara Fotográfica
- ✦ Lápiz y Cuaderno de anotaciones. Formas impresas para la recolección de información.
- ✦ Calculadora.

#### **4.5.- Técnicas de Recolección de Datos**

En función de los objetivos planteados en el presente estudio, ubicado dentro de la investigación de campo, se emplearan una serie de instrumentos y técnicas para la recolección de información, orientada de manera esencial para alcanzar los fines propuestos.

Las técnicas utilizadas son las siguientes:

- ✦ **Observación Directa.**

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, para tomar información y registrarla para su posterior análisis.

En relación a la observación, **Arias** (2006) señala:

*“La observación es una técnica que consiste en visualizar ó captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno ó situación que se produzca en la naturaleza ó en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación.” (p.69).*

Las observaciones que se realizarán en esta investigación se efectuarán en la planta de tratamiento Cupapuicito y en las áreas del taller central destinadas al mantenimiento con el fin de obtener la información requerida para la ejecución de la investigación.

#### ✦ **Análisis Documental.**

En el desarrollo de la investigación se realizarán análisis de la información suministrada con respecto a la ejecución de las actividades de mantenimiento, consultas a documentos internos de HidroBolívar, en los que se pueden mencionar, las estructuras organizativas, las prácticas operativas, las prácticas de mantenimiento, entre otros.

Así mismo, consultas a libros de mecánica de los fluidos, libros de mantenimiento y trabajos de grados relacionados con el tema, como material académico, además de referencias sobre las Normas ISO 9001:2008 del Sistema de Calidad y la Norma COVENIN 3049-93.

#### ✦ **Entrevista No Estructurada**

En el desarrollo de esta investigación se realizarán entrevistas a los Técnicos y Asistentes Técnico, encargados de llevar a cabo las actividades de mantenimiento mecánico, además del personal de la Gerencia de Mantenimiento de la empresa, con la finalidad de recolectar información para

llevar a cabo la investigación.

✦ **Consultas Académicas e Industriales**

Se efectuarán a los tutores académicos e industriales, para obtener orientación y definir así los pasos a seguir para el desarrollo de la investigación, además de aclarar dudas relacionadas con la misma.

✦ **Los paquetes computarizados**

Utilizados para el desarrollo, obtención, codificación de los datos, así como la estructuración formal del proyecto de grado. Paquetes computarizados: Word, Power Point y Excel.

✦ **Técnicas y herramientas de ingeniería industrial**

El análisis de esta información se realizarán utilizando las herramientas de la Ingeniería Industrial adquiridas a lo largo de la carrera, entre las que se destacan, herramientas de Higiene y Seguridad Industrial, Planificación y Control de Mantenimiento, Calidad, Matriz FODA, Conocimientos en el área Mecánica, entre otras.

#### **4.6.- Procedimiento Metodológico.**

1.- Realizar un diagnóstico de la situación actual en cuanto al mantenimiento a los equipos que conforman la planta de tratamiento.

- ✦ Realizar entrevistas al personal de mantenimiento de la planta de tratamiento Cupapuicito.
- ✦ Registrar la forma en que realizan la gestión de mantenimiento en la planta.
- ✦ Recolectar toda la información necesaria para identificar el tipo de

planta de tratamiento que se está construyendo.

2.- Identificar los equipos de la planta de tratamiento de agua.

- ⤵ Realizar una lista de ellos equipos a comprar para los proyectos de ampliación de la planta.
- ⤵ Clasificar los equipos de acuerdo a su afinidad y funciones.
- ⤵ Crear fichas técnicas de los equipos.

3.- Realizar un análisis de fallas y de criticidad a los equipos de la planta de tratamiento.

- ⤵ Revisar la literatura técnica de los equipos para revisar los componentes que lo conforman y hacer un inventario de las posibles fallas que pueden ocurrir.
- ⤵ Determinar los equipos críticos que generen paradas y pérdidas en la producción.
- ⤵ Elaborar las prácticas operativas de los nuevos equipos que conformaran la planta de tratamiento.

4.- Evaluar el cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008 en aspectos relacionados con el mantenimiento, en la gestión de la planta de tratamiento.

5.- Determinar los indicadores para el sistema de gestión de mantenimiento integral.

6.- Realizar el programa de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de la planta de tratamiento.

7.- Evaluar el impacto de la propuesta del sistema de mantenimiento integral.

## CAPÍTULO V

### SITUACIÓN ACTUAL

Para conceptos del presente capítulo, se exhibe la composición de la situación actual de la Gerencia de Mantenimiento, en cuanto a su gestión y manejo de los procesos que dan vida en planta de tratamiento.

#### **5.1.- Breve descripción del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, Acueducto Upata, Municipio Piar.**

Para la realización del mantenimiento de los equipos que forman parte del proceso de tratamiento de agua, es necesaria la descripción del proceso productivo que será utilizado en la planta de tratamiento Cupapuicito, Acueducto Upata. Cabe destacar que este proceso se dará de la misma manera para dos nuevas plantas de tratamiento propuestas ( 02 plantas SIPB de 40 lps y 02 plantas UPA de 5,5 lts cada una) para la ampliación de dicha planta de tratamiento.

El proceso de tratamiento de agua es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables del agua. El proceso de potabilización de la planta Cupapuicito la conforman 6 operaciones las cuales serán descritas a continuación:

### ▲ **Captación:**

Es el proceso preliminar para la potabilización del agua, consiste en el transporte hasta la planta de tratamiento, la captación en esta planta se realiza a través de un dique de concreto ubicado sobre el Río Cupapuicito, con el fin de captar el gasto deseado y conducido a la línea de aducción a través de un canal de concreto desde el dique hasta la estación de bombeo, la cual está compuesta por 3 bombas de 60 lps, las cuales funcionan 2 de 30l/seg y una de 60l/seg que queda como respaldo, conectadas a través de un Manifold de descarga, compuesto por una tubería de acero de Ø10", que luego se conectan a una tubería principal de acero de Ø12", este caudal es finalmente transmitido por bombeo hasta la planta a través de una tubería PEAD de Ø12".

### ▲ **Entrada y Mezcla Rápida:**

Para la entrada de agua se utilizará una tubería PEAD de Ø12" con una longitud aproximada de 700 mts a partir del límite de la aducción de agua cruda. Éste proceso de entrada de agua cruda se realizará para la planta actual, las (02) plantas SIPB y las (02) plantas UPA propuestas, conectadas a la tubería principal a través de tuberías de acero de Ø8" cada una. Para una regulación del caudal de entrada se propone la instalación de válvulas mariposa del mismo diámetro en cada una de éstas tuberías.

Para el proceso de mezcla rápida, el agua cruda entra a un vertedero para las plantas SIPB y UPA, para el resto de la planta el agua entra directamente a una tanquilla de mezcla rápida. Seguidamente se le agrega al agua cruda de manera uniforme sulfato de sodio que sirve como coagulante, elimina las partículas coloidales suspendidas en el agua y Cal que sirve de aglomerante para aumentar la alcalinidad del agua, es decir, estabilizar el PH del agua.

### ▲ **Floculación:**

Una vez finalizado el proceso de mezcla rápida, el agua entra a los módulos de Floculación. Para la formación de las partículas o floc que se separan por sedimentación, se proponen floculadores del tipo mecánico y floculadores del tipo hidráulico.

Las plantas SIPB cuentan con 04 módulos de floculación (02 para la floculación de tipo mecánica y 02 para la floculación tipo hidráulica), mientras que las plantas UPA cuentan con la mitad de los módulos de la planta antes mencionada.

La floculación mecánica está compuesta por un sistema de agitadores accionados por motoreductores. Mientras que la floculación hidráulica, consiste en varias láminas paralelas que generan una pérdida de carga exactamente proporcional al nivel de disipación de energía expresado en términos “G”. Las barreras perforadas para este caso han sido diseñadas para un nivel declinante “G” de entre 60/s a 20/s, con un tiempo de retención total de 15 minutos con el fin de formar un floc adecuado para la sedimentación convencional.

### ▲ **Sedimentación:**

Desde los compartimientos de floculación el agua entra al compartimiento de sedimentación. En este proceso consiste en la separación de sólidos más densos mediante gravedad. Las partículas sedimentan más fácilmente cuanto mayor es su diámetro, su peso específico comparado con el del líquido, y cuanto menor es la viscosidad del mismo.

Se ha previsto un bloque de 02 sedimentadores en cada módulo para las plantas SIPB y 01 para las plantas UPA. El desnivel del fondo de los módulos posee una pendiente que permite la limpieza hidráulica del lodo que

queda en la descarga del proceso.

La última pantalla del floculador tiene la doble función de distribuir el agua de entrada así como permitir la distribución del agua durante el lavado a todo lo ancho del piso.

Finalmente, el agua se distribuirá al caudal enviado a los filtros.

#### ✦ **Filtración:**

El agua sedimentada es distribuida por la galería central a todo lo largo del grupo de filtros. El agua a la entrada de los filtros se repartirá uniformemente mediante vertederos de entrada. El lecho filtrante será de arena y grava. En esta parte del proceso se desinfecta el agua agregándole una dosis controlada de cloro.

El caudal proveniente de los filtros se comunica con el manifold de agua clara. Seguidamente se une a un tanque de retrolavado compuesto por 2 equipos de Bombeo Horizontal de 60 lps a 15 mts y 50 Hp a 1800 rpm, esto para las plantas SIPB, para las plantas UPA está compuesto por 2 equipos de Bombeo Horizontal de 15 lps a 75 mts y 20 Hp a 1800 rpm.

#### ✦ **Almacenamiento:**

Finalmente, el agua tratada es almacenada en dos tanques, un Tanque Subterráneo que por gravedad surtirá agua para los habitantes de Upata y un Tanque Superficial que a través de una estación de bombeo se encargará de surtir agua clara para la población de Sabaneta y Sabanetica.

A continuación, se muestra el Diagrama de Proceso de la Planta de Tratamiento Cupapuicito, Acueducto Upata, Municipio Piar. (Aplica para las plantas UPA, SIPB y planta actual).

### Diagrama de Proceso Actual

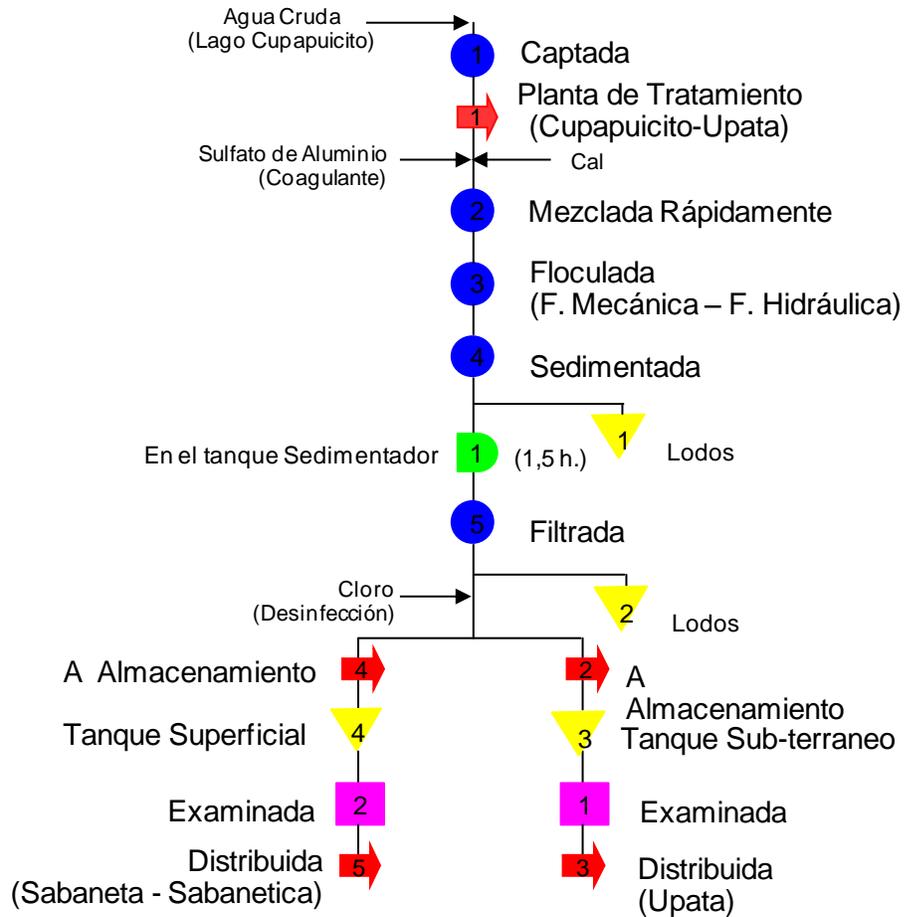
**Proceso:** Potabilización del Agua

**Seguimiento:** Agua

**Inicio:** Captación

**Fin:** Distribución

**Fecha:** Diciembre 2.013



**Resumen:**

Operaciones:	5
Inspecciones:	2
Traslados:	5
Almacenamientos:	5
Demoras:	1 (1,5 h.)
<b>Total:</b>	<b>18</b>

**Figura 5.1:** Diagrama de Proceso de la Planta Cupapuicito, Acueducto Upata.

**Fuente:** Elaboración Propia.



**Figura 5.2:** Vista del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento.

**Fuente:** Gerencia General de Proyecto y Construcción

## 5.2.- Listado de Equipos a funcionar en la planta

En la presente tabla se presentan todos los equipos que integraran la planta de Tratamiento de Agua Potable Cupapuicito, Acueducto Upata, Municipio Piar, Estado Bolívar, una vez concretado el proyecto de ampliación.

**Tabla 5.1:** Inventario de los Equipos de la planta de tratamiento Cupapuicito incluidos en el plan de mantenimiento.

EQUIPO	CANTIDAD	CARACTERISTICAS
Equipo de Bombeo Vertical (Bombagua)	3	Modelo 12H-135 con cuatro (04) etapas de impulsión con impulsores de bronce Ø208mm.
Cabezales de Descarga	3	Marca Bombagua, Tipo 1610
Motor Eléctrico Vertical	3	De eje Hueco. Marca US Motors de 75Hp y 1750rpm, frome 365 TP, para 230/460v.

Válvulas Compuerta	3	De 10 pulgadas de diámetro (250mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150
Válvulas de Retención (Check)	3	Tipo Clapeta de 10 pulgadas de diámetro (250mm) de extremos brindados Norma Ansi Clase 125.
Válvulas Compuerta	3	De 4 pulgadas de diámetro (100mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.
Válvulas Compuerta	2	De 8 pulgadas de diámetro (200mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.
Válvulas Compuerta	1	De 12 pulgadas de diámetro (300mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.
Moto-reductor Coaxial	2	Marca Rossi, modelo MR-V64-90-S
Válvula de Retención Vertical (De pie)	2	De 6 pulgadas de diámetro (150mm) con extremos brindados, Norma Ansi Clase 150.
Válvulas Compuerta	4	De vástago fijo de 6 pulgadas de diámetro (150mm) de extremos brindados, Norma Ansi, Clase 150.
Válvulas de Retención (Check)	2	De 6 pulgadas de diámetro (150mm) con extremos brindados, Norma Ansi Clase 150.
Equipo de Bombeo Horizontal	2	Marca KSB, modelo Etanorm 125-250 de una sola etapa con impulsador de hierro negro y de 237mm
Motor Eléctrico Horizontal	2	De 45 Hp y 1770rpm, 60Hz, 460v, Marca US Motors.
Válvulas de Retención (Check)	2	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de extremos brindados Norma Ansi, Clase 125
Válvulas de Compuerta	4	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi, Clase 150
Equipo de Bombeo Horizontal	2	Marca KSB Meganorm, modelo 40-200 con carsa de hierro fundido y eje de acero inoxidable.
Motor Eléctrico Horizontal	2	Marca US Motor de 20Hp y 3450rpm, 60Hz y 2200/440v.
Dosificador de Tolva y tornillo sinfín	2	Marca Merrick Modelo Omega 21-12 con capacidad de 0,2-30 Kg/Hr.

**Fuente:** Gerencia General de Proyectos y Construcción.

### 5.3.- Situación Actual de la Gerencia de Mantenimiento

Cuando se realiza un Sistema de Gestión Integral de Mantenimiento en un sector particular de una empresa, se debe tener como referencia las políticas de mantenimiento que dicha empresa posee en general, además de obtener la información sobre cómo se traducen las políticas a su aplicación.

Por lo tanto, es imprescindible describir la situación actual de la Gerencia de Mantenimiento.

Como parte de la historia de la Gerencia de Mantenimiento se tiene que es una de las gerencias más recientes. Apenas comienza su formación en el 2010, mientras que la estructura organizativa definitiva se aprueba en diciembre de 2011.

La causa principal de su creación viene dada por las nuevas políticas de mejora continua, la cual comienza desde que en 2007 HidroBolívar se orienta a adecuar su gestión operativa bajo la Norma ISO 9001:2008. Sin embargo, la envergadura de la empresa es tal, que se necesitan varios años para la adecuación de cada una de las plantas que conforman la empresa y así poder lograr la certificación de todos los procesos que allí se realizan.

La Norma ISO 9001:2008 se basa fundamentalmente en la certificación de los procesos de producción, por lo tanto para garantizar la calidad del servicio es necesario asegurar el funcionamiento de los equipos que operan en las plantas, debido a esto, es necesario darle al mantenimiento la misma importancia que se le brinda a producción.

### **5.3.1 Aspecto Organizativo**

En este aspecto se describe todo lo relativo a la administración del mantenimiento y en la manera que la gerencia se compone para llevar a cabo sus objetivos.

La estructura Organizativa de la Gerencia se presenta en la figura 5.3, en esta se puede observar que luego del Gerente se encuentra el planificador de mantenimiento, la persona que ocupa este cargo es

responsable de controlar la gestión de las actividades de mantenimiento correctivo y predictivo del Acueducto y de las redes de distribución de agua, a los fines de garantizar la confiabilidad, disponibilidad, operatividad y continuidad del suministro de agua potable.



**Figura 5.3:** Estructura Organizativa de la Gerencia de Mantenimiento

**Fuente:** Gerencia General de Proyectos y Construcción

En esta estructura se puede observar que existen tres divisiones, las cuales tienen por objetivo lo siguiente:

- ✦ La división de confiabilidad operacional es responsable principalmente del mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos eléctricos y mecánicos encontrados en las plantas de tratamiento de todo el

estado Bolívar, sin embargo dependiendo de la envergadura de las fallas pueden realizar el mantenimiento correctivo.

- ✦ La división de taller central se encarga solo del mantenimiento correctivo de los equipos eléctricos y mecánicos de las plantas de tratamiento de agua potable de todo el estado bolívar, que requieran un mantenimiento mayor.
- ✦ La división de dosificación y desinfección, está comprometida con el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de todos los equipos relacionados con los dosificadores de cal y con los cloradores.

En cuanto a las políticas de mantenimiento se puede decir en líneas generales, desde la certificación ISO, se están adoptando el mantenimiento preventivo y predictivo justamente en las plantas que han adquirido la certificación, ya que antes en su mayoría se realizaba mantenimiento correctivo. Es importante destacar que HidroBolívar ha logrado la certificación ISO 9001:2008 en tres acueductos del Municipio Caroní (Sistema Integral Macagua-San Félix, Acueducto Puerto Ordaz y Acueducto Industrial, en los procesos de Captación, Tratamiento y Almacenamiento) lo cual motiva hacer de la norma la mística de trabajo en todas las áreas e instalaciones de la hidrológica.

Ya que no todas las plantas se encuentran bajo esta certificación, se tiene que en cada planta existe una política de mantenimiento diferente, debido a esto, se puede decir, que hay independencia en las políticas de mantenimiento que se aplican en las mismas.

No obstante, las prácticas de mantenimiento relacionadas con correcciones es responsabilidad del Taller Central, es decir, el mantenimiento

correctivo es centralizado, lo que conlleva a que cada equipo que deje de funcionar sea trasladado a la planta de Macagua en San Félix. Sin embargo, el Taller Central se limita a reparar motores y bombas.

### 5.3.2 Aspecto Técnico

A continuación se describe los tipos de mantenimientos que se llevan a cabo en las plantas de tratamiento:

- ✦ Mantenimiento preventivo: este se realiza a través de las prácticas operativas rutinarias, en cada una de las plantas. Se encuentra a cargo de los operadores de planta. En las plantas que poseen la certificación ISO 9001:2008 existe una práctica basada en el mantenimiento preventivo donde se realiza un listado sobre el estado de los equipos denominados por ellos críticos.
- ✦ Mantenimiento predictivo: es limitado debido a que el momento de: Realizar la inspección y efectivamente identificar una alteración del funcionamiento, mayormente no se cuenta con las herramientas para realizar las actividades de mantenimiento correctivo, se debe realizar una orden de trabajo y esperar la repuesta por parte del Taller Central. Adicionalmente, los planes de mantenimiento predictivo que incluye inspecciones y diagnósticos de los equipos esto se realiza solo en las plantas que poseen la certificación. Por lo tanto, este tipo de mantenimiento, sigue en sus primeros pasos para su implementación definitiva.
- ✦ Mantenimiento correctivo: como se mencionó anteriormente este mantenimiento se realiza en el Taller Central, sin embargo, existe un protocolo informal, del cual se puede mencionar que los equipos

comienzan a tener un historial de fallas solo cuando éste presenta una falla severa, pero que puede ser solventada en el sitio, y sólo se registran las actividades ejecutadas mas no que equipo fue afectado.

La razón por la cual se envía los equipos al taller foráneo aunque se tengan los repuestos es que el taller no posee las herramientas o los equipos para el manejo de los motores y algunas piezas, es decir, no poseen grúas o polipastos que permitan el traslado de los equipos y que se coloquen en posiciones cómodas para realizar la reparación. Esto limita al taller a tratar equipos de menos de 300 HP de potencia como es el caso las de bombas y los motores. Esto trae como consecuencia el aumento de los costos de reparación por cada equipo que se envía al taller foráneo.

No obstante, no son la mayoría de los equipos que se utilizan en todo el Estado Bolívar que ameritan mantenimiento exceden los 300 HP de potencia, cabe mencionar que las plantas de tratamiento principales poseen sus propias grúas para el traslado de los equipos en el caso que se requiera su mantenimiento.

Por otro lado, no se lleva un control a través de indicadores. Aun cuando se realiza el reporte de fallas, en el formulario se puede observar que poseen toda la información para llevar el control a través de indicadores.

Así mismo, lo equipos tienen una codificación en la planta independiente a la manejada en el Taller Central.

### **5.3.3 Situación de cada planta**

Como se mencionó anteriormente, los planes de mantenimiento preventivo existen como una rutina fundamental en las plantas que poseen la

certificación, incluso se tiene la previsión de tener una cuadrilla de guardia en la planta para resolver cualquier imprevisto menor.

Todos los equipos se encuentran codificados según lo que se establece en la ISO 9001:2008 y se tiene un plan de mantenimiento, de acuerdo con los resultados de los indicadores de caudal y de disponibilidad.

En cualquier caso que la falla sea de mayor alcance al que las cuadrillas puedan manejar, se generan órdenes de trabajo para enviar dichos equipos a taller central.

En el resto de las plantas que no están certificadas, los operadores se encuentran en la misma sin más que el apoyo de una cuadrilla de mantenimiento para solventar problemas menores que se puedan presentar.

Sin embargo, existen prácticas operativas rutinarias que consisten en cambiarle el aceite a los motores, la limpieza de los filtros, limpieza de dosificadores, que se pueden definir como prácticas de mantenimiento preventivo.

Es necesario mencionar que lo explicado anteriormente no aplica en las zonas rurales, en las balsas toma, en las torres toma, es decir en las etapas de captación del tratamiento de agua y las zonas alejadas.

#### **5.3.4.- Evaluación de la Situación Actual de la Planta de Tratamiento Cupapuicito, Acueducto Upata.**

En la búsqueda de mejoras en la organización y gestión, es importante puntualizar el papel que la implementación de un buen Sistema de Gestión, para lo cual, mediante la planificación, mantenimiento y mejora continua del

desempeño de los procesos que se llevan a cabo en la planta, permiten lograr ventajas competitivas y la certificación de la misma.

Tomando en cuenta estos aspectos, para realizar una evaluación exhaustiva de la gestión que lleva a cabo la planta de tratamiento, se realizó un análisis del cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008, producto de la aplicación del cuestionario de evaluación del Sistema de gestión de Calidad (ver Tabla 5.3) y de la valoración obtenida al aplicar la escala de Anderi Souri (ver Tabla 5.2).

**Tabla 5.2:** Escala de valores de Anderi Souri

<b>% DE CUMPLIMIENTO</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
<b>0</b>	Cuando no se cumple ninguno de los requisitos de la norma ISO 9001:2008.
<b>25</b>	Cuando el requisito está siendo aplicado pero no está documentado.
<b>50</b>	Cuando el requisito está documentado pero no es aplicado, requiriendo revisión y actualización.
<b>75</b>	Cuando el requisito está documentado y es aplicado pero se detectan observaciones en su efectividad, requiriendo mejoras.
<b>100</b>	Cuando se cumple todos los requisitos contenidos en la norma ISO 9001:2008.
<b>NO APLICA</b>	Cuando los requisitos contenidos en la norma ISO 9001:2008 no aplican. Se debe hacer el comentario correspondiente en la columna de observaciones, no asignándole valor alguno y en consecuencia este requisito no será tomado en cuenta para la determinación de porcentaje de cumplimiento.

**Fuente:** Fernández (2004)

Así mismo, para realizar las propuestas de mejoras en base a una buena gestión, es necesario conocer la brecha existente, la cual es la diferencia del porcentaje de cumplimiento y el porcentaje requerido para la

implementación y posterior certificación de la ISO 9001:2008 (100% de cumplimiento).

Para el diagnóstico se evaluaron las distintas cláusulas y sub-cláusulas que tienen relación directa con los aspectos relacionados con el mantenimiento, por ende, hallar en cuál de ellas la gestión de la planta cumple o no con los requisitos, en cuales se puede mejorar su desempeño y cuáles no son aplicables a ésta.

Así mismo, fueron consideradas de la cláusula 4 las sub-cláusula 4.2 – 4.2.3 y 4.2.4, de la cláusula 7 las sub-cláusula 7.6 y por último de la cláusula 8 las sub-cláusula 8.4 y 8.5, los resultados obtenidos de la evaluación fueron cuantificados y detallados, como se muestra a continuación.

**Tabla 5.3:** Cuestionario de la evaluación del Sistema de Gestión basado en la Norma ISO 9001:2008.

<b>4. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>							
<b>4.1 Requisitos Generales</b>							
<b>% de Cumplimiento</b>	<b>0%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>	<b>N/A</b>	<b>OBS</b>
Se han determinados los procesos, criterios y métodos necesarios para la implementación de mejoras en la gestión apoyados en la Calidad.			X				
Se asegura la disponibilidad de los recursos e información que apoyen a mejoras en la gestión.				X			
Se realiza el seguimiento, medición y el análisis de los procesos para lograr la Calidad en la gestión.			X				
Se implementan las acciones necesarias para lograr la ejecución y certificación del Sistema de gestión.		X					
<b>4.2.3 Control de Documentos</b>							
Se realizan revisiones y actualizaciones de los Formatos y Documentos técnicos utilizados.					X		
Se aprueban los documentos técnicos en cuanto a su adecuación antes de su emisión.					X		

Se informa al personal de los cambios o vigencias de los documentos técnicos.				X			
Se encuentran disponibles los documentos técnicos para todo el personal.				X			
<b>4.2.4 Control de los Registros</b>							
Se llevan registros de manera manual o digital del historial de los equipos.			X				
Se asegura que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables.				X			
Existe un procedimiento documentado que defina los controles necesarios para aprobar, revisar y actualizar los documentos según sea necesario.					X		
Están controlados los documentos requeridos por el SGC.					X		
<b>7. REALIZACIÓN DEL PRODUCTO</b>							
<b>7.6 Control de los Equipos de Seguimiento y de Medición</b>							
Se identifican debidamente los equipos que conforman la planta de tratamiento.	X						
Existen planes y/o programas de mantenimiento para realizar los debidos ajustes, manipulación, almacenamiento y mantenimiento a los equipos.		X					
Se utilizan los formatos diseñados y aprobados por la organización para realizar el seguimiento y medición de los equipos.	X						
Los equipos de medición se calibran y/o verifican a intervalos especificados o antes de su utilización.				X			
Se mantienen los registros de los resultados de la calibración, medición y verificación de los equipos.		X					
<b>8. MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA</b>							
<b>8.4 Análisis de Datos</b>							
La organización determina y recopila los datos apropiados para establecer la idoneidad y la eficacia de la gestión.				X			
Se analizan los datos obtenidos producto del seguimiento de los procesos para mejoras en la gestión.				X			
La organización utiliza los datos adecuados para identificar donde puede realizarse la mejora continua de la eficacia en la gestión.					X		

8.5.1 Mejora Continua							
La organización mejora continuamente la eficacia de la gestión, mediante el uso de los objetivos de la calidad.				X			
La organización mejora continuamente la eficacia de la gestión, mediante resultados obtenidos de las auditorías.					X		
La organización mejora continuamente la eficacia la gestión, mediante el uso de análisis de datos.			X				

Fuente: Elaboración Propia

Una vez analizadas a detalle el cumplimiento de la cláusulas de la Norma ISO 9001:2008, y de sus respectivas Sub-cláusulas y postulados por cada una de las unidades, se presenta en tablas el desglose del porcentaje de cumplimiento de la misma.

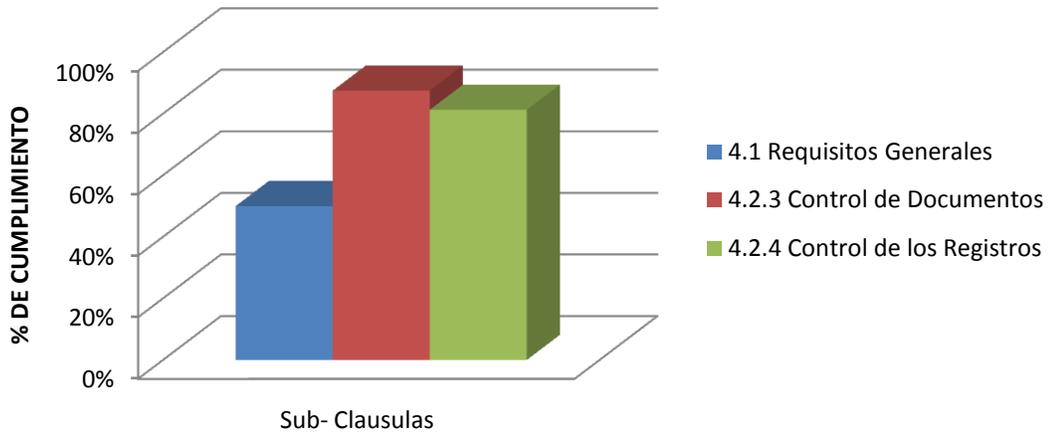
Así mismo, se realiza una representación gráfica de los porcentajes de cumplimiento obtenidos.

Tabla 5.4: %Cumplimiento de la Cláusula 4.

CLÁUSULA	% CUMPLIMIENTO
<b>4. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>	<b>72.9%</b>
<b>4.1 Requisitos Generales</b>	50%
<b>4.2.3 Control de los Documentos</b>	87.5%
<b>4.2.4 Control de los Registros</b>	81.2%

Fuente: Cuestionario de la evaluación del Sistema de Gestión basado en la Norma ISO 9001:2008.

Como se observa en la Tabla 5.4, el porcentaje de cumplimiento de la Cláusula 4: Sistema de Gestión de la Calidad, queda determinado en 72.9% del cumplimiento de la Norma, el cual se obtiene mediante estudio de las Cláusulas 4.1 Requisitos Generales, 4.2.3 Requisitos de la Documentación y 4.2.4 Control de los Riesgos. En el gráfico 5.1, se presenta el porcentaje de cumplimiento de estas cláusulas para la Unidad.



**Gráfico 5.1:** Representación del % Cumplimiento de las Sub-cláusulas contenidas en la cláusula 4.

En el gráfico 5.1, se observa que la mayor deficiencia en el porcentaje de cumplimiento de la Norma radica en el cumplimiento de los requisitos para la misma, establecidos en la ISO 9001:2008.

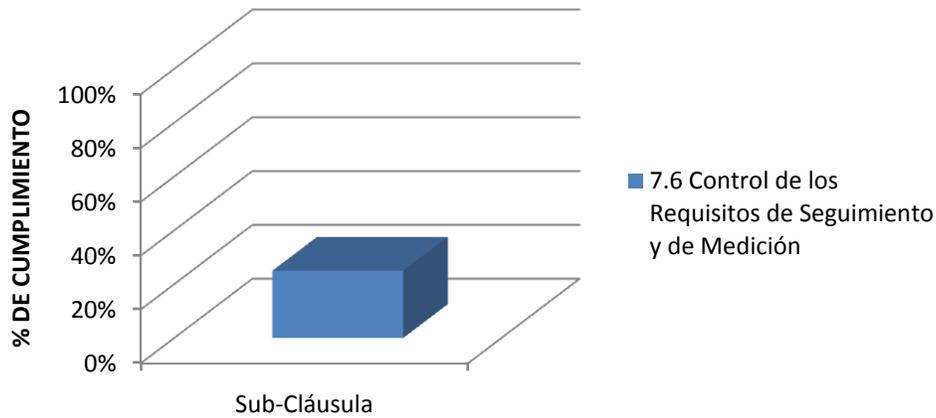
**Tabla 5.5:** % Cumplimiento de la Cláusula 7.

CLÁUSULA	% CUMPLIMIENTO
<b>7. REALIZACIÓN DEL PRODUCTO</b>	<b>25%</b>
<b>7.6 Control de los Equipos de Seguimiento y de Medición</b>	25%

**Fuente:** Cuestionario de la evaluación del Sistema de Gestión basado en la Norma ISO 9001:2008.

Para la cláusula 7, sólo se tomó el análisis de la sub-cláusula 7.6 Control de los Equipos de Seguimiento y de medición, por contener los aspectos netamente vinculados con el mantenimiento, obteniendo como resultado un 25% del cumplimiento de ésta cláusula.

A continuación se muestra la representación gráfica de este porcentaje obtenido:



**Gráfico 5.2:** Representación del %Cumplimiento de las Sub-cláusulas contenidas en la cláusula 7.

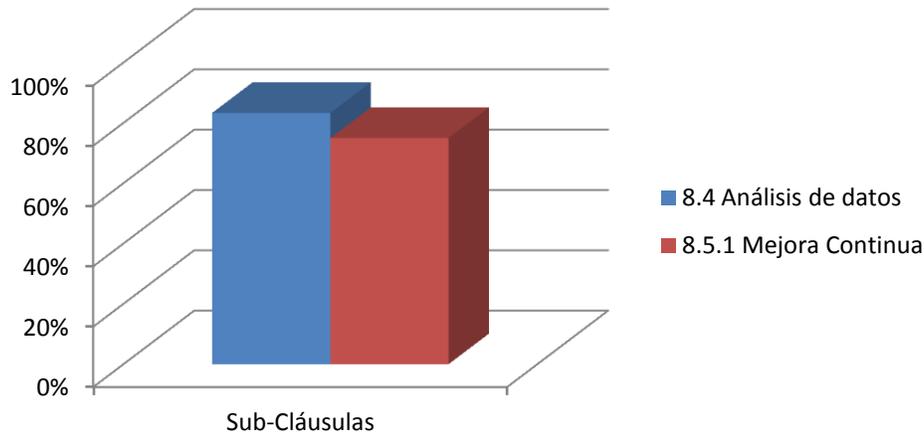
Se observa del gráfico 5.2 la necesidad de documentar y velar por la implementación de los objetivos de la Calidad para mejorar la planificación de la gestión en la planta de tratamiento.

**Tabla 5.6:** % Cumplimiento de la Cláusula 8.

CLÁUSULA	% CUMPLIMIENTO
<b>8. MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA</b>	<b>79.15%</b>
<b>8.4 Análisis de Datos</b>	83.3%
<b>8.5.1 Mejora Continua</b>	75%

**Fuente:** Cuestionario de la evaluación del Sistema de Gestión basado en la Norma ISO 9001:2008.

Como se observa en la tabla 5.6, la gestión cumple con el 79.15% de los postulados para ésta cláusula, siendo éste un porcentaje alto de disposición y cumplimiento de la Norma. El gráfico correspondiente se presenta a continuación:



**Gráfico 5.3:** Representación del %Cumplimiento de las Sub-cláusulas contenidas en la cláusula 8.

El gráfico 5.3 demuestra la importancia que la organización adquiere para el cumplimiento de la Norma en el mejoramiento de su gestión, así como también, la disposición de la misma para alcanzar los objetivos requeridos para la implementación de la misma.

#### 5.3.4.1.- Porcentajes obtenidos en cada Cláusula.

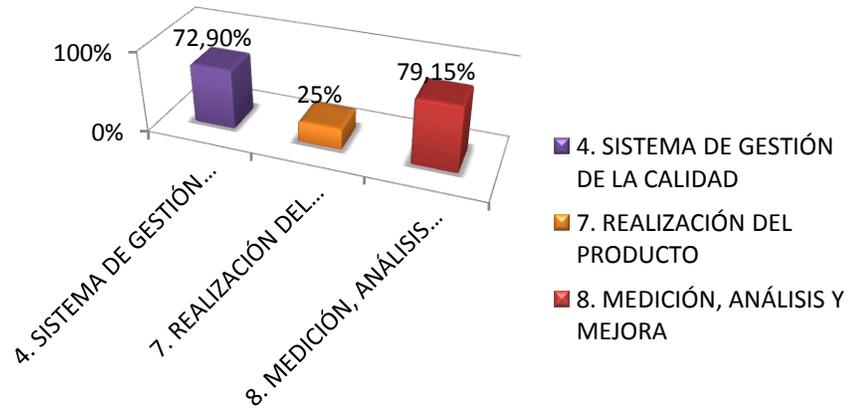
Una vez obtenido los resultados de los porcentajes arrojados en cada sub-cláusula, a continuación se presentara una tabla resumen de estos datos:

**Tabla 5.7:** Resumen de %Cumplimiento obtenidos por cada cláusula.

CLÁUSULA		% CUMPLIMIENTO
4	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	72.9%
7	REALIZACIÓN DEL PRODUCTO	25%
8	MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA	79.15%
Totales		59.01%

**Fuente:** Cuestionario de la evaluación del Sistema de Gestión basado en la Norma ISO 9001:2008.

Seguidamente los resultados generales obtenidos fueron graficados:



**Gráfico 5.4:** Representación del %Cumplimiento general de las Cláusulas analizadas.

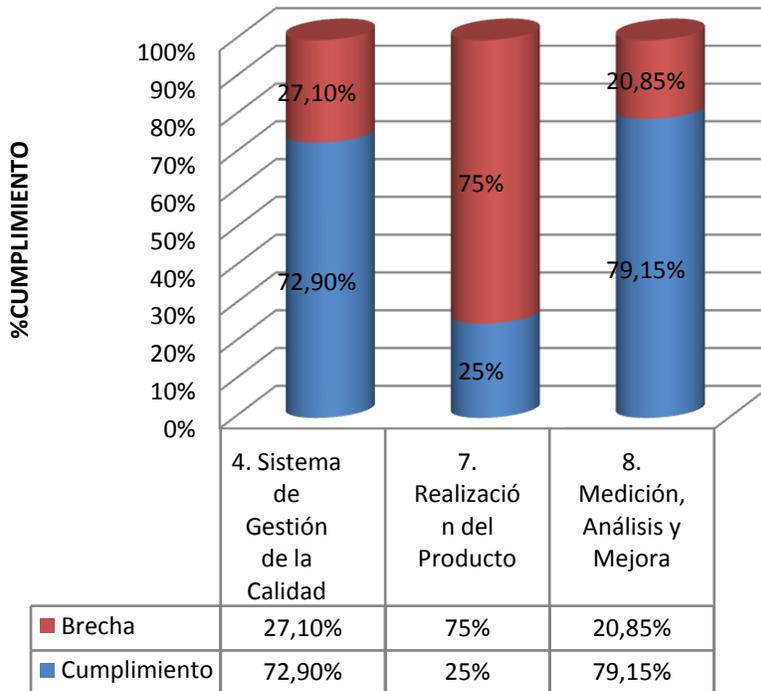
Analizando los resultados obtenidos en el gráfico general, se puede apreciar que la Cláusula 8 asume el mayor porcentaje de cumplimiento en los postulados que exige la Norma ISO 9001:2008.

#### 5.3.4.2.- Cálculo de la Brecha de cumplimiento de la Norma.

El porcentaje de cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008, para la gestión en la planta de tratamiento Cupapuicito, es de 59,01%; el cual fue obtenido al promediar los porcentajes totales de cumplimiento de las cláusulas analizadas de la norma. Tomando en cuenta que el porcentaje necesario para afirmar que la organización cumple con lo establecido en la Norma ISO 9001:2008 es del 100%, y la brecha del cumplimiento representa la diferencia existente entre el 100% exigido y el porcentaje real de cumplimiento de la gestión; se afirma que la brecha de cumplimiento es de **40,99%**; por lo cual la gestión que lleva planta de tratamiento, debe establecer y llevar a cabo acciones de mejoras, que le permitan alcanzar el

100% de cumplimiento de la norma.

En el Gráfico 5.5 que se presenta a continuación, muestra la brecha de cumplimiento existente para cada cláusula analizada de la Norma ISO 9001:2008, en la gestión que lleva la planta de tratamiento Cupapucito.



**Gráfico 5.5:** Relación del Cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008

Como se muestra en el gráfico, la brecha existente entre la situación actual de la organización y lo exigido por la norma radica en la falta de seguimiento de los equipos, control en los documentos y el cumplimiento de los requisitos exigidos en la Norma ISO 9001:2008 para dichos documentos. Para el buen manejo de la gestión en la planta de tratamiento es necesaria la revisión y aplicación de los documentos técnicos diseñados por la empresa.

#### **5.4.- Análisis de la Situación Actual.**

A continuación se detallan las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que presenta la empresa, con el fin de proponer estrategias de mejora de la gestión de mantenimiento. En el siguiente capítulo (Situación Propuesta) serán presentadas éstas estrategias de mejoras para mantener la gestión del plan de mantenimiento propuesto.

**Tabla 5.8:** Matriz FODA (Análisis de la Situación Actual que presenta la Planta de Tratamiento Cupapuicito).

	<p><b>Fortalezas (F):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Estructura Organizativa orientada a la relación de los tres tipos de de mantenimiento.</li> <li>2) Cuadrillas de mantenimiento encargadas de realizar todas las actividades de mantenimiento.</li> <li>3) Adopción de medidas de mejora continua en todas las plantas de tratamiento.</li> <li>4) Prácticas operativas estrechamente relacionadas con el mantenimiento preventivo y predictivo en las plantas certificadas con las Normas ISO.</li> <li>5) Formularios completos que sirven como herramienta estadística.</li> </ol>	<p><b>Debilidades (D):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Existe doble codificación de los equipos en algunos casos.</li> <li>2) No se lleva control estadístico de las fallas de equipos.</li> <li>3) Cada planta de tratamiento tiene una política de mantenimiento diferente.</li> <li>4) El mantenimiento predictivo limitado, sólo se lleva a cabo en plantas de tratamientos certificadas.</li> <li>5) La gerencia de mantenimiento lleva poco tiempo en funcionamiento.</li> <li>6) Falta de herramientas para reparación de equipos en Taller Central.</li> <li>7) Los protocolos y planes de mantenimiento establecidos en algunas plantas de tratamiento no se aplican para el proceso de captación de agua.</li> </ol>
<p><b>Oportunidades (O):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Certificación de las Normas ISO 9001:2008 para todas las plantas de tratamiento.</li> <li>2) Adopción de políticas de mejora continua por parte de la empresa en general.</li> <li>3) Disposición del personal de mantenimiento y operaciones para llevar a cabo planes de mantenimientos diseñados.</li> </ol>		
<p><b>Amenazas (A):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Elevados costos en reparaciones mayores de equipos que deben hacerse en talleres foráneos.</li> <li>2) En las plantas de tratamiento no certificadas sólo se lleva a cabo el mantenimiento correctivo.</li> <li>3) La falta de presupuesto asignado para la gerencia de mantenimiento.</li> </ol>		

**Fuente:** Elaboración Propia.

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

En éste capítulo, se explican los resultados obtenidos de los estudios y herramientas aplicadas para finalmente exponer la propuesta.

#### **6.- Situación Propuesta**

En el siguiente capítulo se exponen cada uno los puntos implementados para diseñar del Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto para los principales equipos que integran la Planta de Tratamiento de Agua Potable Cupapuicito y finalmente el impacto que esta propuesta asumirá en la Gestión de Mantenimiento de la empresa.

##### **6.1- Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo**

Tomando como referencia la norma COVENIN 3049-93, donde se especifica claramente los procedimientos formales e informales, para la recolección de la información requerida con el fin de elaborar un plan de mantenimiento, se llevará a cabo cada uno de los procedimientos descritos en dicha norma. Se mostrará a continuación los aspectos tomados en consideración para el Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo dirigido a los principales equipos que conforman la Planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito - Acueducto Upata, ubicado en el Municipio Piar del Estado Bolívar.

### 6.1.1.- Inventario de Equipos

Este instrumento consiste en una descripción muy superficial de cada objeto sujeto a acciones de mantenimiento.

Una vez concretado el proyecto de ampliación de la planta, ésta contará con 47 principales equipos a los cuales se le llevara un seguimiento y están sujetos a las acciones del plan de mantenimiento preventivo a diseñar, distribuidos en 6 áreas de producción de la siguiente manera: 15 equipos en el área de Torre Toma, 6 en el área de Bifurcación Agua Cruda-Planta de tratamiento, 2 en el área de Unidades SIPB, 12 equipos en el área de Estación Retrolavado SIPB, 10 en el área de la Estación de Bombeo Sabaneta y 2 equipos en el área de Sistema de Dosificación de Sustancias Químicas.

A continuación se presenta una tabla con todos los equipos, así como la cantidad existentes de estos y el área de producción que ocupa en la planta de tratamiento Cupapuicito.

**Tabla 6.1:** Inventario de los principales equipos incluidos en el diseño del plan de mantenimiento preventivo. Planta de Tratamiento de agua potable Cupapuicito - Acueducto Upata, Municipio Piar, estado Bolívar.

		Inventario de Equipos de la Planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, Acueducto Upata, Municipio Piar		
NÚM	AREA	EQUIPO	CANTIDAD	CARACTERISTICAS
1	TORRE TOMA	Equipo de Bombeo Vertical (Bombagua)	3	Modelo 12H-135 con cuatro (04) etapas de impulsión con impulsores de broce Ø208mm.
2	TORRE TOMA	Cabezal de Descarga	3	Marca Bombagua, Tipo 1610

3	TORRE TOMA	Motor Eléctrico Vertical	3	De eje Hueco. Marca US Motors de 75Hp y 1750rpm, frome 365 TP, para 230/460v.
4	TORRE TOMA	Válvulas Compuerta	3	De 10 pulgadas de diámetro (250mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150
5	TORRE TOMA	Válvula de Retención (Check)	3	Tipo Clapeta de 10 pulgadas de diámetro(250mm) de extremos brindados Norma Ansi Clase 125.
6	BIFURCACIÓN AGUA CRUDA PLANTA DE TRATAMIENTO	Válvulas Compuerta	3	De 4 pulgadas de diámetro (100mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.
7	BIFURCACIÓN AGUA CRUDA PLANTA DE TRATAMIENTO	Válvulas Compuerta	2	De 8 pulgadas de diámetro (200mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.
8	BIFURCACIÓN AGUA CRUDA PLANTA DE TRATAMIENTO	Válvulas Compuerta	1	De 12 pulgadas de diámetro (300mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.
9	UNIDADES SIPB	Moto-reductor Coaxial	2	Marca Rossi, modelo MR-V64-90-S
10	ESTACIÓN RETROLAVADO SIPB	Válvula de Retención Vertical (De pie)	2	De 6 pulgadas de diámetro (150mm) con extremos brindados, Norma Ansi Clase 150.
11	ESTACIÓN RETROLAVADO SIPB	Válvula Compuerta	4	De vástago fijo de 6 pulgadas de diámetro (150mm) de extremos brindados, Norma Ansi, Clase 150.
12	ESTACIÓN RETROLAVADO SIPB	Válvula de Retención (Check)	2	De 6 pulgadas de diámetro (150mm) con extremos brindados, Norma Ansi Clase 150.

13	ESTACIÓN RETROLAVADO SIPB	Equipo de Bombeo Horizontal	2	Marca KSB, modelo Etanorm 125-250 de una sola etapa con impulsador de hierro negro y de 237mm de diámetro.
14	ESTACIÓN RETROLAVADO SIPB	Motor Eléctrico Horizontal	2	De 45 Hp y 1770rpm, 60Hz, 460v, Marca US Motors.
15	ESTACIÓN DE BOMBEO SABANETA	Válvula de Retención (Check)	2	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de extremos brindados Norma Ansi, Clase 125
16	ESTACIÓN DE BOMBEO SABANETA	Válvula Compuerta	4	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi, Clase 150
17	ESTACIÓN DE BOMBEO SABANETA	Equipo de Bombeo Horizontal	2	Marca KSB Meganorm, modelo 40-200 con carcasa de hierro fundido y eje de acero inoxidable.
18	ESTACIÓN DE BOMBEO SABANETA	Motor Eléctrico Horizontal	2	Marca US Motors, de 20Hp y 3450rpm, 60Hz y 2200/440v.
19	SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS	Dosificador de Tolva y tornillo sinfín	2	Marca Merrick Modelo Omega 21-12 con capacidad de 0,2-30 Kg/Hr.
Total de Equipos: 47				

Fuente: Gerencia General de Proyecto y Construcción

### 6.1.2.- Codificación de las Áreas de Producción

Para facilitar el proceso de codificación de los equipos, se dividió la planta de tratamiento en 6 áreas dependiendo del proceso de producción, a continuación se presentan los códigos correspondientes a cada una de ellas.

**Tabla 6.2:** Código propuesto para cada una de las Áreas de Producción que conforman la Planta de tratamiento de agua potable Cupapucito - Acueducto Upata, Municipio Piar, estado Bolívar.

		Codificación de las Áreas de Producción de la Planta de tratamiento de agua potable Cupapucito, Acueducto Upata, Municipio Piar	
<b>CÓDIGO</b>		<b>ÁREA</b>	
AC-TT		TORRE TOMA	
AC-BAC		BIFURCACIÓN AGUA CRUDA PLANTA DE TRATAMIENTO	
AC-USIPB		UNIDADES SIPB	
AC-ERSIPB		ESTACIÓN RETROLAVADO SIPB	
AC-EBS		ESTACIÓN DE BOMBEO SABANETA	
AC-SD		SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS	

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 6.1.3.- Codificación de los Equipos

Para identificar los equipos se le asignó primero el código del área de producción al cual pertenece el equipo seguido de las iniciales del propio equipo, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6.3:** Codificación propuesta para los principales equipos que conforman la planta de tratamiento de agua potable Cupapucito – Acueducto Upata, Municipio Piar, estado Bolívar.

		Codificación de los equipos y máquinas de la Planta de tratamiento de agua potable Cupapucito, Acueducto Upata, Municipio Piar	
<b>ÁREA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CÓDIGO</b>
AC-TT	Equipo de Bombeo Vertical (Bombagua)	Modelo 12H-135 con cuatro (04) etapas de impulsión con impulsores de broce Ø208mm.	AC-TT-EBV-01
AC-TT	Equipo de Bombeo Vertical (Bombagua)	Modelo 12H-135 con cuatro (04) etapas de impulsión con impulsores de broce Ø208mm.	AC-TT-EBV-02

AC-TT	Equipos de Bombeo Verticales (Bombagua)	Modelo 12H-135 con cuatro (04) etapas de impulsión con impulsores de broce Ø208mm.	AC-TT-EBV-03
AC-TT	Cabezales de Descarga	Marca Bombagua, Tipo 1610	AC-TT-CD-01
AC-TT	Cabezales de Descarga	Marca Bombagua, Tipo 1610	AC-TT-CD-02
AC-TT	Cabezales de Descarga	Marca Bombagua, Tipo 1610	AC-TT-CD-03
AC-TT	Motor Eléctrico Vertical	De eje Hueco. Marca US Motors de 75Hp y 1750rpm, frome 365 TP, para 230/460v.	AC-TT-MEV-01
AC-TT	Motor Eléctrico Vertical	De eje Hueco. Marca US Motors de 75Hp y 1750rpm, frome 365 TP, para 230/460v.	AC-TT-MEV-02
AC-TT	Motor Eléctrico Vertical	De eje Hueco. Marca US Motors de 75Hp y 1750rpm, frome 365 TP, para 230/460v.	AC-TT-MEV-03
AC-TT	Válvulas Compuerta	De 10 pulgadas de diámetro (250mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150	AC-TT-VC-01
AC-TT	Válvulas Compuerta	De 10 pulgadas de diámetro (250mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150	AC-TT-VC-02
AC-TT	Válvulas Compuerta	De 10 pulgadas de diámetro (250mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150	AC-TT-VC-03
AC-TT	Válvulas de Retención (Check)	Tipo Clapeta de 10 pulgadas de diámetro(250mm) de extremos brindados Norma Ansi Clase 125.	AC-TT-VR-01
AC-TT	Válvulas de Retención (Check)	Tipo Clapeta de 10 pulgadas de diámetro(250mm) de extremos brindados Norma Ansi Clase 125.	AC-TT-VR-02
AC-TT	Válvulas de Retención (Check)	Tipo Clapeta de 10 pulgadas de diámetro(250mm) de extremos brindados Norma Ansi Clase 125.	AC-TT-VR-03
AC-BAC	Válvulas Compuerta	De 4 pulgadas de diámetro (100mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma	AC-BAC-VC4-01

		Ansi Clase 150.	
AC-BAC	Válvulas Compuerta	De 4 pulgadas de diámetro (100mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.	AC-BAC-VC4-02
AC-BAC	Válvulas Compuerta	De 4 pulgadas de diámetro (100mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.	AC-BAC-VC4-03
AC-BAC	Válvulas Compuerta	De 8 pulgadas de diámetro (200mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.	AC-BAC-VC8-01
AC-BAC	Válvulas Compuerta	De 8 pulgadas de diámetro (200mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.	AC-BAC-VC8-02
AC-BAC	Válvulas Compuerta	De 12 pulgadas de diámetro (300mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi Clase 150.	AC-BAC-VC12-01
AC-USIPB	Moto-reductores Coaxiales	Marca Rossi, modelo MR-V64-90-S	AC-USIPB-MRC-01
AC-USIPB	Moto-reductores Coaxiales	Marca Rossi, modelo MR-V64-90-S	AC-USIPB-MRC-02
AC-ERSIPB	Válvula de Retención Vertical (De pie)	De 6 pulgadas de diámetro (150mm) con extremos brindados, Norma Ansi Clase 150.	AC-ERSIPB-VRV-01
AC-ERSIPB	Válvula de Retención Vertical (De pie)	De 6 pulgadas de diámetro (150mm) con extremos brindados, Norma Ansi Clase 150.	AC-ERSIPB-VRV-02
AC-ERSIPB	Válvula Compuerta	De vástago fijo de 6 pulgadas de diámetro (150mm) de extremos brindados, Norma Ansi, Clase 150.	AC-ERSIPB-VC-01
AC-ERSIPB	Válvula Compuerta	De vástago fijo de 6 pulgadas de diámetro (150mm) de extremos brindados, Norma Ansi, Clase 150.	AC-ERSIPB-VC-02
AC-ERSIPB	Válvula Compuerta	De vástago fijo de 6 pulgadas de diámetro (150mm) de extremos brindados, Norma Ansi, Clase 150.	AC-ERSIPB-VC-03

AC-ERSIPB	Válvula Compuerta	De vástago fijo de 6 pulgadas de diámetro (150mm) de extremos brindados, Norma Ansi, Clase 150.	AC-ERSIPB-VC-04
AC-ERSIPB	Válvula de Retención (Check)	De 6 pulgadas de diámetro (150mm) con extremos brindados, Norma Ansi Clase 150.	AC-ERSIPB-VR-01
AC-ERSIPB	Válvulas de Retención (Check)	De 6 pulgadas de diámetro (150mm) con extremos brindados, Norma Ansi Clase 150.	AC-ERSIPB-VR-02
AC-ERSIPB	Equipo de Bombeo Horizontal	Marca KSB, modelo Etanorm 125-250 de una sola etapa con impulsador de hierro negro y de 237mm	AC-ERSIPB-EBH-01
AC-ERSIPB	Equipo de Bombeo Horizontal	Marca KSB, modelo Etanorm 125-250 de una sola etapa con impulsador de hierro negro y de 237mm	AC-ERSIPB-EBH-02
AC-ERSIPB	Motor Eléctrico Horizontal	De 45 Hp y 1770rpm, 60Hz, 460v, Marca US Motors.	AC-ERSIPB-MEH-01
AC-ERSIPB	Motor Eléctrico Horizontal	De 45 Hp y 1770rpm, 60Hz, 460v, Marca US Motors.	AC-ERSIPB-MEH-02
AC-EBS	Válvula de Retención (Check)	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de extremos brindados Norma Ansi, Clase 125	AC-EBS-VR-01
AC-EBS	Válvula de Retención (Check)	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de extremos brindados Norma Ansi, Clase 125	AC-EBS-VR-02
AC-EBS	Válvula Compuerta	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi, Clase 150	AC-EBS-VC-01
AC-EBS	Válvula Compuerta	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi, Clase 150	AC-EBS-VC-02
AC-EBS	Válvula Compuerta	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi, Clase 150	AC-EBS-VC-03

AC-EBS	Válvula Compuerta	De 3 pulgadas de diámetro(75mm) de vástago fijo y extremos brindados Norma Ansi, Clase 150	AC-EBS-VC-04
AC-EBS	Equipo de Bombeo Horizontal	Marca KSB Meganorm, modelo 40-200 con carcasa de hierro fundido y eje de acero inoxidable.	AC-EBS-EBH-01
AC-EBS	Equipo de Bombeo Horizontal	Marca KSB Meganorm, modelo 40-200 con carcasa de hierro fundido y eje de acero inoxidable.	AC-EBS-EBH-02
AC-EBS	Motor Eléctrico Horizontal	Marca US Motors de 20Hp y 3450rpm, 60Hz y 2200/440v.	AC-EBS-MEH-01
AC-EBS	Motor Eléctrico Horizontal	Marca US Motors de 20Hp y 3450rpm, 60Hz y 2200/440v.	AC-EBS-MEH-02
AC-SD	Dosificador de Tolva y tornillo sinfín	Marca Merrick Modelo Omega 21-12 con capacidad de 0,2-30 Kg/Hr.	AC-SD-DTTS-01
AC-SD	Dosificador de Tolva y tornillo sinfín	Marca Merrick Modelo Omega 21-12 con capacidad de 0,2-30 Kg/Hr.	AC-SD-DTTS-02

Fuente: Elaboración Propia.

#### 6.1.4.- Análisis de Criticidad

Para desarrollar el análisis de criticidad, es necesario determinar los criterios a utilizar para aplicar la metodología, por lo tanto se procedió a analizar cada uno de los equipos involucrados en la planta de tratamiento. Ciertamente, el análisis se realizó bajo la supervisión del personal de operaciones y mantenimiento de los equipos a los cuales se les consultó de forma constante. A continuación se muestran los criterios seleccionados para realizar el análisis:

- ✦ Frecuencia de fallas (FF)
- ✦ Tiempo promedio para solventar las fallas (TSF)
- ✦ Impacto operacional (IO)
- ✦ Impacto en Seguridad (IS)

Para el cálculo del índice de criticidad de los equipos se estableció la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Criticidad} = FF \cdot (TSF + IO + IS)$$

De la misma manera se realizó la clasificación de las fallas según su frecuencia en el tiempo y su detección.

En la siguiente tabla se muestran los criterios tomados, con sus respectivos rangos y ponderación, para el cálculo de índice de criticidad:

**Tabla 6.4:** Ponderación y Rangos utilizados para el Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD	VALOR
<b>Frecuencia de Fallas (FF)</b>	
Menos de una Falla al Año	0
Más de una falla Anual	1
Más de una falla Mensual	2
Más de una falla Semanal	3
<b>Tiempo Promedio para Solventar Fallas (TSF)</b>	
Menos de 3 horas	0
Entre 3 y 5 horas	1
Entre 5 y 8 horas	2
Más de 8 horas	3
<b>Impacto Operacional (IO)</b>	
No tiene impacto en la Producción	0
Afecta a menos del 30% de la Producción	1
Afecta entre el 30% y 60% de la Producción	2
Afecta más del 60% de la producción	3
<b>Impacto en Seguridad</b>	
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones	0
Riesgo bajo o casi nulo sobre personas o instalaciones	1
Riesgo medio sobre personas o instalaciones	2
Riesgo alto sobre personas o instalaciones	3
<b>Detección de las Fallas</b>	
Facil (F) / Dificil (D)	
<b>Causas de Fallas</b>	
Error en el proceso	
Error de Montaje	
Error Operativo	
Error de mantenimiento	
Mal Diseño	
Otro (especificar)	

Fuente: Elaboración Propia

Es importante acotar, que en el proceso de recolección de la información para cada uno de los criterios utilizados, se observó que en la planta de tratamiento Cupapuicito no se lleva un registro de fallas, esta a pesar de ser una limitante, se aplicaron encuestas informales dirigidas al personal de operaciones y mantenimiento de la planta, siendo así una data confiable para llevar a cabo el proceso de análisis de la criticidad de los equipos, debido al buen conocimiento que tiene dicho personal con los equipos a seguir. Por otro lado, en cuanto al tiempo promedio para solventar las fallas, depende de las habilidades del personal que realiza la labor.

Para el análisis de criticidad, se generaron seis (6) tablas de todos los principales equipos de acuerdo al área de producción al cual pertenecen y al índice de criticidad que éstos presentan. Los datos de cada criterio por equipo fueron cargados en las hojas de cálculo que se presentan a continuación:

**Tabla 6.5:** Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 1: Torre Toma de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito.

AREA A1: TORRE TOMA - EQUIPOS	AC-TT-EBV-01	AC-TT-CD-01	AC-TT-MEV-01	AC-TT-VC-01	AC-TT-VR-01
	AC-TT-EBV-02	AC-TT-CD-02	AC-TT-MEV-02	AC-TT-VC-02	AC-TT-VR-02
	AC-TT-EBV-03	AC-TT-CD-03	AC-TT-MEV-03	AC-TT-VC-03	AC-TT-VR-03
<b>Frecuencia de Fallas (FF)</b>					
Una Falla al Año		NO APLICA			
Más de una falla Anual	1		1	1	
Más de una falla Mensual					2
Más de una falla Semanal					
<b>Tiempo Promedio para Solventar Fallas (TSF)</b>					
Menos de 3 horas		NO APLICA			
Entre 3 y 5 horas	1			1	1
Entre 5 y 8 horas					
Más de 8 horas			3		
<b>Impacto Operacional (IO)</b>					
No tiene impacto en la Producción					
Afecta a menos del 30% de la Producción		1			1
Afecta entre el 30% y 60% de la Producción	2			2	
Afecta más del 60% de la producción			3		
<b>Impacto en Seguridad (IS)</b>					
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones	0	0	0	0	0
Riesgo bajo o casi nulo sobre personas o instalaciones					
Riesgo medio sobre personas o instalaciones					
Riesgo alto sobre personas o instalaciones					
<b>Índice de Criticidad (IC)</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Detección de las Fallas</b>					
Facil (F) / Dificil (D)	D	F	F	F	F
<b>Causas de Fallas</b>					
Error en el proceso					
Error de Montaje					
Error Operativo					
Error de mantenimiento	X	X	X	X	X
Mal Diseño					
Otro (especificar)	Falla Eléctrica		Falla Eléctrica		

**Fuente:** Elaboración Propia

**Observaciones:** Los equipos de Bombeo Verticales (AC-TT-EBV-0) y los Motores Eléctricos Verticales (AC-TT-MEV-0) tienen una vida útil de 6 años, las fallas que han registrado hasta ahora han sido por falta de suministro de energía eléctrica que se ha presentado en varias ocasiones al año, además del poco mantenimiento realizado a los mismos. El tiempo de solventar ésta falla es el correspondiente al que tarda en regresar el suministro de energía, cabe destacar que estos equipos tienen un gran impacto operacional ya que afectan más del 50% de la producción.

En cuanto a las Válvulas Compuertas (AC-TT-VC-0) y las Válvulas de Retención (AC-TT-VR-0), su mantenimiento es muy poco, razón por la cual es causa de fallas.

Los Cabezales de Descarga (AC-TT-CD-0) son equipos que forman parte de la base de los motores eléctricos, éstos no presentan fallas hasta que se perciban algún deterioro (por oxidación o daños en la pintura) en su estructura externa, por lo tanto no se tomó en consideración los criterios de frecuencia de fallas y Tiempo promedio para solventarlas.

**Tabla 6.6:** Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 2: Bifurcación Agua Cruda – Planta de Tratamiento Cupapuicito.

AREA A2:BIFURCACIÓN AGUA CRUDA PLANTA DE TRATAMIENTO - EQUIPOS	AC-BAC-VC4-01 AC-BAC-VC4-02 AC-BAC-VC4-03	AC-BAC-VC8-01 AC-BAC-VC8-02	AC-BAC-VC12-01
<b>Frecuencia de Fallas (FF)</b>			
Una Falla al Año	0	0	0
Más de una falla Anual			
Más de una falla Mensual			
Más de una falla Semanal			
<b>Tiempo Promedio para Solventar Fallas (TSF)</b>			
Menos de 3 horas	0		
Entre 3 y 5 horas		1	1
Entre 5 y 8 horas			
Más de 8 horas			
<b>Impacto Operacional (IO)</b>			
No tiene impacto en la Producción			
Afecta a menos del 30% de la Producción	1	1	1
Afecta entre el 30% y 60% de la Producción			
Afecta más del 60% de la producción			
<b>Impacto en Seguridad (IS)</b>			
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones	0	0	0
Riesgo bajo o casi nulo sobre personas o instalaciones			
Riesgo medio sobre personas o instalaciones			
Riesgo alto sobre personas o instalaciones			
Índice de Criticidad (IC)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Detección de las Fallas</b>			
Facil (F) / Dificil (D)	F	F	F
<b>Causas de Fallas</b>			
Error en el proceso			
Error de Montaje			
Error Operativo			
Error de mantenimiento	X	X	X
Mal Diseño			
Otro (especificar)			

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Observaciones:** Estos equipos tienen una vida útil de 10 años en condiciones de mantenimiento y uso idóneas. Presentan fallas cuando se observa algún daño físico del mismo, sin embargo no representan un gran impacto operacional y no representa riesgos para el personal de la planta.

Sin embargo, las válvulas compuertas son equipos que al observar una falla física grave es remplazada por una nueva. Si la falla es leve, su tiempo para solventarla es breve.

**Tabla 6.7:** Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 3: Unidades SIPB.

AREA A3:UNIDADES SIPB - EQUIPOS	AC-USIPB-MRC-01 AC-USIPB-MRC-02
<b>Frecuencia de Fallas (FF)</b>	
Una Falla al Año	NO APLICA
Más de una falla Anual	
Más de una falla Mensual	
Más de una falla Semanal	
<b>Tiempo Promedio para Solventar Fallas (TSF)</b>	
Menos de 3 horas	
Entre 3 y 5 horas	1
Entre 5 y 8 horas	
Más de 8 horas	
<b>Impacto Operacional (IO)</b>	
No tiene impacto en la Producción	
Afecta a menos del 30% de la Producción	
Afecta entre el 30% y 60% de la Producción	2
Afecta más del 60% de la producción	
<b>Impacto en Seguridad (IS)</b>	
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones	0
Riesgo bajo o casi nulo sobre personas o instalaciones	
Riesgo medio sobre personas o instalaciones	
Riesgo alto sobre personas o instalaciones	
<b>Índice de Criticidad (IC)</b>	<b>3</b>
<b>Detección de las Fallas</b>	
Facil (F) / Dificil (D)	F
<b>Causas de Fallas</b>	
Error en el proceso	X
Error de Montaje	
Error Operativo	
Error de mantenimiento	
Mal Diseño	
Otro (especificar)	

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Observaciones:** Las plantas SIPB son unidades que están instaladas recientemente, a pesar de no estar en funcionamiento se evaluó la operatividad de estos equipos en otras plantas de tratamiento.

Cabe destacar que los moto-reductores (AC-USIPB-MRC) son equipos altamente importantes para la producción lo que hace fácil detectar alguna falla en los mismos y por tanto amerita incluirse en el diseño del plan de mantenimiento a realizar.

**Tabla 6.8:** Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 4: Estación de Retrolavado SIPB.

AREA A4: ESTACIÓN RETROLAVADO SIPB - EQUIPOS	AC-ERSIPB-VRV-01 AC-ERSIPB-VRV-02	AC-ERSIPB-VC-01 AC-ERSIPB-VC-02 AC-ERSIPB-VC-03 AC-ERSIPB-VC-04	AC-ERSIPB-VR-01 AC-ERSIPB-VR-02	AC-ERSIPB-EBH-01 AC-ERSIPB-EBH-02	AC-ERSIPB-MEH-01 AC-ERSIPB-MEH-02
<b>Frecuencia de Fallas (FF)</b>					
Una Falla al Año	NO APLICA				
Más de una falla Anual					
Más de una falla Mensual					
Más de una falla Semanal					
<b>Tiempo Promedio para Solventar Fallas (TSF)</b>					
Menos de 3 horas	NO APLICA				
Entre 3 y 5 horas					
Entre 5 y 8 horas					
Más de 8 horas					
<b>Impacto Operacional (IO)</b>					
No tiene impacto en la Producción					
Afecta a menos del 30% de la Producción					
Afecta entre el 30% y 60% de la Producción	2	2	2		
Afecta más del 60% de la producción				3	3
<b>Impacto en Seguridad (IS)</b>					
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones	0	0	0	0	0
Riesgo bajo o casi nulo sobre personas o instalaciones					
Riesgo medio sobre personas o instalaciones					
Riesgo alto sobre personas o instalaciones					
<b>Índice de Criticidad (IC)</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Detección de las Fallas</b>					
Fácil (F) / Difícil (D)	F	F	F	F	F
<b>Causas de Fallas</b>					
Error en el proceso	X	X	X		
Error de Montaje					
Error Operativo					
Error de mantenimiento				X	X
Mal Diseño					
Otro (especificar)					

Fuente: Elaboración Propia.

**Observaciones:** La tecnología de las plantas SIPB implementada por la empresa es relativamente nueva, por consiguiente, los equipos hasta ahora no han presentado fallas. Es por ello, que no se tomo en consideración los criterios de frecuencias de fallas (FF) y el tiempo promedio para solventar fallas (TSF).

**Tabla 6.9:** Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 5: Estación de Bombeo Sabaneta.

AREA A5:ESTACIÓN DE BOMBEO SABANETA - EQUIPOS	AC-EBS-VR-01 AC-EBS-VR-02	AC-EBS-VC-01 AC-EBS-VC-02 AC-EBS-VC-03 AC-EBS-VC-04	AC-EBS-EBH-01 AC-EBS-EBH-02	AC-EBS-MEH-01 AC-EBS-MEH-02
<b>Frecuencia de Fallas (FF)</b>				
Una Falla al Año	0	0	0	0
Más de una falla Anual				
Más de una falla Mensual				
Más de una falla Semanal				
<b>Tiempo Promedio para Solventar Fallas (TSF)</b>				
Menos de 3 horas				
Entre 3 y 5 horas	1	1		
Entre 5 y 8 horas			2	
Más de 8 horas				3
<b>Impacto Operacional (IO)</b>				
No tiene impacto en la Producción				
Afecta a menos del 30% de la Producción	1	1		
Afecta entre el 30% y 60% de la Producción				
Afecta más del 60% de la producción			3	3
<b>Impacto en Seguridad (IS)</b>				
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones				
Riesgo bajo o casi nulo sobre personas o instalaciones				
Riesgo medio sobre personas o instalaciones				
Riesgo alto sobre personas o instalaciones				
<b>Índice de Criticidad (IC)</b>	0	0	0	0
<b>Detección de las Fallas</b>				
Facil (F) / Dificil (D)	F	F	F	F
<b>Causas de Fallas</b>				
Error en el proceso				
Error de Montaje	X	X	X	X
Error Operativo				
Error de mantenimiento	X	X	X	X
Mal Diseño				
Otro (especificar)				

Fuente: Elaboración Propia.

**Observaciones:** Actualmente esta área de producción no se encuentra en funcionamiento, para analizar la criticidad fue evaluada la operatividad de estos equipos en otras plantas de tratamiento similares.

Los equipos analizados en ésta área comprenden vida útil entre 5 a 10 años por lo que hasta ahora no han presentados fallas detectables.

Sin embargo, los motores eléctricos horizontales presentan mucho desgaste y es por ello que al presentar alguna falla que no pueda ser solventada por el personal de mantenimiento, este equipo es reemplazado por uno nuevo.

A pesar que los equipos de bombeo horizontal y los motores eléctricos horizontales obtuvieron un índice de criticidad igual a cero (0), éstos afectan notablemente la producción al ocurrir una falla, por los que serán tomados como críticos y ser incluidos en el diseño del plan de mantenimiento preventivo a realizar.

**Tabla 6.10:** Análisis de Criticidad y Clasificación de las Fallas de los equipos que conforman el Área 6: Sistema de Dosificación de Sustancias Químicas de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito.

<b>AREA A6:SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS - EQUIPOS</b>	<b>AC-SD-DTTS-01 AC-SD-DTTS-02</b>
<b>Frecuencia de Fallas (FF)</b>	
Una Falla al Año	
Más de una falla Anual	1
Más de una falla Mensual	
Más de una falla Semanal	
<b>Tiempo Promedio para Solventar Fallas (TSF)</b>	
Menos de 3 horas	
Entre 3 y 5 horas	
Entre 5 y 8 horas	2
Más de 8 horas	
<b>Impacto Operacional (IO)</b>	
No tiene impacto en la Producción	
Afecta a menos del 30% de la Producción	
Afecta entre el 30% y 60% de la Producción	
Afecta más del 60% de la producción	3
<b>Impacto en Seguridad (IS)</b>	
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones	0
Riesgo bajo o casi nulo sobre personas o instalaciones	
Riesgo medio sobre personas o instalaciones	
Riesgo alto sobre personas o instalaciones	
<b>Indice de Criticidad (IC)</b>	<b>5</b>
<b>Detección de las Fallas</b>	
Facil (F) / Dificil (D)	F
<b>Causas de Fallas</b>	
Error en el proceso	
Error de Montaje	
Error Operativo	
Error de mantenimiento	
Mal Diseño	
Otro (especificar)	Falla Eléctrica

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Observaciones:** Los equipos de dosificación de Cal y Sulfato hasta ahora solo han presentados fallas cuando se presenta una suspensión de energía eléctrica en la zona. Muchas de estas fallas eléctricas se producen sin previo aviso a los operadores de la planta y tienen una ocurrencia en ocasiones hasta de dos veces por día.

Es importante destacar, que estos equipos son significativos para la producción, por lo que han sido seleccionados como importantes y ser incluidos en el diseño del plan de mantenimiento preventivo a realizar.

### 6.1.5.- Clasificación de los equipos según su Criticidad

A través de la herramienta de de criticidad diseñada, los resultados obtenidos se concentraron en un rango entre 0 y 10, según esta estructura se dividió en tres (3) zonas: para los equipos Prescindibles se le asignó una clasificación de 0 – 2, para los equipos con criticidad Importante un rango de 3 – 5 y para los equipos Críticos se le atribuyó un rango de 6 puntos en adelante.

Seguidamente, se aplicó una distribución porcentual en base a los resultados totales del 10% para los equipos Críticos, 40% para los Equipos Importantes y 50% para los Equipos de carácter Prescindible, siendo posible construir la siguiente tabla para mostrar la clasificación de los equipos según su Criticidad.

**Tabla 6.11:** Clasificación de los equipos que conforman los equipos de la planta de tratamiento de agua potable Cupapuicito, según su criticidad.

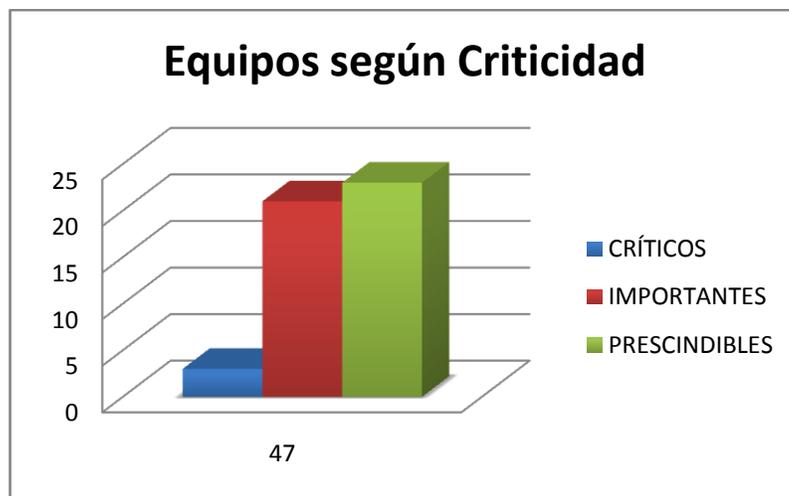
EQUIPO	CÓDIGO	CRITICIDAD
Motor Eléctrico Vertical	AC-TT-MEV-01 AC-TT-MEV-02 AC-TT-MEV-03	<b>CRÍTICOS</b>
Válvulas de Retención (Check)	AC-TT-VR-01 AC-TT-VR-02 AC-TT-VR-03	
Válvulas Compuerta	AC-TT-VC-01 AC-TT-VC-02 AC-TT-VC-03	
Equipo de bombeo Horizontal	AC-EBS-EBH-01 AC-EBS-EBH-02	
Equipos de Bombeo Verticales (Bombagua)	AC-TT-EBV-01 AC-TT-EBV-02 AC-TT-EBV-03	

Moto-reductor Coaxial	AC-USIPB-MRC-01 AC-USIPB-MRC-02	<b>IMPORTANTES</b>
Equipo de Bombeo Horizontal	AC-ERSIPB-EBH-01 AC-ERSIPB-EBH-02	
Motor Eléctrico Horizontal	AC-ERSIPB-MEH-01 AC-ERSIPB-MEH-02	
Motor eléctrico Horizontal	AC-EBS-MEH-01 AC-EBS-MEH-02	
Dosificador de Tolva y tornillo sinfín	AC-SD-DTTS-01 AC-SD-DTTS-02	
Cabezales de Descarga	AC-TT-CD-01 AC-TT-CD-02 AC-TT-CD-03	<b>PRESCINDIBLES</b>
Válvulas Compuerta	AC-BAC-VC4-01 AC-BAC-VC4-02 AC-BAC-VC4-03 AC-BAC-VC8-01 AC-BAC-VC8-02 AC-BAC-VC12-01	
Válvula de Retención Vertical (De pie)	AC-ERSIPB-VRV-01 AC-ERSIPB-VRV-02	
Válvulas Compuerta	AC-ERSIPB-VC-01 AC-ERSIPB-VC-02 AC-ERSIPB-VC-03 AC-ERSIPB-VC-04	
Válvulas de Retención (Check)	AC-ERSIPB-VR-01 AC-ERSIPB-VR-02	
Válvulas de Retención (Check)	AC-EBS-VR-01 AC-EBS-VR-02	
Válvulas de Compuerta	AC-EBS-VC-01 AC-EBS-VC-02 AC-EBS-VC-03 AC-EBS-VC-04	

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Observaciones:** Los Equipos AC-EBS-EBH-01 AC-EBS-EBH-02 y AC-EBS-MEH-01 AC-EBS-MEH-02 pertenecientes al Área 5: Estación de Bombeo Sabaneta, son equipos considerados de carácter Críticos, pero estos serán instalados próximamente, por lo tanto al ser nuevos se considera una vida útil de 10 años bajo un buen plan de mantenimiento, por tal motivo a pesar de obtener como resultado una criticidad (0) o Prescindible se tomaron en cuenta para el diseño del plan de mantenimiento preventivo.

A continuación se muestra una grafica representando la distribución porcentual de la criticidad de los equipos según los datos obtenidos en la tabla 14:



**Grafico 6.1:** Distribución porcentual de los equipos según la criticidad obtenida.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 6.1.6.- Indicadores propuestos para el sistema de gestión de mantenimiento

En la planta de tratamiento de agua potable Cupapucito no se utilizan los mecanismos de inspección, seguimiento y rutinas implementados por la

empresa, mediante protocolos de mantenimiento ni los diversos formularios diseñados para los equipos, es por ello que para este diseño se incluyen los indicadores que las plantas certificadas ya tienen como rutina, además para lograr adicionar los nuevos indicadores que a continuación se proponen, se hace uso de cada uno de los documentos que se generan en HIDROBOLÍVAR, los cuales se especifican a medida que se despliega cada uno.

Por lo tanto la gestión de mantenimiento plantea los siguientes indicadores:

#### **6.1.5.1.- Mediciones Rutinarias**

En este punto se explican algunos de los controles de indicadores que ya se llevan como rutina en las plantas certificadas. Las mediciones rutinarias de temperatura, tensión, corriente y vibraciones, permiten un mantenimiento predictivo confiable, ya que cada uno representa el esfuerzo con el que el equipo opera, a continuación se desarrolla la manera en que se plantea llevar los mismos:

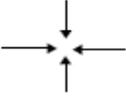
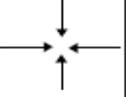
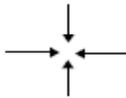
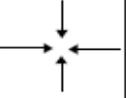
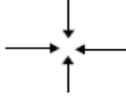
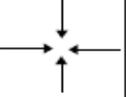
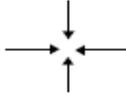
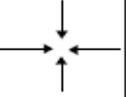
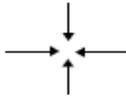
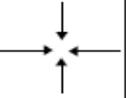
##### **▲ Temperatura:**

Una vez realizada la rutina de inspección, se propone continuar con el registro de la temperatura de operación de los motores y bombas, las cuales serán tomadas en los puntos de conexión de corriente eléctrica, para esto existen los formularios FGO-076 (ver figura 6.1, F-GO-076. Rev.1), y el FGO-077 (ver figura 6.2, F-GO-077. Rev. 1) los cuales abarcan a su vez el registro de la temperatura de cada uno de los tableros de control y condiciones del transformador.

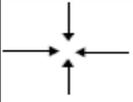
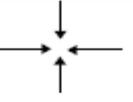
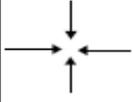
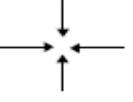
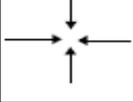
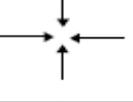
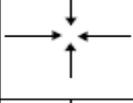
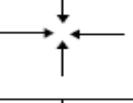
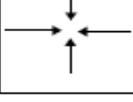
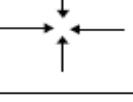
Tomando en cuenta la experiencia en cada una de las plantas, con lecturas superiores a 75°C se empieza a programar un ajuste de tornillería y la limpieza de cables sulfatados ya que estas son las principales causas de los aumentos de temperatura por el falso contacto que existe entre las conexiones eléctricas, si el motor sigue presentado temperaturas superiores a la indicada, se programa una orden de trabajo para su investigación.

Los formularios diseñados para éstos indicadores se presentan en las siguientes figuras 6.1 y 6.2 respectivamente:

**Figura 6.1:** Formulario F-GO-076, Diseñado para indicador de Temperatura en Motores

		<b>PLANILLA DE INSPECCIÓN</b> <b>ACUEDUCTO CUPAPUICITO - UPATA</b>					Código: F-GO-076 Vigencia: 18/03/2010 Revisión: 0		
Estación de bombeo:								Fecha:	
Posición	Condición del Motor		Consumo Eléctrico (Amp)			Temperatura del Motor (°C)	Vibración del Motor (mm)	Condiciones del tablero de control	Condiciones del transformador
			L1	L2	L3				
									
									
									
									
									
OBSERVACIONES:									
Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			
Nombre y Apellido:		Fecha:	Nombre y Apellido:		Fecha:	Nombre y Apellido:		Fecha:	

**Figura 6.2:** Formulario F-GO-077, Diseñado para Indicador de Temperatura en Bombas

		<b>PLANILLA DE INSPECCIÓN – BOMBAS</b> <b>ACUEDUCTO CUPAPUICITO - UPATA</b>			Código: F-GO-077 Vigencia: 30/03/2010 Revisión: 0	
Estación de bombeo:					Fecha:	
Posición	Condición actual de las bombas	Temperatura bomba (°C)	Vibración bomba (mm)	Presión (Psi)		
				Entrada	Salida	
						
						
						
						
						
OBSERVACIONES:						
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		
Nombre y Apellido:	Fecha:	Nombre y Apellido:	Fecha:	Nombre y Apellido:	Fecha:	

Fuente: HIDROBOLIVAR C.A

▲ **Tensión y Corriente Eléctrica:**

Para el caso de los indicadores de corrientes y de tensión para los conjuntos motor-bomba, se llevan juntos en el mismo formulario de código FGO-007 (ver figura 6.3, F-GO-007 Formulario Inspección de Equipos Bombeo Rev. 3), en el cual se contempla incluso el nivel de aceite para su cambio.

Para los indicadores de Tensión y corriente eléctrica, se tiene un procedimiento diferente, el cual consiste en hacer mediciones rutinarias en las conexiones eléctricas al motor y en las conexiones del centro de control de motores, calcular el promedio para cada conjunto y luego si se observa una desviación por exceso o por defecto de un 10% con respecto al promedio, se consulta el indicador de temperatura y se ajusta la tornillería, luego de persistir las alteraciones, se programa una revisión más profunda del equipo.

A continuación se muestra el formulario correspondiente a éste indicador:

**Figura 6.3:** Formulario F-GO-007 (Inspección de Equipos de Bombeos), Diseñado para el Indicador de Corriente y Tensión Eléctrica para los conjuntos Motor-Bombas



**INSPECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO (CONJUNTO MOTOR – BOMBA)**

Código: F-GO-007  
 Vigencia: 18/05/2010  
 Revisión: 3

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA INDUSTRIAL – MANTENIMIENTO**

SEMANA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

ESTACIÓN DE BOMBEO TORRE TOMA													ESTACIÓN DE BOMBEO PT-2															
EQUIPOS		OP	R	D	ER	PM	F1	F2	F3	IT	V	NA	IA	EQUIPOS		OP	R	D	ER	PM	F1	F2	F3	IT	V	NA	IA	
1-A	MOTOR													1	MOTOR													
	BOMBA														BOMBA													
2-A	MOTOR													2	MOTOR													
	BOMBA														BOMBA													
3-A	MOTOR													3	MOTOR													
	BOMBA														BOMBA													
4-A	MOTOR													4	MOTOR													
	BOMBA														BOMBA													
5-A	MOTOR													5	MOTOR													
	BOMBA														BOMBA													
5-B	MOTOR													6	TRANSF. PT-2													
	BOMBA														7	PORTICO PT-2												
4-B	MOTOR													CAPACIDAD		VOLUMEN m <sup>3</sup>												
	BOMBA													ESTANQUE m <sup>3</sup>		HORA		ALMACENAMIENTO										
3-B	MOTOR													PT - 2				NIVEL										
	BOMBA													8000 m <sup>3</sup>														
2-B	MOTOR													RM - 3 (A)														
	BOMBA													9000														
1-B	MOTOR													RM - 3 (B)														
	BOMBA													9000														
	TRANSF TTOMA																											
	PORTICO TTOMA																											
OBSERVACIONES:																												
OP	OPERATIVA	PM	PRESION MANOMETRICA		IA	AMP. RELOJ																						
R	RESERVA	NA	NIVEL ACEBITE		NA	NIVEL ACEBITE																						
D	DAÑADO	F	AMPERAJE EN LINEA		V	VOLTAJE																						
ER	REPARACION	IT	AMPERAJE TOTAL																									
ELABORADO POR:														REVISADO POR:										APROBADO POR:				
NOMBRE Y APELLIDO:														NOMBRE Y APELLIDO:										NOMBRE Y APELLIDO:				
FIRMA:														FIRMA:										FIRMA:				
FECHA:														FECHA:										FECHA:				

### ▲ **Vibraciones:**

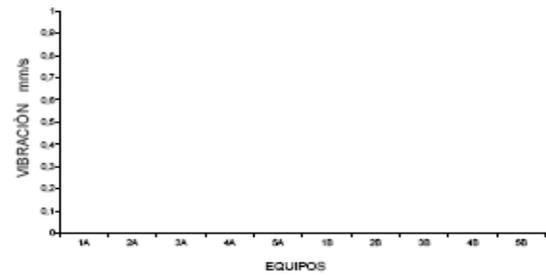
Para este indicador se tiene el formulario F-GO-061 (ver figura 6.4, F-GO-061 - Rev. 5), que tiene el propósito de predecir el cambio adecuado de los rodamientos de los motores de las bombas, que según la experiencia de los trabajadores de HidroBolívar se debe programar los cambios cuando se observen registros iguales o superiores a los 18 mm/s.

En la presente figura se muestra el formulario diseñado para ser implementado para éste indicador:

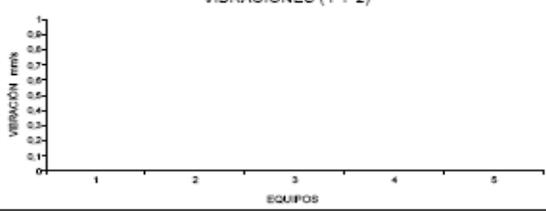
Figura 6.4: Formulario F-GO-061, Diseñado para el Indicador de Vibración en los Motores y Bombas

		<b>MEDICIÓN DE VIBRACIONES</b> <b>ACUEDUCTO CUPAPUICITO - UPATA</b>						Código: F-GO-061 Vigencia: 26/07/2011 Revisión: 5			
FECHA DE EMISIÓN:											
<b>ESTACIÓN TORRE TOMA</b>											
<b>BOMBAS INSTALADAS</b>		<b>MOTOR</b>				<b>BOMBA</b>					
		<b>RODAMIENTO SUPERIOR</b>		<b>RODAMIENTO INFERIOR</b>		<b>CABEZAL</b>					
MODELO	POSICIÓN	Horizontal 0° (mm/s)	Vertical 90° (mm/s)	Horizontal 0° (mm/s)	Vertical 90° (mm/s)	Horizontal 0° (mm/s)	Vertical 90° (mm/s)	Horizontal 0° (mm/s)	Vertical 90° (mm/s)		
	1A										
	2A										
	3A										
	4A										
	5A										
	1B										
	2B										
	3B										
	4B										
	5B										
<b>ESTACIÓN PT-2</b>											
<b>BOMBAS INSTALADAS</b>		<b>MOTOR</b>				<b>BOMBA</b>					
		<b>RODAMIENTO SUPERIOR</b>		<b>RODAMIENTO INFERIOR</b>		<b>CABEZAL</b>					
MODELO	POSICIÓN	Horizontal 0° (mm/s)	Vertical 90° (mm/s)	Horizontal 0° (mm/s)	Vertical 90° (mm/s)	Horizontal 0° (mm/s)	Vertical 90° (mm/s)	Horizontal 0° (mm/s)	Vertical 90° (mm/s)		
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
<b>OBSERVACIONES</b>							<b>LEYENDA</b>				
							<b>RODAMIENTO SUPERIOR</b>				
							<b>HORIZONTAL A 0°</b>				
							<b>VERTICAL A 90°</b>				
							<b>RODAMIENTO INFERIOR</b>				
							<b>RADIAL A 0°</b>				
							<b>RADIAL A 90°</b>				
							<b>CABEZAL DE LA BOMBA</b>				
<b>ELABORADO POR:</b>							<b>APROBADO POR:</b>				
<b>NOMBRE Y APELLIDO:</b>				<b>NOMBRE Y APELLIDO:</b>							
<b>FIRMA:</b>				<b>FIRMA:</b>				<b>FECHA:</b>		<b>FECHA:</b>	

**VIBRACIONES ( TORRE TOMA )**



**VIBRACIONES ( PT-2 )**



Fuente: HIDROBOLIVAR C.A

### 6.1.5.2.- Reporte de Fallas

En el caso de que algún equipo presente fallas se recomienda llenar el Reporte de Fallas, formulario F-GO-051 (ver figura 6.5, F-GO-051) La cual sirve para llevar el control de la duración de la falla ya que entre las informaciones se encuentra la duración de la falla, dato fundamental para el control de este indicador. Esta herramienta también se amplía para llevar el control de la eficiencia de las cuadrillas de mantenimiento.

Así mismo el presente formulario se ilustra en la presente figura:

**Figura 6.5:** Formulario F-GO-051, Diseñado para Reportar Fallas en los Equipos



**HidroBolívar**  
Integración y Progreso

## REPORTE DE FALLA

Código: F-GO-051  
Vigencia: 18/05/2010  
Revisión: 2

FECHA DE EMISIÓN:

EQUIPO		ÁREA		POSICIÓN TÉCNICA	

DATOS	FECHA	HORA	DURACIÓN		
INICIO			Días	HORAS	MINUTOS
FIN			0	00	00:00

**DESCRIPCIÓN DE LA FALLA**

**CAUSA**

- Mal diseño
- Mala selección del material
- Error de proceso
- Defecto de fabricación
- Error de montaje
- Error de mantenimiento
- Error operativo
- Ambientales
- Otro. Especifique:  
\_\_\_\_\_

**EFECTO**

- Afecta la producción
- Afecta la distribución
- Afecta la disponibilidad
- Afecta la seguridad
- Afecta el ambiente
- Afecta la calidad del producto

**ESTADO**

- Funciona insatisfactoriamente
- Funcionamiento poco confiable
- Completamente inservible

**ACCIONES CORRECTIVAS REALIZADAS**

**OBSERVACIONES**

Elaborado por: \_\_\_\_\_

Firma/ Fecha: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Aprobado por: \_\_\_\_\_

Firma/ Fecha: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

### 6.1.5.3.- Órdenes de Trabajo (OT)

Se tiene una segunda herramienta orientada a la cuadrilla, mediante la información del formulario F-GO-036 (ver figura 6.6, F-GO-036) también llamada orden de trabajo, esto ayuda a determinar la eficiencia de la cuadrilla en la ejecución de las actividades, además que ayuda a registrar los promedios de los tiempos, mes a mes, o año a año.

A continuación se presenta la figura 6.6 que representa el formulario para las órdenes de trabajos para los equipos.

**Figura 6.6:** Formulario F-GO-036, Diseñado para Ordenes de Trabajos en Equipos



**ORDEN DE TRABAJO (OT)**

Código: F-GO-036  
 Vigencia: 20/04/2010  
 Revisión: 4

Nº: \_\_\_\_\_ DESCRIPCIÓN: \_\_\_\_\_

SEMANA Nº: \_\_\_\_\_ EQUIPO: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

TIPO DE OT				PRIORIDAD		DATOS	FECHA/ HORA INICIO	FECHA/ HORA FIN	DURACIÓN (DÍAS -H)
PREVENTIVO	CORRECTIVO	PREDICTIVO	OTRO	NORMAL	URGENTE	PROGRAMADO			0
									00:00
						REAL (*)			0
									00:00

ITEM	TAREAS DE LA OT
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

DATOS DE LA MANO DE OBRA											
H/M		OPERADORES	H/M		ELECTRICISTAS/ ELECTROMECAÁNICO	H/M		MECÁNICOS	H/M		AYUDANTE / MANTENEDOR
P	R(*)		P	R(*)		P	R(*)		P	R(*)	

CANTIDAD		UNIDAD	HERRAMIENTAS/ MATERIALES/ REPUESTOS A UTILIZAR
P	R(*)		

Observación: \_\_\_\_\_

Elaborado por: \_\_\_\_\_ Ejecutado por (\*): \_\_\_\_\_ Revisado por: \_\_\_\_\_

Cargo/Firma: \_\_\_\_\_ Cargo/Firma: \_\_\_\_\_ Cargo/Firma: \_\_\_\_\_

R(\*) : datos reales de la ejecución del trabajo de mantenimiento. Debe ser llenado por el responsable de la ejecución.

## **6.2.- Elaboración del Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos importantes y críticos.**

Una vez obtenidos los equipos de carácter importante y críticos, se procedió a realizar una investigación en cada una de las plantas que poseen equipos similares, para averiguar sus prácticas de mantenimiento, en el plan se vinculan los indicadores relacionados con las mediciones rutinarias las cuales fueron determinadas anteriormente.

El Plan de Mantenimiento está basado en veinticuatro (24) modelos de Equipos que se determinaron Importantes y Críticos (según el análisis de criticidad) para el correcto funcionamiento de la Planta de Tratamiento de agua potable Cupapuicito (Ver CD anexo Plan de Mantenimiento Preventivo).

Así mismo, a continuación se presenta un bosquejo del formato utilizado para el diseño del plan de mantenimiento preventivo (ver figura 6.7). Éste será ampliado en el CD antes nombrado, anexado al trabajo.

**Figura 6. 7:** Formato Plan de Mantenimiento. Planta de tratamiento Cupapucito (Torre toma)

 Gobernación de Bolívar Integración y Progreso		 PLAN DE MANTENIMIENTO										Fecha			
		PLANTA DE TRATAMIENTO CUPAPUCITO-ACUEDUCTO UPATA										10/03/2014			
leyenda		A:Anual; S: Semanal; M: Mensual; D: Diario; T: Trimestral; SE: Semestral													
Identificación	Subsistema	Equipo	Actividad	D	S	M	T	A	Descripción del trabajo	Medidas de seguridad	Herramientas	Tiempo en Horas	Número de Personas	Cargo	
AC-TT-EBV-01 AC-TT-EBV-02 AC-TT-EBV-03	TORRE TOMA	Equipos de Bombeo Verticales (Bombagua) Modelo 12H-135 con cuatro (04) etapas de impulsión con impulsores de broce Ø208mm.	Desmontaje y montaje de bomba					x	Con la finalidad de revisar el estado de los componentes internos de la bomba, entre los que se menciona, estabilizadores, impulsores, álabes, para su cambio	Desenergizar tablero de control y potencia del motor. Botas de seguridad dieléctrica, guantes dieléctricos, monolentes, camisa manga larga de algodón.	Llave de cadena, llave ajustable, juego de llaves combinado, cincel, juego de rache.	6	1	Jefe de Operaciones	
													2	Electricistas	
														2	Mecánicos
														1	Operador Integral
														1	Supervisor de Mantenimiento
AC-TT-EBV-01 AC-TT-EBV-02 AC-TT-EBV-03	TORRE TOMA	Equipos de Bombeo Verticales (Bombagua) Modelo 12H-135 con cuatro (04) etapas de impulsión con impulsores de broce Ø208mm.	Medición de vibración		X				Realizar mediciones y anotarlas en el formulario Nro F-GO-61	Botas de seguridad dieléctrica, monolentes, camisa manga larga de algodón.	Medidor de vibración, lapicero y planilla de control	1	1	Electricista	
														1	Mecánico

Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.1.- Programa de Mantenimiento

Este programa contempla el mantenimiento a realizarse durante un año y se especifican los meses en que deben ejecutarse todas las actividades involucradas en la Planificación (Ver CD anexo Plan de Mantenimiento Preventivo).

A continuación se presenta una figura (ver figura 6.8) ilustrativa del formato implementado para el Programa de mantenimiento propuesto, se tomó como ejemplo el Programa de Mantenimiento diseñado para el Área Torre Toma de la Planta de Tratamiento Cupapuicito.

**Figura 6.8:** Formato Programa de Mantenimiento. Planta de Tratamiento Cupapuicito (Torre Toma)

 Integración y Progreso		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRITICOS												Fecha		10/03/2014						
		PLANTA DE TRATAMIENTO ACUEDUCTO OESTE																				
leyenda		A:Anual; S:Semanal; M: Mensual; D:Diario; T: Trimestral; SE: Semestral																				
Identificación	Subsistema	Equipo	Actividad	E	F	M	A	My	J	JJ	Ag	S	O	N	D	Descripción del trabajo	Medidas de seguridad	Herramientas	Tiempo en Horas	Número de Personas	Cargo	
AC-EBS-EBH-01 AC-EBS-EBH-02	ESTACIÓN DE BOMBEO SABANETA	Equipos de Bombeo Horizontales Marca KSB <u>Meganorm</u> , modelo 40-200 con <u>car</u> sa de hierro fundido y eje de acero inoxidable.	Revisión Rutinaria	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	Verificar punto de operación de la bomba, corriente consumida por el motor y valor de la tensión de la red, presión de aspiración, vibraciones y ruidos anormales, nivel de aceite y pérdidas en la temperatura, realizar anotaciones de la actividad en el formulario F-GO-007	Botas de seguridad dieléctrica, guantes dieléctricos, <u>monolentes</u> , camisa manga larga de algodón.	Medidor de vibración, lapicero y planilla de control	1	1	Electricista	
AC-EBS-EBH-01 AC-EBS-EBH-02	ESTACIÓN DE BOMBEO SABANETA	Equipos de Bombeo Horizontales Marca KSB <u>Meganorm</u> , modelo 40-200 con <u>car</u> sa de hierro fundido y eje de acero inoxidable.	Cambio de aceite	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Destapar la entrada del aceite, drenarlo con la manguera, limpiar visor, llenar con aceite nuevo, registrar actividad en formulario F-GO-007	Botas de seguridad dieléctrica, guantes dieléctricos, <u>monolentes</u> , camisa manga larga de algodón	Aceite, pimpinas, guantes de punto, llave de tubo 12", aceite número 68, manguera de 1/2" Formulario F-GO-007	4	1	Jefe de Operaciones	
																			1	1	Electricista	
																				1	1	Mecánico
																				1	1	Operador Integral

Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.2.- Personal Requerido para ejecutar el Plan de Mantenimiento

Para el cálculo del personal requerido para llevar a cabo todas las actividades contempladas en el programa de mantenimiento, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones: La cuadrilla de Mantenimiento en HidroBolívar cumple un horario de 7:00 A. M. a 3:00 P. M., es decir, una jornada de ocho (8) horas; dentro de esta jornada se asume una hora de almuerzo y de necesidades personales, dado éstos argumentos, se puede calcular las horas anuales que cumple un personal en la cuadrilla de la siguiente manera:

Multiplicando Siete (7) horas laborables  $\times$  Cinco (5) días a la semana  $\times$  Cincuenta y dos (52) semanas que posee un año = se obtiene mil ochocientos veinte (1820) horas anuales, que cumple un personal perteneciente a la cuadrilla de mantenimiento.

Los Operadores Integrales No pertenecen a la Cuadrilla, por lo tanto cumplen un horario diferente, debido a que la empresa produce de manera continua, ellos cumplen tres (3) turnos de ocho (8) horas, y ya que tienen una hora de descanso, se tiene que en los 365 días del año cumplen con veintiún (21) horas efectivas al día, por lo tanto, anualmente los operadores están disponibles siete mil seiscientos sesenta y cinco (7665) horas Anuales.

Una vez calculadas las horas anuales disponibles de la Cuadrilla de Mantenimiento y de los Operadores Integrales. Se procede a calcular las horas que les tomaría ejecutar el Plan de Mantenimiento, multiplicando el número de equipos, por la frecuencia de la actividad, por el número de horas que toma realizarla, por la cantidad de personas.

Finalmente se tiene que para llevar a cabo el plan de mantenimiento diseñado para la planta de tratamiento Cupapuicito se demanda lo siguiente:

- ✓ Se requieren mil seiscientos ochenta y seis con cuatro décimas (1.683,4) Horas Anuales para un Jefe de Operaciones.
- ✓ Mil ocho (1.008) Horas Anuales para un Jefe de Mantenimiento.
- ✓ Mil setecientos quince (1.715) Horas anuales para un Operador Integral.
- ✓ Mil ochocientos cuarenta y tres con cinco décimas (1.843,5) Horas anuales para un Técnico Mecánico.
- ✓ Dos mil veintiséis con nueve décimas (2.026,9) Horas Anuales para un Técnico Electricista.

Luego estos resultados se ajustan a las horas anuales disponibles para la Cuadrilla de Mantenimiento ya calculadas y se obtiene el siguiente personal:

- ✓ Dos (2) Técnicos Electricistas
- ✓ Dos (2) Técnicos Mecánicos
- ✓ Un (1) Jefe de Operaciones
- ✓ Un (1) Supervisor de Mantenimiento

Es importante destacar que las actividades que tienen participación completa de los técnicos mecánicos y electricistas están sobre asignadas por tal motivo se requieren de dos (02) personas correspondientes a estas disciplinas.

La conformación de la cuadrilla de mantenimiento propuesta podrá asegurar el buen cumplimiento de todas las actividades que comprenden el plan de mantenimiento diseñado, lo que conllevará a mejorar el desempeño tanto del personal como de los equipos que conforman la planta de tratamiento.

### **6.3.- Elaboración de Prácticas Operativas de los principales equipos que conforman la Planta de Tratamiento de Agua potable Cupapuicito – Acueducto Upata.**

Se elaboraron siete (07) prácticas operativas para los principales equipos (Importantes y críticos), en las cuales se certifica la realización correcta y segura de cada actividad de manejo de éstos equipos. (Ver CD anexo Prácticas Operativas)

Las prácticas fueron elaboradas con información obtenida directamente de los operadores y personal de mantenimiento de la planta, también se recurrió a la información de prácticas realizadas en equipos similares ubicadas en otras plantas de tratamiento, con el fin de presentar una línea de diseño y procedimiento similar.

A continuación se muestran los parámetros utilizados bajo la práctica operativa código NP-09.01.01-04 la cual estipula el Desarrollo de las Prácticas Operativas de la empresa y un ejemplo de la Práctica Operativa **PARADA DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO:**

**I. Objetivo:** Propósito que persigue la practica operativa descrita.

Describir el método correcto a seguir para la parada de equipos de bombeo en las estaciones (Torre Toma) de la Planta de Tratamiento Cupapuicito - Acueducto Upata, Municipio Piar, con el

propósito de brindarle el conocimiento necesario al personal ejecutorio y de esta manera obtener resultados óptimos en el trabajo.

**II. Alcance:** Definir donde inicia y culmina el proceso descrito en la práctica.

Las actividades de parada de equipos, descritas en esta práctica aplican a los equipos de bombeo que se encuentran en las estaciones Torre Toma que intervienen en el proceso de tratamiento de agua de la Planta de Tratamiento Cupapucito.

**III. Personal Autorizado:** Denominación de los cargos autorizados para realizar las actividades descritas en la práctica operativa.

1. Gerente de Operaciones Acueductos del Sur.
2. Un (01) Jefe de Operaciones.
3. Dos (02) Operadores Integral (Rotativo).

**IV. Materiales, Herramientas y Equipos:** Lista de materiales, herramientas y equipos requeridos para ejecutar la actividad.

1. MATERIALES:

No aplica.

2. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:

No aplica.

**V. Equipos:** Indica los equipos de seguridad de uso obligatorio por el personal, para ejecutar la operación.

1. Uniforme de trabajo (Camisa y pantalón).
2. Botas de seguridad dieléctricas.
3. Guantes dieléctricos.

4. Casco con protectores auditivos.
5. Lentes de seguridad.

**VI. Precauciones de Seguridad:** Recomendaciones e instrucciones necesarias para la ejecución en condiciones seguras de las actividades descritas.

1. Utilice cada uno de los equipos de protección personal, con la finalidad de minimizar posibles lesiones personales.
2. Verifique que se cumplan todos los pasos de la práctica operativa en una secuencia lógica.
3. Preste atención al caminar, para evitar golpes ó caídas del mismo nivel.
4. Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.

**VII. Pasos a Seguir:** Especifica las instrucciones a seguir para realizar la practica indicando los cargos responsables de su ejecución, también se den incluir las verificaciones preliminares y posteriores cuando se requieran.

1. Ubique el tablero de control del equipo que desee apagar.
2. Abra la puerta del tablero de control de equipo que desee colocar fuera del funcionamiento.
3. Pulse el botón que indique “Parada” de color rojo, para desactivar la bomba.
4. Gire el selector de color negro a manual o automático.
5. Realice una nota en el cuaderno de “Reporte de Operadores de Planta” acerca de la situación por la que se encuentra el sistema de parada de bombeo.
6. Colocar una tarjeta de seguridad que indique que esté fuera de servicio.

**VIII. Anexos:** Cuando aplique, documentación e información necesaria para un mejor entendimiento de la práctica operativa como son: Además de glosario de términos (términos técnicos no utilizados en forma cotidiana), formularios e instructivos de llenado utilizados en la ejecución de la práctica, también se incluyen, planos, tablas y manuales de operación de equipo, entre otros.

1. Ver cuaderno de Reporte de Operadores.

#### **6.4.- Análisis de Brechas.**

Es importante analizar todos aquellos aspectos que son necesarios para disminuir la diferencia existente entre la situación actual y la situación ideal, Así como también, proporcionar las estrategias que puedan reducir el porcentaje de la brecha en el cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008 y por ende mejorar, controlar, medir y certificar la gestión llevada en la planta de tratamiento Cupapuicito, Acueducto Upata.

Por tal motivo, se desarrollaron los aportes necesarios para cumplir con la conformidad de las cláusulas de la Norma ISO 9001:2008, que permitan un control de todos los procesos involucrados con la calidad.

A continuación se presenta una tabla con las deficiencias y las recomendaciones propuestas para la mejora del sistema de gestión en la planta de tratamiento, basado en los resultados obtenidos en el cuestionario de la evaluación del Sistema de Gestión basado en la Norma ISO 9001:2008 presentado en capítulo anterior (ver punto 5.3.4), tomando en consideración los postulados más relevantes o con menor porcentaje en el cumplimiento de la Norma.

**Tabla 6.12:** Propuestas de mejoras para la gestión en la planta de tratamiento Cupapuicito

CLÁUSULA	DEBILIDADES	RECOMENDACIONES
<b>4. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>		
4.1 Requisitos Generales	Revisión de los documentos para adecuarse a lo establecido al control de documentos.	Fortalecer la aplicación de la metodología de la norma y revisar documentos.
	Necesidad de implementar las acciones necesarias para la ejecución de un buen sistema de gestión.	Implementación y divulgación de los objetivos que conlleven al ejercicio de un buen sistema de gestión.
<b>7. REALIZACIÓN DEL PRODUCTO</b>		
7.6 Control de los Equipos de Seguimiento y de Medición	Falta de identificación y/o codificación de los equipos.	Implementar la codificación diseñada para los equipos, cumpliendo con los estándares de la norma.
	Inexistencia de planes y programas de mantenimiento para el control y seguimiento de los equipos.	Revisión de la elaboración y ejecución del plan de mantenimiento diseñado.
	Poca implementación de los formularios y documentos técnicos para la medición y seguimiento de los equipos.	Implementar, actualizar e informar sobre los formularios y documentos técnicos diseñados por la empresa.
<b>8. MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA</b>		
8.5.1 Mejora Continua	Necesidad de aplicar acciones correctivas, preventivas y mejora continua en la gestión.	Fortalecer y atender a las actividades de mejoras en la gestión.

**Fuente:** Cuestionario de la evaluación del Sistema de Gestión basado en la Norma ISO 9001:2008.

Es importante acotar, que en los postulados no incluidos en este análisis (cuyo porcentaje de brecha fue bajo), es necesario ejecutar las acciones pertinentes que verifiquen el total cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008, y así obtener los resultados requeridos para la mejora en la gestión llevada en la planta de tratamiento Cupapuicito.

### **6.5.- Evaluación del impacto de la propuesta del Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral.**

Para evaluar la propuesta se llevo a cabo un diseño de estrategias de mejora, éstas emergen a través de un análisis FODA, donde se combinan las fortalezas con las oportunidades y con la amenazas, así como también, las debilidades con las amenazas y las oportunidades (ver punto 5.4), con el fin de brindar líneas de acción para el crecimiento de la gerencia de mantenimiento.

Las estrategias de mejoras propuestas son las siguientes:

- **FO:**
  - ✓ F2O3) Convocar mensualmente mesas de trabajos con el personal de las cuadrillas de mantenimiento en conjunto con el Gerente de Operaciones de Acueductos del Sur, para informarles sobre el programa de mantenimiento diseñado con el fin de llevar una supervisión y cumplirlo en su totalidad.
  - ✓ F5O3) Exhortar al personal de las cuadrillas a utilizar todos los formularios propuestos y aquellos diseñados por la empresa que apliquen al mantenimiento de los equipos, manteniendo el contacto habitual con la gerencia de mantenimiento para estar informados de posibles actualizaciones de los mismos.

- ✓ F4O2) Extender el desarrollo de las practicas operativas para todos los equipos de la planta de tratamiento (Prescindibles) e informar al personal nuevo sobre las ya realizadas, con la finalidad de llenar una data completa del correcto manejo de los equipos y disminuir las fallas y posibles accidentes laborales.
  
- **DO:**
- ✓ D4O2) Adoptar una misma línea en cuanto a las políticas de mantenimiento (preventivo y correctivo) en todas las plantas de tratamiento diseñando planes y programas de mantenimiento acordes a cada una ellas, contribuyendo así a una buena gestión en la Gerencia de Mantenimiento de la empresa.
  
- ✓ D8O1) En trabajo conjunto entre la Gerencia de Operaciones y la Gerencia de mantenimiento de la empresa, se debe involucrar todos los procesos y áreas de producción de cada planta de tratamiento en los planes y programas de mantenimiento y así optar por la certificación de todas ellas, generando calidad en el trabajo y el producto final.
  
- ✓ D7O3) Capacitar y dotar al personal de mantenimiento con las tareas, herramientas e información necesaria para su desarrollo, a través de inventarios de materiales, mesas de trabajos y reuniones con la Gerencia de mantenimiento y la Gerencia de Logística de la empresa.
  
- **FA:**
- ✓ F1A2) Exhortar al personal (jefe de operaciones, supervisores, cuadrillas) de cada planta de tratamiento a la implementación de planes y programas dirigidos a los tres tipos de mantenimiento, con la finalidad de crear un buen y mejor sistema de gestión de mantenimiento en cada una de ellas.

- ✓ F3A1) Hacer énfasis en la implementación de medidas de control o supervisión a los equipos importantes y críticos de la planta, para alargar su vida útil y disminuir costos de reparaciones en talleres foráneos.
  
- ✓ F1A3) Evaluar el rendimiento laboral del personal de la gerencia de mantenimiento, con el fin de argumentar la asignación de un presupuesto justo que pueda cubrir los gastos requeridos.
  
- **DA:**
  - ✓ D2A3) El personal que conforma las cuadrillas de mantenimiento, debe llevar un control estadístico del comportamiento de los equipos, para así lograr menos fallas, costos en reparaciones y reemplazo y optimizar el presupuesto asignado para cada planta.
  
  - ✓ D6A1) Obtener las herramientas y equipos adecuados para la realización del mantenimiento correctivo (en caso de fallas mayores) para disminuir el envío de los equipos que no puedan ser reparados en Taller Central a talleres foráneos.
  
  - ✓ D5A3) Aplicar las estrategias de mejoras propuestas para el buen desarrollo y desenvolvimiento de la gerencia de mantenimiento.

A continuación se presenta la tabla de la matriz FODA:

**Tabla 6.13:** Matriz FODA (Estrategias de mejora para el Sistema de Gestión en la Planta de tratamiento Cupapuicito).

	<p><b>Fortalezas (F):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Estructura Organizativa orientada a la relación de los tres tipos de de mantenimiento.</li> <li>2) Cuadrillas de mantenimiento encargadas de realizar todas las actividades de mantenimiento.</li> <li>3) Adopción de medidas de mejora continua en todas las plantas de tratamiento.</li> <li>4) Prácticas operativas estrechamente relacionadas con el mantenimiento preventivo y predictivo en las plantas certificadas con las Normas ISO.</li> <li>5) Formularios completos que sirven como herramienta estadística.</li> </ol>	<p><b>Debilidades (D):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Existe doble codificación de los equipos en algunos casos.</li> <li>2) No se lleva control estadístico de las fallas de equipos.</li> <li>3) Cada planta de tratamiento tiene una política de mantenimiento diferente.</li> <li>4) El mantenimiento predictivo limitado, sólo se lleva a cabo en plantas de tratamientos certificadas.</li> <li>5) La gerencia de mantenimiento lleva poco tiempo en funcionamiento.</li> <li>6) Falta de herramientas para reparación de equipos en Taller Central.</li> <li>7) Los protocolos y planes de mantenimiento establecidos en algunas plantas de tratamiento no se aplican para el proceso de captación de agua.</li> </ol>
<p><b>Oportunidades (O):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>Certificación de las Normas ISO 9001:2008 para todas las plantas de tratamiento.</b></li> <li>2) <b>Adopción de políticas de mejora continua por parte de la empresa en general.</b></li> <li>3) <b>Disposición del personal de mantenimiento y operaciones para llevar a cabo planes de mantenimientos diseñados.</b></li> </ol>	<p><b>FO:</b></p> <p>F2O3) Convocar mesas de trabajos para informar a las cuadrillas sobre el programa de mantenimiento diseñado con el fin de llevarlo a cabo en su totalidad.</p> <p>F5O3) Exhortar al personal de las cuadrillas a utilizar todos los formularios propuestos y aquellos diseñados por la empresa que apliquen al mantenimiento de los equipos.</p> <p>F4O2) Desarrollar practicas operativas para todos los equipos de la planta de tratamiento e informar al personal nuevo sobre las ya realizadas.</p>	<p><b>DO:</b></p> <p>D4O2) Adoptar una misma línea en cuanto a las políticas de mantenimiento en todas las plantas de tratamiento, diseñado planes y programas de mantenimientos acordes a cada una ellas.</p> <p>D8O1) Involucrar todos los procesos y áreas de producción de cada planta de tratamiento en los planes y programas de mantenimiento y así optar por la certificación de las mismas.</p> <p>D7O3) Capacitar y dotar al personal de mantenimiento con las tareas, herramientas e información necesaria para su desarrollo.</p>
<p><b>Amenazas (A):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>Elevados costos en reparaciones mayores de equipos que deben hacerse en talleres foráneos.</b></li> <li>2) <b>En las plantas de tratamiento no certificadas sólo se lleva a cabo el mantenimiento correctivo.</b></li> <li>3) <b>La falta de presupuesto asignado para la gerencia de mantenimiento.</b></li> </ol>	<p><b>FA:</b></p> <p>F1A2) Exhortar a la implementación de planes y programas dirigidos a los tres tipos de mantenimiento en todas las plantas de tratamiento.</p> <p>F3A1) Hacer énfasis en la implementación de medidas de control a los equipos críticos, para alargar su vida útil y disminuir costos de reparaciones en talleres foráneos.</p> <p>F1A3) Evaluar el rendimiento de la gerencia para la asignación de un presupuesto justo.</p>	<p><b>DA:</b></p> <p>D2A3) Llevar control estadístico del comportamiento de los equipos para la optimización del presupuesto asignado.</p> <p>D6A1) Obtener herramientas adecuadas para la realización del mantenimiento correctivo para la disminución de envío de equipos a talleres foráneos.</p> <p>D5A3) Aplicar estrategias de mejoras para el desarrollo y desenvolvimiento de la gerencia de mantenimiento.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

## CONCLUSIONES

El presente trabajo consistió en el Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Integral para los equipos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Cupapuicito, Acueducto – Upata, en el Municipio Piar del Estado Bolívar. Una vez culminado el mismo se puede concluir que:

1. El estudio realizado se estableció para los equipos nuevos que conformaran la planta de ciento veintiún (121,00) litros por segundo a construir.
2. La planta de tratamiento estará constituida por cuarenta y siete (47) equipos significativos, éstos fueron identificados con un código único bajo los criterios de la Norma ISO 9001-2000, con el fin de crear una base de datos de los mismos, que facilite el acceso a la información del historial de intervenciones, fallas y su ficha técnica; Así mismo siguiendo los criterios de ésta norma, se llevo a cabo la codificación de las áreas de producción o subsistemas a los cuales pertenecen éstos equipos en la planta de tratamiento.
3. Una vez realizado el inventario y codificación de los cuarenta y siete (74) equipos, se les elaboró un análisis de criticidad, donde se determinó que veinticuatro (24) de ellos se calificaron Importantes y Críticos para el correcto funcionamiento de la planta.
4. Los equipos seleccionados como Críticos e Importantes se les diseñó el plan de mantenimiento preventivo por área o subsistema, el cual incluyó su identificación, descripción, actividad de mantenimiento a realizar, la frecuencia de la misma, medidas de seguridad a tomar, herramientas a utilizar, el tiempo y personal requerido para ejecutar la actividad y el cargo que ocupa el personal en la planta. En conjunto a

éste plan de mantenimiento, se planteó un programa de mantenimiento preventivo anual incluyendo toda la información antes descrita.

5. Tomando en cuenta los tiempos en horas estimados para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, se estableció el número de personal requerido que conformarán las cuadrillas de mantenimiento: Dos (2) Técnicos Electricistas, Dos (2) Técnicos Mecánicos, Un (1) Jefe de Operaciones y Un (1) Supervisor de Mantenimiento, todo esto para garantizar el cumplimiento eficaz y eficiente del plan diseñado.
6. En cuanto a los indicadores de mantenimiento se trabajó con los siguientes: Corriente eléctrica, tensión, vibración y temperatura, éstos permiten la predicción del mantenimiento de los equipos electromecánicos.
7. Se elaboraron las practicas operativas para los equipos incluidos Importantes y Críticos de la planta.
8. Tomando en cuenta las gestiones de mantenimiento que se llevan en cada una de las plantas certificadas, las estrategias de mejora se encuentran orientadas a la generalización de este trabajo para todas las plantas de tratamiento no certificadas y las que están en proyectos de ampliación o construcción.
9. Se realizó un diagnóstico para analizar la situación actual con respecto al cumplimiento de la Norma ISO 9001:2008, arrojando como resultado un cumplimiento de **59,01%** y con una brecha de calidad de **40,99%**.

## RECOMENDACIONES

En función de los resultados y conclusiones que se obtuvieron con el desarrollo de la investigación y el cumplimiento de los objetivos, se recomiendan las siguientes acciones:

1. Implementar el plan y programa de mantenimiento propuesto, para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos del Acueducto Oeste y aplicar al resto de las plantas.
2. Manejar los formularios señalados en los indicadores de mantenimiento, para llevar un historial de los equipos y obtener una base de datos de cada equipo.
3. Informar al personal de las cuadrillas sobre la gestión de mantenimiento implementada en la planta y hacer uso de las prácticas operativas elaboradas.
4. Adoptar las políticas de mantenimiento preventivo y predictivo en las plantas no certificadas para la aplicación de la propuesta planteada.
5. Implementar las estrategias recomendadas en la Matriz FODA, comenzando en el corto plazo con las FA, con la finalidad de reducir las fallas y por ende aumentar la eficacia, la eficiencia y la satisfacción del trabajo.
6. Implantar la documentación propuesta para mejorar el sistema de gestión en la planta de tratamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Arias, F. (2006) *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. Epísteme, Caracas, Venezuela, 5ta edición.
- ✓ Fernández Alonso (2004), *Manual y Procedimientos de un Sistema de Calidad ISO 9001*.
- ✓ FONDONORMA. *Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario*. Covenin-ISO 9000-2006.
- ✓ García, S. (2003) *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*. España. Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- ✓ Gómez de León, F. (1998) *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. España. Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia.
- ✓ Gómez, Marcelo (2006). *Introducción a la Metodología de la Investigación*. Argentina. Editorial Brujas.
- ✓ Mosquera Castellanos, L. G. (1987). *Apoyo Logístico para la Administración Del Mantenimiento Industrial*. Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y humanístico, Venezuela.
- ✓ Norma COVENIN 3049-93. Reunión No. 124. (1993).
- ✓ Norma ISO 9001:2008. Cuarta Edición.
- ✓ [www.hidrobolivar.gob.ve/DI\\_infraestructura/AR\\_plantas.php](http://www.hidrobolivar.gob.ve/DI_infraestructura/AR_plantas.php)