

**ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS CRÍTICOS DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

**JUAN FRANCISCO ARBOLEDA CELA**

**JUAN JOSÉ ÁNGEL GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI**

**2011**

**ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS CRÍTICOS DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

**JUAN FRANCISCO ARBOLEDA CELA**

**JUAN JOSÉ ÁNGEL GÓMEZ**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de  
Ingeniero Industrial

**Tutora:**

**ANGÉLICA MARÍA BORJA**

**Ingeniera Industrial**

**UNIVERSIDAD ICESI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SANTIAGO DE CALI**

**2011**

Aprobado por el comité de trabajos de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad ICESI para otorgar el título de Ingeniero Industrial.

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Santiago de Cali, Noviembre 25 de 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

-Angélica María Borja.

-Jairo Guerrero.

-Raúl Andrés Solarte.

-Mauricio Viáfara.

-Jefferson Jiménez

-Jorge Escobar

-Claudia Rueda

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo del proyecto.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	8
INTRODUCCIÓN .....	15
1. TEMA DEL PROYECTO .....	17
1.1 PROBLEMA .....	17
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	17
1.3 DELIMITACIÓN Y ALCANCE .....	18
2. OBJETIVOS .....	19
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	19
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO .....	19
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
3. MARCO DE REFERENCIA.....	20
3.1 ANTECEDENTES .....	20
3.1.1 Gestión de mantenimiento en una empresa avícola .....	20
3.1.2 Gestión de mantenimiento para equipos médicos .....	22
3.1.3 Gestión de mantenimiento en la Universidad Autónoma de Madrid .....	22
3.2 MARCO TEÓRICO .....	23
3.2.1 Mantenimiento .....	23
3.2.2 Análisis de criticidad cuantitativo .....	24
4. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	28
4.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO .....	28
4.2 PROCEDIMIENTO.....	30
5. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	32

5.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL .....	33
5.1.1 Contextualización del proyecto .....	33
5.1.1.1 Descripción del funcionamiento actual del sistema hidráulico de la Universidad .....	33
5.1.1.2 Identificación de equipos.....	38
5.1.1.3 Consumo de agua en la Universidad .....	41
5.1.1.4 Calidad del agua producida .....	46
5.1.2 Análisis de criticidad .....	47
5.1.2.1 Desarrollo de la herramienta de análisis de criticidad .....	47
5.1.2.2 Implementación de la herramienta.....	48
5.1.2.2.1 Criticidad del proceso de captación .....	50
5.1.2.2.2 Criticidad del proceso de potabilización .....	55
5.1.2.2.3 Criticidad del proceso de distribución .....	62
5.1.2.2.4 Criticidad del subsistema de desagües de pozos de achique.....	70
5.1.2.2.5 Criticidad del subsistema de los desagüe de aguas residuales .....	78
5.2 PLAN DE ACCIÓN.....	79
5.2.1 Normalización de los procesos .....	79
5.2.1.1 Potabilización de agua.....	79
5.2.1.2 Desagüe de pozos de achique.....	91
5.2.2 Inventario de equipos.....	96
5.2.2.1 Definiciones .....	97
5.2.2.2 Desarrollo de la codificación .....	98
5.2.3 Paso a paso del proceso de mantenimiento .....	107
5.2.3.1 Inspección de la entrada de agua en la caja principal .....	114

5.2.3.2 Inspección del nivel de agua de la caja principal o caja numero 5.....	114
5.2.3.3 Sondeo cajas de control.....	117
5.2.3.4 Inspección de los tableros eléctricos .....	120
5.2.3.5 Inspección de válvulas.....	120
5.2.3.6 Limpieza de la malla de la planta de potabilización. ....	123
5.2.3.7 Mantenimiento de la planta de potabilización. ....	124
5.2.3.8 Instructivo de inspección de la bomba de trasiego. ....	126
5.2.3.9 Inspección dosificadora de cloro y sulfato.....	127
5.2.3.10 Mantenimiento de una motobomba.....	128
5.2.3.11 Mantenimiento Tablero eléctrico .....	133
5.2.3.12 Mantenimiento bomba sumergible .....	136
6. CONCLUSIONES .....	138
7. RECOMENDACIONES.....	140
BIBLIOGRAFIA .....	142
ANEXOS.....	143

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios de criticidad y su cuantificación .....	26
Tabla 2. Matriz del marco lógico .....	28
Tabla 3. Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto .....	32
Tabla 4. Capacidad de los tanques.....	36
Tabla 5. Equipos sección 1 .....	38
Tabla 6. Equipos sección 2 .....	39
Tabla 7. Equipos sección 3 .....	39
Tabla 8. Equipos sección 4 .....	40
Tabla 9. Promedio de Consumo de agua en m <sup>3</sup> por día de la semana.....	42
Tabla 10. Estadísticas por día.....	44
Tabla 11. Análisis de autonomía del sistema hidráulico. ....	45
Tabla 12. Criterios de criticidad y su cuantificación .....	48
Tabla 13. Criticidad del proceso de captación .....	51
Tabla 14. Análisis de criticidad de equipos de captación.....	52
Tabla 15. Análisis de criticidad potabilización .....	57
Tabla 16. Análisis de criticidad de equipos de potabilización .....	58
Tabla 17. Análisis de criticidad distribución .....	63
Tabla 18. Análisis de criticidad de equipos de distribución (tanque 1 y2 y 3 .....	64
Tabla 19. Análisis de criticidad de equipos de distribución (edificio D) .....	66
Tabla 20. Análisis de criticidad de equipos de distribución (edificio L).....	68
Tabla 21. Criticidad del sistema de pozos de achique .....	71

Tabla 22. Criticidad los pozos de achique. ....	72
Tabla 23. Análisis de criticidad de equipos de pozos (edificio D).....	73
Tabla 24. Análisis de criticidad de equipos de pozos (edificio L) .....	75
Tabla 25. Análisis de criticidad de equipos de pozos (chillers) .....	76
Tabla 26. Criticidad del subsistema de los desagüe de aguas residuales .....	79
Tabla 27. Campos de codificación .....	98
Tabla 28. Mantenimiento preventivo de agua potable .....	101

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Consumo de agua en la universidad (m <sup>3</sup> ).....	42
Figura 2. Promedio de consumo de agua en m <sup>3</sup> por día de la semana .....	43
Figura 3. Grafica de cajas con datos atípicos corregidos .....	44
Figura 4. Matriz de clasificación de procesos y equipos .....	49
Figura 5. Criticidad del proceso de captación .....	51
Figura 6. Matriz de criticidad de los equipos de captación.....	53
Figura 7. Matriz de criticidad del proceso de potabilización .....	57
Figura 8. Matriz de criticidad de equipos de potabilización.....	58
Figura 9. Matriz de criticidad del proceso de distribución .....	64
Figura 10. Matriz de criticidad de los equipos de distribución.....	65
Figura 11. Matriz de criticidad de equipos de distribución (edificio D) .....	66
Figura 12. Matriz de criticidad de equipos de distribución (edificio L).....	68
Figura 13. Matriz de criticidad del sistema de pozos de achique.....	71
Figura 14. Matriz de criticidad de pozos de achique.....	73
Figura 15. Matriz de criticidad de equipos de pozos (edificio D).....	74
Figura 16. Matriz de de criticidad de equipos de pozos (edificio L).....	75
Figura 17. Matriz de criticidad de equipos de pozos (chillers) .....	77
Figura 18. Matriz de criticidad del subsistema de desagüe de aguas residuales .	79
Figura 19. Hoja de vida de los equipos.....	108
Figura 20. Formato de órdenes de trabajo.....	111
Figura 21. Inspección de la entrada de agua en las cajas de control .....	115
Figura 22. Inspección del nivel de agua de la caja principal o caja numero 5. ....	116

Figura 23. Diagrama del proceso de sondeo cajas de control .....	119
Figura 24. Instructivo de Inspección de de los tableros eléctricos .....	121
Figura 25. Proceso del instructivo de Inspección de válvulas .....	122
Figura 26. Proceso de limpieza de la malla de la planta de potabilización. ....	123
Figura 27. Proceso de mantenimiento de la planta de potabilización .....	125
Figura 28. Proceso del instructivo Inspección de la bomba de trasiego. ....	127
Figura 29. Proceso del instructivo de Inspección dosificadora de cloro y sulfato	128
Figura 30. Visita previa para el proceso de mantenimiento de una motobomba	131
Figura 31. Proceso de Mantenimiento del equipo. Trabajo sobre piso .....	134
Figura 32. Proceso de mantenimiento tablero eléctrico .....	135
Figura 33. Proceso de mantenimiento bomba sumergible.....	137

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Plan de manejo de la calidad de agua potable.....	143
Anexo B. Formato de análisis de criticidad .....	158

## RESUMEN

El objetivo general de este proyecto consiste en el mejoramiento de los procesos de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico de la universidad Icesi. Para lograr el objetivo general se desarrollaron los siguientes objetivos específicos: documentar los procesos actuales que componen el sistema hidráulico de la Universidad, se determinó la criticidad de los subprocesos y equipos que conforman el sistema y finalmente se estandarizaron los procesos de mantenimiento críticos.

Este proyecto es un estudio aplicativo, en el cual se utilizaron fuentes primarias como la observación de todos los componentes del sistema y sus actividades de mantenimiento, recolección de datos de campo, entrevistas con las personas responsables de los procesos, se estableció comunicación directa con el señor Luis Alberto Mora Gutiérrez, especialista en gestión de mantenimiento y profesor de tiempo completo de la universidad EAFIT de Medellín. Como fuentes secundarias se hizo una visita a una empresa procesadora de pollos de la ciudad, en la cual se tiene implementado mantenimiento preventivo, donde se hizo una entrevista con el encargado del área. También se estudiaron los diferentes decretos y resoluciones que tiene el Ministerio de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en las cuales se señalan las características básicas para la producción de agua de consumo humano.

El primer resultado que se obtuvo con el proyecto fue la identificación completa de los componentes del sistema hidráulico de la Universidad. Luego se clasificó con el análisis de criticidad que todo el proceso de potabilización de agua y el desagüe de pozos de achique es crítico. Por último se estandarizaron los procesos generales de funcionamiento y el paso a paso de las actividades de mantenimiento del sistema hidráulico.

En el proyecto se presentaron ciertas limitaciones como fueron el no poder levantar características técnicas de las motobombas sumergibles debido a que son muy antiguas y la información grabada en las placas es ilegible. Con estos equipos se estableció un paralelo con las motobombas sumergible de capacidades y características físicas similares, a las que se les pudo levantar la información.

**Palabras clave:** estandarización, mantenimiento preventivo, criticidad, proceso y sistema hidráulico.

## INTRODUCCIÓN

El tema de este proyecto es de suma importancia para la Universidad, porque contribuye al mejoramiento de la infraestructura de la institución. Se debe aclarar que el proceso de producción de agua potable está adscrito a la sección de mantenimiento y no como lo tiene considerado la Universidad como un proceso de mantenimiento. La estandarización de los procesos de mantenimiento, la implementación de las órdenes de trabajo, la codificación de los equipos y la elaboración del formato de la hoja de vida, son factores claves para contribuir con el buen funcionamiento del área de mantenimiento de la Universidad.

El origen de este proyecto se debe al rápido crecimiento de la Universidad, ya que no se tienen formalizados los sistemas que prestan los servicios vitales de la institución. En el caso del sistema hidráulico se presentó la necesidad desde el área administrativa y más específicamente por parte del departamento de Programa de Gestión Salud, Seguridad y Ambiente –PGSSA, de desarrollar mecanismos que permitan estipular medios de control que mejoren la prestación del servicio como lo es la estandarización de los procesos críticos del sistema hidráulico.

El objetivo general que se planteó es contribuir con el mejoramiento de los procesos de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico de la Universidad Icesi.

El principal beneficiado con este proyecto es el departamento de servicios generales, específicamente el área de mantenimiento, ya que el proyecto va dirigido a evitar problemas inesperados y mantenimientos correctivos, que generan más costos.

El aporte de este proyecto a la ingeniería industrial es el estudio aplicativo de la clasificación por criticidad y estandarización del sistema hidráulico con sus componentes. Con este trabajo se busca que el proceso de potabilización, desagüe pozos de achique y desagüe de aguas residuales se pueda formalizar y fundamentalmente controlar.

Este proyecto comprende desde la documentación general del sistema hidráulico y sus componentes, pasando por una clasificación de criticidad de los sub-procesos y los equipos que componen a cada uno, hasta la estandarización del proceso general y las actividades de mantenimiento que requieren los equipos de este sistema.

## **1. TEMA DEL PROYECTO**

### **1.1 PROBLEMA**

Actualmente la Universidad ICESI cuenta con procesos de mantenimiento preventivo identificados en el sistema hidráulico, de los cuales sus procedimientos no están documentados ni estandarizados, como tampoco se cuenta con un inventario formal de los recursos de cada uno de estos. A las operaciones de mantenimiento preventivo se les hace seguimiento para asegurar el óptimo desempeño de los equipos, los cuales tampoco cuentan con registros escritos para crear una base de datos.

En la Universidad se cuenta con once trabajadores de mantenimiento, los cuales están capacitados para trabajar en todos los sistemas, pero hay ciertas labores específicas en las cuales ellos están especializados. Debido a que no se tienen documentados los procedimientos de mantenimiento se genera una dependencia del conocimiento por parte del trabajador, porque si se llegara a ausentar esta persona no habría documento base ni documento del equipo para que otro empleado desarrolle el procedimiento necesario.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Con este proyecto se pretende dar a conocer los procesos de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico de la Universidad, estandarizando los procedimientos críticos, buscando que se reduzcan los mantenimientos correctivos. Con esto se quiere contribuir a la prestación de los servicios vitales de la Universidad.

### **1.3 DELIMITACIÓN Y ALCANCE**

Este proyecto comprende desde la definición y documentación de los procesos de funcionamiento del sistema hidráulico de la Universidad, identificando los procedimientos de mantenimiento críticos del sistema hidráulico hasta la estandarización.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Contribuir con el mejoramiento de los procesos de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico de la Universidad.

### **2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

Estandarizar los procesos críticos de mantenimiento que se realizaran en el sistema hidráulico.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2.3.1 Documentar los procesos que componen el sistema hidráulico de la Universidad Icesi.

2.3.2 Determinar la criticidad de los procesos actuales del sistema hidráulico.

2.3.3 Estandarizar los procesos críticos de mantenimiento que se realizan en el sistema hidráulico.

### **3. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

##### **3.1.1 Gestión de mantenimiento en una empresa avícola**

Se realizó el primer acercamiento a una gestión de mantenimiento preventivo en una empresa de la región del sector avícola, en la cual se permitió conocer todo el proceso que actualmente se maneja en la empresa. Además se contó como fue el proceso de cambio para llegar a esta gestión. La entrevista fue atendida por el jefe del área.

Se identificó que en esta empresa avícola se parte del conocimiento que se tiene para su operación y mantenimiento, del número de equipos, las áreas y los sistemas en los que se encuentran. Luego de conocer todos los equipos se debe determinar una criticidad. En la empresa avícola esta criticidad va asociada con la línea de producción, que es el lugar donde se procesa el pollo para su alistamiento. Por este motivo todos los procesos que van asociados a la línea se convierten en críticos, porque generan un alto impacto operacional. El cual significa detención de la línea de producción, suspensión del trabajo del personal e inicio de un mantenimiento correctivo, aumentando los costos de mantenimiento y las pérdidas por paro de producción.

Los equipos críticos forman parte de los procesos de suministro de energía, generación de vapor, aire comprimido y la planta productora de agua potable. A estos equipos son los que se les hace mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo que se realiza en esta empresa está basado en el manual de cada equipo, para determinar los mantenimientos que se deben realizar, y la frecuencia de estos. Desde el primer mantenimiento se crea una bitácora de mantenimiento a cada equipo con lo cual se forma una base de datos.

Esta base de datos permite determinar la frecuencia de fallas, programar los mantenimientos preventivos según el pronóstico, rutas de revisión, y rutas de lubricación.

El primer paso que se llevó a cabo en esta empresa para implementar el programa de mantenimiento preventivo, fue programar una revisión de los equipos existentes, para así diagnosticar su estado actual y según éste, programar el próximo mantenimiento. Con lo anterior se desea establecer las actividades de mantenimientos preventivos, reduciendo la aparición de fallas que generan mantenimientos correctivos. La primera herramienta que utiliza esta empresa para generar sus programaciones de mantenimiento es Excel. Aquí se crea un cronograma, con el código del equipo, el sistema del equipo y los componentes. En este programa se introducen las fechas de los mantenimientos que se realizan y este arroja la próxima fecha en la que se debe realizar el mantenimiento. Si por algún motivo se realiza un mantenimiento correctivo se debe agregar y este automáticamente pospone el mismo mantenimiento a una nueva fecha según las características de cada equipo. El inventario y las compras que se realizan mes a mes dependen de los mantenimientos programados.

La empresa en su afán por buscar mejorías en sus programaciones de mantenimiento compró un software, el cual fue diseñado para las actividades específicas que desarrolla la empresa. Este software es manejado por una plataforma web en la cual se le ingresan los equipos existentes en la empresa y se apoya de los datos de mantenimiento existentes en el documento de Excel.

La empresa subcontrata algunos mantenimientos ya que su personal no está capacitado para hacerlos o, porque las normas de seguridad así lo exigen. Pero de igual manera la avícola tiene programados estos mantenimientos dentro de su cronograma de actividades.

### **3.1.2 Gestión de mantenimiento para equipos médicos**

Trabajo realizado por Rodriguez, E. Miguel, A. Sanchez, M.C. y presentado en el II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, realizado en La Habana, en el año 2001.

Según este estudio, aunque lo más aconsejable es automatizar la gestión de mantenimiento del médico en el hospital, antes de proceder a ello es necesario organizar la actividad, pues si no existen procedimientos establecidos que puedan ser programados o datos organizados previamente, la automatización no es posible. En este trabajo se presenta una guía resumida de cómo organizar el trabajo para la gestión de mantenimiento del equipo médico del hospital, basada en la experiencia diseñando sistemas de mantenimiento para diferentes instituciones de salud, siguiendo el estado del arte y las mejores experiencias de la práctica internacional en esta especialidad.

Se tiene en cuenta este estudio como un antecedente del proyecto, porque al igual que la Universidad es una entidad de servicios que tiene como prioridad nunca incumplir con la suspensión de sus prestaciones. Además ambas empresas trabajan con población flotante. Otra gran similitud que hay es que tampoco se tienen documentados los procedimientos mantenimiento.

### **3.1.3 Gestión de mantenimiento en la Universidad Autónoma de Madrid**

En la Universidad Autónoma de Madrid, el servicio de mantenimiento realiza las siguientes actividades:

- Mantenimiento correctivo: desarrollando reparaciones cuando se producen fallas.
- Mantenimiento preventivo: se anticipan a la aparición de fallas.

-Modificación o mejora de elementos constructivos e instalaciones: se encargan de la modificación de espacios e instalaciones y asesoramiento técnico.

Se hace referencia a este antecedente de la Universidad de Madrid, porque el fin de la gestión de mantenimiento de ellos es asegurar el completo desarrollo de las actividades educativas en el campus, como lo son las clases, la docencia y las investigaciones.

## **3.2 MARCO TEÓRICO**

### **3.2.1 Mantenimiento**

Se define 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<sup>1</sup>.

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen<sup>2</sup>:

*Mantenimiento correctivo:* es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

*Mantenimiento preventivo:* es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

---

<sup>1</sup> GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. España: Díaz de Santos, S.A. 2003, p.1.

<sup>2</sup> *Ibíd.*, p.17.

*Mantenimiento predictivo:* es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que pueden estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos físicos y técnicos.

*Mantenimiento cero horas:* es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

*Mantenimiento en uso:* es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base de TPM (Total Productive Management, Mantenimiento Productivo Total).

### **3.2.2 Análisis de criticidad cuantitativo**

El análisis de la criticidad de los equipos de una empresa sirve para poder jerarquizar, por importancia, los elementos (sistemas) sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). Además ayuda a

identificar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional<sup>3</sup>.

Para poder realizar un correcto análisis, es necesario comenzar por hacerse la pregunta: ¿A qué nivel del conjunto (equipo, planta, componente, etc.) debería ser incluido el análisis? Y para responder esta pregunta, a más de definir como se identifican los componentes y sistemas críticos, también se definirá varios conceptos necesarios para una mejor concepción del tema y se mostrará cuales son las estructuras típicas en la empresa.

**Componente:** es una unidad o conjunto de unidades cuya confiabilidad se estudia independientemente de la de sus partes. En general, cuando un componente se cambia y no se reemplaza.

**Sistema:** es un conjunto de componentes relacionados entre sí.

**Subsistema:** es una parte del sistema, este puede estudiarse por separado y considerarse como un sistema.

Los criterios para determinar la criticidad de los equipos, que van a ser expuestos a continuación están sujetos a dos factores muy importantes, la frecuencia del fallo y la consecuencia de su aparición<sup>4</sup>.

**Seguridad:** Efecto del fallo sobre personas y entorno.

**Calidad:** Efecto del fallo sobre la calidad del producto.

**Operaciones:** Efecto del fallo sobre la producción.

**Mantenimiento:** Tiempo y costo de la reparación.

---

<sup>3</sup>PESÁNTEZ HUERTA, Álvaro Eduardo. Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón. Guayaquil, 2007, pp. 60-65.

<sup>4</sup>Ibíd.

**Tabla 1. Criterios de criticidad y su cuantificación**

<b>CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD</b>	<b>CUANTF.</b>
<b>Frecuencias de Falla</b>	
Mayor a 4 fallas/año	4
2-4 fallas/año	3
1-2 fallas/año	2
Mínimo de 1 falla/año	1
<b>Impacto Operacional</b>	
Parada inmediata de toda la empresa	10
Parada de toda la planta (recuperable en otras plantas)	6
Impacto a niveles de producción o calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1
<b>Flexibilidad Operacional</b>	
No existe opción de producción y no hay forma de recuperario	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
<b>Costos de Mantenimiento</b>	
Mayor o igual a \$20.000	2
Menor o inferior a \$20.000	1
<b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o ambiente	0

Fuente: MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Seminario. Medellín, 2002.

Después de definir el componente hídrico de la Universidad, se analiza el sistema hidráulico para implementar un modelo de mantenimiento preventivo a las actividades, equipos y repuestos críticos del sistema. Esto se comienza realizar con un análisis de criticidad, que se efectúa por cada proceso, cuando se determinen los procesos críticos se analizan los subprocessos hasta determinar los

niveles en que se debe dar prioridad. También se analizan los mantenimientos de los equipos e inventarios de repuestos. Este análisis se hace de forma cualitativa, partiendo del modelo visto en el marco teórico. Estos modelos que se utilizan para hacer el análisis de criticidad se aplican según unos criterios que determinan la clasificación de cada proceso y equipo.

Los criterios tenidos en cuenta para hacer el análisis son:

- Operaciones: el daño genera la suspensión del servicio.
- Mantenimiento: altos costos de reparación en caso de una avería.
- Seguridad: puede generar accidentes muy graves.
- Calidad: la imagen de la Universidad puede verse afectada tanto en el entorno local como internacional.

## 4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Tabla 2. Matriz del marco lógico

	Enunciado del objetivo	Indicadores			Medios de verificación	Supuestos
		% Objetivo en el proyecto	Fórmula de cálculo	% Actividad		
Objetivo General	Contribuir con el mejoramiento de los procesos de mantenimiento preventivo del sistema hidráulico de la Universidad.					
Objetivo del Proyecto	Estandarizar los procesos críticos de mantenimiento que se realizarán en el sistema hidráulico.					
Objetivo Especifico 1	Documentar los procesos que componen el sistema hidráulico de la Universidad Icesi.	30%	Duración real del objetivo /duración estimada del objetivo	100%		
Actividades	1) Reunión con el ingeniero Raúl Andrés de planta física para dar a conocer las áreas generales de mantenimiento		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	10%	Grabación de voz de la reunión	Disponibilidad de tiempo por parte del ingeniero

	2) Reunión con Mauricio Viáfara encargado del mantenimiento del área hidráulica.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	10%	Video de la reunión	Disponibilidad de tiempo por parte de Mauricio Viáfara
	3) Redactar los procesos de las aéreas de mantenimiento y hacer los diagramas de flujo de los procesos actuales		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	40%	Verificación directa del tutor	
	4) Redactar los procesos de las aéreas de mantenimiento en los formatos de la intranet de la Universidad.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	40%		
Objetivo Específico 2	Determinar la criticidad de los procesos actuales del sistema hidráulico.	50%	Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	100%		
Actividades	1) Recopilar información sobre análisis de criticidad.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	10%		
	3) Reunión con el ingeniero Raúl Andrés para la aprobación del análisis de criticidad a utilizar.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	5%	Verificación directa del tutor	Disponibilidad de tiempo por parte del ingeniero
	4) Hacer el análisis de criticidad para los procesos y sub procesos de mantenimiento hidráulico de la universidad.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	30%	Verificación directa del tutor	

	5) Desarrollar inventario de los equipos que conformen procesos críticos y semicríticos		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	20%	Verificación directa del tutor	
	6) Hacer análisis de criticidad para los equipos.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	25%	Verificación directa del tutor	
	7) Identificar las actividades de mantenimiento críticas.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	10%	Verificación directa del tutor	
Objetivo Especifico 3	Estandarizar los procesos críticos de mantenimiento que se realizan en el sistema hidráulico.	20%	Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	100%		
Actividades	1) Recopilar información sobre las normas legales de los procesos de mantenimiento		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	10%	Verificación directa del tutor	
	2) Escribir los diagramas de flujo para los procesos de mantenimiento preventivo críticos.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	75%	Verificación directa del tutor	
	3) Reunirnos con el ingeniero Raúl Andrés, para el aval de los diagramas de flujo de los procesos.		Duración real de la actividad/duración estimada de la actividad	5%	Verificación directa del tutor	Disponibilidad de tiempo por parte del ingeniero

Fuente: Autores.

## 4.2 PROCEDIMIENTO

Para poder alcanzar los objetivos específicos del proyecto se plantea la metodología desarrollada.

La primera etapa fue la creación del marco de referencia a utilizar. Para crear el marco de referencia se realizó una investigación y búsqueda bibliográfica con el fin de hallar antecedentes y trabajos relacionados con el tema.

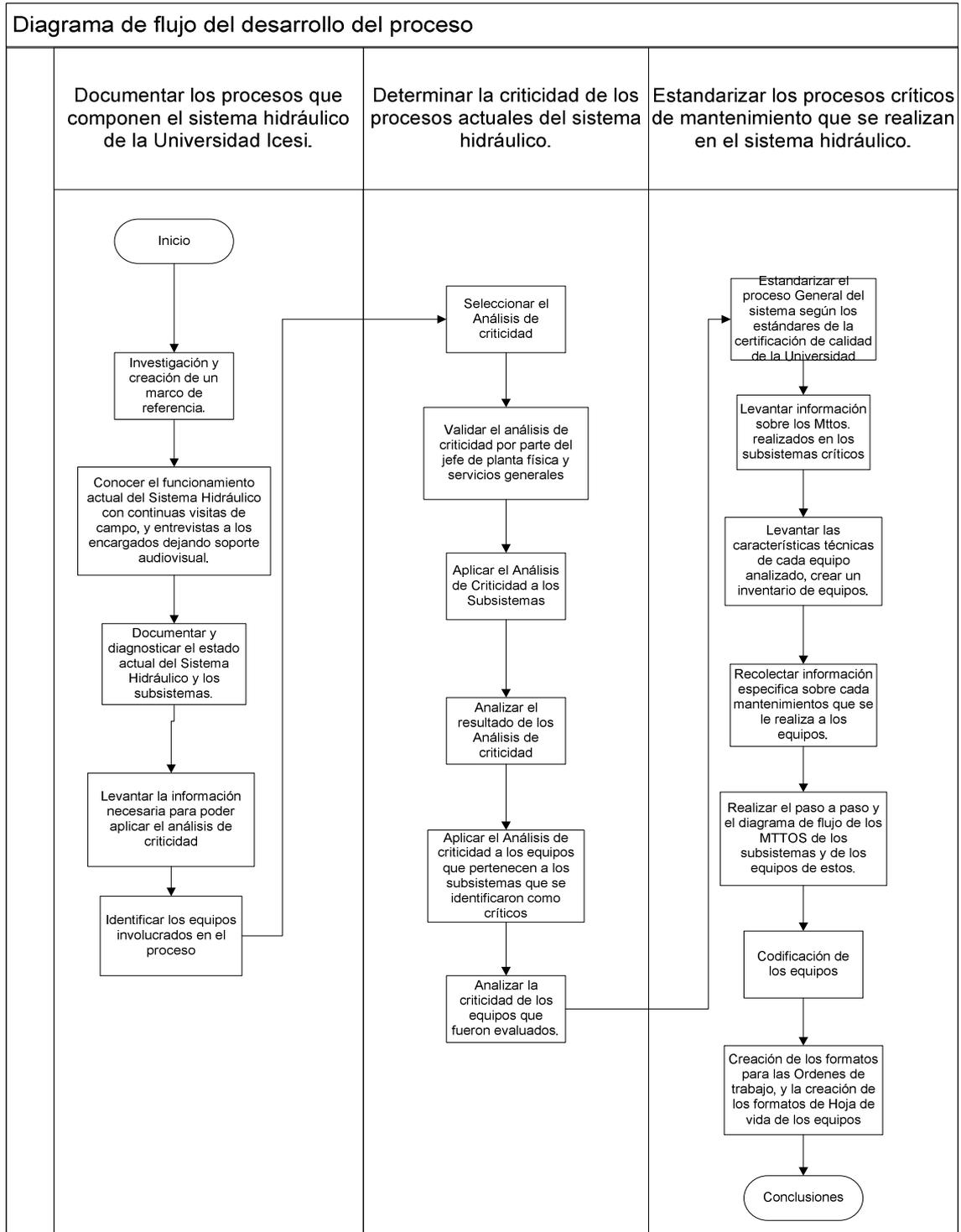
Para conocer la situación actual del funcionamiento del sistema hidráulico de la Universidad, se llevaron a cabo una serie de reuniones y visitas de campo con los encargados de estas áreas. El propósito de estas entrevistas fue conocer a fondo los procesos, para poder redactar los documentos con los procesos de cada sistema y tener un diagnóstico del estado actual del sistema.

La tercera etapa de la metodología, fue definir los subsistemas y actividades críticos. Para esto fue necesario recopilar los métodos de análisis de criticidad investigados con anterioridad y se decidió con cual método evaluar la criticidad de los sub procesos.

Después de haber realizado el análisis de criticidad para los sub procesos y haber determinado los más críticos, se diseñaron diagramas de flujo para la estandarización de estos sub procesos. Lo que permitió establecer un protocolo para cada procedimiento. También se codificaron los equipos involucrados en los sub procesos críticos para crear un historial y de esta manera hacerles seguimiento. Por último se elaboró el formato de la orden de trabajo, tomando como referencia formatos empleados por otras empresas.

El último paso fue el de documentar la propuesta de estandarización, lo que implicó la redacción de las nuevas propuestas de trabajo y las nuevas políticas que se implementarían. Además de consignar la información en el mapa de procesos institucionales, con la previa aprobación de los métodos por parte de la oficina de servicios generales.

**Tabla 3. Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto**



## **5. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **5.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL**

#### **5.1.1 Contextualización del proyecto**

Al inicio del desarrollo del proyecto, lo primero que se hizo fue una reunión con el coordinador de servicios generales y planta física de la Universidad el Ingeniero Raúl Andrés Solarte, quien es la persona encargada de coordinar todas las labores de mantenimiento que se realizan en la institución, para explicar el funcionamiento y la organización de las tareas que se llevan a cabo en este área.

Como coordinador de servicios generales y planta física, el Ingeniero, planteó los intereses y las necesidades que tiene la Universidad actualmente de estandarizar los procesos de mantenimiento preventivos, con el fin de tener un sistema de mantenimiento organizado, el cual contribuya a la reducción de fallas operacionales en el sistema.

##### **5.1.1.1 Descripción del funcionamiento actual del sistema hidráulico de la Universidad**

La planta de la Universidad ICESI fue construida hace 30 años aproximadamente. Inicialmente se pronosticaba que la potabilización del recurso hídrico sólo se realizaría para el bloque de edificios antiguos y un grupo universitario pequeño pero de acuerdo a su crecimiento durante los últimos años, ésta se ha adecuado de tal forma que pueda proveer del recurso para consumo humano a toda la comunidad. Con el crecimiento de la población que asiste a la Universidad también se desarrolló un sistema de desagüe de pozos de achique con el fin de evitar inundaciones en sectores específicos del campus y el crecimiento del sistema de desagüe de aguas grises y negras.

Para el conocimiento del funcionamiento del sistema hidráulico fue necesaria una visita de campo dirigida por el señor Mauricio Viáfara, quien es el encargado de todo la parte de mantenimiento en esta área. Esa persona explicó detalladamente la captación de agua cruda, la potabilización, la distribución, desagües de los pozos de achique y el desagüe de aguas residuales.

**Captación de agua cruda.** La captación del recurso que alimenta la planta de tratamiento de agua se realiza a través de galería filtrante, una estructura construida en el suelo de aproximadamente 200 metros de tuberías perforadas con la finalidad de captar aguas subterráneas y conducirla al pozo principal. Además, la planta de tratamiento también recibe agua de un aljibe, el cual se encuentra detrás de la cafetería central, de ahí el agua captada es conducida al pozo principal por medio de una motobomba sumergible tipo lapicero, desde el cual se canaliza el agua por medio de dos bombas sumergibles tipo lapicero marca siemens (NSA 200 T) de 2 HP que trabajan alternadas para enviarla hacia el tanque de mezcla rápida donde se realiza la clarificación del agua.

**Potabilización.** A medida que se conduce el agua desde el pozo principal hacia la primera división del tanque de mezcla rápida se realiza la primera etapa para la potabilización del agua que es la pre cloración, la cual se hace dosificando (MINI trom A plus 03/11.25414 capacidad máxima 100 PSI) solución de hipoclorito de sodio (solución desinfectante), además de un polímero (coagulante catiónico) que contribuye a la coagulación de residuos sólidos.

En la segunda división del tanque se sedimentan las partículas sólidas y luego pasa por gravedad a la tercera división del tanque a través de una malla que cumple las funciones de filtro, reteniendo las partículas solidas sólidas restantes.

Para retirar el agua de la planta compacta y enviar conducirla a la última etapa de potabilización se utiliza una bomba de trasiego marca Barnes IRF3 097-2YB99 de 2 HP, la cual brinda la potencia al agua para pasar por el filtro de grava, arena y carbón activado.

La filtración del agua se realiza por medio del filtro de grava, arena y carbón activado, y este funciona por la misma presión con que llega el líquido y la gravedad por peso de la columna de agua. La grava y la arena funcionan como filtros mecánicos, es decir que retienen sólidos en suspensión en el agua. El carbón activado se encarga de reducir sólidos suspendidos, olores, bacterias y otras sustancias químicas.

Con la fuerza con que pasa el agua por el filtro se le conduce a los tanques de almacenamiento No.1 y No.2. Pero en este proceso se le vuelve a adicionar la solución de hipoclorito (pos cloración) en una bomba dosificadora (Milton Roy 06122286895-25 con capacidad máxima de 110 PSI.), procurando que el cloro residual esté dentro de los parámetros del decreto 1575 de 2007 sobre el sistema para la protección y la calidad del agua para consumo humano, decreto 1594 de 1984 sobre uso del agua y residuos líquidos y la resolución 2115 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

**Almacenamiento y distribución.** El sistema de almacenamiento de agua tratada de la Universidad consta de cinco tanques, de los cuales el tanque No.1 y el No.2 son para almacenar el agua recién tratada. El tanque No.3 está ubicado en la torre, de donde se le distribuye a toda la universidad por gravedad. Finalmente el tanque No.4 y el No.5 se encuentran ubicados en el sótano del edificio D y en el sótano del edificio L respectivamente, estos tanque son los que le proveen agua a los dos edificios.

El agua tratada se almacena en los tanques No.1 y No.2, para conducir el agua hasta el tanque No.3 se utilizan dos motobombas siemens 8821811 de 6.6 HP que trabajan de forma alternada.

Desde el tanque No.3 se distribuye el agua tratada toda la universidad por gravedad. El agua se almacena en el tanque No.4, donde tres motobombas IHM

SA serie IMB07040960 y 1 hidroflo IHM SA serie 6TQ07040136 de 150 PSI llevan el agua hasta el cuarto piso del edificio D.

La distribución del agua tratada en el edificio L funciona de la misma forma que la del edificio D y con los mismos equipos, con la diferencia que el agua se toma desde el tanque No.5, el cual está alimentado por el agua suministrada desde el tanque No.3. En el manual se presenta el plano del sistema hidráulico.

En la Tabla 4 se relaciona la capacidad de los tanques.

**Tabla 4. Capacidad de los tanques**

Tanque	Capacidad	Ubicación
Tanque No 1	96 m <sup>3</sup>	Contiguo a la Planta
Tanque No 2	42 m <sup>3</sup>	Contiguo a la Planta
Tanque No 3	46 m <sup>3</sup>	Tanque Torre
Tanque No 4	15 m <sup>3</sup>	Sótano Edificio D
Tanque No 5	30 m <sup>3</sup>	Sótano Edificio L

Fuente: los autores con base en información suministrada por la universidad

**Desagüe de los pozos de achique.** Actualmente la Universidad cuenta con tres pozos de achique, los cuales están destinados a captar aguas subterráneas y aguas lluvias para evitar inundaciones en ciertos sectores del campus. Los pozos de achique se encuentran en el auditorio Varela, entre el edificio L y la Plazoleta y en el cuarto de los *chillers* del aire acondicionado.

Pozo de achique auditorio Varela: el agua es canalizada hasta el pozo por medio de tuberías filtrantes, las cuales captan el líquido subterráneamente. El agua captada en el pozo es retirada de éste por medio de dos motobombas tipo lapicero que trabajan alternadas. También se cuenta con un sistema de alarma que alerta

si el nivel del agua en el pozo supera el nivel establecido. El agua retirada del pozo de achique se canaliza al colector de aguas residuales de la Universidad.

Pozo de achique edificio L. Este pozo de achique capta agua subterránea, la cual es retirada por medio de un sistema de motobombas tipo lapicero que trabajan alternadas para evitar que el nivel del agua pase de los parámetros establecidos. Las dos bombas sumergibles extraen agua del pozo a un metro de altura desde el fondo y la alarma se activa cuando el agua sobrepasa treinta centímetros la toma de agua de las motobombas. Se cuenta con un sistema de alarma para alertar en caso de un aumento del nivel establecido en el pozo. El agua retirada del pozo se canaliza al colector principal de aguas residuales de la Universidad.

Pozo de achique del cuarto de *chillers*. El cuarto de *chillers* se encuentra en el sótano de la parte posterior de la biblioteca, en este cuarto se encuentran los equipos más importantes y más costosos del aire acondicionado de este edificio. Por lo tanto este pozo de achique funciona como un mecanismo de control para evitar que se inunde este cuarto y afecte los equipos del sistema del aire acondicionado que da abasto a toda la Universidad. El agua que va al pozo se capta por medio de una trampa de aguas lluvias que se encuentra a la entrada del cuarto. Del pozo se retira el agua por medio de dos motobombas tipo lapicero que funcionan alternadas. También se cuenta con un sistema de alarma para alertar si el nivel del agua en el pozo se encuentra por encima de lo establecido. En el manual se presenta el plano del sistema de desagüe.

**Desagüe de aguas residuales.** Este subsistema del sistema hidráulico se encarga de canalizar todas las aguas residuales hacia el colector principal de EMCALI.

El desagüe de las aguas residuales de la Universidad inicia con la canalización de estas en los baños, cocinas, cocinetas, cajas de aseo y cañerías. La Universidad cuenta con un tubo colector de aguas residuales por edificio, a estos colectores se conduce el agua por gravedad. Posteriormente se juntan los colectores en un tubo

madre de la universidad, el cual canaliza todas las aguas residuales hasta el colector principal de EMCALI.

### 5.1.1.2 Identificación de equipos

En la identificación de los equipos involucrados en el sistema de mantenimiento, se desarrollaron unas tablas, en las cuales se consignó información clave de los equipos según su tipo. Para efectos prácticos de la identificación de los equipos se creó una categoría llamada sección. Esta categoría hace referencia a cuatro diferentes grupos que conforman el sistema hidráulico, en los cuales se identificaron los equipos involucrados en cada sección.

Sección 1: se compone de los equipos involucrados en la captación de agua cruda. En esta sección se identificó las motobombas, tubería filtrante, cajas recolectoras y el aljibe con la siguiente información de cada equipo.

**Tabla 5. Equipos sección 1**

Equipo	Cantidad	Marca	Capacidad	Función
Tubería filtrante	1	N/A	3 pulgadas	Filtración de agua cruda.
Cajas de control	5	N/A	N/A	Control del estado de la tubería filtrante
Motobomba sumergible	1	Siemens	2 HP	Envío de agua del aljibe a la caja principal
Motobomba sumergible	2	siemens	2 HP	Enviar agua de la caja principal a la planta de tratamiento.

Fuente: los autores con base en información suministrada por la Universidad

Sección 2. La sección 2 está compuesta por los equipos que conforman la planta de potabilización de agua. Los equipos que se identificaron en esta sección son

las dosificadoras, la motobomba de trasiego, el tanque de mezcla rápida, el filtro de grava, arena y carbón activado y el tablero eléctrico.

**Tabla 6. Equipos sección 2**

Equipo	Cantidad	Marca	Capacidad	Función
Tanque de mezcla rápida	1	N/A	5 metros cúbicos	Potabilización
Dosificadora de pre-cloración	1	MNI Tron	máximo 100 PSI	Introducir solución de hipoclorito al sistema.
Dosificadora de pos-cloración	1	Milton Roy	máximo 110 PSI	Introduce la solución final de hipoclorito al sistema.
Filtro de grava, arena y carbón activado.	1	N/A	N/A	Filtración de residuos sólidos.
Bomba de trasiego.	1	Barnes	2 HP	Enviar el agua de la planta de tratamiento al filtro.

Fuente: los autores con base en información suministrada por la universidad

Sección 3: está conformada por los equipos que hacen parte del almacenamiento y la distribución del agua tratada en la Universidad. Los equipos que se identificaron en esta sección son los tanques de almacenamiento, las motobombas de distribución, los hidroflo y el sistema de alarma para el nivel de agua.

**Tabla 7. Equipos sección 3**

Equipo	Cantidad	Marca	Capacidad	Función
Motobomba	2	Siemens	6.6 HP	Enviar el líquido de los tanques de almacenaje 1 y 2 al tanque 3 que es el de distribución.
Motobomba	3	IHM SA	5 HP	Enviar liquido del tanque numero 4 al edificio D

Equipo	Cantidad	Marca	Capacidad	Función
Hidroflo	1	IHM SA	300 PSI	Mantener la presión en el sistema para que exista servicio en el cuarto piso del edificio D
Motobomba	4	IHM SA	6 HP	Enviar liquido del tanque numero 5 al edificio L
Hidroflo	2	IHM SA	150 PSI	Mantener la presión en el sistema para que exista servicio en el cuarto y quinto piso del edificio L

Fuente: los autores con base en información suministrada por la universidad

Sección 4: se compone por los equipos que trabajan en los pozos de achique. Los equipos que se identificaron son los pozos, las motobombas y el sistema de alarma para el nivel del agua.

**Tabla 8. Equipos sección 4**

Equipo	Cantidad	Marca	Capacidad	Función
Motobomba sumergible	2	Afectum	0,5 hp	Sacar agua del pozo de achique del edificio d
Motobomba sumergible	2	Afectum	0,5 hp	Sacar agua del pozo de achique del edificio I
Motobomba sumergible	2	Afectum	0,5 hp	Sacar agua del pozo de achique del cuarto de chillers

Fuente: los autores con base en información suministrada por la universidad

Sección 5: 5 tiene en cuenta los equipos que hacen parte del desagüe de aguas residuales. En esta sección se identifico el filtro del desagüe de los laboratorios del edificio L.

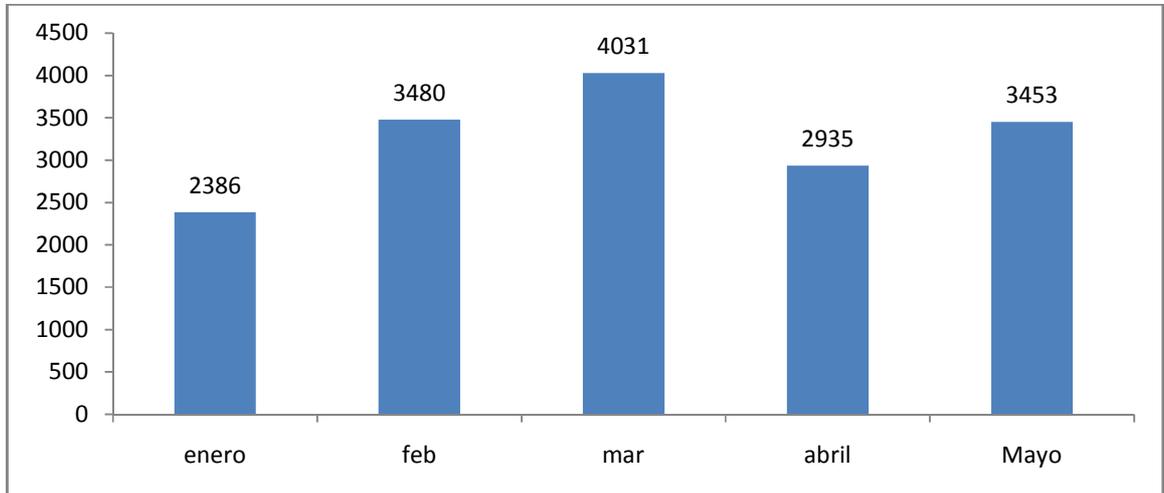
### **5.1.1.3 Consumo de agua en la Universidad**

Tener en cuenta el consumo del agua tratada en la Universidad para realizar un análisis posterior sobre la criticidad de los subsistemas de captación, potabilización y distribución, es de suma importancia. Con las capacidades de los tanques de almacenamiento de la Universidad y los promedios de consumo se estima un tiempo aproximado, en el cual la institución puede seguir suministrando agua teniendo fallas en alguno de sus subsistemas.

Los datos de los consumos de agua tratada de la Universidad los suministró el Programa de Gestión en Salud, Seguridad y Ambiente. Estos datos consisten en la medición del consumo de agua, la cual se realiza en cinco horas diferentes del día (6 AM, 11 AM, 2 PM, 6 PM y 11 PM). Para el análisis actual del consumo se utilizaron los datos del primer trimestre del año 2011, esto con el fin de poder observar el cambio que existe en el consumo en enero, en el cual la mayor parte del mes la Universidad se encuentra cerrada por las vacaciones de los estudiantes, lo que supone un menor gasto de agua. A comparación de febrero, marzo, abril y mayo que son meses de más actividad en la universidad, por lo que se espera que el consumo en estos meses aumente considerablemente en comparación a enero.

Para sacar conclusiones acertadas sobre el promedio del consumo de agua en la Universidad es necesario hacer un análisis de los datos entregados. El análisis se hizo con los consumos de agua de febrero, marzo, abril y mayo del 2011, porque son los meses, en los que se tiene mayor actividad en las instalaciones de la Universidad.

**Figura 1. Consumo de agua en la universidad (m<sup>3</sup>)**



Fuente: autores con base en información dada por la Universidad

El primer paso que se hizo en el análisis de datos fue agrupar los promedios por día de la semana y hacer un gráfico de caja y bigotes para observar los datos atípicos.

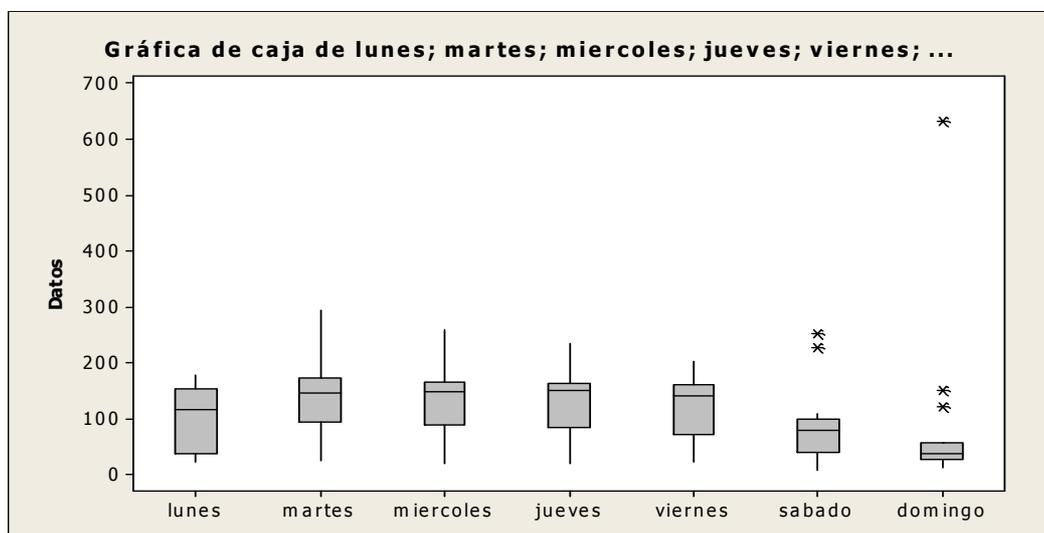
**Tabla 9. Promedio de Consumo de agua en metros cúbicos por día de la semana**

Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Domingo
141	148	163	160	38
294	24	20	187	123
198	158	157	148	27
147	159	150	143	29
85	261	236	23	58
147	145	158	203	22
148	150	154	161	30
25	25	20	25	634
158	190	124	157	58
175	175	175	175	42
223	166	55	55	55
55	55	55	55	55
96	166	164	89	152
149	21	166	150	28

Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Domingo
174	149	151	140	17
125	134	123	113	14
125	123	117	117	38
89				

Fuente: los autores con base en información de la universidad

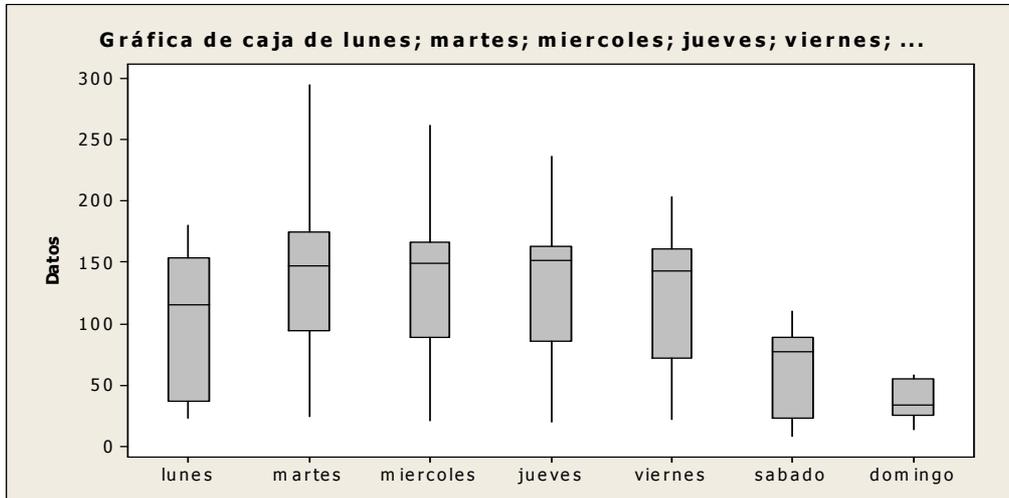
**Figura 2. Promedio de consumo de agua en metros cúbicos por día de la semana**



Fuente: Tabla 9

En la gráfica de cajas y bigotes se observan datos atípicos en los días sábado y domingo. Se hizo la averiguación en la Universidad sobre las fechas, en las cuales se reportaron estos atípicos y respondieron que habitualmente las personas que manipulan los equipos de medición del consumo de agua los fines de semana no están capacitados para manejarlos. Por lo tanto estos datos atípicos se pueden eliminar para hacer el análisis.

**Figura 3. Grafica de cajas con datos atípicos corregidos**



Fuente: Tabla 9

A continuación se presentan las estadísticas descriptivas por día:

**Tabla 10. Estadísticas por día**

Variable	N	Media	Desviación estándar
Lunes	17	101.4	57.6
Martes	18	141.9	62.0
Miércoles	17	132.3	65.2
Jueves	17	128.7	58.8
Viernes	17	123.6	55.6
Sábado	15	64.77	34.32
Domingo	14	36.5	15.11

Fuente: autores con base en información dada por la Universidad.

Después de eliminar los atípicos se volvió hacer el gráfico de cajas y bigotes, en el cual ya no se presentan más datos atípicos. En el gráfico se observa que el día

de la semana con mayor consumo de agua es el martes con una media de 141,9 m<sup>3</sup> y una desviación estándar de 62 m<sup>3</sup>. Este dato se va a utilizar como punto de referencia en el análisis de criticidad de los subsistemas.

Para estimar la autonomía en horas, en la cual la Universidad puede seguir distribuyendo agua presentando problemas en alguno de los subsistemas, se plantearon tres posibles escenarios con fallas que inhabilitarían secciones del sistema hidráulico. En la tabla se organizaron los escenarios del menos pesimista al más.

Para los cálculos se tuvieron en cuenta las capacidades en metros cúbicos de cada tanque de almacenamiento y la media de consumo de agua en la Universidad.

**Tabla 11. Análisis de autonomía del sistema hidráulico.**

Posibles escenarios de fallas en los subsistemas	Capacidad del Tanque 1 en m <sup>3</sup>	Capacidad del Tanque 2 en m <sup>3</sup>	Capacidad del Tanque 3 en m <sup>3</sup>	Capacidad del Tanque 4 en m <sup>3</sup>	Capacidad del Tanque 5 en m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> totales	Promedio de consumo más alto.	Autonomía en horas
Falla en el sistema de captación o potabilización	42	96	46	15	30	<b>229</b>	141.9	<b>38.732</b>
Falla en el envío de agua al tanque de distribución			46	15	30	<b>91</b>	141.9	<b>15.391</b>
Falla en la distribución de agua desde el tanque 3				15	30	<b>45</b>	141.9	<b>7.611</b>

Fuente: los autores

#### **5.1.1.4 Calidad del agua producida**

El proceso de potabilización de agua de la Universidad Icesi debe cumplir con características físicas, químicas y bacteriológicas para el consumo humano. En este proceso se tienen establecidos análisis básicos y análisis complementarios para garantizar la calidad del agua. El proceso de potabilización tiene una actividad relacionada, la cual consiste en la inspección de los parámetros de la calidad del agua tratada. Este proceso se rige bajo la normatividad del Ministerio de la protección social de Colombia el cual establece los requisitos para la protección y control de la calidad del agua para el consumo humano.

**Plan de control de la calidad del agua.** El proceso de control de calidad de agua es realizado en la Universidad por el programa de gestión en salud, seguridad y ambiente – PGGSA en colaboración con servicios generales. Ver Anexo A.

**Mediciones para análisis básicos.** La toma de datos para el análisis básico en la Universidad los realiza un auxiliar de mantenimiento. Estos son efectuados tres veces al día. En cada toma se analiza la turbiedad y color del agua, el cloro residual en la red, y el nivel de pH.

**Mediciones para análisis complementarios.** El ente encargado de examinar los análisis complementarios, es un laboratorio especializado en el tema. El PGGSA se encarga de programar estas tomas tres veces al mes como lo dicta la resolución 2115 de 2007 que establece la frecuencia según la población. También son los encargados de tabular los resultados y calcular el índice de riesgo de la calidad del agua para el consumo humano (IRCA) y presentar informes mensuales. En la actualidad la Universidad cuenta con un plan de control de la calidad del agua tratada, el cual se basa en la resolución 2115 del 2007 y se encuentra estandarizado para cálculo del IRCA. Si los resultados del laboratorio no se encuentran dentro de los parámetros establecidos existe un plan de contingencia. Anexo A.

**La desinfección en la potabilización.** Para garantizar la calidad y la potabilización del agua es de vital importancia emplear un proceso que garantice la correcta desinfección del agua cruda previa a la potabilización. El proceso actual de desinfección consta de una etapa de pre-cloración, en la cual se agrega hipoclorito de sodio antes de ingresar a la planta potabilizadora, donde se sedimentan y filtran partículas. Al final de proceso de potabilización se realiza la pos-cloración con la idea de recuperar los niveles ideales que se han perdido en el paso por el filtro.

**Desinfección de todo el sistema.** La Universidad también tiene un proceso de desinfección que se realiza en los mantenimientos. En estas desinfecciones las concentraciones del hipoclorito cambian sustancialmente, con esto se busca eliminar microorganismos patógenos. Actualmente la Universidad solo cuenta con el hipoclorito de sodio como desinfectante. Pero esto puede variar según los resultados del análisis básico o de los análisis complementarios. En el pasado se usaba además del hipoclorito un polímero como coagulante de los residuos sólidos.

### **5.1.2 Análisis de criticidad**

Para el análisis de criticidad se tomó como referencia el modelo de Mora Gutiérrez (2002), sobre mantenimiento centrado en la confiabilidad, el cual contiene los elementos propios del mantenimiento preventivo, razón por la cual se utilizó. Cabe anotar que se hicieron ajustes al mismo para su aplicación en el caso específico de la Universidad.

#### **5.1.2.1 Desarrollo de la herramienta de análisis de criticidad**

Para identificar las partes críticas del sistema hidráulico de la Universidad, es necesario desarrollar una herramienta que permita clasificarlas. La principal

característica que se debe considerar para definir la criticidad de un subsistema y sus equipos, es el impacto que va a tener la falla en alguno de los componentes del sistema hidráulico de la Universidad. También existen otros aspectos que tienen incidencia en la determinación de la criticidad, como lo es la seguridad de la población de la Universidad y del ambiente. Ver Anexo B.

### 5.1.2.2 Implementación de la herramienta

Después que se aprobó la herramienta de criticidad por parte del ingeniero Raúl Andrés Solarte se procedió a su implementación. Para esto se realizó una reunión con el ingeniero, quien es el responsable del área y la persona con el conocimiento para establecer las cuantificaciones de los criterios a evaluar para determinar la criticidad de cada subsistema evaluado.

La tabla que se muestra a continuación tiene las ponderaciones que se asignaron para analizar el proceso.

**Tabla 12. Criterios de criticidad y su cuantificación**

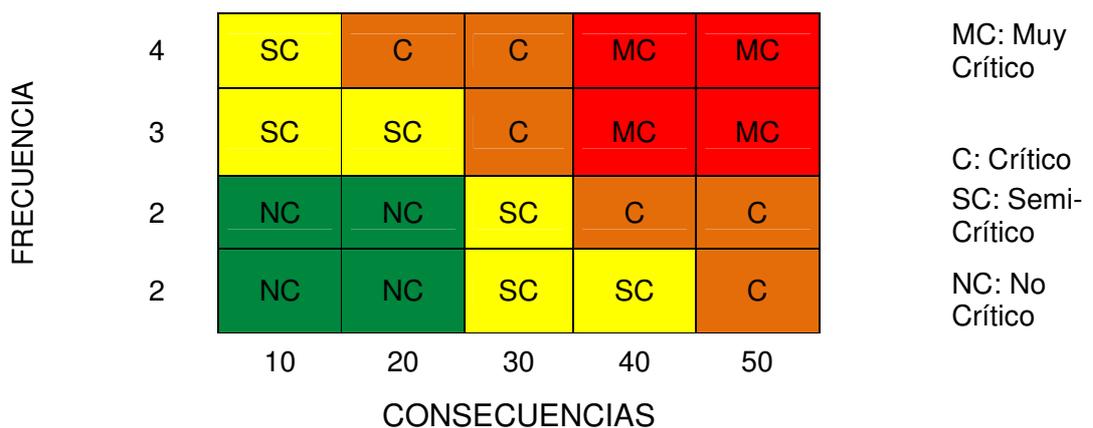
<b>Criterios para determinar criticidad</b>	<b>Cuantificación</b>
<b>Frecuencia de Falla</b>	
1= 1-4 fallas	4
2= 4-7 fallas	3
3= 7-10 fallas	2
4=11 o más fallas	1
<b>Impacto Operacional</b>	
Parada inmediata del funcionamiento de la Universidad	10
Parada de la Universidad (recuperable)	6
Impacto en ciertas áreas de la U.	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indispensable)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás áreas	1
<b>Flexibilidad Operacional</b>	

Criterios para determinar criticidad		Cuantificación
No existe opción de funcionamiento y no hay forma de recuperarlo		4
Existe opción de repuesto compartido		2
Función de repuesto disponible		1
<b>Costo de Mantenimiento</b>		
Mayor o igual a 1.500.000		2
Menor a \$1.500.000		1
<b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>		
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna		8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles		6
Afecta las instalaciones causando daños severos		4
Provoca daños menores (accidentes)		2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas		1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o ambiente		0
Fórmula:	Criticidad Total=Frecuencia*Consecuencia	

Consecuencia= (Impacto\_Operacional\*Flexibilidad)+Costo\_Mtto.+Impacto\_SAH

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 4. Matriz de clasificación de procesos y equipos**



Fuente: los autores con base en MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Seminario. Medellín, 2002.

### **5.1.2.2.1 Criticidad del proceso de captación**

La frecuencia de falla del subsistema de captación de agua se cuantificó con un tres, porque presenta fallas siete veces por semestre aproximadamente.

Al impacto operacional se calificó con un seis, porque aunque la falla causa una parada en el sistema, ésta es recuperable por el personal de mantenimiento en un tiempo que responde a las necesidades de la Universidad y además se tienen dos fuentes de captación de agua como lo son el aljibe y la tubería filtrante, por lo tanto no se depende sólo de una entrada de agua cruda.

Debido que la Universidad no tiene una política de almacenamiento de los repuestos de los equipos, la flexibilidad operacional tiene una calificación de dos, porque existe posibilidad de repuesto compartido y la posibilidad de recuperar el equipo.

El área de servicios generales y planta física tiene establecido, que el costo del arreglo de la falla en un equipo debe ser inferior a (COP) \$1.500.000, para hacerle el mantenimiento correctivo, si el costo de reparación es mayor se optaría por comprar un equipo nuevo.

En el caso específico del subsistema de captación, se tiene que por lo general el costo de reparación de un equipo es mayor de (COP) \$1.500.000 por lo tanto la calificación es dos.

En el criterio del impacto de la seguridad ambiental y humana se calificó con un dos, debido que una falla en el subsistema de captación puede ocasionar accidentes menores.

Al hacer los cálculos de consecuencia arrojan un resultado de dieciséis y la frecuencia de falla es de tres, por lo tanto la criticidad total del subsistema es de cuarenta y ocho. Cuando se ingresan los datos de consecuencia en el eje X y el

de frecuencia de falla en el eje Y de la matriz de criticidad, se obtiene que el subsistema sea semi-crítico. La tabla de criticidad del proceso de captación que se muestra a continuación es la calificación que se le asignó a captación y la figura es la matriz en la cual se ubica esta parte del proceso.

**Tabla 13. Criticidad del proceso de captación**

Criterio	Quantificación
Frecuencia de falla	3
Impacto Operacional	6
Flexibilidad Operacional	2
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	2
Consecuencia=	16
Criticidad Total=	48

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 5. Criticidad del proceso de captación**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico
		10	20	30	40	50	
		CONSECUENCIAS					

1= 1-4 fallas; 2= 4-7 fallas; 3= 7-10 fallas; 4=11 o más fallas.

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Criticidad de los equipos de captación:** dentro del subproceso de captación se analizaron los diferentes equipos que componen el subsistema con la ayuda del ingeniero Raúl Andrés Solarte y el auxiliar de mantenimiento encargado del proceso Mauricio Viáfara.

Los equipos analizados en este subproceso son la tubería filtrante, las dos motobombas sumergibles de la caja principal, y la motobomba sumergible del aljibe.

Para este análisis se tomaron algunas consideraciones en la ponderación de los valores de frecuencia de falla. Estos son

La tabla de análisis de criticidad de equipos de captación que se muestra a continuación son los valores obtenidos por los equipos de este subproceso y la figura es la matriz en la cual se ubican.

**Tabla 14. Análisis de criticidad de equipos de captación**

		Equipos			
		Tubería filtrante	MP1	MP2	MP3
Criterios	Frecuencia de falla	2	3	3	2
	Impacto Operacional	6	6	6	6
	Flexibilidad Operacional	4	2	2	4
	Costos de Mantenimiento	2	2	2	2
	Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	2	2	2	2
	<b>Consecuencia</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>28</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>56</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>56</b>	

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 6. Matriz de criticidad de los equipos de captación**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico	
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico	
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico	
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico	
		10	20	30	40	50		
		CONSECUENCIAS						

1= 0 fallas por semestre; 2= 1 falla por semestre; 3=2 fallas por semestre; 4=3 o más fallas por semestre

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

### **Tubería filtrante.**

La tubería filtrante presenta en promedio uno falla por semestre. Por este motivo se le da una ponderación en frecuencia de falla de dos.

En el impacto operacional la tubería filtrante se calificó con un seis. Si se presenta una falla en ésta se tiene una parada en todo el sistema de captación por tubería filtrante. Pero es recuperable ya que las reservas de agua y el aljibe. otorgan tiempo para que el sistema se recupere antes de que se suspenda el suministro.

La flexibilidad operacional en este caso es de cuatro. Ya que no es posible tener un recurso de repuesto o reserva para este equipo.

El costo de mantenimiento de la tubería filtrante es superior a \$1'500'000. Por este motivo se le da una ponderación de dos.

El impacto en la seguridad humana y ambiental de este equipo es baja. Podría causar daños menores en las instalaciones. Por este motivo la calificación es de 2.

Finalmente el resultado de este equipo es que posé una consecuencia de veintiocho y una frecuencia de falla de dos. Esto nos ubica en el equipo en la matriz como semi-crítico y criticidad total de cincuenta y seis.

### **Bombas sumergibles caja principal**

Las bombas sumergibles de la caja principal falla en el semestre en promedio unas dos veces. Esto las clasifica con un tres.

El impacto operacional de estos equipos es alto ya que no existe ninguna otra forma de enviar agua a la planta de potabilización. Si llegara haber una falla en la caja principal que no permitiera enviar agua a la planta de potabilización se tiene un estimado de 38.7 horas de autonomía. Por lo tanto la clasificación que se les dio en este aspecto fue de un seis, porque habría una parada en la Universidad, la cual sería recuperable.

La flexibilidad de las motobombas se califico como dos. Ya que son dos motobombas que se encuentran conectadas en paralelo y por esto si una de las dos motobombas fallara se puede operar con la otra mientras se realiza el mantenimiento correctivo.

Los costos de mantenimiento de estas motobombas es superior al \$1'500'000 por esto se califica como dos.

La falla de estas motobombas puede generar accidentes o daños menores a las instalaciones de la Universidad. Se califica como dos.

El resultado del análisis de criticidad de las bombas sumergibles de la caja principal nos arroja una consecuencia de diez y seis y una frecuencia de tres, lo cual clasifica estos equipos como semi-críticos.

### **Motobomba sumergible aljibe**

La ponderación de la frecuencia de falla de la motobomba sumergible del aljibe es dos. En promedio falla una vez por semestre.

El impacto operacional es de seis. Este afecta la captación ya que reduce el caudal de entrada a la caja principal. Pero de igual manera se tiene captación por tubería filtrante, además de la autonomía que nos brindan los tanques de almacenaje y distribución.

La flexibilidad en este equipo es de cuatro. Ya que no existe posibilidad de recuperar el equipo.

El impacto en la seguridad ambiental y humana es de accidentes en algunas áreas produciendo daños menores.

La motobomba sumergible del aljibe se clasificó como semi-crítica, debido a que su consecuencia es veintiocho y la frecuencia es dos.

#### **5.1.2.2 Criticidad del proceso de potabilización**

La frecuencia de falla del subsistema de captación de agua se cuantifico con un tres, porque presenta un aproximado de siete fallas por semestre.

El impacto operacional se calificó con el nivel más alto que es un 10, porque una falla en es subsistema de potabilización generaría una parada inmediata del funcionamiento de la Universidad.

Como existe la posibilidad de repuesto compartido para la reparación de una falla se cuantificó la flexibilidad operacional con un dos.

Se sabe que el costo promedio de las reparaciones en el subsistema de potabilización están por encima de (COP) \$1.500.000, por lo tanto se calificó con un dos el criterio de los costos de mantenimiento.

Debido a que la planta de potabilización está ubicada entre la subestación eléctrica 1 y la planta de emergencia 1, genera un riesgo muy alto al haber una exposición tan cercana de agua y electricidad, teniendo en cuenta que en la subestación se manejan 13.200 voltios, se calificó con un 8, que es la cuantificación más alta que se puede dar. Además del riesgo por la cercanía con la subestación eléctrica y la planta de emergencia, también tiene un gran impacto en la salud humana, porque se realiza la potabilización y si esta no cumple con los parámetros de calidad puede generar enfermedades como cólera y salmonella entre otras.

Los resultados de consecuencia corresponden a treinta y la frecuencia de falla un tres, lo que genera que la criticidad total del subsistema de potabilización sea de noventa. Al ingresar los datos de consecuencia y frecuencia de falla en la matriz de criticidad clasificó el subsistema como muy crítico.

La tabla de criterios en potabilización que se muestra a continuación dice como se califico este sistema y la figura es la matriz en la cual se ubica el proceso.

**Tabla 15. Análisis de criticidad potabilización**

Criterio		Cuantificación
Frecuencia de falla		3
Impacto Operacional		10
Flexibilidad Operacional		2
Costos de Mantenimiento		2
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana		8
Consecuencia=		30
Criticidad Total=		90

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 7. Matriz de criticidad del proceso de potabilización**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico
		10	20	30	40	50	
		CONSECUENCIAS					

1= 1-4 fallas; 2= 4-7 fallas; 3= 7-10 fallas; 4=11 o más fallas

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Criticidad de los equipos de potabilización.** En el subproceso de potabilización se analizaron los equipos: dosificadora de pre-cloración y pos-cloración, tanque de mezcla rápida, motobomba de trasiego, filtro de grava, arena y carbón activado. La tabla de análisis de criticidad de equipos de potabilización que se muestra a

continuación es la ponderación que obtuvieron estos equipos y la figura es la matriz en la cual se ubican.

**Tabla 16. Análisis de criticidad de equipos de potabilización**

	Equipos				
	DPT1	MPT	Tanque de mezcla rápida	Filtro de grava, arena y carbón activado	DPT2
Frecuencia de falla	2	2	2	2	2
Impacto Operacional	4	6	6	10	6
Flexibilidad Operacional	4	2	4	4	4
Costos de Mantenimiento	2	1	1	2	2
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	8	2	8	8	8
<b>Consecuencia</b>	<b>26</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>50</b>	<b>34</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>52</b>	<b>30</b>	<b>66</b>	<b>100</b>	<b>68</b>

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 8. Matriz de criticidad de equipos de potabilización**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico
	10	20	30	40	50	CONSECUENCIAS	

Dosificadora=bombas 1= 0 fallas por semestre; 2= 1 falla por semestre; 3=2 fallas por semestre; 4=3 o más fallas por semestre

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

Dosificadora de pre-cloración.

La frecuencia de falla de la dosificadora de pre-cloración es una vez al semestre por esto se le da ponderación de dos.

El impacto operacional en la potabilización del agua es de 4. Ya que existe la dosificadora de pos-cloración que disminuye el impacto de esta dosificadora.

La ponderación de este equipo es de cuatro. Ya que es un equipo que no se puede reparar en la universidad, ni se manejan repuestos.

El valor asignado para el costo de mantenimiento es de dos, ya que se supera el costo de \$1'500'000.

La ponderación de este artículo seguridad humana y ambiental es la más alta. Tiene valor de ocho ya si se presenta un aumento en el residuo de cloro en la red, o en su defecto una disminución. Se puede ver afectada toda la población que consume el líquido.

La dosificadora de pre-cloración se clasifico como un equipo semi-critico, ya que su consecuencia es de veintiséis y su frecuencia de falla de dos.

### **Motobomba de trasiego.**

La bomba de trasiego tiene en promedio una falla por semestre. Por esto se le da un valor de dos en la ponderación.

El impacto que tiene en el sistema es muy alto. Ya que es la única motobomba que saca el agua de la planta de mezcla rápida hacia el filtro, sin la operación de esta motobomba no se puede potabilizar agua. Pero existen los tanques de almacenaje y distribución como reserva. Por esto se le da un valor de seis.

La flexibilidad en este equipo tiene como calificación 2. Existen todos los repuestos para que en caso de una falla se hagan todos los ajustes necesarios.

El valor de esta motobomba es menor a un \$1'500'000 por esto se le da una ponderación de 1.

Una falla en este equipo puede causar daños menores. La ponderación es dos.

Finalmente la consecuencia total de esta ponderación fue veintiséis y la frecuencia dos. Y al comparar esto nos da una ubicación en la matriz de semi-critico. La criticidad total da cincuenta y dos

### **Tanque de mezcla rápida**

El tanque de mezcla rápida tiene como ponderación un dos en la frecuencia de falla. Por tanto falla una vez al semestre.

El impacto de una falla en el equipo de mezcla rápida tiene como calificación un seis. Al presentarse una avería se detiene la producción de agua potable, pero el impacto disminuye por la existencia de la reserva de los tanques de almacenaje.

La flexibilidad de este equipo es de dos. En caso de presentarse una falla en el equipo se requiere aproximadamente un día para realizar el mantenimiento correctivo. Pero de igual manera las fugas que se presentan permiten ser programadas para los días que la Universidad no presta servicio.

El costo de un mantenimiento de la planta de mezcla rápida es inferior a \$1'500'000. El costo de la reparación de esta planta es de \$800'000 por esto se le da ponderación de uno.

El impacto en la seguridad ambiental y humana es muy alta ya que la planta de mezcla rápida se encuentra ubicado al lado de la subestación número uno que

trabaja a 13200000 voltios. Por este motivo se le da la ponderación más alta que es ocho.

La consecuencia de esta ponderación es de treinta y tres y la frecuencia de falla es dos, por este motivo la matriz nos ubica en crítico. Y la criticidad total es 66.

### **Filtro de grava, arena y carbón activado.**

Este filtro falla una vez al semestre. Se le asigna un valor de 2.

El impacto operacional de este filtro en el sistema es alto ya que es un equipo que contribuye a la filtración del agua. Sin que el filtro funcione no se puede producir agua potable de la calidad requerida. La puntuación obtenida es diez.

La flexibilidad es 4. si se presenta una falla en este equipo se deben vaciar todo el contenido del filtro y volver a construir la capaz de filtración. Este mantenimiento requiere parar la producción de agua durante por lo menos un día.

El riesgo en la salud humana en el caso de este equipo es crítica. Ya que este afecta directamente a la población que consume el líquido. Tiene como ponderación ocho.

El nivel de consecuencia de este equipo es cincuenta, y la frecuencia de falla de dos. Esto lo ubica en la escala como un equipo crítico. Y la consecuencia total es 100

### **Dosificadora de pos-cloración**

Esta dosificadora falla aproximadamente 1 veces al semestre por eso obtiene un valor de 2.

El impacto de esta dosificadora corresponde a para la producción de agua potable en toda la universidad. Pero como existe reserva de los tanques el impacto disminuye. Además se puede hacer una clase de compensación con el sistema de pre-cloración.

La flexibilidad operacional es muy baja ya que no existen repuestos de estos equipos y no se pueden realizar los mantenimientos correctivos con los equipos de la Universidad. Por esto su ponderación es de 4.

Los costos de estos equipos son superiores a la barrera del \$1'500'000 presupuestada por el área de servicios generales. Por esto se le asigna un valor de dos.

El impacto a la salud humana y ambiental es alta. Ya que es una de las dosificadoras que incluye cloro al sistema. Una falla en este equipo trae consecuencias directas en la salud humana y en el ambiente.

La dosificadora de pos-cloración es un equipo crítico, debido a que la consecuencia dio treinta y cuatro y la frecuencia de falla dos.

#### **5.1.2.2.3 Criticidad del proceso de distribución**

La frecuencia de falla del subsistema de distribución se le asignó un cuatro debido al número por fallas al mes que presenta esta subdivisión del sistema hidráulico, cuyas fallas son diez y seis por semestre aproximadamente.

Aunque una falla en la distribución del agua tratada de la Universidad generaría una parada en el funcionamiento del sistema, esta puede ser recuperable. En caso que ocurriera una falla en el envío de agua de los tanques No. 1 y 2, la Universidad cuenta con 15.3 horas de autonomía aproximadamente. Por lo tanto al impacto operacional se lo calificó con un seis.

Debido a que existe la posibilidad de un repuesto compartido para la reparación de una falla en la distribución se cuantificó la flexibilidad operacional con un dos.

Para una reparación en el subsistema de distribución se sabe que el promedio del costo de la misma es mayor de (COP) \$1.500.000. Por lo tanto se cuantificó el costo de mantenimiento con un dos.

En el criterio del impacto a la seguridad ambiental y humana se lo calificó con un dos, porque un daño en el sistema solo puede llegar a ocasionar daños menores como desperdicio de agua en grandes cantidades.

El cálculo de consecuencia dio como resultado dieciséis y la cuantificación de la frecuencia de fallas es cuatro. Al calcular la criticidad total del subsistema de distribución arrojó sesentaicuatro como resultado. Con los resultados que se obtuvieron de consecuencia y frecuencia de falla, se obtuvo que el subsistema de distribución del agua tratada de la Universidad sea crítico. La tabla de análisis de criticidad del proceso de distribución que se muestra a continuación contiene las calificaciones con las cuales se evaluó el sub-proceso y la figura es la matriz.

**Tabla 17. Análisis de criticidad distribución**

<b>Criterio</b>		<b>Cuantificación</b>
Frecuencia de falla		4
Impacto Operacional		6
Flexibilidad Operacional		2
Costos de Mantenimiento		2
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana		2

Consecuencia=	16
Criticidad Total=	64

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 9. Matriz de criticidad del proceso de distribución**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico
	10	20	30	40	50	CONSECUENCIAS	

1= 1-4 fallas; 2= 4-7 fallas; 3= 7-10 fallas; 4=11 o más fallas

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Criticidad de equipos de almacenamiento y distribución.** En este análisis de están relacionados los sub-procesos de almacenaje y distribución. Se analizan equipos que se encuentran entre los tanques de 1 y 2 que son de almacenaje y el tanque número 3, que es el tanque de distribución general. También se analizan los equipos de los tanques 4 y 5 que son tanques de distribución de los edificios D y L., pero se usan también como tanques de almacenaje, en caso de emergencia.

**Tabla 18. Análisis de criticidad de equipos de distribución (tanque 1 y 2 y 3)**

Criterios	Equipos	
	motobomba MT1 de tanque 1 y 2	motobomba MT2 de tanque 1 y 2
Frecuencia de falla	3	3
Impacto Operacional	4	4
Flexibilidad Operacional	1	1
Costos de Mantenimiento	1	1
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	2	2
<b>Consecuencia</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>21</b>	<b>21</b>

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

La tabla anterior contiene las ponderaciones con las que se evaluaron los equipos de almacenaje y distribución y la figura es la matriz en la que se ubican los equipos.

### Motobombas de almacenaje tanque 1 y 2

Las motobombas que envían el líquido del tanque 1 y 2 al tanque 3 falla en promedio dos veces al semestre lo cual les da una ponderación de tres.

**Figura 10. Matriz de criticidad de los equipos de distribución**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico
		10	20	30	40	50	
		CONSECUENCIAS					

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

El impacto operacional de estas motobombas es medio. Si se presentase una falla en estos equipos y no se pudiese enviar líquido al tanque tres, la Universidad solo contaría con el suministro del tanque tres para toda la planta física, del tanque 4 para el edificio D y C, y del tanque número 5 para el edificio L. por este motivo tuvieron una calificación de cuatro.

La flexibilidad de estas motobombas se calificó con uno. Ya que existe un equipo redundante. Son dos motobombas conectadas en paralelo. Pero la capacidad de una motobomba alcanza para el envío de líquido al tanque número tres.

El costo de mantenimiento de las motobombas es menor de \$1'500'000 por esto se califica con un uno. Solo puede generar daños menores en los equipos. Se califico con un dos. Las motobombas se clasificaron como semi-criticas, ya que la consecuencia dio siete y la frecuencia de falla tres. La tabla que se muestra a continuación contiene las ponderaciones con las que se evaluaron los equipos de almacenaje y distribución. La figura es la matriz en la que se ubican los equipos.

**Tabla 19. Análisis de criticidad de equipos de distribución (edificio D)**

	Equipos			
	motobomba MT3 edificio D	motobomba MT4 edificio D	motobomba MT5 edificio D	hidroflo de 300 lbs
Criterios				
Frecuencia de falla	2	2	2	2
Impacto Operacional	4	4	4	4
Flexibilidad Operacional	2	2	2	4
Costos de Mantenimiento	1	1	1	1
Impacto en la Seguridad	2	2	2	1
<b>Consecuencia</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>18</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>36</b>

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 11. Matriz de criticidad de equipos de distribución (edificio D)**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico C: Crítico SC: Semi-Crítico NC: No Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	
	2	NC	NC	SC	C	C	
	1	NC	NC	SC	SC	C	
	10	20	30	40	50	CONSECUENCIAS	

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

### **Motobombas del edificio D**

La frecuencia de falla de estas motobombas es uno por esto obtienen ponderación de dos.

La falla de estas motobombas afecta algunas áreas de la universidad. Por esto se califica en impacto operacional con un cuatro.

La flexibilidad operacional de estos equipos es dos, estas son tres motobombas por este motivo existen recursos compartidos y sus capacidades da para que funcionen como equipos redundantes. La ponderación es dos.

El costo de los mantenimientos de estas motobombas es inferior a \$1'500'000 por esto se calificó con un uno.

El impacto en el medio ambiente y humano es bajo. Estos equipos al presentar las fallas puede causar daños aislados en la instalaciones de la Universidad. La consecuencia y la frecuencia de falla para las motobombas del edificio D fueron de once y dos respectivamente. Por lo tanto estos equipos se clasificaron como no críticas.

### **Hidroflo del edificio D**

La frecuencia de falla de este equipo es aproximadamente una vez por semestre. Por esto obtiene ponderación de dos.

El impacto del hidrófilo en la Universidad al presentarse una falla se pondera con cuatro, ya que si este no cumple su función el piso número cuatro de la universidad se queda sin agua y es necesario cerrarlo.

La flexibilidad de este equipo es con ponderación cuatro. Si se presenta una falla en este el equipo colapsa por completo y en la Universidad no hay forma de recuperarlo, por esto obtuvo la máxima calificación.

El costo de mantenimiento en este equipo es menor a la calificación dada por la Universidad de \$1'500'000. Y por esto obtienen calificación de uno. El impacto en la seguridad humana y ambiental no genera impacto ambiental que viole ninguna norma. Por esto obtiene calificación de uno. El Hidroflo del edificio D se clasificó como no crítico, debido a que su consecuencia es de once y la frecuencia de fallas dos. La tabla que se muestra a continuación contiene las ponderaciones con las que se evaluaron los equipos de almacenaje y distribución. La figura es la matriz en la que se ubican los equipos.

**Tabla 20. Análisis de criticidad de equipos de distribución (edificio L)**

	motobomba MT6 edificio L	motobomba MT7 edificio L	motobomba MT8 edificio L	hidroflo de 150 lbs	hidroflo de 150 lbs
Frecuencia de falla	2	2	2	2	4
Impacto Operacional	4	4	4	4	4
Flexibilidad Operacional	2	2	2	1	4
Costos de Mantenimiento	1	1	1	1	1
Impacto en la Seguridad	2	2	2	2	1
<b>Consecuencia</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>18</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>72</b>

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 12. Matriz de criticidad de equipos de distribución (edificio L)**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico C: Crítico SC: Semi-Crítico NC: No Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	
	2	NC	NC	SC	C	C	
	1	NC	NC	SC	SC	C	
	10	20	30	40	50	CONSECUENCIAS	

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

### **Motobombas del edificio L**

La frecuencia de falla de este equipo es aproximadamente de una por semestre, por esto se le da una calificación de dos.

El impacto de estos equipos es en ciertas áreas de la Universidad, Dejaría sin fluido de agua al edificio L. por este motivo la ponderación de estos equipos es de cuatro, afectando ciertas áreas de la Universidad.

La flexibilidad operacional de estos equipos es alto ya que existen tres equipos con las mismas características para cumplir la distribución del líquido por este edificio. Estas motobombas trabajan de forma alternada y están diseñadas para que existen como equipo de respaldo, las unas de las otras.

El costo del mantenimiento de esta motobomba es inferior a \$1'500'000 por esto se le da calificación de uno.

El impacto en la seguridad y ambiente de estos equipos puede causar daños menos en la infraestructura de la Universidad. Por este motivo se pondera con un dos.

Las motobombas del edificio L se clasificaron como no críticas, ya que la consecuencia dio once y la frecuencia de falla dos.

### **Hidroflos del edificio L**

La frecuencia de falla de estos hidroflo es de tres veces por semestre, por lo tanto se lo calificó con un cuatro.

El impacto en la operación de la Universidad es de ponderación cuatro. Ya que se tiene parada de los pisos cuatro y cinco del edificio L. en estos pisos la operación es vital no solo por el uso de baños, sino también por los laboratorios que operan ahí.

La flexibilidad en estos equipos es de 4. Si alguno de los dos equipos falla el otro equipo no puede operar. Ya que las capacidades de cada equipo por sí solo no pueden con lo que les exige el sistema. Se requiere aproximadamente 300 lb para que funcione en el sistema. Pero si algún equipo fallara solo contaríamos con 150 lb al separar un equipo del otro.

El costo de reparación de estos equipos es menor a \$1'500'000. Por esto se tiene ponderación de uno.

El impacto de la seguridad en el ambiente y humana es uno. No viola ninguna normatividad, ni daños.

Estos hidroflo del edificio L se clasificaron como críticos, ya que la consecuencia es diez y ocho y la frecuencia de falla cuatro.

#### **5.1.2.2.4 Criticidad del subsistema de desagües de pozos de achique**

La frecuencia de fallas que presenta el subsistema de desagües de pozos de achique presenta aproximadamente 16 fallas por semestre, por lo tanto se le asignó un tres en la cuantificación de este criterio.

Una falla en el subsistema de los desagües de pozos de achique podría llegar a generar una parada inmediata en el funcionamiento de la Universidad, debido al gran peligro que hay por la cercanía con la subestación eléctrica 2 A. Por lo anterior se cuantificó este criterio con un diez.

Para una falla en los pozos de achique no existe opción de funcionamiento y no hay forma de recuperar el subsistema. Por lo tanto la cuantificación que se le dio a la flexibilidad operacional a este criterio es de cuatro.

El promedio de los costos de reparación para una falla en el subsistema del desagüe de los pozos de achiques superior a (COP) \$1.500.000, por lo tanto la cuantificación en el criterio de costo de mantenimiento es de dos.

Al criterio del impacto en la seguridad ambiental y humana se le asignó la cuantificación más alta ocho. Esta cuantificación se encuentra sustentada específicamente por el pozo de achique del cuarto de los chillers, el cual está destinado a captar aguas lluvias por medio de una trampa de agua debido a que los chillers y la subestación 2 A se encuentran a nivel menos cero. Este área se encuentra rodeada por árboles, los cuales desprenden hojas y en ocasiones estas bloquean la motobomba, haciendo que el pozo se rebose. Generando averías graves en los equipos del aire acondicionado y aun más peligroso pudiendo generar un corto en la subestación eléctrica 2 A, el cual puede desatar consecuencias mayores. Los resultados que se obtuvieron en el cálculo de la consecuencia y en la frecuencia de falla del subsistema del desagüe de los pozos de achique fueron de cincuenta y tres respectivamente. Con estos resultados, la criticidad total de este subsistema arrojó un resultado de 150. Al ingresar los datos en la matriz de criticidad, se clasificó como muy crítico el subsistema de desagüe de los pozos de achique. La tabla que se muestra a continuación representa las ponderaciones del sistema de pozos de achique y la figura la matriz en la que se ubicó. Tabla 21. Criticidad del sistema de pozos de achique

<b>Criterio</b>	<b>Cuantificación</b>
Frecuencia de falla	3
Impacto Operacional	10
Flexibilidad Operacional	4
Costos de Mantenimiento	2
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	8

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 13. Matriz de criticidad del sistema de pozos de achique**

Consecuencia=							50
Criticidad Total=							150
FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico
		10	20	30	40	50	
		CONSECUENCIAS					

1= 1-4 fallas; 2= 4-7 fallas; 3= 7-10 fallas; 4=11 o más fallas

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

La tabla que se muestra a continuación representa los equipos y las ponderaciones que se les dio en este sistema. La figura es la matriz en la que se ubican.

**Tabla 22. Criticidad los pozos de achique.**

	Equipos		
	Motobomba tipo lapicero. MPA1	Motobomba tipo lapicero MPA2	Alarma de nivel.
Frecuencia de falla	3	3	2
Impacto Operacional	4	4	4
Flexibilidad Operacional	2	2	2
Costos de Mantenimiento	1	1	1
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	4	4	4
<b>Consecuencia</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>26</b>

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 14. Matriz de criticidad de pozos de achique**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	
	2	NC	NC	SC	C	C	C: Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	SC: Semi-Crítico
		10	20	30	40	50	NC: No Crítico
		CONSECUENCIAS					

1= 0 fallas por semestre; 2= 1 falla por semestre; 3=2 fallas por semestre; 4=3 o más fallas por semestre

Fuente: los autores con base Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

La tabla que se muestra a continuación representa los equipos y las ponderaciones que se les dio al análisis de criticidad del pozo de achique del edificio D. La figura es la matriz en la que se ubican.

**Tabla 23. Análisis de criticidad de equipos de pozos (edificio D)**

	Equipos		
	Motobomba tipo lapicero. MPA3	Motobomba tipo lapicero MPA4	Alarma de nivel.
Frecuencia de falla	3	3	2
Impacto operacional	4	4	4
Flexibilidad operacional	2	2	2
Costos de Mantenimiento	1	1	1
Impacto en la Seguridad	4	4	4
<b>Consecuencia</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>26</b>

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 15. Matriz de criticidad de equipos de pozos (edificio D)**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico
		10	20	30	40	50	
		CONSECUENCIAS					

1= 0 fallas por semestre; 2= 1 falla por semestre; 3=2 fallas por semestre; 4=3 o más fallas por semestre.

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

### **Motobombas sumergibles pozo de achique edificio D**

La frecuencia de falla de estos equipos es de aproximadamente dos fallas por semestre, lo cual tiene como ponderación un tres.

El impacto operacional de estos equipos es con calificación de cuatro. Afectando ciertas áreas de la Universidad. Como el auditorio Jefferson Smurfit.

La flexibilidad de estos equipos es de dos. Ya que existen dos motobombas, pero en algunas ocasiones se necesita que las dos motobombas funciones al tiempo. Dados los requerimientos de ingreso de agua a la caja se podrían poner motobombas que remplace la motobomba que presento la falla.

Los costos de mantenimiento son menores a \$1'500'000 por esto se califica con un uno.

El impacto en la seguridad del ambiente y humano se califico con cuatro. Ya que una inundación en el auditorio causa daños severos en los equipos y en las

instalaciones. Para las motobombas sumergibles del edificio D se clasificaron como semi-críticos, ya que la consecuencia es trece y la frecuencia de falla es tres. La tabla que se muestra a continuación representa los equipos y las ponderaciones que obtuvo el pozo del edificio L. La figura es la matriz en la que se ubican.

**Tabla 24. Análisis de criticidad de equipos de pozos (edificio L)**

	Equipos		
	Motobomba tipo lapicero. Mpa3	Motobomba tipo lapicero mpa4	Alarma de nivel.
Frecuencia de falla	3	3	2
Impacto operacional	4	4	4
Flexibilidad operacional	2	2	2
Costos de Mantenimiento	1	1	1
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	4	4	4
<b>Consecuencia</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>26</b>

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 16. Matriz de de criticidad de equipos de pozos (edificio L)**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico
	10	20	30	40	50	CONSECUENCIAS	

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

### Motobombas sumergibles pozo de achique edificio L

La frecuencia de falla de estas motobombas es en promedio dos fallas por semestre. Lo cual los pondera con un tres en la calificación. El impacto operacional de estos equipos afecta un área de la universidad. Se inunda el auditorio de lima. Por esto se le da una ponderación de un cuatro. La flexibilidad de los equipos es calificada con un dos. Ya que existen equipos con repuestos compartidos, y según el caudal pueden trabajar alternadas.

El costo de mantenimiento de estas motobombas no supera el \$1'500'000. Por esto se califican con un uno.

El impacto en la salud ambiental y humana se califico con un cuatro. Ya que puede causar daños graves en equipos e instalaciones de la Universidad. A las motobombas del pozo de achique del edificio L se clasificaron como semi-críticos, debido a que su consecuencia es trece y la frecuencia de falla tres. La tabla que se muestra a continuación representa los equipos y los puntajes obtenidos por el pozo del cuarto de chillers. La figura es la matriz en la que se ubican.

**Tabla 25. Análisis de criticidad de equipos de pozos (chillers)**

	Equipos		
	Motobomba tipo lapicero. MPA5	Motobomba tipo lapicero MPA6	Alarma de nivel.
Frecuencia de falla	4	4	1
Impacto operacional	4	4	4
Flexibilidad operacional	2	2	4
Costos de Mantenimiento	1	1	1
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana	8	8	8
<b>Consecuencia</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>25</b>
<b>Criticidad total</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>25</b>

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 17. Matriz de criticidad de equipos de pozos (chillers)**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico	
	3	SC	SC	C	MC	MC	C: Crítico	
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico	
	1	NC	NC	SC	SC	C	NC: No Crítico	
		10	20	30	40	50		
		CONSECUENCIAS						

Fuente: los autores con base en Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

### **Motobombas sumergibles pozo de achique sótano chillers**

En estas motobombas del sótano de los chillers presentan más de tres fallas por semestre. Por esto se califico con un cuatro.

En el impacto operacional es con ponderación de cuatro. Ya que genera daños en algunas áreas de arenas de la Universidad. Además de que se requiere acordonamiento de algunas zonas de la misma.

La flexibilidad en este caso se califico con un dos. Estos equipos pose recursos compartidos. Estas motobombas se encuentran conectadas de forma en que trabajan alternadas.

El costo del mantenimiento de estas motobombas es menos a \$1'500'000. Recibieron una calificación de uno.

El impacto en la salud ambiental y humana se califico con ocho, nivel más alto. Estas motobombas no permiten que el cuarto de chillers se inunde, porque si se produce un daño en estos equipos los costos son muy altos. Pero estas motobombas no solo sacan agua del cuarto de chillers, sino también del cuarto

donde se encuentra la subestación 2<sup>a</sup>, por lo cual si se inunda este cuarto se generaría un gran peligro para la salud humana.

Estas motobombas quedan ubicadas dentro de la matriz por una consecuencia de diez y siete y una frecuencia de cuatro como equipos críticos para el sistema. Con un total de criticidad de sesenta y ocho.

#### **5.1.2.2.5 Criticidad del subsistema de los desagües de aguas residuales**

La frecuencia de falla del subsistema del desagüe de aguas residuales de la universidad se cuantifico con un uno, la cual es la calificación más baja, esto se debe a que se presentan muy pocas fallas por semestre.

Una falla en el subsistema del desagüe de aguas residuales tiene una cuantificación de cuatro, debido a que estas fallas generan impactos en ciertas áreas de la Universidad. Un ejemplo de esto es cuando se tienen que cerrar los baños debido a taponamientos de las cañerías.

La cuantificación para la flexibilidad operacional de este subsistema es de dos, porque la Universidad debe recurrir a un repuesto compartido para la reparación de una falla en el desagüe de aguas residuales.

Los costos promedio de las reparaciones en este subsistema están por debajo de (COP) \$1.500.000, por lo tanto la cuantificación de este criterio es de uno.

Una falla en el subsistema de desagüe de aguas residuales puede afectar el ambiente produciendo daños irreversibles. Por lo tanto la cuantificación de este criterio es seis. La tabla siguiente muestra las ponderaciones otorgadas al sistema de desagüe y la figura a la matriz en la que se ubico.

**Tabla 26. Criticidad del subsistema de los desagüe de aguas residuales**

Criterio		Cuantificación
Frecuencia de falla		1
Impacto Operacional		4
Flexibilidad Operacional		2
Costos de Mantenimiento		1
Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana		6

Consecuencia=	15
Criticidad Total=	15

Fuente: Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viáfara, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

**Figura 18. Matriz de criticidad del subsistema de los desagüe de aguas residuales**

FRECUENCIA	4	SC	C	C	MC	MC	MC: Muy Crítico
	3	SC	SC	C	MC	MC	
	2	NC	NC	SC	C	C	SC: Semi-Crítico
	1	NC	NC	SC	SC	C	
		10	20	30	40	50	
CONSECUENCIAS							

Fuente: los autores con base Solarte, Raúl Andrés Ingeniero de servicios generales de la planta física de la Universidad Icesi y Viafra, Mauricio. Auxiliar de mantenimiento.

## 5.2 PLAN DE ACCIÓN

### 5.2.1 Normalización de los procesos

#### 5.2.1.1 Potabilización de agua

A continuación se presenta el manual de este proceso tal cual como se entregó a la Universidad.

<b>UNIVERSIDAD ICESI</b>	
<b>MANUAL DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA</b>	
<b>PROCESO</b>	Potabilización de agua

**Roles:**

- 1. Servicios generales**
- 2. PGSSA**

**Contenido**

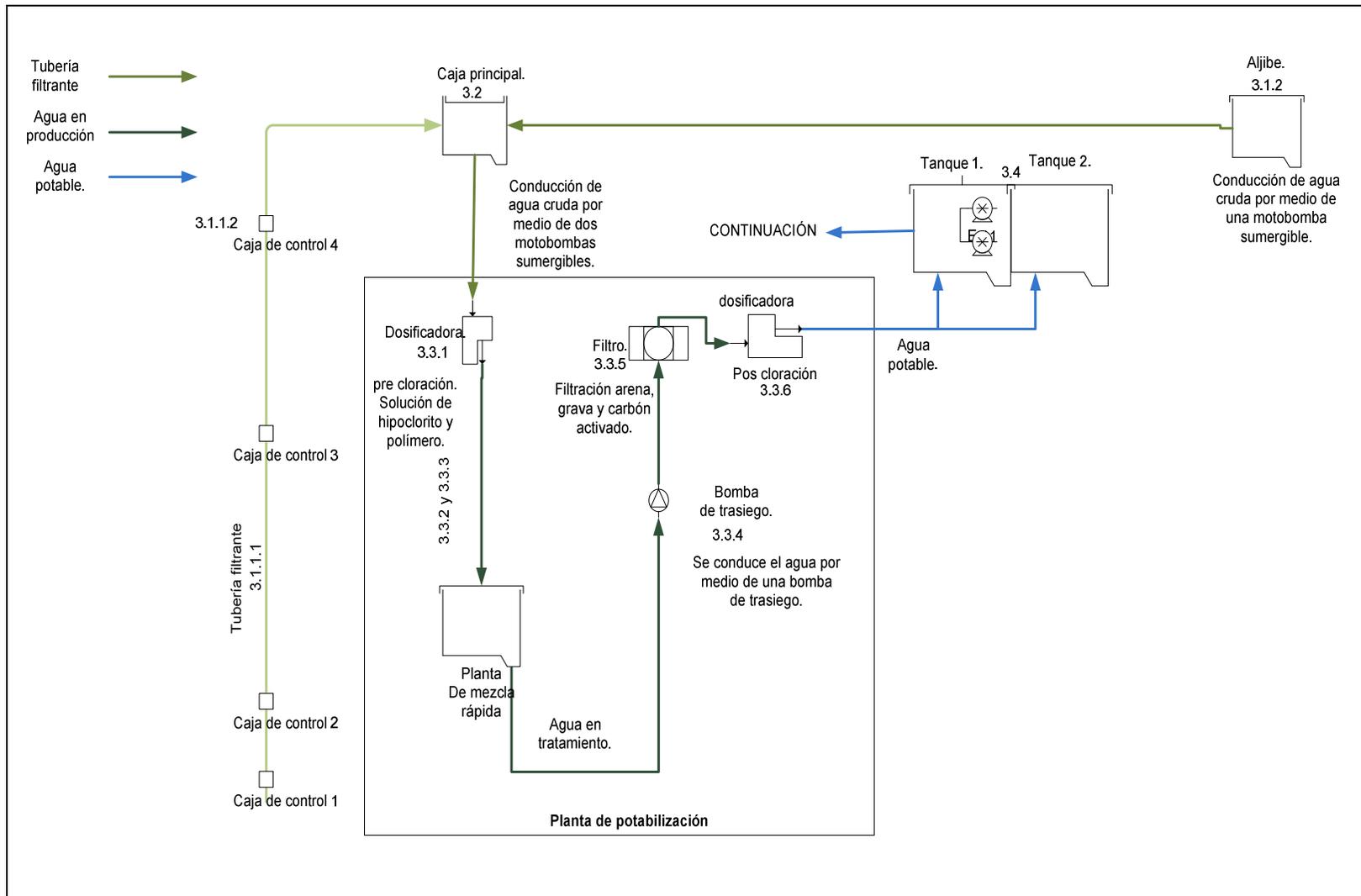
**1. Diagrama de procesos**

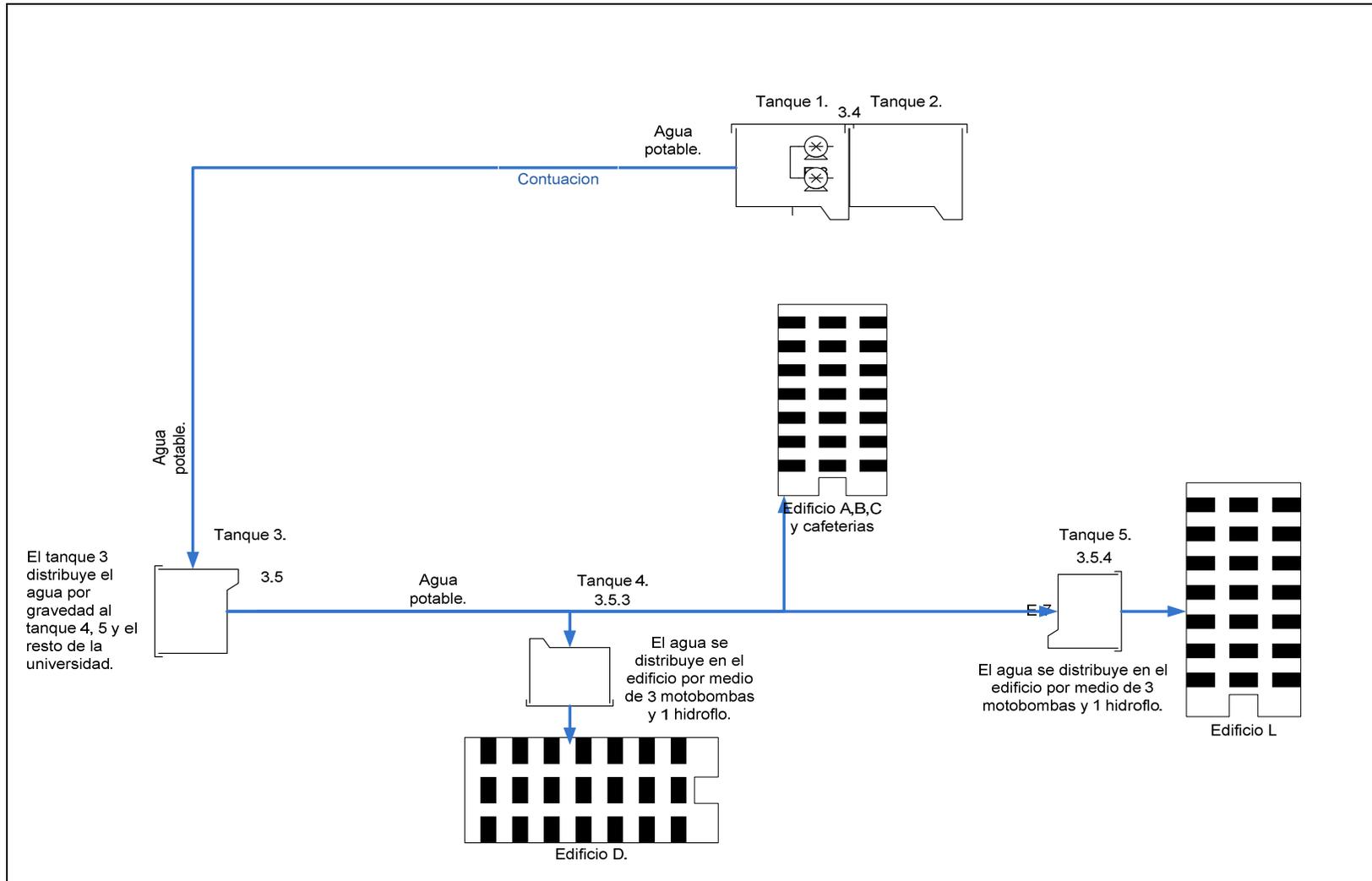
Se representa en la figura de la siguiente página.

**2. Objetivo del proceso**

**2.1 Propósito:** Documentar los procesos del sistema hidráulico de la Universidad, definiendo las condiciones actuales de estos, de tal manera que sea un documento que facilite la identificación de las etapas de los procesos de potabilización del agua y los procesos de desagüe.

**2.2 Alcance:** Este documento estará disponible para consultas del personal responsable en el área.





### 2.3 Condiciones Generales:

- El departamento de servicios generales y específicamente el área de mantenimiento, están encargados de coordinar la ejecución y contratación de las actividades de mantenimiento, y el funcionamiento del sistema hidráulico de la Universidad Icesi.
- Actualmente la Universidad Icesi desarrolla mantenimientos preventivos en los equipos del sistema hidráulico.
- La programación de las inspecciones y de los mantenimientos se efectúa mediante un programa establecido, en el cual se encuentra especificado en la fecha que se debe realizar la próxima inspección o mantenimiento.
- Al sistema de mantenimiento de la Universidad se le ejerce control de su funcionamiento por parte de dos áreas. El área de servicios generales, más específicamente los auxiliares de mantenimiento. Quienes son los encargados de realizar los Análisis básicos del agua. De igual manera el departamento de PGSSA es el encargado de realizar los Análisis complementarios, en lo cual se realiza el análisis físico-químico y microbiológico del agua.

### 3. Cuerpo del procedimiento de acuerdo a las actividades del proceso

3.1.1.1	Captación- tubería filtrante			
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos	Mantenimiento correctivo
	Captar agua por medio de la tubería filtrante. Se conduce el agua cruda hasta la caja principal.	1. Tubería filtrante	1. Inspección de las tuberías de captación 2. Mantenimiento tuberías de captación de agua (sondeo)	1. Reparación de la tubería filtrante
<b>Excepciones</b>				

3.1.1.2 Captación- cajas de control				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos	Mantenimiento correctivo
	En la caja de control el flujo de agua es continuo. El agua es conducida por la misma tubería a la caja principal.	1. Caja de concreto.	1. Limpieza y desinfección con solución de hipoclorito.	
<b>Excepciones</b>				
3.1.2 Captación- aljibe.				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos	Mantenimiento correctivo
	Se capta agua del aljibe, el cual se encuentra en la parte posterior del edificio de la cafetería central. Se envía el agua cruda a la caja principal.	1. Una motobomba sumergibles tipo lapicero marca AfecAump (LBK-40) de 110 v	1. Mantenimiento preventivo motobombas sumergible.	1. Mantenimiento correctivo motobombas sumergible.
<b>Excepciones</b>				
3.2 Captación- caja principal.				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos	Mantenimiento correctivo
	En la caja principal el agua es conducida a la planta potabilizadora.	1. 2 motobombas sumergibles tipo lapicero marca siemens (NSA 200T) de 2 HP que trabajan alternadas 2. Válvulas de control.	1. Limpieza y desinfección con solución de hipoclorito. 2. Inspección de la entrada de agua en las cajas principales 3. Inspección de caudal en la caja principal de captación 4. inspección de la motobombas (MP1, MP2)	1. Mantenimiento correctivo motobombas sumergibles. 2. Cambio de fusibles o reparación de tableros eléctricos. 3. Cambio de válvulas.

			<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Mantenimiento preventivo motobombas sumergibles.</li> <li>6. Inspección del tablero eléctrico de las motobombas sumergibles</li> <li>7. Mantenimiento tablero electrico motobombas</li> <li>8. Inspección de válvulas</li> </ul>	
<b>Excepciones</b>				
<b>3.3.1 Potabilización- tanque de mezcla rápida- pre cloración</b>				
	<b>Detalle</b>	<b>Equipo</b>	<b>Mantenimientos preventivos</b>	<b>Mantenimiento correctivo</b>
	Al pasar el agua cruda por la dosificadora se le adiciona un polímero e hipoclorito de sodio en la primera división del tanque de mezcla rápida. Pasa el agua a la segunda división del tanque de mezcla rápida.	1. Dosificadora pulsafeeder (a plus) de 115 volts máxima presión 300 psi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Inspección dosificadoras</li> <li>2. Mantenimiento dosificadoras</li> <li>3. Preparación del hipoclorito de sodio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Cambiar diafragma.</li> <li>2. Reemplazo de mangueras.</li> </ul>
<b>3.3.2 Potabilización – tanque de mezcla rápida</b>				
	<b>Detalle</b>	<b>Equipo</b>	<b>Mantenimientos preventivos.</b>	<b>Mantenimientos correctivos.</b>
	Sedimentar las partículas que trae el agua cruda en la segunda división del tanque de mezcla rápida.	1. Tanque de mezcla rápida	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. limpieza y desinfección de la planta de potabilización</li> <li>2. inspección de válvulas del sistema de potabilización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Captación de filtraciones.</li> <li>2. Cambio de válvulas del sistema de potabilización.</li> </ul>

3.3.3 potabilización – tanque de mezcla rápida				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos.	Mantenimientos correctivos.
	El agua cruda pasa por gravedad a la tercera división del tanque por medio de una malla que cumple la función de filtro.	1. Tanque de mezcla rápida 2. Malla filtro.	1. Limpieza y desinfección con solución de hipoclorito tanque. 2. limpieza de la malla planta de potabilización	1. limpieza de la malla filtrante.
<b>Excepciones</b>				
3.3.4 potabilización – conducción				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos.	Mantenimientos correctivos.
	Conducir el agua de la planta hacia el filtro por medio de la bomba de trasiego.	1. Motobomba de 2 HP marca Barnes modelo EC220. S	1. inspección motobomba de trasiego planta de potabilización 2. mantenimiento motobomba de trasiego planta de potabilización	1. Mantenimiento correctivo bomba de trasiego
<b>Excepciones</b>				

3.3.5 Potabilización – filtración.				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos.	Mantenimientos correctivos.
	Con la potencia que genera la motobomba, el agua pasa a través del filtro de grava, arena y carbón activado. Posteriormente continúa hacia la pos cloración.	1. Filtro de grava, arena y carbón activado.	1. Retrolavado 2. mantenimiento filtro mixto (arena, carbón activado y grava)	1. Corrección de filtraciones.
<b>Excepciones</b>				
3.3.6 Pos cloración.				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos.	Mantenimientos correctivos.
	Agregar solución de hipoclorito de sodio al agua a medida que es conducida a los tanques de almacenamiento.	1. dosificadora Milton Roy 06122286895-25 con capacidad MAX 110 PSI.	1. Preparación de la solución de hipoclorito. 2. inspección dosificadoras post-cloración 3. mantenimiento dosificadoras post-cloración	1. Cambiar diafragma del equipo. 2. Reemplazo de mangueras.
<b>Excepciones</b>				
3.4 Almacenaje.				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Almacenaje en los tanques 1 y 2 y envió del liquido al tanque 3.	1. Tanque de 42 y 96 MTS cúbicos.	1. Desinfección con solución de hipoclorito de sodio tanques almacenaje 2. Inspección tanques 1 y 2 3. Inspección de tablero electico de motobombas	1. Corrección de filtraciones. Impermeabilizaciones.

			4. Mantenimiento tablero electrico motobombas 5. Inspección de válvulas y manómetros.	
<b>Excepciones</b>				
<b>3.5.2 Distribución- almacenaje</b>				
	<b>Detalle</b>	<b>Equipo</b>	<b>Mantenimientos preventivos</b>	<b>Mantenimientos correctivos</b>
	Almacenar agua potable en los tanques 4 y 5. Y posteriormente distribuir agua potable en los edificios Dy C, y edificio L respectivamente	1. Tanque 15 y 30 MTS cúbicos respectivamente.	1. Desinfección de tanque solución de hipoclorito. 2. Inspección tanque almacenamiento.	1. Inmunización del tanque.
<b>Excepciones</b>				
<b>3.5.1 Distribución</b>				
	<b>Detalle</b>	<b>Equipo</b>	<b>Mantenimientos preventivos</b>	<b>Mantenimientos correctivos</b>
	Al llegar el agua potable al tanque 3 se almacena y se distribuye a toda la Universidad.	1. Tanque 46 MTS cúbicos.	1. Desinfección con solución de hipoclorito. 2. inspección alarmas de nivel.	1. Inmunización del tanque.
<b>Excepciones</b>				

3.5.3 distribución				
	Detalle	Equipo	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Distribuir el agua potable que proviene del tanque 3 desde el tanque 4 al edificio D y posiblemente al edificio C	<ol style="list-style-type: none"> <li>3 motobombas IHM SA serie IMB07040960</li> <li>1 hidroflo IHM SA IMB07040960serie 6TQ07040136 de 300 PSI.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Inspección de motobombas</li> <li>Mantenimiento motobomba</li> <li>Inspección de tableros eléctricos</li> <li>Mantenimientos tableros eléctricos</li> <li>Calibrar la presión del hidroflo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento motobombas.</li> </ol>
<b>Excepciones</b>				
3.5.4 Distribución				
<b>Detalle</b>				
<b>Equipo</b>				
<b>Mantenimientos preventivos.</b>				
<b>Mantenimientos correctivos.</b>				
Distribuir el agua del tanque 5 al edificio L.				
<ol style="list-style-type: none"> <li>3 motobombas IHM SA serie IMB07040960</li> <li>2 hidroflo IHM SA IMB07040960serie 6TQ07040136 de 150 PSI</li> </ol>				
<ol style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento motobomba</li> <li>Inspección de tableros eléctricos</li> <li>Mantenimientos tableros eléctricos</li> <li>Calibrar la presión del hidroflo</li> <li>Calibrar la presión del hidroflo.</li> <li>Inspección de alarmas de nivel bajo.</li> </ol>				
<ol style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento motobombas.</li> </ol>				
<b>Excepciones</b>				
<b>4. Documentos involucrados</b>				
<b>4.1 Control de calidad agua</b>				
<b>4.2 Análisis básico.</b>				
<b>4.3 Análisis complementario.</b>				
<b>4.4 Medidores de agua.</b>				
<b>5. Procesos relacionados</b>				
<b>5.1 Medición del PH</b>				
<b>6. Indicadores</b>				
<b>7. Glosario</b>				

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
<b>Captación</b>	Es la recolección conducción y acumulación de agua.
<b>Nivel freático</b>	Son aguas subterráneas que existen en la tierra y se presentan como corrientes de aguas o ríos subterráneos.
<b>Tubería filtrante</b>	Tubería perforada que permite la recolección de aguas subterráneas.
<b>Análisis Básicos</b>	Es el procedimiento que se efectúa para determinar turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual de desinfectante usado, coliformes totales y Escherichiacoli.
<b>Análisis complementarios</b>	Es el procedimiento que se efectúa para las Determinaciones físicas, químicas y microbiológicas no contempladas en el análisis básico, que se enuncian en la presente Resolución y todas aquellas que se identifiquen en el mapa de riesgo.
<b>Análisis físico y químicos del agua</b>	Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

## **8. Datos de cambios en el documento**

### **Procedimiento:**

#### **1.1. POTABILIZACIÓN DEL AGUA**

##### **1.1.1. Captación**

**1.1.1.1.** Una vez captada el agua por medio de la tubería filtrante y es pasada por las cajas de control, se conduce hasta la caja principal por medio de gravedad. También se capta agua de un aljibe ubicado detrás de la cafetería central, desde el cual se envía agua al pozo principal por medio de una bomba eléctrica sumergible tipo lapicero.

**1.1.1.2.** Del pozo principal, el agua es conducida al tanque de mezcla rápida mediante dos bombas eléctricas tipo lapicero sumergible que trabajan alternadas.

##### **1.1.2. Pre cloración**

**1.1.2.1.** A medida que se conduce el agua desde el pozo principal hacia la primera división del tanque de mezcla rápida se le dosifica solución de Hipoclorito de sodio (solución desinfectante).

**1.1.2.2.** En la segunda división del tanque se sedimentan las partículas solidas.

**1.1.2.3.** Luego pasa por gravedad a la tercera división del tanque a través de una malla que cumple las funciones de filtro, reteniendo las partículas solidas restantes.

**1.1.2.4.** Para retirar el agua de la planta compacta y enviarla al filtro se utiliza una

bomba de trasiego.

### **1.1.3. Filtración**

**1.1.3.1.** La filtración se realiza por medio de grava, arena y carbón activado, y este funciona por la misma presión con que llega el líquido y la gravedad por peso de la columna de agua.

**1.1.3.2.** Con la fuerza con que sale el agua se le conduce a los tanques de almacenaje. Pero en este proceso se le hace un pos cloración en la cual se agrega solución de hipoclorito.

**1.1.3.3.** Se almacena el agua en los tanques 1 y 2. Y de aquí se envía por medio de dos motobombas el líquido al tanque número 3 que es el tanque de distribución por gravedad que se encuentra en la torre.

### **1.1.4. Distribución.**

**1.1.4.1.** En el edificio D y L se encuentran los tanques de reserva 4 y 5. de 15 y 30 metros cúbicos respectivamente.

**1.1.4.2.** La distribución del agua en el edificio D es hecha por 3 motobombas Y 1hidroflolIHM SA. En el edificio L la distribución se realiza por 3 motobombas y 2 hidoflo IHM SA.

Diseñado por:	Aprobado por:
---------------	---------------

## **5.2.1.2 Desagüe de pozos de achique**

Al igual que en el proceso de potabilización, se presenta a continuación el manual diseñado por los autores para el proceso de desagüe de achique.

<b>UNIVERSIDAD ICESI</b>	
<b>MANUAL DEL PROCESO DE DESAGÜE DE POZOS DE ACHIQUE</b>	
<b>PROCESO</b>	Desagüe de pozos

## **9. Diagrama de procesos**

## 10. Objetivo del proceso

**10.1 Propósito:** Documentar y definir las condiciones actuales del proceso de desagüe de los pozos de achique, de tal manera que sea un documento que facilite la identificación de las etapas del procesos.

**10.2 Alcance:** Este documento estará disponible para consultas del personal responsable en el área en la intranet de la universidad.

### 10.3 Condiciones Generales:

- El departamento de servicios generales y específicamente el área de mantenimiento, están encargados de coordinar la ejecución y contratación de las actividades de mantenimiento, y el funcionamiento del sistema desagüe de la Universidad Icesi.
- La programación de las inspecciones y de los mantenimientos se efectúa mediante un programa establecido, en el cual se encuentra especificado en la fecha que se debe realizar la próxima inspección o mantenimiento.
- Actualmente la universidad realiza mantenimientos correctivos al sistema de desagüe de aguas residuales.
- En la Universidad Icesi se desarrollan mantenimientos preventivos en los equipos del sistema de desagüe por pozos de achique.

## 11. Cuerpo del procedimiento de acuerdo a las actividades del proceso

4.1	Canalización de desagüe.			
	Detalle	Equipos	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Canalizar las corrientes de agua subterráneas y aguas lluvias.	2. Tubería filtrante.		
<b>Excepciones</b>				

4.2.1 Acumulación de agua en pozos.				
	Detalle	Equipos	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Conducir el agua subterránea al pozo de achique ubicado en la plazoleta del edificio L.	- Caja de concreto	- Inspecciones - Desinfección de las cajas	
<b>Excepciones</b>				

4.2.2 Acumulación de agua en pozos.				
	Detalle	Equipos	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Conducir el agua subterránea al pozo de achique ubicado en el auditorio Varela.	- Caja de concreto	- Inspecciones - Desinfección de las cajas	
<b>Excepciones</b>				

4.2.3 Acumulación de agua en pozos.				
	Detalle	Equipos.	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Conducir el agua acumulada en la caja de concreto del cuarto de chillers.	- Caja de concreto	- Inspecciones - Desinfección de las cajas	
<b>Excepciones</b>				

4.3.1 Desagüe al colector principal				
	Detalle	Equipos.	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Retirar el agua al colector principal	3. 2 motobombas sumergibles tipo lapicero marca AfecAump (LBK-40) de 110 v. 4. Alarma de nivel alto.	5. Mantenimiento preventivo motobombas Sumergibles. 6. Inspección de motobombas sumergibles. 7. Inspección de alarmas de nivel alto.	8. Mantenimiento preventivo motobombas Sumergibles.
<b>Excepciones</b>				
4.3.2 Desagüe al colector principal				
	Detalle	Equipos.	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Retirar el agua al colector principal	9. 2 motobombas sumergibles tipo lapicero marca AfecAump (LBK-40) de 110 v. 10. Alarma de nivel alto.	11. Mantenimiento preventivo motobombas Sumergibles. 12. Inspección de motobombas sumergibles. 13. Inspección de alarmas de nivel alto.	14. Mantenimiento preventivo motobombas Sumergibles.
<b>Excepciones</b>				
4.3.3 Desagüe al colector principal				
	Detalle	Equipos.	Mantenimientos preventivos	Mantenimientos correctivos
	Retirar el agua al colector principal	15. 1 motobombas sumergibles tipo lapicero marca AfecAump (LBK-40) de 110 v. 16. Alarma de nivel alto.	17. Mantenimiento preventivo motobombas Sumergibles. 18. Inspección de motobombas sumergibles. 19. Inspección de alarmas de nivel alto.	20. Mantenimiento preventivo motobombas Sumergibles.
<b>Excepciones</b>				

**12. Documentos involucrados**

**13. Procesos relacionados**

**14. Indicadores**

**15. Glosario**

<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
<b>Captación</b>	Es la recolección y conducción de agua.
<b>Nivel freático</b>	Son aguas subterráneas que existen en la tierra y se presentan como corrientes de aguas o ríos subterráneos.
<b>Tubería filtrante</b>	Tubería perforada que permite la recolección de aguas subterráneas.

**16. Datos de cambios en el documento**

**Procedimiento:**

**1. Canalizar.** el agua es canalizada por tubería filtrante y trampas de aguas lluvia. Se dirige hacia los pozos de achique.

**2. Acumulación de agua freática y aguas lluvia.** En los pozos de achique se acumulan aguas subterráneas y aguas lluvia hasta un nivel máximo.

**3. Desagüe del colector principal:** los pozos de achique acumulan líquido hasta un nivel, en ese momento la motobomba se encarga de enviar el agua al colector principal. Si la motobomba no se dispara existe un sistema de alarmas que indica el aumento del nivel.

**Restricción:**

21. El pozo de achique pueden acumular basuras y esto puede frenar el funcionamiento de la motobomba.

22. La ausencia de electricidad.

23. Se pueden generar una sobre carga quemando los fusibles o en su defecto la motobomba.

Diseñado por:	Aprobado por:
---------------	---------------

### 5.2.2 Inventario de equipos

Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno de los equipos con un código único. Esto facilita su localización, su referencia en ordenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros historias de fallos e intervención, permiten el cálculo de indicadores referidos de áreas, equipos, sistemas, elementos, etc. Y permiten el control de costos.

Básicamente existen dos posibilidades a la hora de codificar

Sistemas de codificación no significativos: son sistemas que asignan un número o un código correlativo a cada equipo, pero el número o código no aporta ninguna información adicional.

Sistemas de codificación significativos o inteligentes, en el que el código asignado aporta información.

La ventaja de empleo de un sistema de codificación no significativo, de tipo correlativo, es la simplicidad y brevedad del código. Con apenas 4 dígitos es posible codificar la mayoría de las plantas industriales. La desventaja es la dificultad para ubicar una maquina a partir de su código: es necesario tener siempre a mano una lista para poder relacionar cada equipo con su código. Eso, o tener una memoria prodigiosa.

Un sistema de codificación significativo aportar valiosa información sobre el equipo al que se hace referencia: tipo de equipo, área en el que está ubicada, familia a la que pertenece, y toda aquella información adicional que queramos incorporar al código aumenta de tamaño.

Como quiera el empleo de sistemas correlativos es muy sencillo, estudiaremos los sistemas de codificación significativos.

*Información útil que debe contener el código de un ítem*

La información que debería contener el código de un equipo debería ser el siguiente:

Planta a la que pertenece.

Área al que pertenece dentro de la planta

Tipo de equipo.

Los elementos que forman parte de un equipo deben contener información adicional:

Tipo de elementos

Equipo al que pertenece

Dentro de ese equipo, sistema en el que esta incluidos

Familia a la que pertenece el elemento. La clasificación en familias es muy útil, ya que nos permiten hacer listados de elementos. Se puede encontrar una lista de familias en que pueden clasificarse los elementos más adelante.

Una vez elaborado la lista de equipos, y teniendo en cuenta todas las consecuencias anteriores, es posible abordar la tarea de la codificación, fijando los criterios anteriores que la regirán<sup>5</sup>.

### **5.2.2.1 Definiciones**

Equipos: cada uno de las unidades productivas que componen el área que constituye un conjunto único<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup>GARCÍA GARRIDO, op. cit., p.1.

<sup>6</sup> Ibíd., p. 14.



ED: edificio D  
EL: edificio L  
HF: hidroflo  
PA: pozo de achique  
SC: sótano chillers

Finalmente la codificación quedo de la siguiente manera:

SHCACPBS01= sistema hidráulico. Captación. Caja principal. Bomba sumergible.  
01

SHCACPBS02= sistema hidráulico. Captación. Caja principal. Bomba sumergible.  
02

SHCAALBS01= sistema hidráulico. Captación. Aljibe. Bomba sumergible. 01

SHPOPMBT01= sistema hidráulico. Potabilización. Planta de tratamiento. Bomba  
de trasiego. 01

SHPOPRE-CDO01= sistema hidráulico. Potabilización. Pre-cloración.  
Dosificadora. 01

SHPOPOS\_CDO01= sistema hidráulico. Potabilización. Post-cloración.  
Dosificadora. 01

SHPOTM01= sistema hidráulico. Potabilización. Tanque de mezcla rápida.01

SHAMBM01= sistema hidráulico. Almacenaje. Bomba mecánica. 01

SHAMBM02= sistema hidráulico. Almacenaje. Bomba mecánica. 02

SHDTEDBM01= sistema hidráulico. Distribución. Edificio D. bomba mecánica. 01

SHDTEDBM02= sistema hidráulico. Distribución. Edificio D. bomba mecánica. 02

SHDTEDBM03= sistema hidráulico. Distribución. Edificio D. bomba mecánica. 03

SHDTELB01= sistema hidráulico. Distribución. Edificio L. bomba mecánica. 01

SHDTELB02= sistema hidráulico. Distribución. Edificio L. bomba mecánica. 02

SHDTELB03= sistema hidráulico. Distribución. Edificio L. bomba mecánica. 03

SHDTEDF01= sistema hidráulico. Distribución. Edificio D. Hidroflo. 01

SHDTELF01= sistema hidráulico. Distribución. Edificio L. Hidroflo 01

SHDTELF02= sistema hidráulico. Distribución. Edificio L. Hidroflo 02

SHPAELBS01= sistema hidráulico. Pozos de achique. Edificio L. bomba sumergible. 01

SHPAELBS02= sistema hidráulico. Pozos de achique. Edificio L. bomba sumergible. 02

SHPAEDBS01= sistema hidráulico. Pozos de achique. Edificio D. bomba sumergible. 01

SHPAEDBS02= sistema hidráulico. Pozos de achique. Edificio D. bomba sumergible. 02

SHPASCBS01= sistema hidráulico. Pozos de achique. Sótano chillers. Bomba sumergible. 01

SHPAELBS01= sistema hidráulico. Pozos de achique. Sótano chillers. Bomba sumergible. 01

En el Cuadro 27 se presenta el inventario de los equipos que componen el sistema hidráulico de la Universidad con las características, la nueva codificación y la criticidad obtenida por dispositivo.

**Tabla 28. Mantenimiento preventivo de agua potable**

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO AGUA POTABLE</b>											
<b>REGISTRO EQUIPOS</b>											
<b>SECCION 1: ENTRADA DE AGUA CRUDA</b>											
<b>MOTOBOMBAS POZO</b>											
<b>Código</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Marca</b>	<b>Serie</b>	<b>Sección</b>	<b>Fecha instalación</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Modelo</b>	<b>Características técnicas</b>	<b>Partes principales</b>	<b>Ubicación</b>
SHCACPBS01	Semi-critico	Siemens	NSA 200 T	1	N/A	2 HP	220 V	Tipo Neptuno	Bomba sumergible (tipo lapicero)		parqueadero norte
SHCACPBS02	Semi-critico	Siemens	NSA 200 T	1	N/A	2 HP	220 V	Tipo Neptuno	Bomba sumergible (tipo lapicero)		
SHCAALBS01	Semi-critico	Siemens	NSA 200 T	1	N/A	2 HP	220 V	Tipo Neptuno	Bomba sumergible (tipo lapicero)		Aljibe
<b>SECCION 2: POTABILIZACION DE AGUA</b>											
<b>MOTOBOMBAS PLANTA DE TRATAMIENTO:</b>											

Código	Criticidad	Marca	Serie	Sección	Fecha instalación	Capacidad	Voltaje	Modelo	Características técnicas	Partes principales	Ubicación
SHPOPMBT01	Semi-critica	Barnes	IRF3 097-2YB99	2	junio de 2007	2 HP	115 V	EC 220.S	El tipo de bomba es centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		Planta de tratamiento
<b>DOSIFICADORAS</b>											
Código	Criticidad	Marca	Serie	Sección	Fecha instalación	Capacidad	Voltaje	Modelo	Características técnicas	Partes principales	Ubicación
SHPOPRE-CDO01	Semi-critico	MNI trom	A plus 03/11.25414	2		MAX PSI 100	115 V	AE64S1-PTC1-OMN			Planta de tratamiento pre-cloracion
SHPOPOS_CDO01	Critico	Milton Roy	0612228689 5-25	2	Junio de 2007	MAX PSI 110	120 V	P051-398TI			Planta de tratamiento post-cloración
<b>TANQUE DE MEZCLA RAPIDA</b>											
Código		Dimensiones (ancho*alto*largom).	Capacidad	Sección		Material	Características técnicas	Ubicación			
SHPOTM01	Critico	1.2*1.8*2.30	5 m³	2		Acero	Pintura epoxica	Planta de tratamiento			

SECCION 3: ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN											
MOTOBOMBAS TANQUES											
Código	Criticidad	Marca	Serie	Sección	Fecha instalación	Capacidad	Voltaje	Modelo	Características técnicas	Partes principales	Ubicación
SHAMBM01	Semi-critico	Siemens	8821811	3		6.6 HP	220 V	2-5.0	El tipo de bomba es centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		tanques 1 y 2
SHAMBM02	Semi-critico	Siemens		3		6.6 HP	220 V	2-5.0	El tipo de bomba es centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.	¿	tanques 1 y 2
SHDTEDBM01	No critico	IHM SA	IMB07040960	3	junio de 2006		220 V	15H-5TW	El tipo de bomba es centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		tanque 4
SHDTEDBM02	No critico	IHM SA	IMB07040965	3	junio de 2006		220 V	15H-5TW	El tipo de bomba es centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		tanque 4

Código	Criticidad	Marca	Serie	Sección	Fecha instalación	Capacidad	Voltaje	Modelo	Características técnicas	Partes principales	Ubicación
SHDTEDBM03	No critico	IHM SA	IMB07 04096 2	3	junio de 2006		220 V	15H- 5TW	El tipo de bombas centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		tanque 4
SHDTELBM01	No critico	IHM SA	IMB06 08023 4	3	junio de 2006	5 HP	220 V	15H- 5TW	El tipo de bombas centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		tanque 5
SHDTELBM02	No critico	IHM SA	IMB09 04081 3	3	junio de 2006		220 V	20H- 6.TW	El tipo de bombas centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		tanque 5
SHDTELBM03	No critico	IHM SA	IMB09 02034 0	3	junio de 2006		220 V	20H- 6.TW	El tipo de bombas centrifuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		tanque 5
<b>HIDROFLO EDIFICIO D</b>											
Código	Criticidad	Marca	Serie	Sección	Fecha instalación	Capacidad	Presión trabajo Max	Modelo	Características técnicas	Partes principales	Ubicación
SHDTEDFH01	No critico	IHM SA	6TQ07040 136	3	junio de 2006	500 Lts	150 PSI	L-500			tanque 4

<b>HIDROFLO EDIFICIO L</b>											
<b>Código</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Marca</b>	<b>Serie</b>	<b>Sección</b>	<b>Fecha instalación</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Presión trabajo Max</b>	<b>Modelo</b>	<b>Características técnicas</b>	<b>Partes principales</b>	<b>Ubicación</b>
SHDTELHF01	No critico	IHM SA	GTQ0901 0024	3	junio de 2006	300 Lts	150 PSI	L-300			tanque 5
SHDTELHF02	No critico	IHM SA	GTQ0901 0037	3	junio de 2006	300 Lts	150 PSI	L-300			tanque 5
<b>SECCION 4: POZOS DE ACHIQUE</b>											
<b>MOTOBOMBAS POZOS DE ACHIQUE</b>											
<b>No</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Marca</b>	<b>Serie</b>	<b>Sección</b>	<b>Fecha instalación</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Modelo</b>	<b>Características técnicas</b>	<b>Partes principales</b>	<b>Ubicación</b>
SHPAELBS01	Semi-critico	Siemens	8821811	4		6.6 HP	220 V	2-5.0	El tipo de bomba es centrífuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		EDIFICIO L
SHPAELBS02	Semi-critico	Siemens	8821811	4		6.6 HP	221 V	2-5.1	El tipo de bomba es centrífuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		EDIFICIO L
SHPAEDBS01	Semi-critico	Siemens	8821811	4		6.6 HP	222 V	2-5.2	El tipo de bomba es centrífuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		EDIFICIO D

No	Criticidad	Marca	Serie	Sección	Fecha instalación	Capacidad	Voltaje	Modelo	Características técnicas	Partes principales	Ubicación
SHPAEDBS0 2	semi-critico	siemens	8821811	4		6.6 HP	223 V	2-5.3	El tipo de bomba es centrífuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		EDIFICIO D
SHPASCBS0 1	critico	siemens	8821811	4		6.6 HP	224 V	2-5.4	El tipo de bomba es centrífuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		SOTANO CHILLERS
SHPASCBS0 2	critico	siemens	8821811	4		6.6 HP	225 V	2-5.5	El tipo de bomba es centrífuga, el tipo de acople es monobloque, tipo de impulsor es cerrado.		SOTANO CHILLERS

### **5.2.3 Formatos propuestos**

En busca de continuar el mejoramiento de la gestión de mantenimiento preventivo en la Universidad se proponen los siguientes formatos de hoja de vida de los equipos y la implementación de los formatos de órdenes de trabajo, con el objetivo de que se facilite la creación de las historias de los equipos. Y que con estos recursos sea más fácil crear tablas de frecuencia de fallas de los equipos y realizar los seguimientos pertinentes según la necesidad de cada uno.

**Figura 19. Hoja de vida de los equipos**

				<h2>Hoja de vida de los equipos</h2>		
<b>FICHA TECNICA DEL EQUIPO</b>						
NOMBRE DEL ENCARGADO:			UBICACIÓN DEL EQUIPO:		FICHA NÚMERO	
	DD:	MM:	AA:	NUM. ACTIVO FIJO:		
				CARGO: AUX DE MANTENIMIENTO:		
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>						
TIPO DE EQUIPO:				OBSERVACIONES		
<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>						
MECÁNICAS		ELÉCTRICAS				
MARCA:		PROVEEDOR:		PERSONA CONTACTO PROVEEDOR:	NUMERO DE TELEFONO PROVEEDOR:	

VOLTAJE: HP		CORRIENTE		<b>PROCESO PASO A PASO</b>			
FASES:							
NUMERO DE SERIE:		MODELO:					
<b>ELEMENTOS REQUERIDOS PARA USO DEL EQUIPO</b>							
PROTECCION RESPIRATORIA:		PROTECCIÓN VISUAL:					
PROTECCIÓN AUDITIVA:		PROTECCIÓN CORPORAL:					
GUANTES:	CALZADO ESPECIAL:	CASCO:					
ARNES Y LINEA DE VIDA:							
<b>MEDIDAS DE SEGURIDAD</b>							

MANTENIMIENTO											
EQUIPO POSEE GARANTÍA:			DURACIÓN DE LA GARANTIA:			FECHA DE VENCIMIENTO DE LA GARANTIA:			EQUIPO POSEE CONTRATO DE MANTENIMIENTO: NO (Esta en garantía)		
EMPRESA ENCARGADA DEL MANTENIMIENTO:						PERÍODOS DE MANTENIMIENTO:					
TIPOS DE MANTENIMIENTO QUE NECESITA EL EQUIPO:					MECANICO:		ELECTRICO:				
MANTENIMIENTO		PREDICTIVO:		PREVENTIVO:		CORRECTIVO:					
CONDICIÓN DEL EQUIPO		CRITICA:		MEDIA:		NORMAL:					
EL EQUIPO PRESENTA AVERIAS O FALLAS:											
FECHA DE ULTIMA REVISIÓN:						PROXIMA FECHA REVISIÓN:					
FIRMA AUTORIZACIÓN:						FIRMA DE SUPERVISIÓN:					

Figura 20. Formato de órdenes de trabajo

	Orden de Trabajo <hr/> Sección de Mantenimiento – Servicio Generales
---	---

<b>Orden de Trabajo N°:</b>		<b>Fecha de Diligenciamiento:</b>	
-----------------------------	--	-----------------------------------	--

<b>Fecha de Inicio trabajo:</b>	
<b>Fecha Finalización trabajo:</b>	
<b>Hora de Inicio trabajo:</b>	

\* Marcar con una X el tipo de actividad

<b>Tipo de actividad:</b>	<input type="checkbox"/> <b>Correctivo</b>	<input type="checkbox"/> <b>Emergencia</b>	<input type="checkbox"/> <b>Preventivo</b>	<input type="checkbox"/> <b>Predictivo</b>	<input type="checkbox"/> <b>Otro:</b>
---------------------------	--	--	--	--	---------------------------------------

<b>Actividad a desarrollar:</b>	
---------------------------------	--

<b>Equipo de Trabajo que debe ejecutar la actividad:</b>		<input type="checkbox"/> <b>Eléctrico</b>		<input type="checkbox"/> <b>Hidráulico</b>		<input type="checkbox"/> <b>Pintor - Ebanista</b>		<input type="checkbox"/> <b>Soldadura</b>	
--	--	---	--	--	--	---	--	---	--

\* Marque con una x el equipo o personal que va a desarrollar la actividad

<b>Que trabajo especial requiere:</b>		<input type="checkbox"/> <b>Alturas</b>		<input type="checkbox"/> <b>Confinados</b>	
---------------------------------------	--	---	--	--	--

<b>Equipo Asignado:</b>	<b>Auxiliar encargado:</b>
	<b>Auxiliares de apoyo:</b>

<b>Herramientas y Materiales:</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Cantidad:</b>		

<b>Operaciones:</b>	<b>Preparación de Materiales</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Entrega del Trabajo</b>
<b>Tiempos:</b>			

<b>Nº</b>	<b>Pasos para Desarrollar la Actividad</b>	<b>Personal Asignado</b>	<b>Materiales o Herramientas a Utilizar</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

**Diligenciamiento por parte de Salud Ocupacional el día del trabajo**

**Nota Importante:** Al realizar las tareas encomendadas en la presente Orden de Trabajo deberá tener en cuenta las condiciones de Seguridad descriptas a continuación que correspondan al caso.

Riesgos	Precauciones
<b>Precauciones Preliminares</b>	Realizar una Adecuada Señalización
	Realización Demarcación y Aislamiento Adecuado
	Protecciones y Bloqueos realizados y verificados
	Información a la Brigada de Emergencias en caso de requerirse
	Información a la comunidad que pueda afectarse
<b>Dotación y Elementos de Protección Personal</b>	Dotación: Uniforme en adecuadas condiciones
	Gafas:
	Guantes del tipo indicado: Que tipo: _____
	Casco: _____ con barbiquejo: _____
	Botas dieléctricas y puntera
	Tapa oídos: copa: _____ adaptados: _____
	Protección facial
	Traje: _____ Peto ó Delantal: _____
Revisión de Riesgos	Revisión del estado de los equipos:
	Revisión del área de trabajo:
	Revisión de las señales de advertencia de los equipos:
	Revisión de las condiciones ambientales existentes:
	Estado de salud del equipo de trabajo:
	Riesgos especiales:

Cualquier emergencia que ocurra comunicarse con el #00, en caso de dominical o festivo con la portería quien realiza el llamado a CEM y al personal de la Universidad encargado.

<b>Autorización de desarrollo de la Actividad:</b>

<b>Firma inicio de la Actividad:</b>

\* Una vez se encuentre aprobado el trabajo

\* Auxiliar encargado, una vez se corroboran las condiciones de seguridad

Observaciones:

Fecha de culminación:

Hora de culminación:

<b>Aprobación del Trabajo Terminado</b>

## **5.2.4 Paso a paso del proceso de mantenimiento**

### **5.2.3.1 Instructivo de Inspección de la entrada de agua en la caja principal**

Frecuencia: 2 por semana

Paso a paso:

1. Abrir la caja.
2. Examinar el nivel de agua.
  - a. Si en la caja se está acumulando agua se debe reportar para un MTTO de sondeo.
  - b. Si no cerrar la caja.
    - i. Continuar con las inspecciones programadas.

Nota: las inspecciones se deben realizar en las cuatro cajas de control.

En la Figura 21 se aprecia el diagrama de flujo de este proceso.

### **5.2.3.2 Instructivo de Inspección del nivel de agua de la caja principal o caja numero 5.**

Frecuencia: diario

1. Abrir la caja
2. Examinar la entrada de agua a la tubería filtrante y al aljibe.
3. Examinar el nivel del agua de los pozos.

Si se encuentra al llegar el agua potable al tanque 3 se almacena y se distribuye a toda la Universidad.

- a. el nivel por encima de 1.30 metros de agua cerrar la caja.
- b. Si no examinar el tablero eléctrico.
  - i. Si es el tablero reportar para MTTO de tablero eléctrico.
  - ii. Si no es el tablero eléctrico, examinar las motobombas, posible mantenimiento correctivo.

En la Figura 22 se representa el diagrama de flujo de este proceso.

**Figura 21. Inspección de la entrada de agua en las cajas de control**

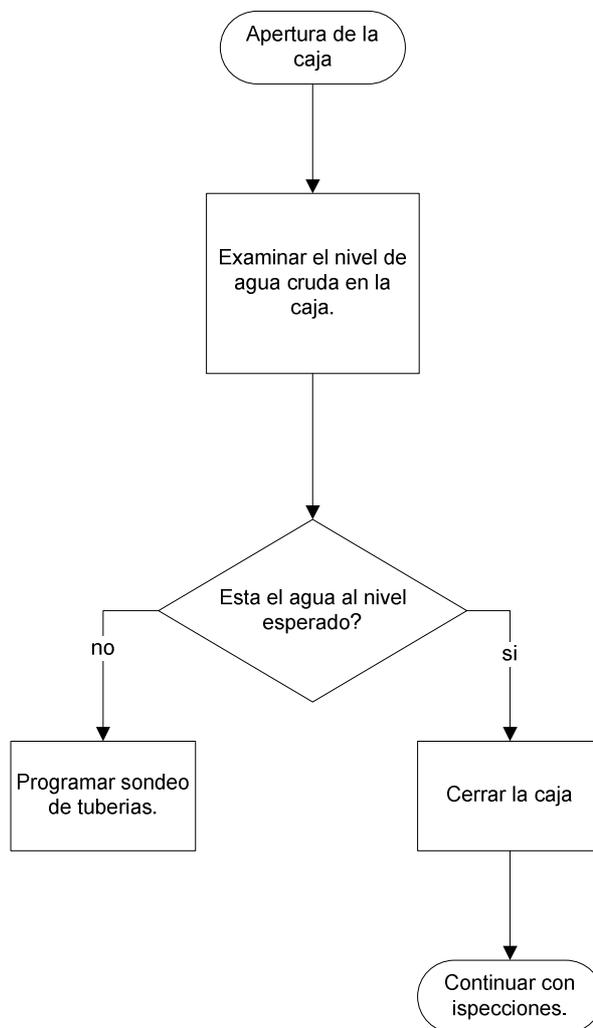
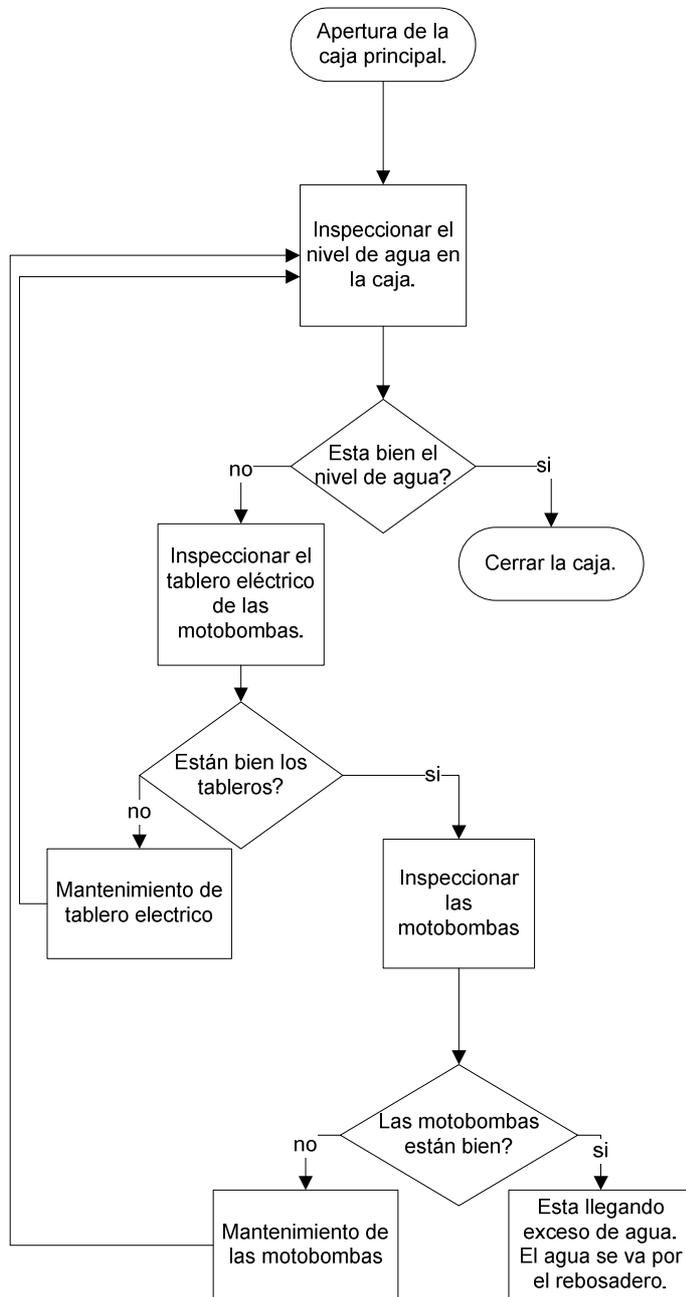


Figura 22. Inspección del nivel de agua de la caja principal o caja numero 5.



### **5.2.3.3 Sondeo cajas de control**

Frecuencia: cada 2 meses.

Lavado de cajas

Paso a paso

#### **Proceso para ingresar a la caja:**

1. Destapar la caja una hora antes del ingreso del personal.
2. Abrir el tapón roscado de 3 pulgadas de la caja principal para enviar el agua al colector principal.

#### **Sondeo:**

1. Armar una sonda acerada de 100 metros con una espiral en su punta.
  - a. Acoplar las partes de 80 cm.
  - b. Ajustar la rosca con llaves.
  - c. Armar tres módulos de aproximadamente 30 metros.
2. Debe estar presente el personal de salud ocupacional para iniciar el proceso.
  - a. Las personas que van a bajar a las cajas deben ser puestas en la planilla y deben utilizar todos los equipos de protección para trabajo en lugar confinado y trabajo en alturas.
3. Descenso de un auxiliar.
4. Introducir la sonda en la tubería.
5. Se acoplan los módulos según la necesidad.
6. Cuando la sonda se frena se comienza a girar la sonda desde la parte superior de la caja con una herramienta que genere palanca.
7. Introducir la sonda hasta donde más se pueda.

8. En el lugar donde se atasca la sonda se recoge retirando las raíces que se han venido recogiendo en el proceso.

9. Se retiran los residuos del espiral.

10. Se vuelve a introducir la sonda y se repite el proceso hasta que la tubería queda completamente sondeada.

Nota: este proceso se realiza de sentido norte-sur inicialmente. Pero también se debe realizar en el sentido sur norte para acabar de retirar las raíces que continúen en la tubería. Este proceso se debe realizar en todas las motobombas.

En el sentido sur-norte es posible que se requiera retirar agua de las cajas con una motobomba para que se pueda trabajar.

#### **Limpieza y desinfección:**

1. Lavado de todas las superficies de la caja con agua y cepillo.

2. Preparación de una solución concentrada de hipoclorito.

3. Colocarse el equipo de protección necesario para fumigar 500 gr de hipoclorito en 5 litros de agua.

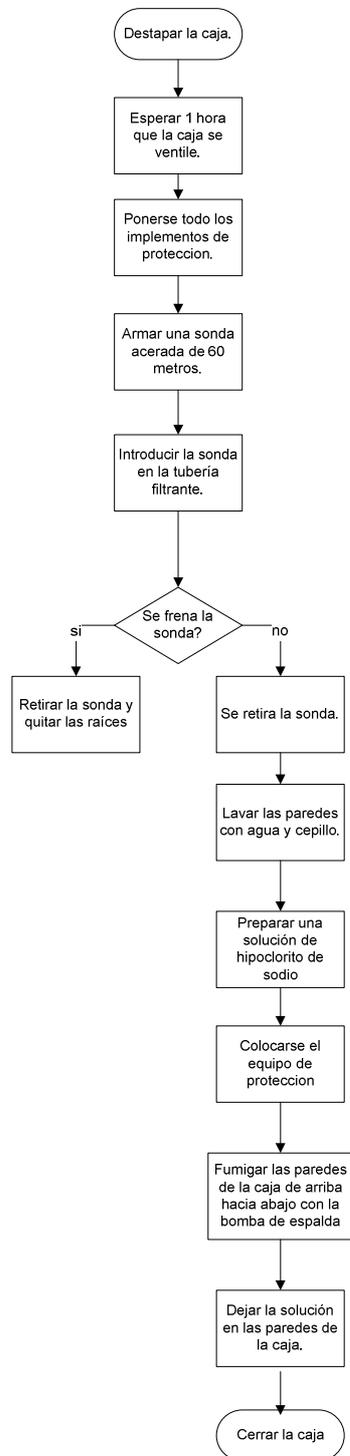
4. Fumigar las paredes de la caja de arriba hacia abajo.

5. Se deja concentrado la solución de hipoclorito en las paredes.

6. Cerrar la caja.

La Figura 23 representa el diagrama de flujo de este proceso.

**Figura 23. Diagrama del proceso de sondeo cajas de control**



### **5.2.3.4 Instructivo de Inspección de los tableros eléctricos**

Frecuencia: cada 2 horas.

Paso a paso:

1. Examinar de manera visual que todos los controles del tablero se encuentren en la posición correcta.
2. Revisar que los pilotos indiquen el funcionamiento de la motobomba.
3. Abrir las cajas e inspeccionar que todos los cables se encuentren en buen estado y que los dispositivos no estén presentando recalentamiento.
4. ¿Se encontraron daños?
  - a. Si. Llamar a los auxiliares de mantenimiento encargados de la electricidad.
  - b. No. Fin de la inspección.

Ver Figura 24.

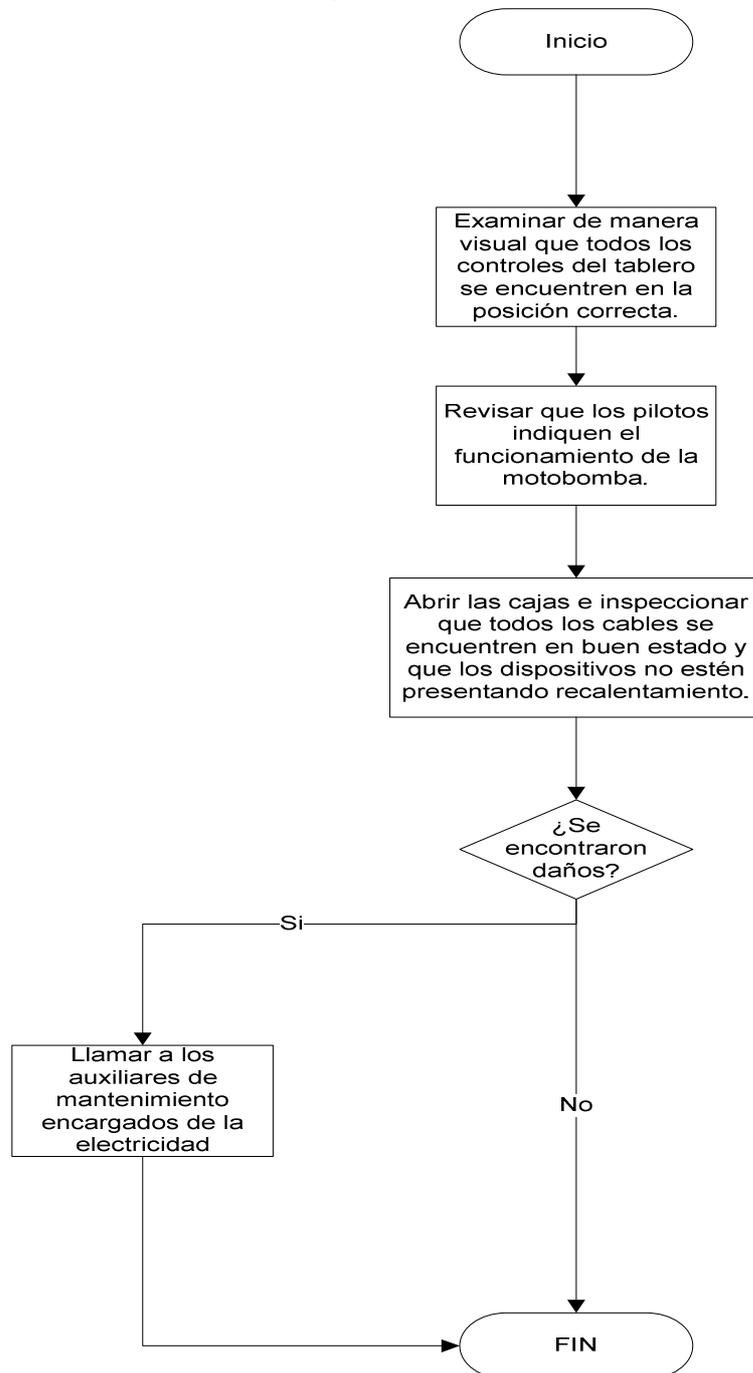
### **5.2.3.5 Instructivo de Inspección de válvulas**

Frecuencia: diario

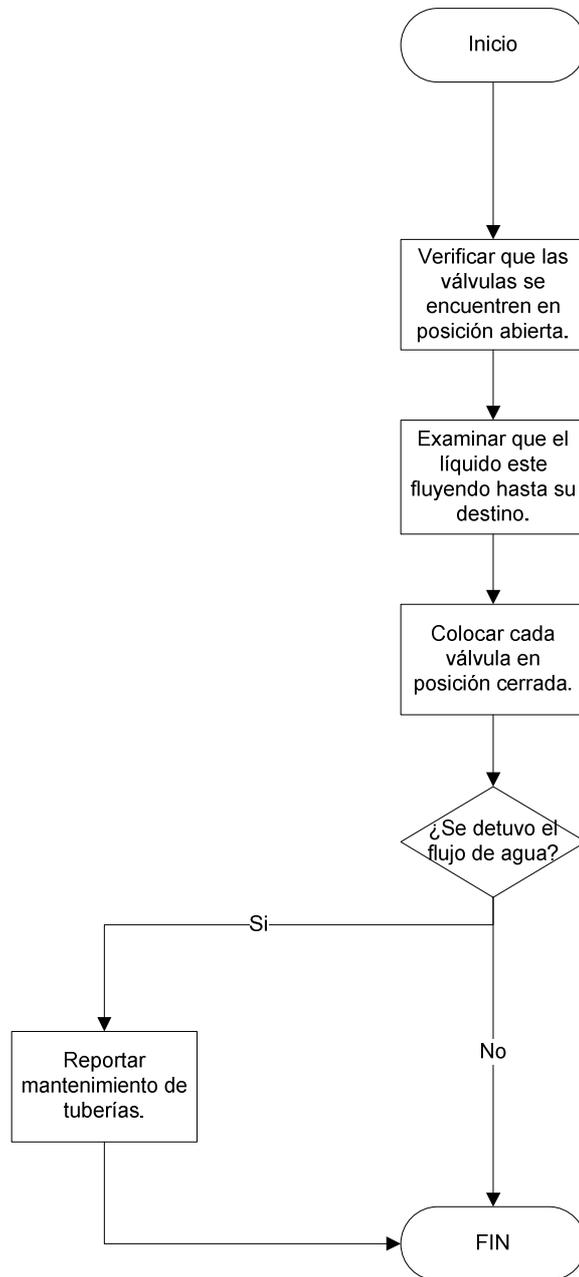
1. Verificar que las válvulas se encuentren en posición abierta.
2. Examinar que el líquido este fluyendo hasta su destino.
3. Colocar cada válvula en posición cerrada.
4. ¿Se detuvo el flujo de agua?
  - a. Reportar mantenimiento de tuberías.
  - b. Si no continuar con los inspecciones.

La Figura 25 representa este proceso.

**Figura 24. Instructivo de Inspección de de los tableros eléctricos**



**Figura 25. Proceso del instructivo de Inspección de válvulas**



### 5.2.3.6 Limpieza de la malla de la planta de potabilización.

Frecuencia: diario

1. Retirar la malla de la planta de mezcla rápida.
2. Remover la suciedad de la malla con manguera.
3. Colocar de nuevo la malla en la planta de mezcla rápida.

La Figura 26 represente este proceso.

**Figura 26. Proceso de limpieza de la malla de la planta de potabilización.**



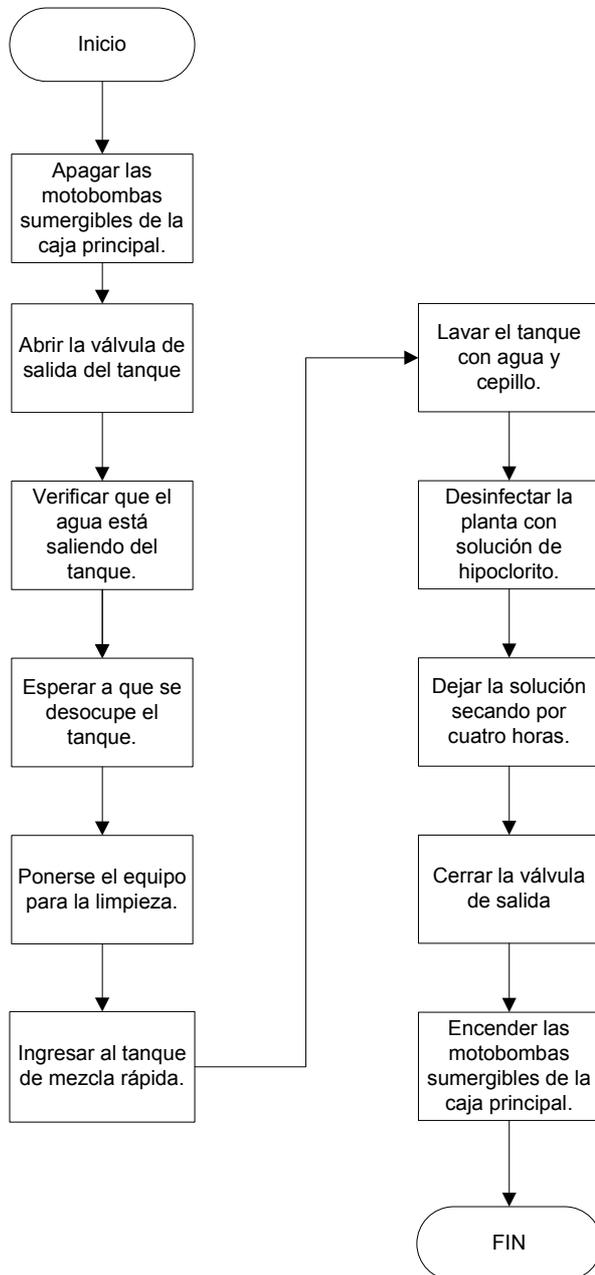
### **5.2.3.7 Mantenimiento de la planta de potabilización.**

Frecuencia: quincenal

1. Apagar las motobombas sumergibles de la caja principal.
2. Abrir la válvula de salida del tanque.
3. Verificar que el agua está saliendo del tanque.
4. Esperar a que se desocupe el tanque.
5. Ponerse el equipo para la limpieza.
6. Ingresar al tanque de mezcla rápida.
7. Lavar el tanque con agua y cepillo.
8. Desinfectar la planta con una solución de hipoclorito.
9. Dejar la solución secando por cuatro horas.
10. Cerrar la válvula de salida.
11. Encender las motobombas sumergibles de la caja principal.

Ver Figura 27.

**Figura 27. Proceso de mantenimiento de la planta de potabilización**



### 5.2.3.8 Instructivo de inspección de la bomba de trasiego.

Frecuencia: quincenal

1. Verificar visualmente que la motobomba está encendida.

¿Esta prendida la motobomba?

i. Si. Verificar que el piloto de la motobomba en el tablero este encendido.

2. ¿Esta encendido el piloto?

i. Si. Revisar si está cayendo agua en los tanques 1 y 2.

¿Está cayendo agua a los tanques 1 y 2?

a. Si. Fin.

b. No. Identificar donde, cuál es el error y repararlo.

c. No. Revisar el tablero eléctrico.

3. ¿La falla es en el tablero?

a. Si. ¿Está capacitado para reparar la falla?

i. Si. Reparar la falla inmediatamente. Volver al Inicio.

ii. No. Informar al área de mantenimiento eléctrico. Fin.

b. No. Solicitar mantenimiento de la motobomba.

i. No. Revisar el tablero eléctrico.

¿La falla es en el tablero?

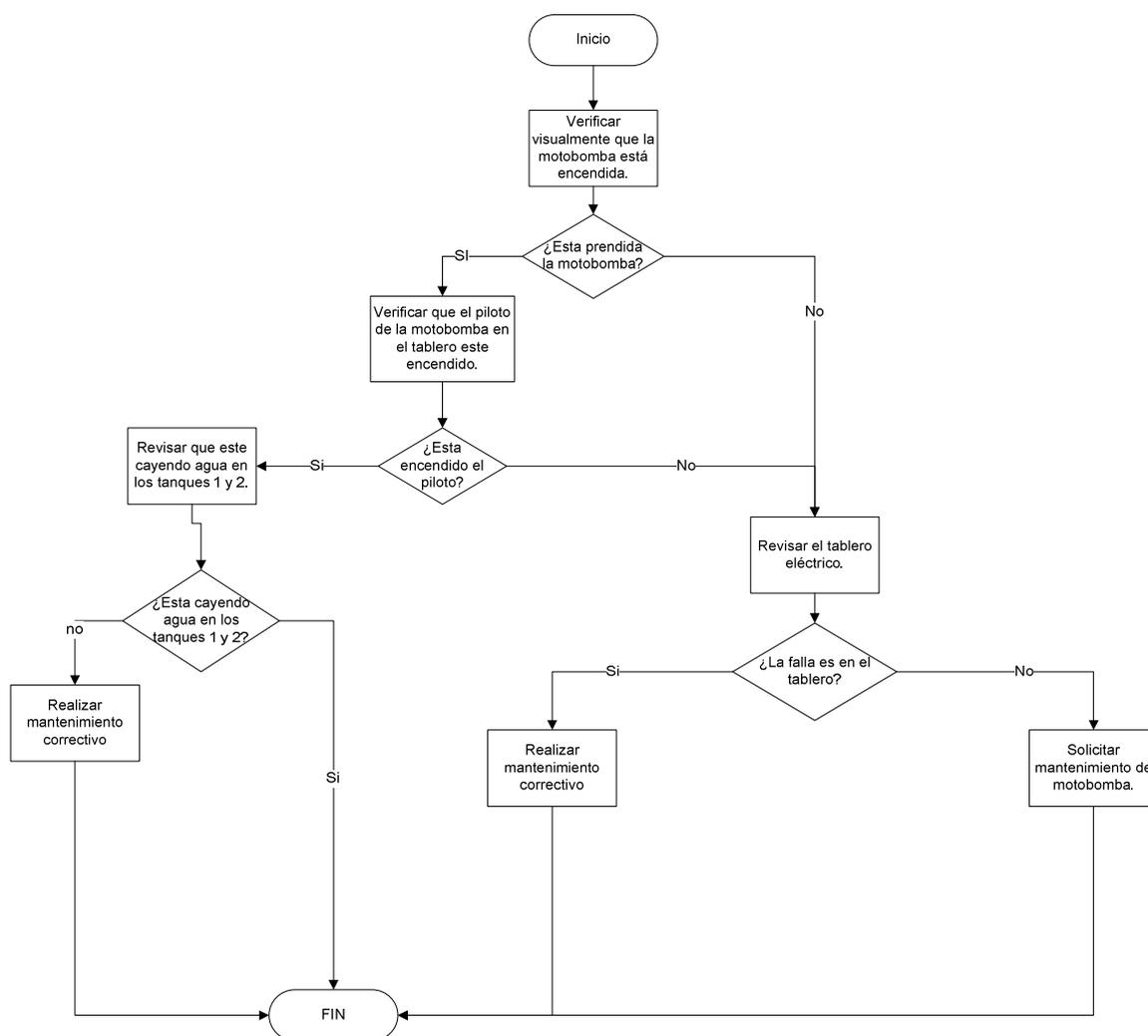
c. Si. ¿Está capacitado para reparar la falla?

i. Si. Reparar la falla inmediatamente. Volver al Inicio.

ii. No. Informar al área de mantenimiento eléctrico. Fin.

d. No. Solicitar mantenimiento de la motobomba.

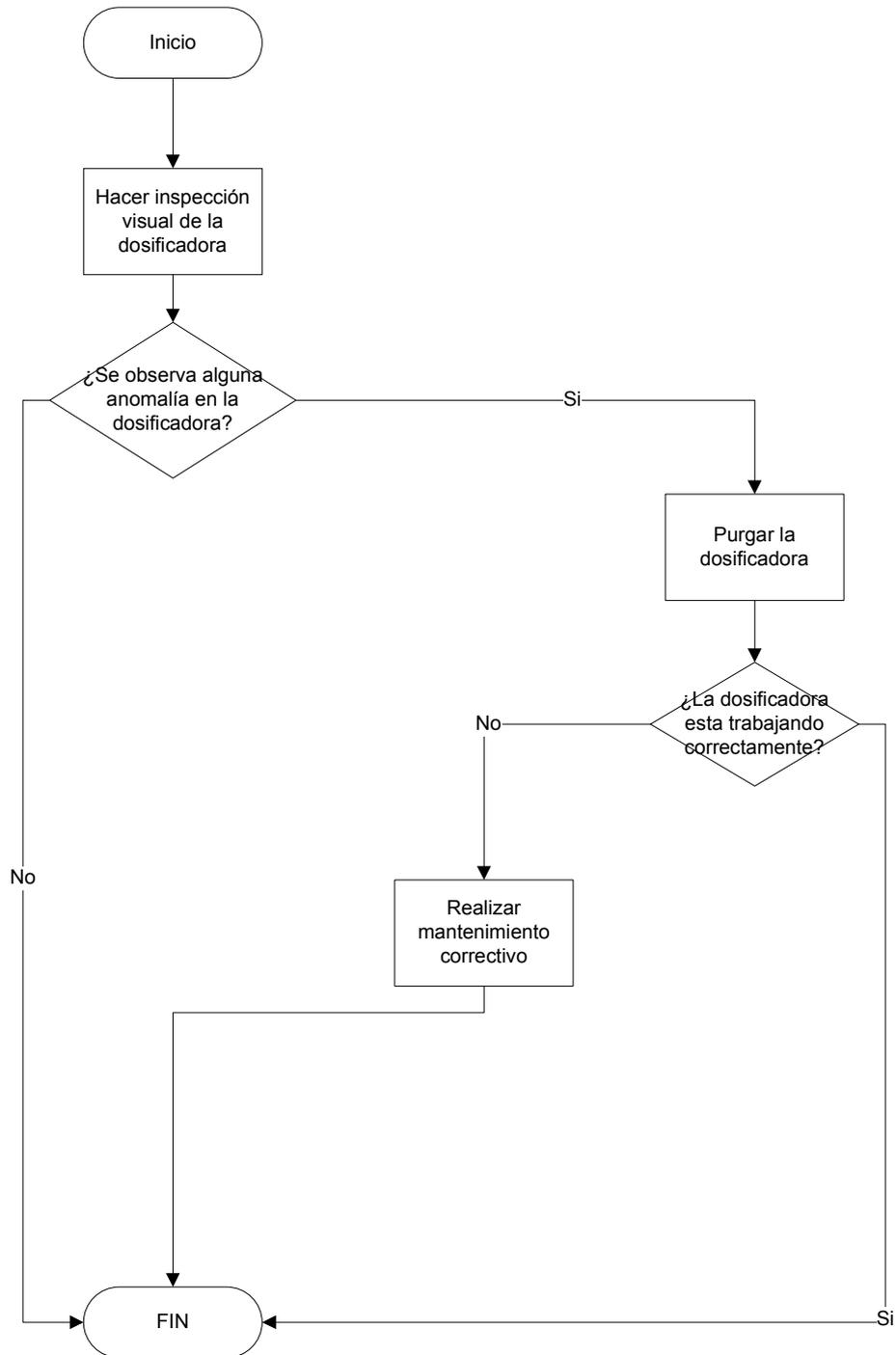
**Figura 28. Proceso del instructivo Inspección de la bomba de trasiego.**



### 5.2.3.9 Instructivo de Inspección de la dosificadora de cloro y sulfato

Frecuencia: cada 2 horas

**Figura 29. Proceso del instructivo de Inspección dosificadora de cloro y sulfato**



Paso a paso

1. Se debe realizar una inspección de forma visual de la dosificadora.

¿Se observa alguna anomalía en la dosificadora?

a. No. Finaliza la inspección.

b. Si. Purgar la dosificadora para observar funcionamiento de la dosificación.

¿Está trabajando correctamente la dosificadora?

1. Si. Finaliza la inspección.

2. No. Reportar un mantenimiento correctivo.

### **5.2.3.10 Mantenimiento de una motobomba**

• **Visita previa.** Esta se debe realizar aproximadamente 8 o 15 días antes del mantenimiento. En esta visita se debe tener en cuenta:

1. Se debe reconocer el espacio en el cual está trabajando el equipo.

a. Se debe identificar si se requieren equipos especiales para realizar el mantenimiento, entre los cuales se encuentran los de salud ocupacional.

b. Verificar las condiciones habituales de trabajo en que se encuentra el equipo.

2. Observar las características técnicas del equipo y evaluar si se han realizado cambios en él.

a. Placa de características.

b. Se examinan características físicas del motor.

c. Verificar la tensión, Potencia y consumos.

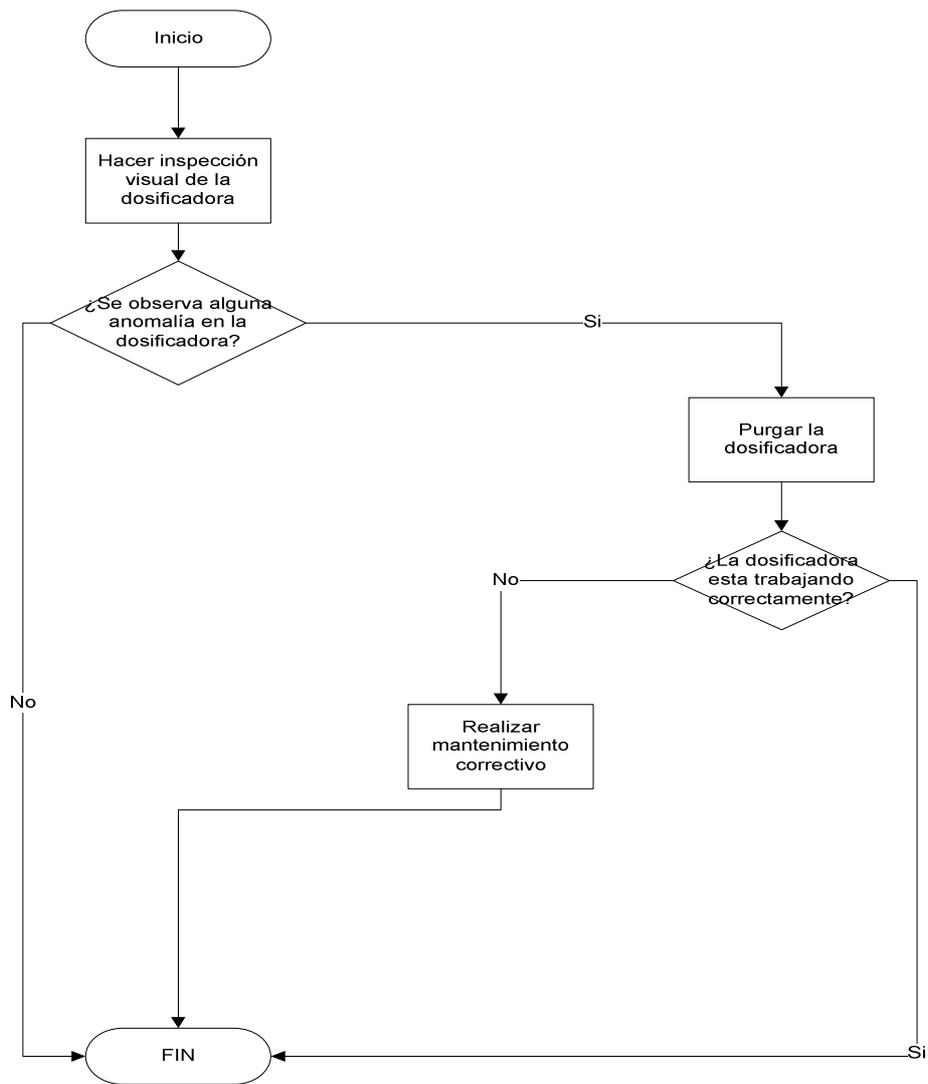
d. Tipo de ventilación.

e. Tipo de cuña.

f. Tipo de sellos mecánicos y tornillería que usa.

g. Examinar si la base requiere modificación o fortalecimiento.

3. Con las características del equipo se debe llenar una planilla con las herramientas y equipos de control que son necesarias para realizar el mantenimiento.



**Figura 30. Visita previa para el proceso de mantenimiento de una motobomba**



- **Mantenimiento del equipo. Trabajo sobre piso**

4. Abrir o suspender todas las fuentes de tensión.

5. Corroborar los datos suministrados por quien realiza la visita previa. (no necesariamente la persona que hace la visita previa, realiza el mantenimiento.)

6. Iniciar el desmonte del equipo.

7. Marcar cada una de las partes del equipo con un esmalte de un color que genere contraste y se pueda identificar como va armado el equipo.

8. Retirar la caperuza trasera.

9. Desmontar el ventilador.
10. Examinar los pines y la guía de eje.
11. Soltar la contra tapa (si es necesario).
12. Comenzar a retirar la tornillería que sujeta la tapa trasera o delantera del motor.  
(TAPA QUE CUBRE IMPELER)
13. Extraer el impeler, sello mecánico, tapa lado carga, rodamientos.
14. Limpieza de todas las partes con compresión de aire o una brocha.
15. Limpieza de grasa, polvo, virutas y todas las impurezas del bobinado.
16. Verificar separadores, amarrado, aislamientos y cuñas del bobinado estén en buen estado.
17. Se debe examinar que no existan recalentamientos en el bobinado.
18. Examinar los bornes de la conexión.
19. Luego aplicar un barniz de secado al aire en las coronas de las bobinas que se encuentran ubicadas a cada lado.
20. Observar que no existan roces mecánicos.
21. Examinar el rotor.
22. Verificación de medidas en los puntos de dónde van los rodamientos y sellos.  
¿Las medidas son correctas?
  - a. No. Llevar la pieza al torno para corregir las dimensiones.( rectificar o encamisar)
  - b. Si. Limpiar óxido y pequeñas imperfecciones con lija y tiner.
23. Verificar las condiciones del impeler

Comenzando a armar

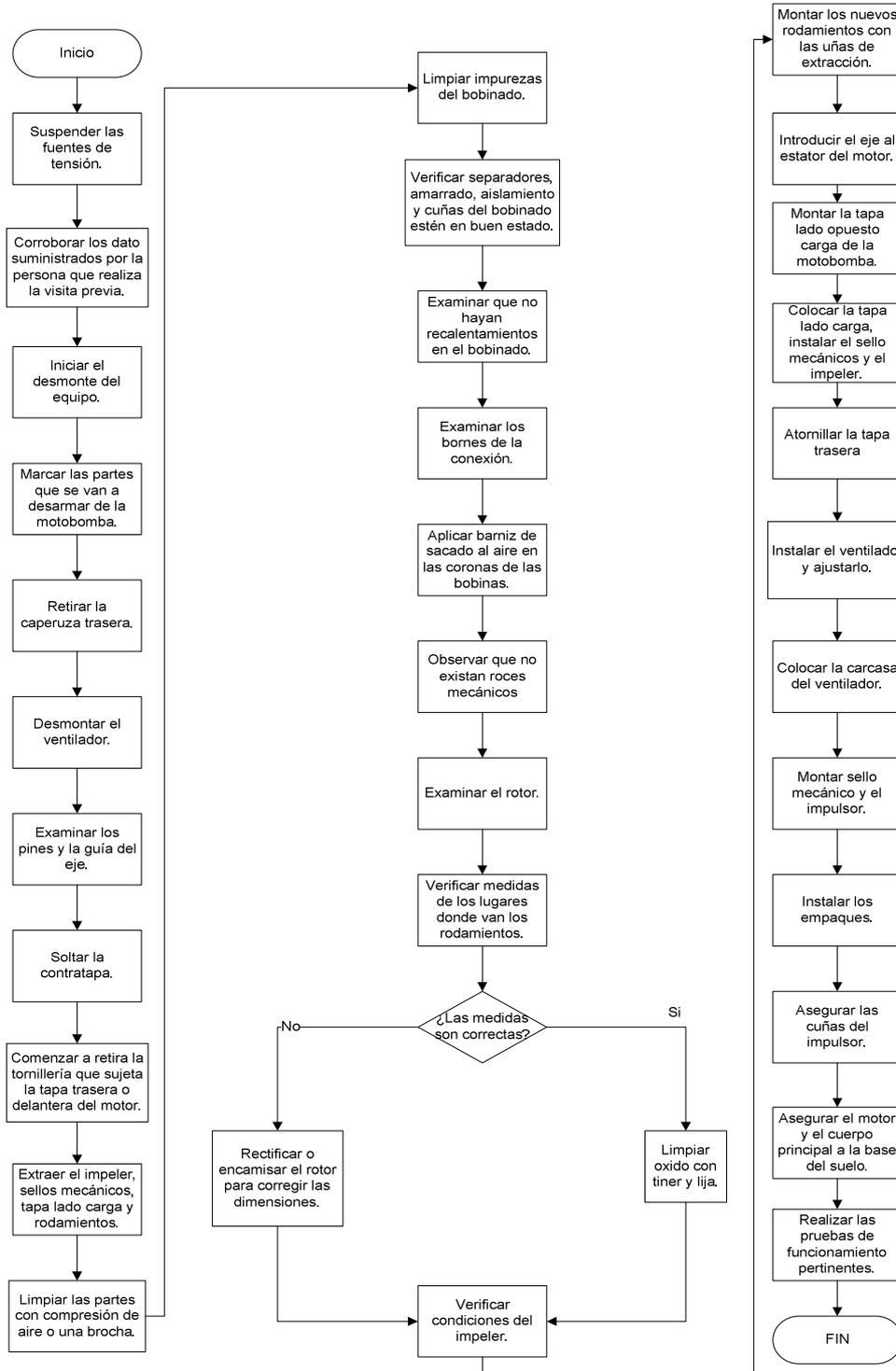
24. Montar los nuevos rodamientos con una prensa hidráulica. O si en el momento no hay posibilidad de la prensa, se utiliza las uñas de extracción. No utilizar golpes para introducir los rodamientos.

25. Comenzar a introducir el eje al estator del motor.
26. Montar la tapa lado opuesto a carga de la motobomba. Teniendo en cuenta la marca que se realizó en el desmontaje. (Se introduce el eje en el estator del motor, colocar la tapa lado carga, instalar el sello mecánico y luego el impeler).
27. Atornillar la tapa trasera.
28. Instalar el ventilador y posteriormente ajustarlo.
29. Colocar la carcasa del ventilador.
30. Montar el sello mecánico y el impulsor.
31. Instalar los empaques.
32. Asegurar las cuñas del impulsor.
33. Realizar las pruebas de funcionamiento pertinentes.
34. Asegurar el motor y el cuerpo principal a la base del suelo. (Asegurar el motor a la base.)

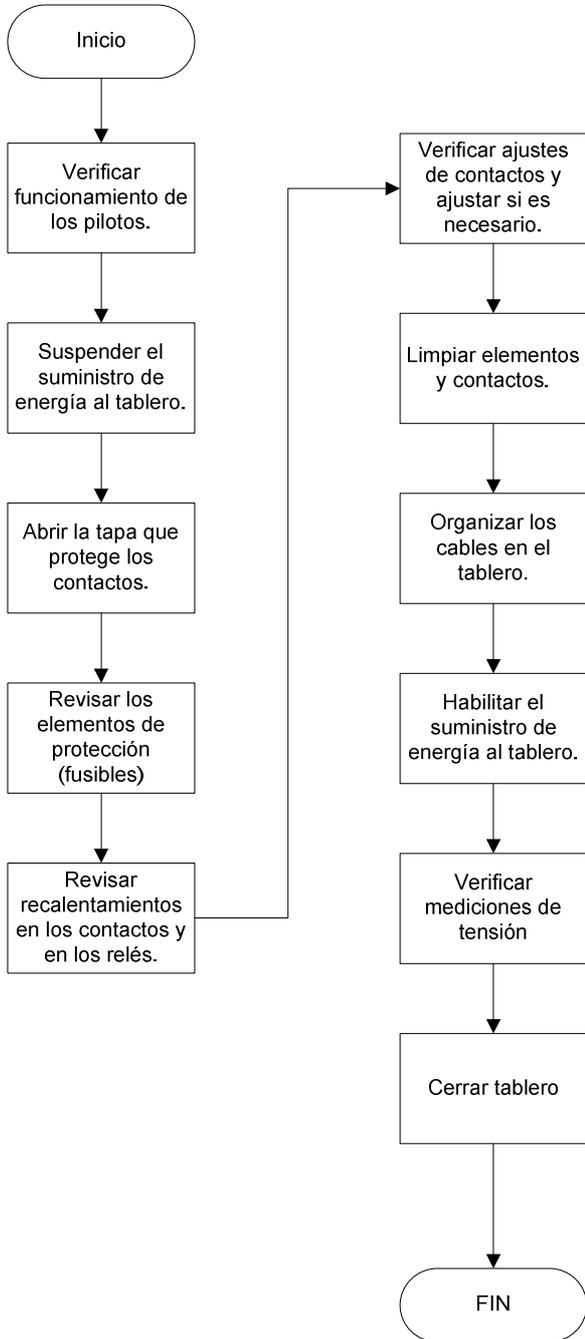
#### **5.2.3.11 Mantenimiento Tablero eléctrico**

1. Verificar el correcto funcionamiento de los pilotos.
2. Suspender el suministro de energía al tablero.
3. Abrir la tapa que protege los contactos.
4. Revisar los elementos de protección. (Fusibles)
5. Revisar recalentamientos en los contactos y en los relés.
6. Verificar ajustes de contactos y ajustar si es necesario.
7. Limpiar elementos y contactos. (Polvo, grasa)

**Figura 31. Proceso de Mantenimiento del equipo. Trabajo sobre piso**



**Figura 32. Proceso de mantenimiento tablero eléctrico**



8. Organizar los cables en el tablero.

9. Habilitar el suministro de energía en el tablero.

10. Verificar mediciones: Tensión, corrientes y cargas.

11. Cerrar el tablero.

### **5.2.3.12 Mantenimiento bomba sumergible**

1. Cortar el suministro de energía a la motobomba.

2. Ponerse los equipos para trabajar en espacios confinados.

3. Ingresar al pozo empleando las prácticas adecuadas.

4. Extraer la motobomba del pozo.

5. Marcar las partes que se van a desarmar de la bomba.

6. Desarmar la base que sujeta el motor.

7. Sacar el impeler.

8. Retirar el sello mecánico.

9. Separar la tapa lado carga del estator del motor.

10. Sacar el rotor.

11. Extraer los rodamientos.

12. Examinar el rotor.

¿Las medidas son correctas?

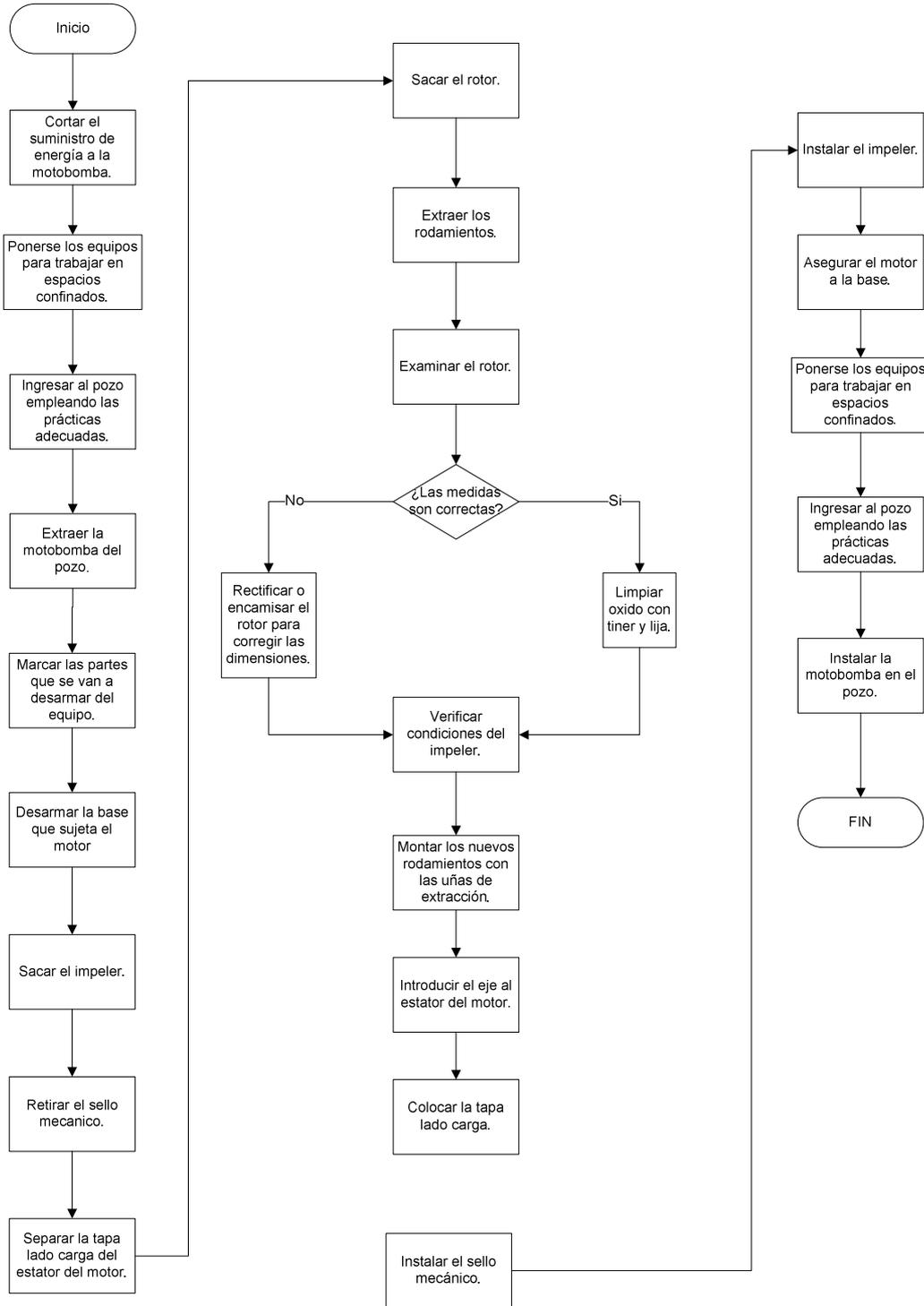
i. No. Llevar la pieza al torno para corregir las dimensiones. (rectificar o encamisar).

ii. Si. Limpiar óxido y pequeñas imperfecciones con lija y tiner.

13. Verificar las condiciones del impeler.

Comenzando a armar

**Figura 33. Proceso de mantenimiento bomba sumergible**



14. Montar los nuevos rodamientos con una prensa hidráulica. O si en el momento no hay posibilidad de la prensa, se utiliza las uñas de extracción. No utilizar golpes para introducir los rodamientos.
15. Comenzar a introducir el eje al estator del motor.
16. Introducir el eje en el estator del motor.
17. Colocar la tapa lado carga.
18. Instalar el sello mecánico.
19. Ensamblar el impeler.
20. Asegurar el motor a la base.
21. Ponerse los equipos para trabajar en espacios confinados.
22. Ingresar al pozo empleando las prácticas adecuadas.
23. Instalar la motobomba en el pozo.

## 6. CONCLUSIONES

-En la documentación se encontró que actualmente el proceso de producción de agua potable de la Universidad se divide en cuatro grandes procesos, los cuales son captación, potabilización, almacenaje y distribución. Cada división del proceso cuenta con equipos propios que son vitales para su funcionamiento.

-En la documentación del proceso de desagüe de pozos de achique se encontró que el sistema está compuesto por tres pozos de achique, los cuales se vuelven independientes entre sí, ya que cada uno de los pozos cuenta con todo el equipo para funcionar de forma autónoma.

-El análisis de criticidad realizado determinó que los subsistemas de potabilización, almacenaje, y distribución, son críticos. Por lo cual todo el sistema de producción de agua se vuelve crítico para la Universidad.

-El análisis de criticidad arrojó que el subsistema de los pozos de achique es muy crítico. Aunque en este sistema dos de sus pozos no alcanzan a calificarse como críticos, el pozo de achique del cuarto de chillers convierte a todo el subsistema como muy crítico debido al impacto en la seguridad humana y el costo en el daño.

-El sistema de desagüe de aguas residuales de la universidad no es crítico.

-Se estandarizaron los procesos de mantenimiento preventivo de los equipos que hacen parte de todo el proceso de producción de agua potable y del subsistema de desagües de los pozos de achique.

## 7. RECOMENDACIONES

Asumir la responsabilidad, por parte del equipo de mantenimiento de la Universidad para poder implementar este trabajo y hacerle una labor de control, teniendo en cuenta los ajustes que se le puedan hacer a la propuesta realizada.

Se recomienda que la metodología aplicada en este proyecto sea replicada para las otras áreas de la Universidad que están creciendo y que están implementando sus propios sistemas de producción de agua.

Es necesario profundizar en el estudio exhaustivo de las motobombas sumergibles, a las cuales no se les pudo levantar la información, debido a que las condiciones actuales del equipo no permitían la toma de estos datos.

Se deben establecer mecanismos de control a los entes externos que realicen actividades de mantenimiento al interior de las instalaciones de la Universidad con el fin de supervisar que las prácticas empleadas sean las adecuadas.

Se recomienda que la Universidad capacite a los auxiliares de mantenimiento en la manipulación de las trampas de grasas de los desagües de los laboratorios del edificio L, ya que no se tiene conocimiento de la existencia de planos ni de las indicaciones con sobre los mantenimientos que se le deben hacer a este equipo.

Por los datos obtenidos en el análisis de criticidad se recomienda rediseñar la trampa de agua del pozo de achique del cuarto de chillers, ya que por su forma colecta basura que arrastran las aguas lluvias causando un atasco de las motobombas sumergible, porque el impacto en la seguridad ambiental y humana requiere sumo cuidado.

Por el análisis de consumo de agua, se sugiere que la Universidad estudie la posibilidad de aumentar el tiempo de autonomía del suministro de agua en caso que se llegase a presentar una falla en el sistema.

Se recomienda al departamento de servicios generales de la universidad, realizar un análisis de confiabilidad a los equipos que el análisis de criticidad arrojó como críticos.

De igual manera se sugiere para los equipos que se clasificaron como semi-críticos pero tienen baja flexibilidad operacional, tener sumo cuidado y realizar controles estadísticos

Se aconseja al departamento de mantenimiento y específicamente a los auxiliares de mantenimiento encargados del sistema hidráulico la utilización de los formatos de trabajo y la realización de las hojas de vida de los equipos.

Se sugiere al departamento de servicios generales la consolidación de las hojas de vida de los equipos, para la creación de la historial de cada uno de los equipos y poder contribuir a la programación de los mantenimientos preventivos de los equipos con soporte estadístico que aumente la confiabilidad del sistema y los equipos y disminuya los mantenimientos correctivos.

## BIBLIOGRAFIA

Decreto 1575 de 2007. PDF.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. España: Díaz de Santos, S.A. 2003.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Seminario. Medellín, 2002.

OMS. Marco Calidad Agua de Bebida (GDWQ). Guías 2004. [en línea]. [Consultado el 13 de octubre, 2011]. Disponible en internet: [www.who/water\\_sanation\\_health/dwq/es/](http://www.who/water_sanation_health/dwq/es/), PDF

PESÁNTEZ HUERTA, Álvaro Eduardo. Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón. Guayaquil, 2007.

Resolución 2115 de 2007. PDF

UNIVERSIDAD ICESI, Plan de Emergencias 2007

**ANEXOS**

**Anexo A. Plan de manejo de la calidad de agua potable**

**PLAN DE MANEJO DE LA CALIDAD DE AGUA**

**ANGELICA MARÍA BORJA BELTRAN**

**ING. INDUSTRIAL**

**COORDINADORA PGSSA**

**FRANCISCO JAVIER GONZALEZ ARANGO**

**TECNOLOGO EN ECOLOGIA Y MANEJO AMBIENTAL**

**AUXILIAR PGSSA**

**CALI – VALLE**



**UNIVERSIDAD ICESI**

## **INTRODUCCIÓN**

El Agua es uno de los recursos más importantes del planeta, son base de la economía y la sociedad (Consumo humano). Una de las problemáticas relacionadas con el agua hace mención al hecho de que en el mundo 2.300 millones de personas sufren por enfermedades provocadas por la mala calidad del agua y por no tener acceso a tecnologías eficiente para la potabilización. Marco Calidad Agua de bebida (GDWQ)-OMS. 2004

La OMS dice a través de este marco que la calidad del agua puede ser controlada por medio de dos acciones claves dentro de la gestión del agua. El primero hace referencia a la protección de las cuencas o fuentes productoras de agua, y el segundo a los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano, junto con la gestión de la distribución y el manejo por parte de los consumidores.

### **1. JUSTIFICACIÓN**

En respuesta a las Políticas nacionales (Leyes y decretos relacionados con la Calidad del agua) e Internacionales sobre la Calidad del agua Potable y dado la importancia de esta relacionada con los temas de salud pública del País. La Universidad ICESI emite a través de su Programa de Gestión En Salud seguridad y Ambiente (PGSSA) el siguiente Plan de Manejo de la Calidad del agua aplicado a su planta de potabilización de Agua de la cual se sirve su comunidad universitaria.

### **2. OBJETIVOS**

Documentar los procesos que nos permitan ejercer un control constante sobre la calidad del agua ofrecida por la Universidad.

Generar propuestas de mejoramiento continuo en las actividades de control como monitoreos, registro de consumos, aforos, gestión del recurso hídrico.

### **3. METODOLOGIA**

La metodología propuesta para el ejercicio de este Plan de manejo propuesto tiene 4 aspectos de referencia.

1. La implementación de la legislación Marco sobre Calidad del Agua, en este caso la Resolución 2115 Junio de 2007 y el Decreto 1575, derogatorio del 475 de 10 marzo de 1998.

2. El monitoreo de las características del Agua (fuente) y Agua potable mediante análisis de laboratorio y posterior estudio de los mismos.

3. El control en planta de los productos y procesos que interviene en la producción de agua potable, su almacenamiento y distribución.

4. Elaboración de un Plan de contingencia para la calidad de Agua.

#### **4. LEGISLACION DE REFERENCIA**

- Ley 09 de 1979 (Aspectos Sanitarios del Agua para Consumo Humano).
- Ley 142 de 1994.
- Resolución 2314 de 1986 (Calidad de los de los insumos utilizados en la potabilización de agua).
- Ras 2000 (Capitulo C) Sistemas de potabilización.
- Resolución 2115 de 2007.
- Decreto 1575 de 2007.

#### **5. DEFINICIONES**

Para efectos del presenta Plan de Manejo de la Calidad Agua se adoptan las siguientes definiciones señaladas en el Decreto 1575 y Resolución 2115 de 2007

**AGUA CRUDA:** Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

**AGUA ENVASADA:** Es el agua potable tratada, envasada y comercializada con destino al consumo humano, entendida como un producto de la industria alimentaria.

**AGUA POTABLE O AGUA PARA CONSUMO HUMANO:** Es aquella que por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD:** Es el estudio que permite evaluar los riesgos a que están expuestos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua.

**BUENAS PRÁCTICAS SANITARIAS:** Son los principios básicos y prácticas operativas generales de higiene para el suministro y distribución del agua para consumo humano, con el objeto de identificar los riesgos que pueda presentar la infraestructura.

**CALIDAD DEL AGUA:** Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

**CERTIFICACIÓN SANITARIA:** Es el acto administrativo expedido por la autoridad sanitaria competente a través del cual se acredita el cumplimiento de las normas y criterios de la calidad del agua para consumo humano, soportado en el concepto sanitario, proferido a solicitud del interesado o de las autoridades de control.

**CONCEPTO SANITARIO:** Es el resultado de evaluar la calidad del agua para consumo humano con base en las visitas de inspección sanitaria y análisis de los criterios y normas de las características del agua, los cuales podrán ser:

1. Concepto favorable: Es el que se emite cuando el sistema de suministro de agua para consumo humano cumple con las Buenas Prácticas Sanitarias, las disposiciones del presente decreto y las demás reglamentaciones sanitarias vigentes.

2. Concepto favorable con requerimientos: Es el que se emite cuando el sistema de suministro de agua para consumo humano no cumple con la totalidad de las Buenas Prácticas Sanitarias, con las disposiciones del presente decreto y las demás reglamentaciones sanitarias vigentes pero no conlleva un riesgo inminente para la salud humana.

3. Concepto desfavorable: Es el que se emite cuando existe riesgo inminente para la salud de los usuarios, o cuando no se haya dado cumplimiento a lo establecido en el concepto favorable con requerimiento.

**FUENTE DE ABASTECIMIENTO:** Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

**INSPECCIÓN SANITARIA:** Es el conjunto de acciones que en desarrollo de sus funciones, realizan las autoridades sanitarias y las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano, destinadas a obtener información, conocer, analizar y evaluar los riesgos que presenta la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua, a identificar los posibles factores de riesgo asociado a inadecuadas prácticas operativas y a la determinación de la calidad del agua suministrada, mediante la toma de muestras, solicitud de información y visitas técnicas al sistema de suministro, dejando constancia de ello mediante el levantamiento del acta respectiva.

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO:** Es el establecimiento público o privado, donde se realizan los procedimientos de análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, el cual debe cumplir con los requisitos previstos en el presente decreto.

**LIBRO O REGISTRO DE CONTROL DE CALIDAD:** Es aquel donde la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano consigna los resultados obtenidos de los análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua suministrada a la población de acuerdo con los requerimientos del presente decreto, la cantidad de agua captada y enviada a las redes, la cantidad de productos químicos utilizados y las novedades presentadas.

**MAPA DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA (MAPA DE RIESGO):** Instrumento que define las acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de las fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, que puedan generar riesgos graves a la salud humana si no son adecuadamente tratadas, independientemente de si provienen de una contaminación por eventos naturales o antrópicos.

**PERSONA PRESTADORA QUE SUMINISTRA O DISTRIBUYE AGUA PARA CONSUMO HUMANO (PERSONA PRESTADORA):** Son aquellas personas prestadoras que, acorde con la Ley 142 de 1994, suministran agua para consumo humano tratada o sin tratamiento.

**PLAN OPERACIONAL DE EMERGENCIA:** Es el conjunto de procesos y procedimientos escritos que elaboran los prestadores del servicio público de acueducto, para atender en forma efectiva una situación de emergencia.

**PLANTA DE TRATAMIENTO O DE POTABILIZACIÓN:** Conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

**PUNTOS DE MUESTREO EN RED DE DISTRIBUCIÓN:** Son aquellos sitios representativos donde se realiza la recolección de la muestra de agua para consumo humano en la red de distribución, de acuerdo con lo definido entre la autoridad sanitaria y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

**RED DE DISTRIBUCIÓN O RED PÚBLICA:** Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las acometidas domiciliarias.

**RIESGO:** Probabilidad de que un agente o sustancia produzca o genere una alteración a la salud como consecuencia de una exposición al mismo.

**SISTEMA PARA LA PROTECCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO:** Es el conjunto de responsables, instrumentos, procesos, medidas de seguridad, recursos, características y criterios organizados entre sí para garantizar la calidad de agua para consumo humano.

**SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO:** Es el conjunto de estructuras, equipos, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano utilizado para la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo humano.

**SUSTANCIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS:** Son aquellas de origen natural o sintético que pueden ocasionar efectos nocivos a organismos con los cuales entran en contacto. Incluye sustancias utilizadas en actividades domésticas, producción de bienes o servicios y plaguicidas, que pueden estar presentes en el agua para consumo humano.

## **6. AGUA CRUDA Y AGUA POTABLE**

La planta de tratamiento de la Universidad ICESI se surte por medio de motobombas eléctricas de agua cruda de origen superficial con un Caudal aproximado de captación de 4.5 M<sup>3</sup>/H aclarando que la planta no funciona en el día más de las 8 Horas.

La producción de agua se mide a través de un medidor de agua localizado en la torre principal todo tanque de almacenamiento está conectado a esta torre y de ahí se distribuye a la red. Con un promedio de consumo de 90 m<sup>3</sup> /día

## **7. CONTROL DE CALIDAD DE AGUA**

Las actividades de control de calidad de agua deben garantizar por los medios necesarios la producción de agua de buena calidad y apta para el consumo humano.

La universidad propone a través del Plan de Manejo de la Calidad del Agua las siguientes actividades:

- La vigilancia sobre las características físicas, químicas y bacteriologías de la fuente de donde se capta el agua para su potabilización en la planta. Por medio de los análisis de laboratorio, los cuales tendrán una frecuencia de 2 Veces al año.
- El control sobre la calidad de los insumos utilizados para producción de agua, principalmente productos químicos como (Desinfectantes y Coagulantes), los

cuales deben cumplir con las normas técnicas de calidad , concentración y registro Sanitario.

- El mantenimiento físico de la planta que está compuesta por los siguientes elementos: Estructura de captación, tanque se mezcla rápida, Filtro mixto de Arena y Carbón activado, Clorador, tuberías, tanques de almacenamiento, medidores y contenedores para el almacenamiento de insumos.
- Control y vigilancia de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua potable, de los cuales se procederá a calcular los IRCA y los niveles de riegos para calidad del agua, teniendo en cuenta la frecuencia/mes de los diferentes análisis.
- El control diario en planta que consiste en el análisis de pH y cloro residual libre (1), la revisión de dichos parámetros en dos (2) puntos diferentes de la red, en horarios y fechas definidos en cronograma de control de calidad de agua.
- Plan de Contingencia de la calidad de agua, el cual consiste en detectar y realizar actividades concretas en el caso de estar comprometida la calidad de agua ofrecida a la comunidad universitaria.

## **8. ANÁLISIS DE LABORATORIO**

Los análisis de laboratorio son una de las principales actividades de control de calidad de Agua; en ellos se mide los parámetros exigidos por los organismos de control y de cumplimiento a las normas vigentes y que sirven al mismo tiempo como marco legal del Plan de Manejo de Calidad de Agua.

El laboratorio ( ) es nuestro proveedor en los servicios de Análisis de Laboratorio para Agua Cruda y potable; Cumple con todas las Licencias de funcionamiento, Acreditación, Metodologías, Sistema de Calidad ISO 9001(Art. 27 Decreto 1575/2007), y expide a interés de la Universidad los resultados de laboratorio bajo los parámetros de la Resolución 2115 de Junio de 2007, dando cumplimiento a las normas vigentes.

Los análisis están separados en dos componentes, el primero comprende los análisis básicos (Físico-químico y Microbiológicos) y los complementarios (COT, Recuento de Mesófilos Aeróbicos, Aluminio, Fluoruros y Trihalometanos). Existen frecuencias y metodologías aprobadas para cada tipo de parámetro a medir.

Anexo. Análisis de laboratorio y frecuencia según Resolución 2115 de 2007

## **9. INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DE AGUA (IRCA)**

El índice de Riesgo para la calidad del agua representa el grado de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas para el agua de consumo humano. (Art. 12 Dec 1575/2007)

Para el Cálculo del IRCA, se asignara el puntaje de riesgo contemplado a cada parámetro a medir dentro de los Ítems de pruebas Físico-Químicas, y Microbiológicas efectuadas en los Análisis de Laboratorio, en el caso de que dichos parámetros no cumplan o excedan los valores aceptables definidos en el Decreto 1575 y Resolución 2115 de 2007.

Es responsabilidad de los órganos de control realizar el Levantamiento del Mapa de Riesgo para la calidad de agua; el cual en su defecto se tomara como referencia por parte de las empresas prestadoras del servicio de Producción y distribución de agua potable que deberán incluir en sus análisis de control los parámetros adicionales presentados en dicho mapa.

Anexo. Cuadro de Parámetros Resolución 2115 de 2007

## **10. REPORTES DE CONTROL**

El Programa de Gestión en Salud, Seguridad y Ambiente (PGSSA), realizara un registro electrónico y en físico de las actividades de control, mantenimiento y emergencias relacionadas con la calidad de Agua, emitiendo un informe mensual sobre las siguientes actividades:

- Consumo Total mes (Medidores Agua Potable).
- Agua Captada (Aforo bombas).
- Resultado de análisis microbiológicos, físicos y químicos (Concepto de idoneidad del agua potable).
- Resultados de análisis complementarios (THMs, Aluminio, Fluoruros, COT), en la frecuencia establecida en el presente Plan de Manejo de la Calidad del Agua.
- Cantidad de Productos utilizados (Cloro, Aluminio, otros).
- Bitácora (Registro control diario en Planta).

### **10.1 CONTROL EN PLANTA**

Esta actividad es realizada diariamente por el encargado del manejo de la planta y consiste en una revisión general del sistema de tratamiento, niveles de los tanques, preparación de las soluciones desinfectantes, pruebas de cloro residual y pH del agua producida (1) prueba en planta antes de su almacenamiento en los tanques, y (2) pruebas en puntos diferentes de la red de distribución o sea (3) controles al día.

## **10.2 MATENIMIENTO DE PLANTA Y TANQUES**

Son las actividades de control que tratan de prevenir el deterioro de las instalaciones utilizadas para el almacenamiento del agua tratada. La revisión se hace sobre elementos como impermeabilización de los tanques, mampostería, lavado y desinfección.

La oficina de Servicios Generales es la encargada de mantener en óptimas condiciones las instalaciones de la Planta de tratamiento. El lavado de tanques tendrán una frecuencia de (2) veces al año como mínimo o cada vez que se realice una adecuación en los mismos, estos se someterán a un proceso de desinfección.

## **11. PLAN DE CONTIGENCIA**

Son todas las actividades y procesos encaminados a solucionar emergencias inesperadas relacionadas con el deterioro de la calidad de agua ofrecida por la planta de tratamiento de agua Universidad ICESI.

Dentro de estas actividades se identifican los riesgos a los que está sometido el sistema (Vulnerabilidad), Manejo de Emergencias de calidad de agua, Sistemas de Alerta, Evaluación y nueva puesta en marcha del Sistema de producción de agua.

### **11.1 RIESGOS**

La Planta de tratamiento de Agua de La Universidad ICESI, está bajo la influencia de los riesgos identificados y evaluados en el Plan de Emergencia 2007, dentro del cual se definen unos escenarios de riesgos relacionados con su actividad económica, la ubicación y el entorno físico que rodea la Universidad, este permite verificar los posibles daños y pérdidas que se pueden presentar dentro de la institución al momento de ocurrir algún evento en condiciones de Vulnerabilidad.

Descripción del Escenario

Edificación Universitaria construida en ladrillo, máximo 4 Niveles, conformados por edificios con aulas, oficinas, biblioteca, cafeterías, taller Mantenimiento, taller Diseño, Planta de tratamiento Agua Potable, parqueaderos y Zonas deportivas.

Riesgos identificados:

- Sismo
- Inundación
- Explosión
- Tormentas Eléctricas
- Derrames líquidos
- Amenaza de Bomba
- Asonada
- Disturbios Civiles

## **11.2 VULNERABILIDAD**

Es la determinación del nivel de riesgo al que está expuesta la Institución, la cual permite definir los planes de acción para prevenir y minimizar la incidencia de una emergencia y sus consecuencias.

### **<sup>7</sup>Plan de Emergencia 2007**

#### **11.3 POSIBLES QUE PUEDEN AFECTAR LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE**

Dentro de las situaciones o posibles que se pueden presentar en la Universidad con base en el Plan de Emergencia 2007, y pueden afectar el abastecimiento de agua potable por medio de la cual se sirve la comunidad Universitaria, se presentan los siguientes posibles o situaciones:

- Contaminación de la fuente de Agua (pozo)
- Parámetros no Aceptables de los análisis físico-químicos y Microbiológicos
- Alteraciones Organolépticas del Agua (olor, color, Sabor)
- Falla de los equipos de bombeo
- Daños en estructura de la Planta (Tanques de mezcla o Almacenamiento).
- Daños en la red de distribución
- Daños en instrumentos de Medición, filtración y Cloración.
- Inundaciones
- Sequías

---

<sup>7</sup> Plan de Emergencias Universidad ICESI 2007 (Análisis General de riesgos y vulnerabilidad)

- y otras situaciones resultadas de riesgos identificados dentro del Plan de Emergencia que puedan llegar a afectar la Calidad del agua o la prestación del servicio.

#### **11.4 CATEGORIAS**

Por medio de las categorías buscamos clasificar las situaciones de acuerdo a nivel de importancia y obligatoriedad a las que están sometidas las acciones de respuesta a dichas emergencias. Las categorías se definen:

1. Situación Crítica (Obligatoriedad Alta): Comprende situaciones graves de alteración de la calidad del agua que no permite el consumo Humano del agua, o daños importantes sobre la infraestructura de mantenimiento que no permite su funcionamiento adecuado (Contaminación agua, daños filtros, deficiencia en los procesos de cloración, daños en red graves que no permitan la distribución) o que estén identificados dentro de los escenarios de riesgos anteriormente descritos.

2. Situación Media(Obligatoriedad Media –Seguimiento): Está constituida por situaciones que pueden restringir temporal o parcialmente el funcionamiento de la planta o el servicio de distribución de agua para consumo (arreglos de elementos como clorador – filtro- bombas- tuberías y otros que no revistan el corte de suministro por más de 4 horas o cortes de emergencia por situaciones críticas.

3. Situación Baja(Seguimiento): Suspensión parcial menor a 3 horas para actividades de mantenimiento de la planta de producción y red de distribución (La constituyen principalmente acciones de mantenimiento programadas que no afecte el normal funcionamiento de las Actividades Educativas)

#### **11.5 SISTEMAS DE ALARMA**

Están constituidos por los mecanismos para detención de problemas relacionados con la calidad de agua. Serán activados por el PGSSA quien es el encargado de monitorear los resultados de laboratorios y los controles en planta

La universidad no cuenta con sistemas de alarma de medición directa en la fuente de captación de agua (Pozo), se realizan análisis con una frecuencia de (2) veces al año para realizar un monitoreo y control de sus características físico-químicas y Microbiológicas, cualquier alteración de los parámetros será tenido en cuenta como un riesgo de alteración de la calidad de agua que luego será tratada.

Para el agua potable sin embargo se cuentan con dos mecanismos para detectar problemas relacionados con la calidad de agua, el primero son los controles en planta sobre parámetros básicos como pH y Cloro Res. Los cuales son de fácil

variación a presentarse contaminación por ejemplo materia orgánica en la cual ocurre una disminución importante en dichos niveles al oxidarse dicha materia por la acción del Cloro, el pH disminuye por la acidez liberada en este proceso de oxidación de sustancias orgánicas, el segundo los representan los análisis físico-químicos, microbiológicos y complementarios (COT, Aluminio, Fluoruros y Trihalometanos) realizados en laboratorio en la Frecuencia indicada en el Plan de Manejo de Calidad de Agua.

Una vez detectada la alteración de la calidad de agua se activa el sistema de alarma y se procede de la siguiente manera:

1. Detención de la situación causante de la alteración de los parámetros de calidad de agua – Se activa el sistema de alarma
2. El PGSSA procede a activar el Plan de Contingencia propuesto en el Plan de Manejo de la Calidad de Agua.
3. El PGSSA comunica al Comité de Emergencias de la Calidad de Agua (CEDCA)
4. Si la situación presente es de Categoría Crítica o Media se procede a Comunicar a través del CEDCA la población Universitaria la restricción sobre el Consumo y Uso del agua.
5. El comité apoyara las medidas necesarias y la inversión de presupuesto para solventar de manera rápida la emergencia.

#### **11.6. ACTIVACIÓN PLAN DE CONTIGENCIA**

Esta se hará de manera inmediata según el nivel o categoría de la situación de Emergencia. Será ordenada por el Coordinador del PGSSA y Coordinada junto con el jefe de Servicios Generales para categorías Medias y Bajas con reporte a los Jefes de CEDCA. Para Emergencias de Categoría Crítica reportadas por el PGSSA al Comité de Emergencias describiendo la situación en la que haya un peligro inminente sobre la salud de la población servida, la decisión o orden de Restricción de consumo y distribución será Ordenada por los Jefes del Comité siempre que estas situaciones alteren el normal funcionamiento de la Universidad en cuanto a la prestación de dicho servicio.

## **11.7 ACCIONES**

Se suponen varias situaciones, se clasifican en categorías y se ingresan en un cuadro el cual nos indica cómo actuar ante dicha eventualidad de llegarse a presentar, y explica el proceso mediante el cual se manejará la emergencia.

Anexo. Cuadro plan de Contingencia

Dentro de las acciones propuestas en este Plan de Contingencia de Calidad de Agua como respuestas a situaciones de riesgo que amanecen la calidad de agua suministrada a nuestra población estudiantil, laboral y visitante, encontramos las siguientes:

- Suspensión del suministro de Manera total, Temporal o parcial
- Control en planta
- Análisis de Laboratorio Extras básicos o complementarios
- Adecuaciones de prevención (lavado de tanques, mantenimiento general)
- Toma de agua de Contingencia
- Abastecimiento parcial (Carro-tanques)

## **12. RECURSOS**

Son todos aquellos elementos con los cuales cuenta la Institución para solventar una Emergencia relacionada con la Calidad del Agua, los cuales pueden ser Calificados en cuatro tipos:

1. Humanos (personal de mantenimiento, seguridad, Brigada, Coordinador PGSSA y Directivos)
2. Tecnológicos (Análisis de laboratorio, técnicas de tratamiento de agua, instrumentos, Plan de Contingencia y sistemas de Comunicación)
3. Económicos (para solventar análisis complementarios y otras inversiones que se requieran)
4. Recursos exteriores estarían las entidades de control (Salud Pública) los cuales servirían como asesores y apoyo al plan de contingencia.

## **12. 1 COMITÉ EMERGENCIA CALIDAD DE AGUA (CEDCA)**

El comité sirve de Apoyo a las acciones contempladas en el Plan de Contingencia, ya que Administra los recursos necesarios solventar las emergencias con respecto a la calidad del Agua. Este comité está conformado por:

- El Rector y Gerente Administrativo (Como jefes del Comité)
- Coordinador del PGSSA
- Jefe de Servicios Generales y Asistente encargado del funcionamiento de la planta.
- Jefe de Brigada

## **13.1 COMUNICACIÓN**

Es uno de los elementos claves al momento de enfrentar cualquier tipo de Emergencia. La Universidad comunicara por todos los medios necesarios a la comunidad las Situaciones de emergencia relacionadas con la Calidad de Agua de Consumo que amenacen la salud con autorización expresa del Rector en la cual se explicara el tipo de situación la restricción y todos los procedimientos y acciones a realizar para enfrentar dicha situación.

## **13.2 VUELTA A LA NORMALIDAD.**

Después de la Evaluación del funcionamiento de la planta y la optima Calidad del Agua se Emitirá por Parte del PGSSA con base en los resultados de laboratorios, con reporte al CEDCA, el cual realizara el levantamiento de la Emergencia con una Comunicación de Vuelta a la normalidad sobre la Calidad de Agua y funcionamiento de Agua a toda la comunidad.

## **13.3 REPORTE**

Las Emergencias relacionadas con la Calidad de Agua y el funcionamiento deben quedar registradas en los libros de control llevados por el PGSSA, junto con los reportes y procedimientos generados de dicha situación de Emergencia.

## **14. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL**

El personal encargado (Aux. Servicios Generales) de la planta de Tratamiento de agua, posee formación adecuada en la relacionado con el funcionamiento, mantenimiento, preparación de los desinfectantes, y de más requerimientos necesarios para ofrecer una calidad en los procesos de producción de agua.

Anexo (capacitación del operario)

La Universidad ICESI a través del Auxiliar del PGSSA ejercerá el control de calidad de los procesos y es el encargado de rendir los informes mensuales anteriormente mencionados y de dar el concepto de Calidad de agua potable a la Comunidad universitaria. El Auxiliar del PGSSA cuenta con la formación idónea para llevar a cabo dichas funciones. Anexo (Capacitación)

## **15. PROPUESTAS**

Las propuestas aquí descritas buscan un mejoramiento de las actividades de control y por ende del Plan de manejo de la calidad Agua potable, el cual debe retroalimentarse para el mejoramiento de los procesos de producción de agua, los cuales tienen gran influencia en la salud y bienestar de la población Universitaria, se plantean las siguientes propuestas:

- Adquirir instrumentos de Control en Planta como pH-metros, clorómetros eléctricos, y conductivímetro eléctrico.
- Continuar con la Capacitación del Personal a cargo del manejo de la planta de producción de Agua.
- Tener a disposición una fuente alterna de captación de Agua (pozo o superficial), que pueda ser usado en caso de Emergencias para producción de agua.

## Anexo B. Formato de análisis de criticidad

### Criterios de criticidad y su cuantificación

Criterios para determinar criticidad	Cuantificación
<b>Frecuencia de Falla</b>	
1= 1-4 fallas	
2= 4-7 fallas	
3= 7-10 fallas	
4=11 o más fallas	
<b>Impacto Operacional</b>	
Parada inmediata del funcionamiento de la Universidad	
Parada de la Universidad (recuperable)	
Impacto en ciertas áreas de la U.	
Repercute a costos operacionales adicionales (indispensable)	
No genera ningún efecto significativo sobre las demás áreas	
<b>Flexibilidad Operacional</b>	
No existe opción de funcionamiento y no hay forma de recuperarlo	
Existe opción de repuesto compartido	
Función de repuesto disponible	
<b>Costo de Mantenimiento</b>	
Mayor o igual a 1.500.000	
Menor a \$1.500.000	
<b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	
Afecta las instalaciones causando daños severos	
Provoca daños menores (accidentes)	
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o ambiente	
Fórmula:	$Criticidad\ Total = Frecuencia * Consecuencia$

Consecuencia= (Impacto\_Operacional\*Flexibilidad)+Costo\_Mtto.+Impacto\_SAH