



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA EN
EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PLANTA EL CAMBRAY**

Sergio Virgilio Cruz Alvarado

Asesorado por el Ing. Efraín Andrés Paiz Cano

Guatemala, noviembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA EN
EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PLANTA EL CAMBRAY**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SERGIO VIRGILIO CRUZ ALVARADO

ASESORADO POR EL ING. EFRAÍN ANDRÉS PAIZ CANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

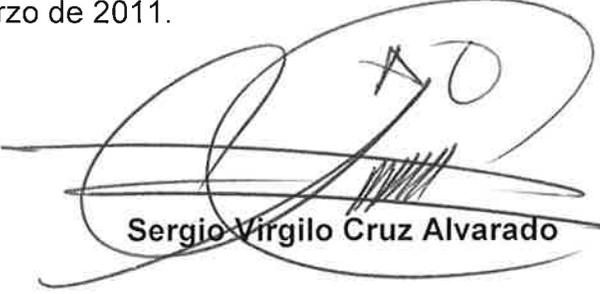
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PLANTA EL CAMBRAY

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 15 de marzo de 2011.



Sergio Virgilio Cruz Alvarado

Guatemala, 12 de Julio de 2013

Señor Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Señor Director:

Cumpliendo con lo resuelto por la Dirección, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de Graduación titulado **“ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PLANTA EL CAMBRAY”**, desarrollado por el estudiante universitario Sergio Virgilio Cruz Alvarado, previo a optar al título de Ingeniero Industrial.

El trabajo presentado ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, consultando la bibliografía adecuada y seguido las recomendaciones de la asesoría.

Considero que el trabajo ha cubierto el estudio planeado, habiendo proyectado soluciones de ingeniería, por lo que me permito recomendar su aprobación.

Atentamente,


Ing. Efraín Andrés Paiz Cano
Colegiado 7675
Asesor

Efraín Andrés Paiz Cano
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 7.675



REF.REV.EMI.161.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN Y REDUCCIÓN DE PERDIDA DE AGUA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PLANTA EL CAMBRAY**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Virgilio Cruz Alvarado**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6152

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2013.

/mgp



REF.DIR.EMI.298.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PLANTA EL CAMBRAY**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Virgilio Cruz Alvarado**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2013.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS PARA LA DETERMINACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PLANTA EL CAMBRAY**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Virgilio Cruz Alvarado**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Reginos
Decano



Guatemala, noviembre de 2013

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por guiarme y por darme la oportunidad de alcanzar mis metas.
Mis padres	Cristina Alvarado Mazariegos viuda de Cruz y Héctor Cruz (q.e.p.d.), por darme la vida y creer en mí.
Mis hermanos	Por estar siempre ahí y apoyarme en el momento que más necesité.
Mis cuñados	Por ser parte de mi familia y motivarme cuando las cosas parecían difíciles.
Los ingenieros	Andrés Efraín Paiz Cano y Erik Fernando Hernández Ramírez, por su amistad y apoyarme en este trabajo.
Universidad, San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de fijarme una meta profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser la fuente de mis conocimientos y mi desarrollo personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. Antecedentes generales de la planta	2
1.1.1. Reseña histórica	3
1.1.2. Ubicación de la planta.....	6
1.2. Medición de los parámetros físicos del agua en la planta según las normas COGUANOR	8
1.2.1. Medición de color.....	11
1.2.2. Medición de turbiedad.....	15
1.2.3. Medición de Ph (acidez del agua).....	18
2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	
2.1. Tipos de captación de agua en la Planta.....	21
2.1.1. Por gravedad de presa Pínula	21
2.1.2. Por bombeo de estación Hincapié	22
2.2. Estado actual de los equipos del proceso de tratamiento	22
2.2.1. Floculadores	23
2.2.2. Sedimentadores.....	24
2.2.3. Filtros rápidos	26

2.2.4.	Tanques de distribución de agua potable	27
2.2.5.	Tanque de recuperación.....	28
2.3.	Recurso humano en la planta	29
2.4.	Descripción del proceso de tratamiento de agua potable.....	33
2.4.1.	Diagrama de operaciones del proceso	35
2.4.2.	Flujograma del proceso	37
2.5.	Cuantificación de pérdida de agua en la planta	39
2.5.1.	Por mantenimiento de equipo.....	39
2.5.2.	Por uso doméstico en la planta	42
2.5.3.	Pérdida de agua por daños en el equipo	43
2.6.	Análisis de la pérdida de agua	45
2.6.1.	Diagrama de Pareto	45
2.7.	Cuantificación de costos actual	48

3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1.	Guías para el abastecimiento de agua potable según el INFOM.....	51
3.2.	Costo del metro cúbico de agua por operación.....	54
3.3.	Reducción de pérdida de agua en puntos críticos del proceso	59
3.3.1.	En mantenimiento del equipo	60
3.3.2.	Costo de la propuesta	63
3.3.4.	Responsable de la implementación.....	63
3.3.5.	Tiempo de la implementación.....	64
3.4.	Comparación de resultados en uso de agua en la planta	65
3.4.1.	Por mantenimiento de equipo antes de la implementación vrs después de la implementación.....	65
3.5.	Análisis financiero	66

3.5.1.	Análisis beneficio costo de la propuesta a Implementar	70
3.5.2.	Tiempo de recuperación de la inversión	71
4.	MEDIO AMBIENTE COMO FACTOR EXTERNO	
4.1.	La importancia de las plantas de tratamiento de agua potable en Guatemala	76
4.1.1.	Organismos de Cooperación Técnica Internacional ...	78
4.1.2.	Contaminación por factor humano	79
4.1.2.1.	Crecimiento poblacional.....	79
4.1.2.2.	Drenajes a flor de tierra.....	80
4.1.3.	Contaminación por factor industrial.....	81
4.1.3.1.	Tipos de industrias	82
4.1.4.	Leyes que regulan el origen de desechos sólidos o líquidos de origen doméstico e industrial	83
4.1.4.1.	Falta de sanciones a las industrias que contaminan el medio ambiente	88
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	
5.1.	En mantenimiento al equipo	92
5.2.	Cronograma de mantenimientos al equipo	96
5.3.	<i>Check –list</i> del mantenimiento al equipo	99
5.4.	Personal necesario en seguimiento y mejora continua	105
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES.....	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Planta El Cambray	7
2.	Comportamiento del potencial de hidrógeno	19
3.	Cámaras de floculación	24
4.	Cámaras de sedimentación	25
5.	Cámaras de filtración	27
6.	Tanque de distribución	28
7.	Tanque de recuperación.....	29
8.	Organigrama de Planta El Cambray.....	30
9.	Diagrama de operaciones	36
10.	Flujograma del proceso	38
11.	Cantidad de sedimento en la cámara de sedimentado	40
12.	Comparación, uso y pérdida de agua en Planta El Cambray	47
13.	Porcentaje de costo por metro cúbico de agua en temporada Lluviosa	57
14.	Porcentaje de costo por metro cúbico de agua en temporada no Lluviosa	58
15.	Gráfico del Beneficio Costo	69

TABLAS

I.	Límites permisibles de las características físicas del agua	11
II.	Determinación de colorimetría.....	14
III.	Límites de turbiedad	17

IV.	Volumen de agua desperdiciada en cámaras de sedimentación	41
V.	Volumen de agua desperdiciada en un año.....	41
VI.	Consumo de agua por uso doméstico	43
VII.	Desperdicio de agua por daños al equipo.....	44
VIII.	Resumen del uso o pérdida de agua en Planta El Cambray	46
IX.	Cuantificación del costo por metro cúbico de agua.....	49
X.	Desglose del costo por metro cúbico de agua en periodo mayo a Octubre	55
XI.	Desglose del costo por metro cúbico de agua en periodo noviembre a Abril.....	56
XII.	Características del equipo de bombeo propuesto.....	62
XIII.	Cronograma de implementación del proyecto de reducción de desperdicio de agua.....	64
XIV.	Uso de agua en Planta El Cambray antes de la implementación del método propuesto	65
XV.	Uso de agua en Planta El Cambray después del método propuesto..	66
XVI.	Cronograma de mantenimiento al equipo para el método propuesto .	98
XVII.	Lista de chequeo propuesta al mantenimiento y equipo	104

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de fuerza
λ	Longitud de onda
m^3	Metros cúbicos
nm	Nanómetro
pH	Potencial de hidrógeno
%	Porcentaje

GLOSARIO

Aminoácido	Molécula orgánica.
Agua potable	Agua que ha sido procesada y garantizada como sanitariamente segura para el consumo humano.
Aguas residuales	También se les llama aguas servidas y son las aguas que han sido usadas por el ser humano.
Bacteria patógena	Son bacterias que causan enfermedades infecciosas.
Captación	Entrada de aguas servidas al proceso potabilizador.
Coagulación	Separación de las impurezas en el agua en forma granulo notándose de esta manera separación del agua y sus impurezas.
Desinfección	Proceso en el cual se desinfecta el agua
EMPAGUA	Empresa municipal de agua
Filtro	Cámara en donde se filtra el agua para eliminar las micro impurezas.
Floculador	Cámara en donde las impurezas empiezan a separarse del agua en forma de gránulo o flóculo.
INFOM	Instituto nacional de fomento municipal

JICA	Agencia japonesa de cooperación técnica internacional.
LMA	Límite máximo aceptable.
LMP	Límite máximo permisible
Meningitis	La meningitis es una enfermedad, caracterizada por la inflamación de las meninges.
Nefelometría	Es un procedimiento analítico que se basa en la dispersión de la radiación que atraviesan las partículas de materia.
Nefelómetro	Sensibilidad del turbidímetro basado en principios de nefelometría permite medir con precisión diferencias de turbiedad de 0.02 UNT (Unidades nefelométricas de turbiedad).
Normas Coguanor	Normas que permiten establecer la calidad del agua potable y garantizar que sea segura para consumo humano.
OMS	Organización mundial de la salud
Pérdida de agua	Como pérdida de agua se entiende al agua que es trasladada desde los puntos de captación hacia la planta de tratamiento de agua potable y que por algún motivo no es distribuida la red.

Plancton	Se denomina plancton al conjunto de organismos, principalmente microscópicos, que flotan en aguas saladas o dulces.
Red de distribución	Es un conjunto de elementos compuestos de tuberías, válvulas, hidrantes e interconexiones que contribuyen a conducir y distribuir agua potable, para que ésta llegue a cada conexión domiciliar con calidad, cantidad y presión adecuada.
Sedimentación	Unión y asentamiento de impurezas en forma de sedimento.
Sedimentador	Cámaras en donde el sedimento se separa del agua y se asienta.
Tanque de distribución	Tanque en donde se almacena el agua potable lista para su distribución.
Turbiedad	Se refiere al color lodoso del agua, causado por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos o partículas orgánicas.
UNT	Unidades nefelométricas de turbidez
VPN	Valor presente neto

RESUMEN

Este proyecto empezó cuando se hizo necesario conocer la cantidad de agua que se perdía en la planta de tratamiento de agua potable El Cambray.

Se hizo el estudio de la cuantificación de la pérdida de agua que se tenía en cada estación del proceso de tratamiento de agua potable, así como el consumo de agua por factor humano en dicha planta, de igual manera se calculó la pérdida de agua en que se incurría por fugas ocasionadas por daños en el equipo de conducción: tuberías, empalmes y llaves de paso.

De acuerdo a esta cuantificación, se llegó a la conclusión que en lavado o mantenimiento a sedimentadores es en donde se incurría en mayor pérdida de agua, debido que al momento de mantenimiento o lavado a sedimentadores no importando la proporción de sedimento y de agua que se tuviera solo se abrían las llaves de paso y tanto el sedimento como el agua se conducían hacia el drenaje, incurriendo en una pérdida de agua en promedio mensual de 1 275 metros cúbicos.

De acuerdo a los resultados obtenidos se aprecia que en mantenimiento o lavado de sedimentadores es en donde se incurre en mayor pérdida de agua y se propone nuevo método de lavado implementado equipo de bobeo portátil para reducir dicha pérdida. Con la implementación del nuevo método de lavado o mantenimiento a sedimentadores se dejan de desperdiciar 1 275 metros cúbicos de agua que son suficientes para abastecer una comunidad, asentamiento o poblado de por lo menos 40 familias mensualmente

OBJETIVOS

General

Determinar y reducir la pérdida de agua en el proceso de tratamiento de agua potable de la Planta El Cambray.

Específicos

1. Conocer el proceso de tratamiento de agua potable que se desarrolla dentro de la planta.
2. Determinar la pérdida de agua en todo el proceso de tratamiento potabilizador.
3. Determinar el consumo doméstico de agua en la planta.
4. Comparar el consumo actual de agua en la planta, tanto operativo como doméstico, para proponer optimización del recurso en la donde exista mayor pérdida.
5. Consultar las normas para el tratamiento de agua potable COGUANOR como análisis comparativo en el proceso.
6. Cuantificar la pérdida de agua en la planta y proponer mejoras en el proceso donde exista pérdida considerable.

7. Determinar el recurso económico que la empresa deja de percibir por dicha pérdida.
8. Determinar por medio de análisis financiero el costo de la propuesta a implementar, así como el tiempo de recuperación de la inversión.
9. Implementar nuevos métodos de lavado en sedimentadores como medida de reducción en uso de agua.

INTRODUCCIÓN

El Cambray es una planta que se dedica al tratamiento de agua potable su abastecimiento es a través de fuentes superficiales, la primera fuente de abastecimiento son aguas servidas que se trasladan desde la estación Hincapié que fue construida en 1968, ubicada en kilómetro 7 de la carretera a Santa Catarina Pínula, la segunda fuente de abastecimiento es desde la estación Pínula que se encuentra en el municipio de Santa Catarina Pínula del departamento de Guatemala, a dos kilómetros de distancia en dirección suroeste.

El tratamiento inicia cuando se mide la calidad del agua haciendo un análisis a través de las características químicas, físicas y biológicas. El proceso de tratamiento de agua potable en esta planta se hace a través de la eliminación de la turbiedad, el cual se lleva a cabo mediante proceso de coagulación, sedimentación, filtración y desinfección.

Este estudio consiste en la determinación y cuantificación de pérdida de agua en el proceso de tratamiento de agua potable, analizando y cuantificando el uso de agua en mantenimiento al equipo, cuantificando el agua por uso doméstico y cuantificando la pérdida de agua por daños al equipo. En este estudio se entiende por pérdida de agua, el agua que entra a la planta y que por algún motivo no es trasladada como agua potable a la red de distribución. La pérdida de agua puede ser: por mal uso o desperdicio, fugas por daños en el equipo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

En 1782 por decreto surgió la Dirección de Aguas como dependencia de la Municipalidad de Guatemala. En 1918, se inicia la aplicación del cloro a las aguas que surten la capital; en 1950 la Municipalidad de Guatemala dispuso controlar el uso del agua por medio de medidores.

Cuando el Gobierno Central tomó la decisión de realizar por su propia cuenta el Acueducto Nacional Xayá Pixcayá, obtuvo financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y promovió ante la municipalidad citadina la transformación de la dirección de aguas y drenajes municipales en la empresa especializada en la prestación del servicio de agua potable, creándose para el efecto la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA), por acuerdo municipal del 28 de noviembre de 1972 .

EMPAGUA se divide en las siguientes plantas de tratamiento de agua:

- El Cambray y Planta de Bombeo Hincapié
- La Brigada
- Las Ilusiones y Estación de Bombeo El Atlántico
- Estación de Bombeo Ojo de Agua
- Santa Luisa
- Xayá-Pixcayá y Planta de Tratamiento Lo de Coy

1.1. Antecedentes generales de la planta

La Planta El Cambray está ubicada en la 20 calle final de la zona 10 en el municipio de Guatemala del departamento de Guatemala. Esta planta forma parte de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), su función principal es recolectar aguas servidas y transformarlas en agua potable. Con su red de distribución abastece a las zonas 13, 14 y 15 de la ciudad de Guatemala. El tratamiento de agua para hacerla potable tiene el propósito de eliminar los microorganismos, sustancias químicas, caracteres físicos y radiológicos que sean nocivos para la salud humana y esta pueda ser consumida.

Normalmente las fuentes de abastecimiento para las plantas de tratamiento de aguas son las llamadas fuentes superficiales que van a nivel del suelo. Las fuentes superficiales pueden ser: ríos, lagos, lagunas y arroyos.

Las fuentes de agua superficiales se consideran contaminadas y por tanto deben ser tratadas, el tratamiento inicia cuando se mide la calidad del agua haciendo un análisis a través de las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas y luego en base a los parámetros obtenidos se procede a dicho tratamiento.

El agua no se encuentra naturalmente libre de impurezas porque está normalmente contaminada por impurezas que se encuentran en el aire y el suelo. Las impurezas pueden ser orgánicas o inorgánicas, ya sea disueltas, o en forma de material particulado. Estas impurezas pueden provenir de la degradación biológica de sustancias orgánicas que producen ácidos grasos, carbohidratos, aminoácidos e hidrocarburos; de sustancias inorgánicas como metales tóxicos, material particulado como: arcillas y sedimentos, microorganismos como: bacterias, virus y protozoos.

Para el tratamiento de de las aguas servidas se utiliza cloro. La cloración conlleva también un control biológico y químico, con respecto al primero, señalamos que su acción germicida elimina bacterias, mohos y algas, controla los microorganismos molestos que suelen crecer en lugares de reposo de agua.

El control químico es aquel que se encarga de destruir el sulfuro de hidrógeno y eliminar el amoníaco como otros compuestos nitrogenados que generan sabores desagradables y obstaculizan cualquier tipo de desinfección en el proceso de tratamiento de agua potable.

Cuando se añade cloro al agua en forma de Cl_2 gas (cloro gaseoso) se producen dos reacciones: la reacción de hidrólisis y la de ionización.

La hidrólisis, es una reacción química entre una molécula de agua y en este caso una molécula de cloro, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasa a formar parte de otra especie química. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente mientras el cloro realiza su papel de desinfección.

La ionización, ocurre por transferencia de electrones y es un fenómeno químico o físico mediante el cual se producen iones, estos son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o la falta de electrones.

1.1.1. Reseña histórica

Las bacterias fueron descubiertas en 1680. Alrededor de 1880, algunas investigaciones demostraron que las denominadas patógenas eran la causa de determinadas enfermedades, comprobándose que muy pequeñas cantidades de determinados productos químicos eran capaces de eliminarlas. De entre

estos, el cloro y sus compuestos se mostraron tan económicos y eficaces que la historia de la desinfección del agua es, esencialmente, la historia de la cloración.

La cloración del agua puede regularse para obtener varios grados de acción:

- Bacteriostática: inhibe el crecimiento del organismo, sin causar la muerte de éste.
- Desinfectante: destruye los microorganismos que causan infección o enfermedad.
- Esterilizante: cuando, infrecuentemente, el cloro se aplica en tales cantidades que destruye todos los microorganismos.

La historia del abastecimiento del agua potable en la ciudad de Guatemala data de antes del traslado de la ciudad al Valle de la Ermita. En 1774 se realizó un estudio de la introducción de las aguas de Mixco, Pansalique, Pancochá, Belén, Pínula, Acatán y Agua Bonita. El agua se suministraba sin presión y sin un sistema de medida.

En Planta El Cambray la captación de aguas superficiales se hace desde la estación Hincapié que fue construida en 1968 mientras que la captación de aguas nacidas se hace desde la estación Pínula que se encuentra en el municipio de Santa Catarina Pínula del departamento de Guatemala a dos kilómetros de distancia de la planta en dirección suroeste.

En 1998 la planta de tratamiento de aguas servidas El Cambray fue rehabilitada por el apoyo técnico y financiero de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA).

El agua proveniente de ríos está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos requiriendo un proceso complejo para su tratamiento. La turbiedad o transparencia del agua (color), el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año debido a que en invierno el agua de captación es abundante pero debido a las lluvias esta llega a la Planta El Cambray con poca transparencia debido a su alta turbidez, mientras que en periodo de verano el caudal de agua de captación se reduce pero el agua llega a la planta con menos turbidez.

El proceso de tratamiento de agua potable en esta planta se ha hecho a través de la eliminación de la turbiedad, este proceso se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, sedimentación, filtración y desinfección.

Los procesos de coagulación y sedimentación se emplean para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de tratamiento especial, mientras mayor sea el tiempo de reposo, mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbiedad será menor, haciendo el agua más transparente.

El proceso de filtración se hace para eliminar en su totalidad cualquier partícula de sedimento que el agua contenga, esto se hace antes de pasar al proceso de desinfección, en el proceso de desinfección se eliminan por completo todas las bacterias patógenas que pudiera traer el agua y que causan enfermedades al ser humano, como la amiba de vida libre y otros parásitos comunes en el ambiente.

Después del proceso de desinfección el agua es conducida a los tanques de almacenamiento y distribución.

El propósito de los tanques de almacenamiento y distribución de agua potabilizada es mantener mayor tiempo de contacto al cloro con el agua, para un mayor tiempo de exposición con el químico desinfectante y de esta manera una mejor calidad del agua, estos tanques también permiten a Planta El Cambray contar con volumen disponible para cubrir la demanda requerida.

De todos los desinfectantes utilizados, el cloro es el más común a nivel mundial. La razón de este hecho radica en que cumple la mayoría de los requisitos que se plantean al seleccionar un desinfectante ya que permite eliminar prácticamente los brotes de muchas enfermedades como: cólera, fiebres tifoideas, poliomielitis, meningitis, etc.

1.1.2. Ubicación de la planta

La planta está ubicada en la 20 calle final zona 10, entre los límites de la ciudad de Guatemala y el municipio de Santa Catarina Pínula.

La Planta El Cambray se construyó cuando la Capitanía General se trasladó al valle de la Ermita en 1776 y cuyos vestigios aún se observan en el llamado Acueducto de Pínula (zonas 13 y 14), que hoy en día está considerado patrimonio histórico nacional.

La ubicación de la planta es adecuada para la distribución de agua potable, usando el método por gravedad abastece a las zonas 13, 14 y 15 de la ciudad de Guatemala, para una mejor comprensión de la ubicación de esta planta de tratamiento de agua potable, se muestra la figura 1.

1.2. Medición de los parámetros físicos del agua en la Planta El Cambray según las Normas Coguanor

Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias.

Los procesos biológicos hacen que las aguas dulces pueden presentar un elevado número de sustancias en su composición química natural, dependiendo de diversos factores tales como las características de los terrenos atravesados, las concentraciones de gases disueltos, etc. Entre los compuestos más comunes que se pueden encontrar en las aguas dulces están: como constituyentes mayoritarios los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos, como constituyentes minoritarios los fosfatos y silicatos, metales como elementos traza y gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono.

La composición química natural de las aguas puede verse alterada por actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales, principalmente. La consecuencia es la incorporación de sustancias de diferente naturaleza a través de vertidos de aguas residuales o debido al paso de las aguas por terrenos tratados con productos agroquímicos o contaminados.

Estas incorporaciones ocasionan la degradación de la calidad del agua revocando diferentes efectos negativos como la modificación de los

ecosistemas acuáticos, la destrucción de los recursos hidráulicos, riesgos para la salud, incremento del coste del tratamiento del agua para su uso.

Las aguas contaminadas presentan compuestos diversos en función de su procedencia: pesticidas, aceites y grasas, metales pesados, etc. La composición específica del agua influye en propiedades físicas tales como densidad, tensión de vapor, viscosidad, conductividad, etc.

La Normas Coguanor, de conformidad con lo que establece el artículo 1º del decreto No. 1 523, la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el Organismo Nacional de Normalización, adscrito al Ministerio de Economía, los cual se ratifica en el Decreto No. 78-2005, Ley del Sistema Nacional de la Calidad.

Usualmente cuando se examina el agua, las primeras propiedades que se suelen considerar son: color y olor, a través de estas características a simple vista se puede determinar o hacer una aproximación de la turbidez de esta.

Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil; esta ultima causa coloración por medio de los desechos de teñido los cuales imparten colores en una amplia variedad y son fácilmente reconocidos y rastreados.

La medición y análisis de los parámetros físicos del agua en Planta El Cambray se hacen siguiendo como único procedimiento las Normas Coguanor, en las que se establece según las normas NGO 29011h2, 29011h12 y 29012h14. Estas normas tienen como objetivo establecer los lineamientos y

propiedades del agua y de esta manera garantizar en el proceso potabilizador su calidad, así mismo garantizar que el agua potable sea sanitariamente segura para el consumo humano.

Haciendo un análisis de las propiedades físicas del agua, la determinación del color como método de referencia, determinación de la turbiedad y determinación de la dureza del agua respectivamente de esta manera inicia el proceso potabilizador.

Para determinar la turbidez del agua se emplea la nefelometría, es un procedimiento analítico que se basa en la dispersión de la radiación que atraviesan las partículas de materia.

Cuando la luz atraviesa un medio transparente en el que existe una suspensión de partículas sólidas, se dispersa en todas direcciones y como consecuencia la muestra del agua se observa turbia.

Actualmente las Normas Coguanor proporcionan parámetros para medir las características físicas del agua, así como los límites a usar en la determinación de color, olor, sabor y turbiedad del agua, los cuales se describen en la tabla siguiente (tabla I). Esta tabla muestra los límites permitidos de los parámetros a medir en las características del agua. El límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable.

El color del agua se mide en unidades de platino-cobalto. La turbiedad se mide en unidades nefelométricas.

Tabla I. **Características físicas. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible, del agua potable**

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)
(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto		
(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).		

Fuente: Norma Coguanor NGO 29 001:99.

Las aguas contaminadas con ciertos desechos industriales, pueden producir colores poco usuales, que no pueden ser igualados por las soluciones de comparación utilizadas en este método. Los beneficios del agua son importantes para el consumo humano y para la industria, la importancia para la industria es por razones económicas ya que existen gran cantidad de industrias en cuyos procesos requieren agua perfectamente limpia y clara, es por esta razón que es necesario para las plantas potabilizadoras que lleven control de las aguas servidas ya que las aguas con color necesitan un tratamiento especial para su eliminación.

1.2.1. Medición de color

El color se origina por la presencia de materia orgánica del suelo o de los vegetales. La expresión de “color” define el concepto de “color verdadero” que significa el color del agua a la cual se le ha eliminado la turbiedad, el color se determina por comparación visual de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas, también se puede determinar por comparación con discos de cristal de color especial, siempre y cuando se hayan calibrado apropiadamente estos discos.

La causa principal de interferencias en el color del agua es la turbiedad, el color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina "color aparente", una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como "color verdadero".

Para la determinación de color en el agua existen dos métodos:

- Método espectrofotométrico, que se usa principalmente en aguas industriales contaminadas que tienen colores poco usuales, y que no pueden ser igualados por el método colorimétrico. El color se determina mediante un espectrofotómetro, cuyo esquema de funcionamiento se recoge a tres longitudes de onda distribuidas por el conjunto del espectro visible: $\lambda_1 = 436 \text{ nm}$; $\lambda_2 = 525 \text{ nm}$ y $\lambda_3 = 620 \text{ nm}$.
- El método del Platino-Cobalto (Pt-Co): por comparación visual de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas o discos de cristal de color calibrados previamente con soluciones preparadas. Cabe mencionar que este método es utilizado en planta el Cambray para determinar el color de las aguas captadas.

La unidad para medición del color que se usa como estándar, es el color que produce 1 mg/L de platino en la forma de cloroplatinato; la relación de cobalto a platino, se puede variar para igualar el matiz. La proporción de Platino-Cobalto (Pt-Co) que se utiliza en este método es normalmente la adecuada para la mayoría de las muestras.

El color puede cambiar con el pH de la muestra, por lo que es necesario, que al medir el color, se reporte también el pH de la muestra. En caso necesario la muestra se centrifuga para eliminar la turbidez. La comparación se realiza

con las soluciones que tengan colores de 5, 10, y hasta 70 unidades contenidas en tubos nessler.

Procedimiento análisis de color: Se centrifuga el agua si es necesario y posteriormente se observa el color de la muestra, llenando un tubo nessler hasta la marca de 50.0 ml y se procede a comparar con la serie de estándares contenidos en tubos nessler del mismo tamaño.

Se deberán ver los tubos, verticalmente hacia abajo. Se ilumina la parte inferior de los tubos, reflejando la luz por medio de una superficie blanca.

Si el color de la muestra excede de 70 unidades, hay que diluir la muestra con agua destilada en proporciones conocidas, hasta que su valor se encuentre en el ámbito de las soluciones patrón.

Cálculos:

El color puede ser calculado con la siguiente fórmula

$$\text{Unidades de color} = \frac{A \times 50}{B}$$

En la que:

A = color estimado de la muestra diluida.

B = volumen en centímetros cúbicos de la muestra empleados en la dilución.

Tabla II. Determinación de colorimetría con sus unidades de color y su aproximación

Unidades de color	Se aproximan a las últimas cifras a:
de 1 a 50	1
de 51 a 100	5
de 101 a 250	10
de 251 a 500	20

Fuente: Norma Coguanor NGO 29 001:99.

Con la medición de los parámetros físicos del agua se debe hacer un informe y dejar por escrito los parámetros obtenidos de la muestra, el método utilizado, el valor del potencial de hidrógeno y cualquier condición o evento encontrado.

En el informe de cada determinación se debe indicar lo siguiente:

- Mención del método y los resultados obtenidos en cada determinación
- Valor del pH al cual fue hecha la determinación
- Cualquier condición no especificada en las Normas Coguanor o señalada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido en los resultados.

1.2.2. Medición de turbiedad

La turbidez se refiere a cuán clara o cuán sucia está el agua. El agua clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua lodosa tiene un nivel alto de turbidez. Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos, aguas residuales y plancton. Los sedimentos pueden ser revueltos por demasiada actividad en el agua, ya sea por parte de las especies acuáticas o por los humanos. La contaminación en las aguas residuales son el resultado de las descargas de agua utilizadas por el ser humano y los altos niveles de plancton pueden deberse a nutrientes excesivos en el agua.

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra, que causa que los rayos de luz sean dispersados y sean absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de dicha muestra.

La medición de la turbiedad, es una manera rápida que indica cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida.

La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración.

Se debe determinar la turbidez del agua el mismo día que fue muestreada. El límite máximo permisible en el agua potable es de 10 UNT (unidades nefelométricas de turbidez). Este método de prueba es aplicable para la medición de turbidez en muestras de agua de uso doméstico, industrial y residual. El intervalo de medición es de 0 a 40 UNT.

Valores de turbidez mayores a 40 se pueden determinar, diluyendo la muestra proporcionalmente, con agua destilada.

La turbiedad se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) y se calcula aplicando la ecuación siguiente:

$$T = \frac{A(B + C)}{C}$$

En la que:

T = turbiedad de la muestra expresada en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT).

A = UNT encontrados para la muestra diluida.

B = volumen del agua de dilución en centímetros cúbicos.

C = volumen de la muestra tomada para la dilución en centímetros cúbicos.

Los resultados del cálculo anterior deben aproximarse de acuerdo a la siguiente tabla (tabla III), que indica los rangos de turbiedad y su aproximación en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)

Tabla III. Límites de turbiedad y su aproximación en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT)

Límites de turbiedad	Aproximación de los UNT
0 – 1,0	0,05
1 – 10,0	0.1
10 – 40,0	1
40 – 100,0	5
100 – 400,0	10
400 – 1000,0	50
mayor a 1000	100,00

Fuente: Norma Coguanor NGO 29 001:99.

La tabla III, muestra los intervalos de limite de turbiedad y su aproximación a Unidades Nefelométricas de Turbidez, quedando de la siguiente manera: si la turbidez está entre 0 y 1, se le asigna un valor de UNT de 0,05, si los límites están entre 1 y 10, el valor asignado de UNT es de 0.1, mientras que si la turbidez está entre 10 y 40, el valor de UNT es de 1, si la turbidez está entre 40 y 100, el valor de UNT a asignar es de 5, para turbidez de entre 100 y 400, el valor de UNT a asignar es de 10, entre 400 y 1 000 de turbidez los UNT es de 50, mientras que para turbidez mayor de 1 000 el valor a asignar de UNT es de 100.

Para turbidez de 1 000 unidades o mayor de 1 000 unidades se debe hacer su respectiva aproximación a 100 Unidades Nefelométricas de Turbidez, como lo indica la tabla anterior (tabla III).

1.2.3. Medición de pH (acidez del agua)

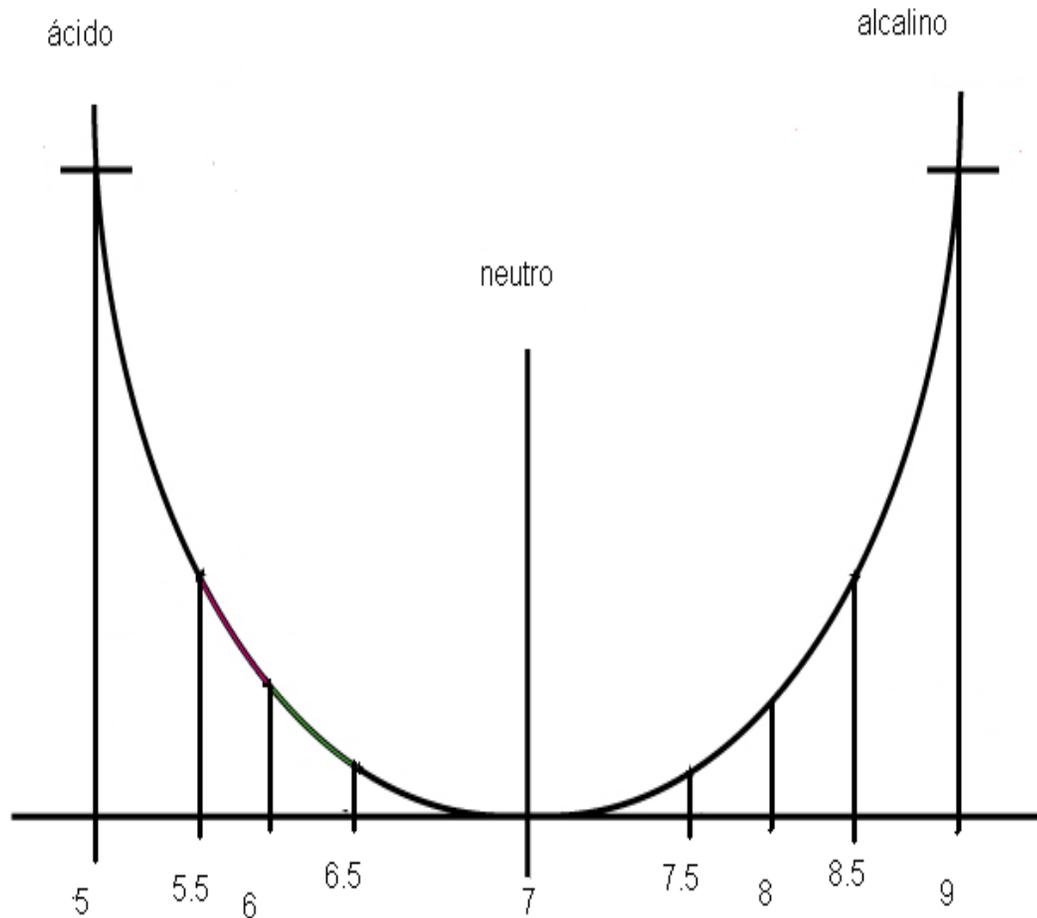
La medida del pH tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales y es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas.

El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. La alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor (bases fuertes y sales de bases fuertes y ácidos débiles), y, lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales, ácidos poco disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases.

El pH se refiere al potencial de hidrógeno. El agua, aparte de moléculas de oxígeno, tiene iones libres de hidrógeno. Ese conjunto de iones tiene un peso, ese peso define el valor del pH. Esos iones libres de hidrógeno pueden ser negativos de radical hidroxilo (aniones) o positivos de hidrógeno (cationes). Los cationes determinarán la acidez. Su peso en gramos por cada litro de agua dará el valor de acidez. El agua neutra está igualada en peso de aniones y cationes.

La escala del pH es logarítmica, va desde 0 a 14. Un punto de pH significa una concentración diez veces mayor o menor que la anterior o posterior en la escala. Podemos decir entonces que un pH 5 es 100 veces más ácido que uno de 7 (neutro), como se muestra en la figura 2.

Figura 2. **Gráfica que muestra el comportamiento logarítmico del potencial de hidrógeno (pH)**



Fuente: [www.google.gt/grafico potencial de hidrógeno](http://www.google.gt/grafico%20potencial%20de%20hidr%C3%B3geno). Consulta: 16 junio de 2013.

La figura anterior muestra la escala logarítmica del potencial de hidrógeno (pH), la escala está entre 5 y 9, mostrando que de 5 a 6,5 el pH es ácido, 7 es neutro y de 7,5 a 9 el pH es alcalino.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este diagnóstico se tiene por objetivo realizar una descripción y análisis de los principales aspectos relacionados con el proceso de tratamiento de agua potable. Para ello, se describe dicho proceso operación por operación y se representa de forma gráfica el recorrido del agua hasta que se transforma en agua potable.

2.1. Tipos de captación de agua en la planta

En Planta El Cambray el sistema de abastecimiento se hace de dos maneras: la primera es por gravedad que es el abastecimiento que proviene de la presa Pínula, las características de estas aguas: no son aguas servidas, sino más bien son aguas conducidas desde un nacimiento de la presa Pínula. Planta el Cambray ha conservado esta área a través de la reforestación.

El segundo sistema de abastecimiento, es por bombeo desde la estación Hincapié, esta estación es abastecida por el río Pínula. La estación Hincapié, está ubicada en el kilómetro 7, camino a Santa Catarina Pínula.

2.1.1. Por gravedad de presa Pínula

La presa Pínula es de gran importancia en el abastecimiento de agua para la Planta El Cambray, abasteciendo con un caudal de 200 litros por segundo en temporada lluviosa y 80 litros por segundo en temporada no lluviosa. La conducción de agua es por gravedad incurriendo de esta manera en un costo menor comparado con la segunda fuente de abastecimiento que es por bombeo

ya que esta opción incrementa el costo debido a la energía eléctrica que se utiliza para accionar cuatro unidades de bombeo necesarias para conducir el agua hacia Planta El Cambray.

2.1.2. Por bombeo de estación Hincapié

La estación Hincapié es la planta de abastecimiento de aguas servidas para la planta el cambray este abastecimiento se hace a través de bombeo, cumpliendo con una demanda de 150 litro por segundo en promedio ya que este caudal es variante durante cada estación del año, tomando como referencia dos temporadas, temporada lluviosa y temporada no lluviosa. La estación de bombeo Hincapié, incluye una presa de captación, un tanque de alimentación, cuatro unidades de bombeo, dos de 200 Hp y dos de 250Hp. Esta estación representa para la Planta El Cambray el mayor abastecimiento de aguas servidas en temporada no lluviosa.

2.2. Estado actual de los equipos del proceso de tratamiento

El proceso de tratamiento de agua potable en Planta el Cambray está conformado por cámara de captación de agua, y un recorrido del agua que inicia en el proceso de floculación, sedimentadores, filtros y tanque de distribución y cada cámara que conforman el proceso potabilizador es de concreto y armadura por lo que su vida útil es indefinida ya que son cámara con más de 80 años que fueron construidas y no tienen ningún tipo de corrosión o deterioro.

Como material de construcción, el concreto tiene una vida útil indefinida. Sin embargo, que la vida útil de toda construcción de concreto y armadura está en función la calidad y el estudio de resistencia de materiales al momento de su

construcción. El mantenimiento a dichas estructuras es necesario de manera general, ya que puede sufrir destrucción de iones de cloruro que penetran desde el exterior por difusión o porque fueron incorporados a la mezcla de concreto y/o a la carbonatación del recubrimiento del concreto.

2.2.1. Floculadores

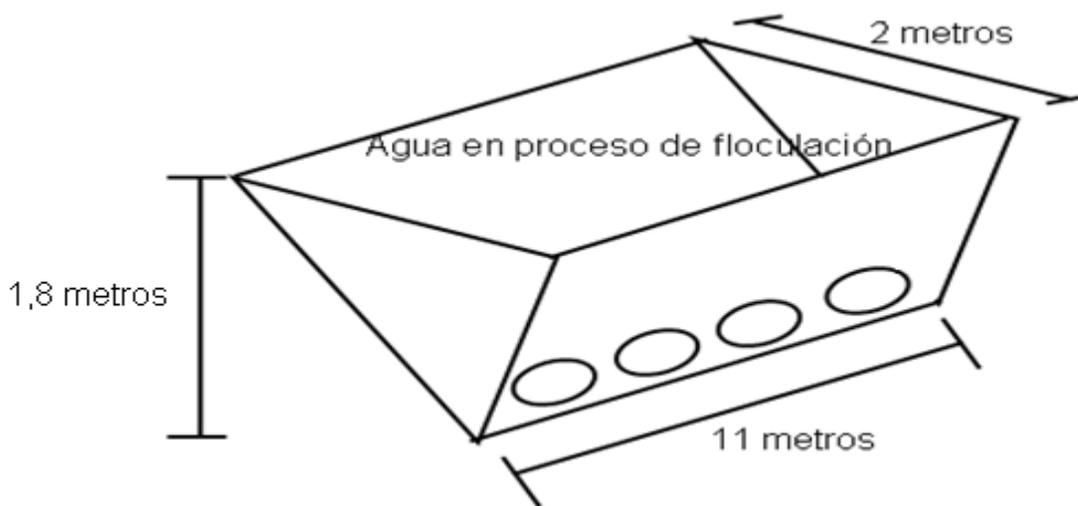
Los floculadores son cámaras de 11 metros de ancho por 2 metros de largo y 1,8 metros de altura, son de hormigón fundido, estos reciben mantenimiento 4 veces por año, es este el primer proceso de transformación de aguas servidas a agua potable, su principal función es reducir la velocidad de agua y de esta manera ayuda al proceso de coagulación en la que inicia la formación de flóculo.

El proceso de floculación es precedido por la coagulación, por eso se suele hablar de los procesos de coagulación-floculación. Estos facilitan la retirada de las sustancias en suspensión y de las partículas coloidales:

- La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí.
- La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microflóculos y después en los flóculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados sedimentadores.

La floculación se da después de agregar sulfato de aluminio a las aguas en proceso potabilizador, reaccionando y uniendo las impurezas en forma de granos que por su peso se asientan, notándose de esta manera la separación del agua y sus impurezas.

Figura 3. **Representación gráfica de las cámaras de floculación**



Fuente: elaboración propia.

Después de los floculadores el siguiente proceso del agua es la sedimentación que tiene lugar en los sedimentadores o cámaras de sedimentación.

2.2.2. Sedimentadores

Los sedimentadores o cámaras de sedimentación, son tanques que miden 50 metros de largo por 12 de ancho y 4 metros de profundidad, al igual que a los floculadores son de hormigón fundido, y se emplean para la sedimentación, es decir para la coagulación de las impurezas del agua en proceso potabilizador, la sedimentación se logra mediante la reacción del sulfato de

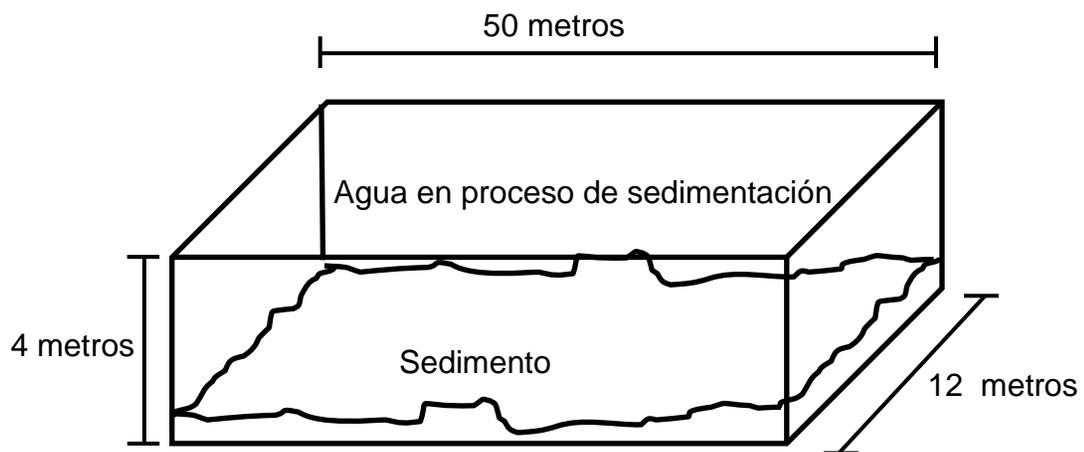
aluminio que reacciona con la unión de las impurezas, logrando que por gravedad se asienten y formen sedimento, mientras el agua se separa de las impurezas.

El sulfato de aluminio es una sal compuesta por un porcentaje bajo de hierro inferior y se utiliza en el proceso de tratamiento de agua potable para crear floculo de las impurezas y por su propio peso especifico se asiente haciendo que las impurezas se queden en el fondo de la cámara de floculación y el agua quede en la superficie. Al proceso de asentado del floculo se le conoce con el nombre de sedimentación.

El proceso de sedimentación se hace antes que el agua llegue al proceso de filtración, con el fin que el agua llegue al proceso de filtrado con la menor cantidad de impurezas y de esta manera el proceso de filtrado sea más eficiente.

La figura siguiente muestra de forma gráfica las dimensiones de un sedimentador.

Figura 4. **Representación gráfica de las cámaras de sedimentado**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Filtros rápidos

Los filtros se emplean para obtener una mayor clarificación del agua que está en proceso de potabilización y se aplica después de la sedimentación.

Las cámaras de filtración hechos de hormigón fundido, su construcción es de muy reciente adquisición ya que en 1998 fueron construidos con el apoyo técnico y financiero de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA).

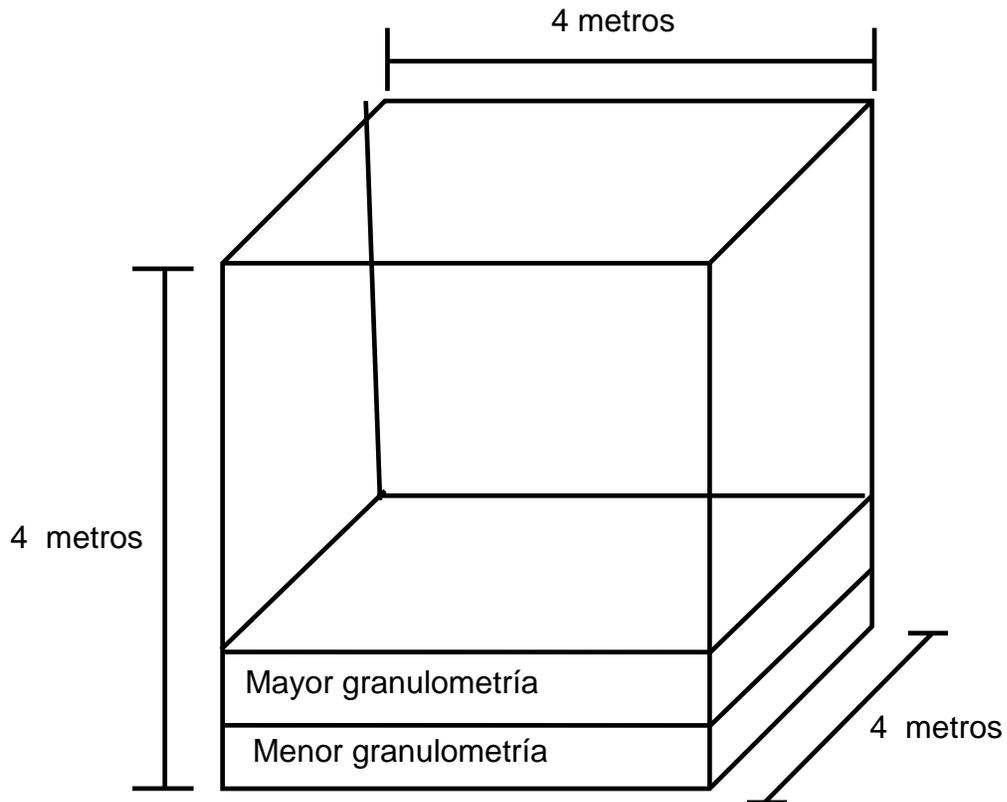
El filtro está compuesto por una caja simple de compartimientos llenos de grava de diferente tamaño, las dimensiones del los filtros son 4 metros de ancho por 4 metros de largos y 4 metros de altura, las cámaras de filtración están diseñadas de acuerdo a los siguientes criterios:

- El rendimiento diario requerido
- La carrera de filtración
- La resistencia del filtro

A estos criterios deben conjugarse 4 variables del diseño: velocidad de filtración, granulometría del material filtrante, el largo de cada sección del filtro y el área transversal del mismo, en esta capa actúan bacterias inofensivas que descomponen la materia orgánica presente en el agua y se convierten en sustancias inorgánicas inocuas.

La filtración se emplea como proceso de pre-tratamiento de purificación del agua con el fin de reducir la turbiedad, este tratamiento acompañado de químico para desinfección se conoce como proceso de purificación.

Figura 5. **Representación gráfica de las cámaras de filtrado**



Fuente: elaboración propia.

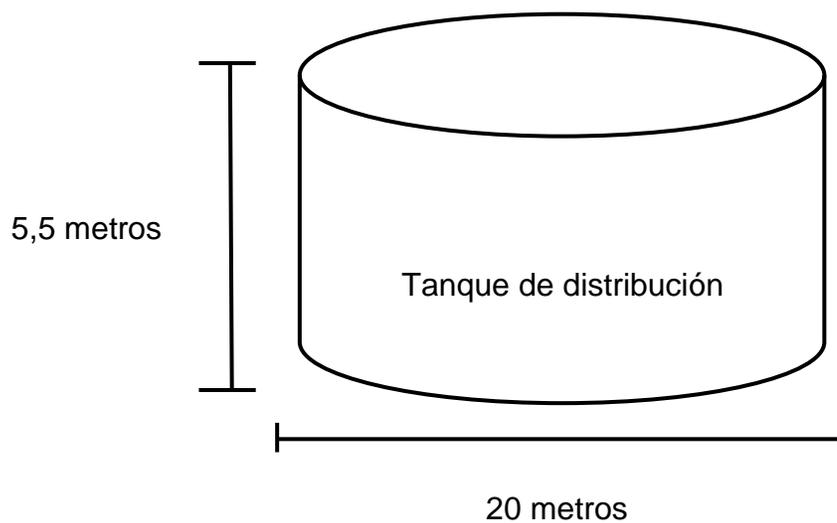
2.2.4. Tanques de distribución de agua potable

La Planta el Cambray cuenta con dos tanques de distribución el más antiguo que es un tanque rectangular subterráneo con una capacidad de 2 600 metros cúbicos, construido hace 60 años aproximadamente, el cual se encuentra en remodelación para mejorar su capacidad de almacenamiento.

En 1963 se construyó el tanque circular construido de hormigón fundido su medidas son 20 metros de diámetro y 5,5 metros de alto, teniendo una

capacidad de 1 500 metros cúbicos y su construcción se hizo con el fin de incrementar la capacidad de distribución de la planta y abastecimiento público.

Figura 6. **Representación gráfica del tanque de distribución circular**



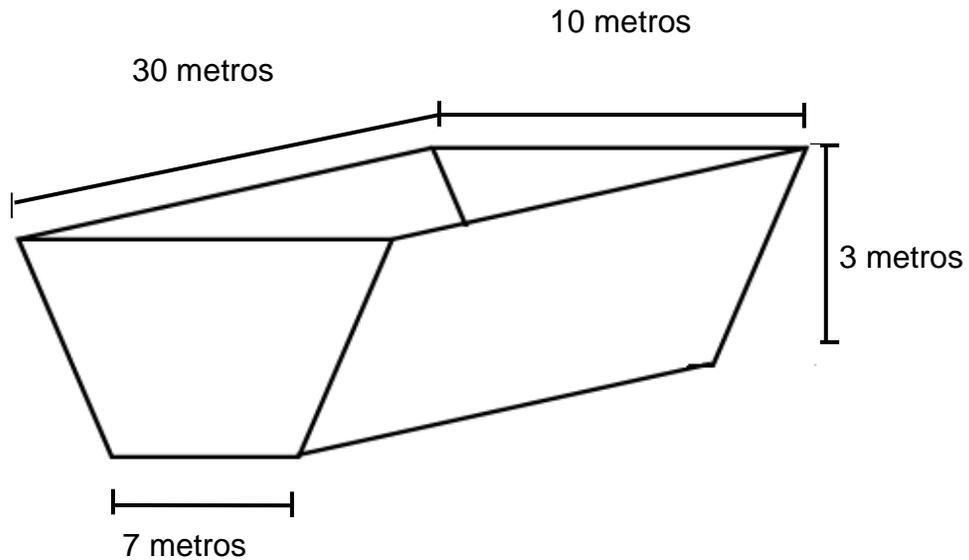
Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Tanque de recuperación

El tanque de recuperación es una cámara de 30 metros de largo por 10 metros de ancho y 3 metros de profundidad.

Se le da el nombre de tanque de recuperación porque a este tanque llega el agua que se utiliza en el lavado de filtros, es decir, se lavan los filtros y esta agua es conducida al tanque de recuperación y luego se bombea nuevamente al proceso de potabilización, con el fin de recuperarla y potabilizarla nuevamente.

Figura 7. **Representación gráfica del tanque de recuperación**



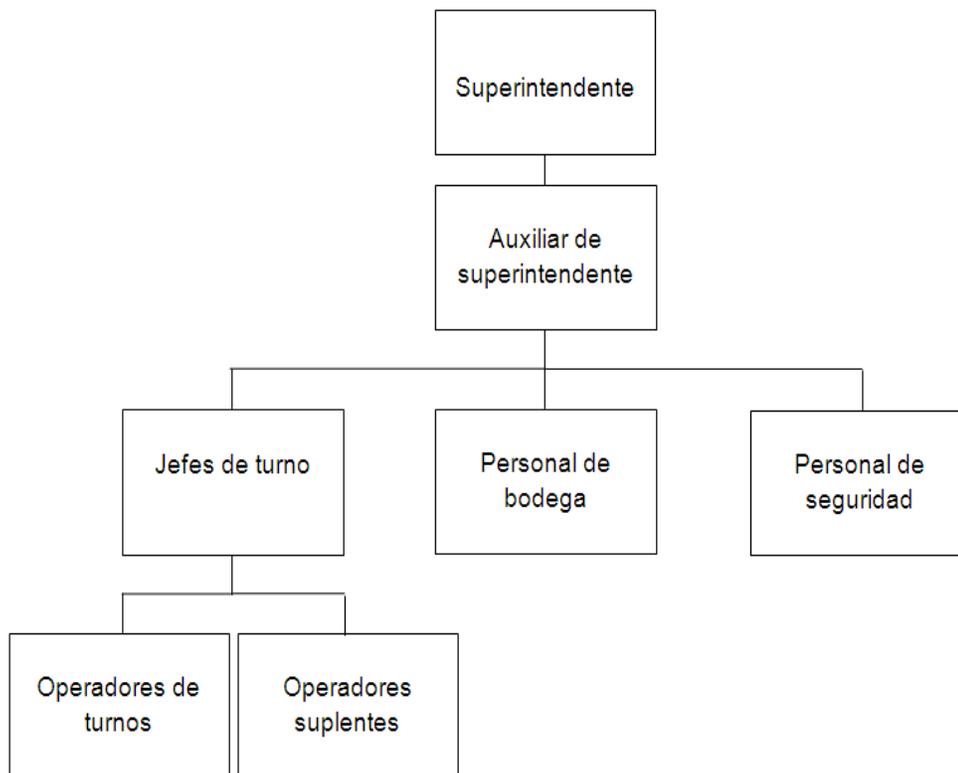
Fuente: elaboración propia.

2.3. **Recurso humano en la planta**

El organigrama es un modelo sistémico que ayuda a la comprensión de la estructura formal de una organización, es por eso que se hace necesaria esta representación en Planta El Cambray y de esta manera conocer los diferentes niveles de jerarquía y la relación del personal que labora en esta planta, así como los derechos y responsabilidades de cada puesto de trabajo que conforman la Planta El Cambray y el proceso de tratamiento de agua potable, los turnos de trabajo, el horario de cada puesto de trabajo y sus responsabilidades.

El diagrama propio de la Planta El Cambray se muestra en la figura 8, representando de forma gráfica la estructura formal de la organización.

Figura 8. **Muestra la estructura organizacional del personal en Planta El Cambray**



Fuente: Planta El Cambray.

La figura 8 muestra de forma gráfica la estructura organizacional de los puestos en la Planta El Cambray, mientras que la descripción de cada puesto se hace a continuación.

El recurso humano en la planta lo conforman 18 personas, las que se distribuyen de la siguiente manera, 3 jefes de turno, cada jefe de turno tiene a su mando 2 operadores. Hay un grupo de 4 personas que son operadores suplentes, hay 2 plazas de seguridad, 1 bodeguero, 1 auxiliar de superintendente y 1 superintendente.

Jefes de turno: cada jefe de turno es el encargado de velar por la producción de agua desde análisis de color, turbiedad, potencial de hidrogeno (pH), hasta la desinfección del agua para cumplir con los requisitos mínimos requeridos de acuerdo a las normas nacionales e internacionales para clasificar el agua como sanitariamente segura.

Cada jefe de turno también es el encargado de llevar control del consumo de químicos y el material que se requiere para el proceso de producción de agua potable.

El horario o jornada de trabajo de cada turno es de 24X48 es decir que trabajan 24 horas de corrido y descansan 48 horas, esto debido a que el proceso potabilizador es continuo y se necesita cumplir con la demanda y la mayor cobertura que la población requiere.

Los operadores: de igual manera el horario de trabajo de los operadores es de 24X48. Los operadores son 2 por cada turno, estos en conjunto y cumpliendo con las órdenes del jefe de turno deben de llevar control directo inspeccionando cada hora los parámetros físicos del agua que está en proceso de potabilización, garantizando de esta manera que el proceso de producción de agua sea el óptimo y velar por la inocuidad del agua para garantizarla para el consumo humano.

Operadores suplentes: los operadores suplentes están para apoyar a los jefes de turno en caso que haya ausencia de algún operador, ya sea por enfermedad, permiso y/o para cubrir vacaciones del personal operativo de Planta El Cambray, Hincapié o Estación Pínula. Además este grupo está a cargo del ornato de la planta, desde la limpieza en casco urbano,

mantenimiento, jardinería, hasta reforestación y apoyo en cualquier quehacer propio de la planta en general.

El horario de trabajo de los operadores suplentes normalmente es, de lunes a viernes de 7 a 15 horas, aunque este horario puede variar, ya que el horario se extiende a un horario de 24X48 mientras sea necesario cubrir vacaciones a operadores que trabajan en este horario.

Personal de seguridad: la responsabilidad del personal de seguridad es reportar las entradas y salidas de personal ajeno a la planta, así como reportar de cualquier anomalía al superintendente de la planta o en ausencia de este al auxiliar de superintendente además llevan bitácora de los movimientos de la planta que ocurran durante el turno de 24 horas.

El horario de las personas encargadas de velar por la seguridad de Planta El Cambray es de 24X24, son dos plazas las que están habilitadas y trabajan de la siguiente manera, mientras hay alguien de seguridad haciendo turno en la planta, el otro encargado de seguridad descansa.

Personal de bodega: la función principal de la persona encargada de bodega es velar por el consumo directo de insumos utilizados en el proceso de producción desde químicos hasta herramientas y materiales utilizados para mantenimiento, reportando diariamente al jefe inmediato del consumo y la existencia de los materiales utilizados.

El horario de la persona encargada de la bodega es de lunes a viernes de 7 a 15 horas, pero puede haber algunas variantes en el horario según sea el caso, ya sea por prioridades de urgencia en el proceso de tratamiento de agua potable o por instrucción del jefe inmediato.

El auxiliar de superintendente es el jefe inmediato de la planta mientras el superintendente se encuentra fuera de esta, tiene la responsabilidad total del funcionamiento del recurso humano y autoridad en el proceso de tratamiento de agua en la planta, así como materiales e insumos usados para dicho proceso y todas las responsabilidades normales del superintendente mientras este se encuentre ausente.

El superintendente es la máxima autoridad de la planta, es el encargado de velar por la optimización de recurso e insumos utilizados en el proceso potabilizador, encargado de delegar tanto el mantenimiento preventivo como mantenimiento correctivo, responsable de la administración financiera y encargado de delegar responsabilidades y derechos al recurso humano que conforman el funcionamiento total de la planta.

2.4. Descripción del proceso de tratamiento de agua potable

El diagrama de operaciones del proceso indica la secuencia de los pasos a seguir y se utiliza para ilustrar a través de la unión de símbolos, el flujo o recorrido del proceso.

El círculo; significa una operación (una etapa o una subdivisión del proceso). Una operación se realiza cuando se crea, se altera, se aumenta o se sustrae algo.

El cuadrado significa una inspección o control, es el acto de verificar o fiscalizar sin que se realicen operaciones. El círculo inmerso en el cuadrado significa una operación y una inspección combinadas.

El triángulo con el vértice hacia abajo o hacia arriba representa una interrupción casi definitiva o muy prolongada. Puede ser un almacenamiento de materia prima o producto terminado.

Significado de cada uno de los términos utilizados en la elaboración del diagrama de operaciones del proceso se enumeran y describen a continuación de acuerdo al orden e importancia de uso.

- Operación: indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
- Inspección: indica que se verifica la calidad y/o cantidad de algo
- Almacenamiento de materia prima o producto listo para enviarse al siguiente proceso.

El diagrama de proceso de operaciones representa gráficamente un cuadro general de cómo se realizan procesos o etapas, considerando únicamente todo lo que respecta a las principales operaciones e inspecciones. Con esto, se entiende que única y exclusivamente se utilizaron los símbolos de operación e inspección.

El diagrama de operaciones del proceso, es una herramienta aplicable a la elaboración de un producto nuevo y a la elaboración de nuevas instalaciones, así como al análisis de operaciones existentes.

2.4.1. Diagrama de operaciones del proceso

El proceso de tratamiento de agua potable inicia con la captación de aguas, continúa con el análisis de los parámetros físicos de aguas servidas para diagnosticar la dureza de ésta.

Con el conocimiento de la dureza del agua se procede a suministrar los insumos en cantidades necesarias para el tratamiento óptimo de dicho recurso.

El proceso de análisis de parámetros físicos inicia con la toma de muestra de agua, para determinar (color, turbiedad, pH), con este análisis se procede al cálculo de la cantidad de sulfato de aluminio, químico utilizado para que las impurezas se separe del agua en forma de grumulos y por gravedad se asiente, posteriormente el agua pasa al proceso de floculación y luego al proceso de sedimentación.

Después de sedimentación pasa al proceso de filtración en la que el sedimento de menor tamaño queda atrapado en el material de filtración haciendo que la apariencia del agua sea completamente clara.

Al terminar el proceso de filtración pasa al proceso de desinfección, se toman muestras de agua para saber la cantidad de químico desinfectante que se debe agregar y de esta manera garantizar que el agua sea sanitariamente segura.

A continuación se muestra el diagrama de operaciones del proceso de la transformación de agua servidas a agua potable de la Planta El Cambray.

Figura 9. **Diagrama de operaciones del proceso de tratamiento de agua potable en Planta El Cambray**

EMPRESA: Planta el Cambray

PRODUCTO: Agua potable

ANALISTA: Sergio Cruz

INICIO: Captación de Aguas Servidas

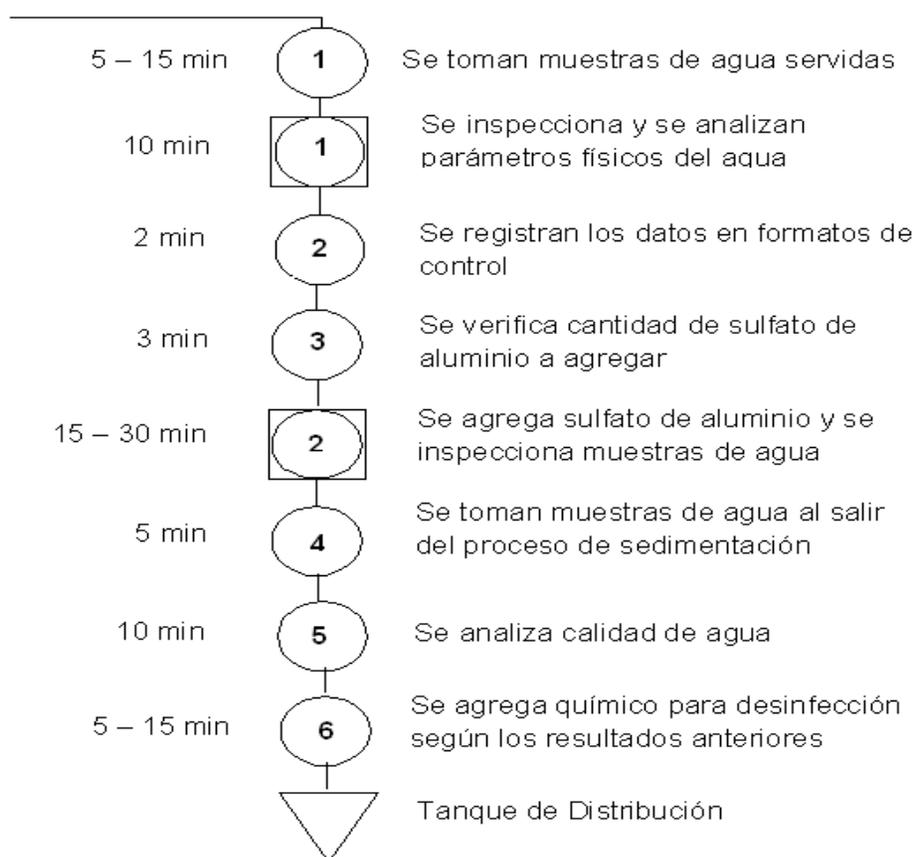
DIRECCIÓN: 20 Calle final Zona 10

HOJA: 1/1

FECHA: Marzo, 2013

FINALIZA: Tanque de distribución

Captación de aguas servidas



Resumen			
Símbolo	Nombre	Cantidad	Tiempo/min
○	Operación	6	40
◻	Combinadas	2	50
Suma		8	90

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al cuadro de resumen del diagrama de operaciones del proceso, este muestra el recorrido que hace el agua desde el inicio hasta el final del tratamiento, mostrando que el recorrido completo del agua es de 90 minutos. El proceso consta de 6 operaciones, 2 operaciones combinadas, al terminar el proceso de transformación el agua llega al tanque de distribución como agua potable.

2.4.2. Flujograma del proceso

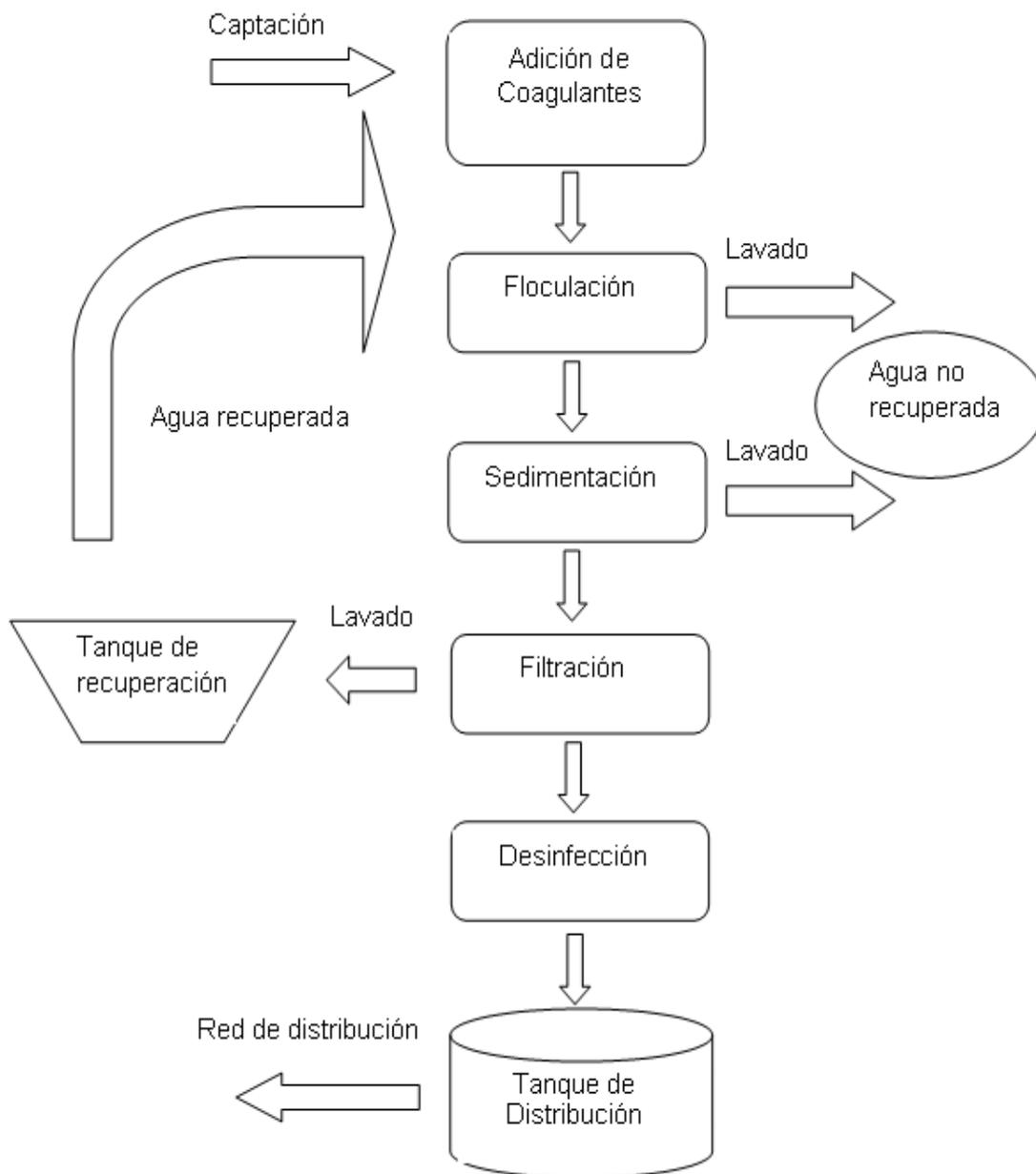
En los diagramas de flujo o flujogramas las características, simbología, diseño y elaboración ofrecen una herramienta para la fácil comprensión de los pasos a seguir en las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica.

Los pasos a seguir para construir el diagrama de flujo son:

- Establecer el alcance del proceso a describir. De esta manera quedará fijado el comienzo y el final del diagrama. Frecuentemente el comienzo es la salida del proceso previo y el final la entrada al proceso siguiente.
- Identificar y listar las principales actividades/subprocesos que están incluidos en el proceso a describir y su orden cronológico.
- Construir el diagrama respetando la secuencia cronológica y asignando los correspondientes símbolos.
- Asignar un título al diagrama y verificar que esté completo y describa con exactitud el proceso elegido.

La representación gráfica del proceso potabilizador en Planta El Cambray se hace necesario ya que es una herramienta que nos permite observar de manera rápida la verificación de actividades en la distribución del trabajo.

Figura 10. **Flujograma del proceso**



Fuente: elaboración propia.

2.5. Cuantificación de pérdida de agua en la planta

Actualmente en Planta El Cambray no existe método para calcular el desperdicio o pérdida de agua, por lo que se detalla a continuación el uso de agua en proceso, este análisis se hace con el fin de cuantificar el uso de agua en la planta y determinar si se incurre en desperdicio o si existe alguna pérdida de agua que pueda ser reducida o eliminada.

2.5.1. Por mantenimiento de equipo

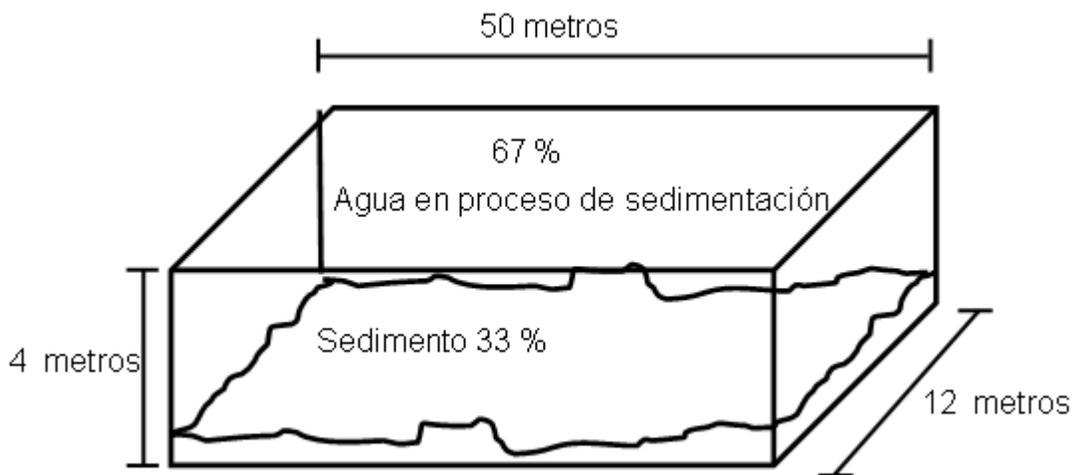
En mantenimiento o lavado de sedimentadores al momento de hacer limpieza a estas cámaras de sedimentado hay agua que no se aprovecha y por lo tanto se incurre en desperdicio, y se hace evidente en el lavado o mantenimiento de sedimentadores.

Como se indicó anteriormente, los sedimentadores son cámaras con diferentes capacidades, 2 sedimentadores con una capacidad de 1 835 y 1 sedimentador de 2 123 metros cúbicos de capacidad. Al momento de limpieza, aunque la cantidad de sedimento sea mínima, por facilidad en el procedimiento de lavado se abren las compuertas de drenaje, hasta que quedan vacíos completamente. Este método de limpieza no solo se lleva al drenaje el sedimento asentado en dicha cámara, sino también el agua que contiene dicho sedimentador.

Normalmente al momento de lavado de cada uno de los sedimentadores la proporción de agua es mayor a la cantidad de sedimento el cual se especifican en la página siguiente.

Según análisis al momento de mantenimiento o lavado, el 67 % de la capacidad del sedimentador es agua y el 33 % de la capacidad de estas cámaras es sedimento, es decir se desperdicia el 67 % de agua del total de la capacidad de sedimentador cada vez que se le hace mantenimiento o se lava.

Figura 11. **Representación gráfica del sedimentador, mostrando el porcentaje de sedimento y de agua al momento de lavado**



Fuente: elaboración propia.

La tabla a continuación muestra el volumen de desperdicio de agua en que se incurre en el mantenimiento o lavado de sedimentadores del primer trimestre.

Según se muestra en la figura 11, con el método actual de lavado o mantenimiento a sedimentadores entre menos sedimento tenga acumulado al momento iniciar con lavado o mantenimiento mayor será el agua desperdiciada.

Tabla IV. Volumen de agua que se desperdicia en lavado de sedimentadores en el trimestre (enero a marzo 2012)

La tabla a continuación muestra el desperdicio de agua que se incurre en el lavado o mantenimiento de sedimentadores.

Mantenimiento de sedimentadores en un trimestre	Capacidad del sedimentador en m ³	Volumen del sedimento en m ³	Volumen de agua desperdiciada en m ³
Sedimentador 1	1 835,96	693,22	1 142,74
Sedimentador 2	1 835,96	518,00	1 317,96
Sedimentador 3	2 123,13	588,87	1 534,26

Fuente: elaboración propia con datos de Planta El Cambray.

La tabla a continuación muestra el volumen de desperdicio de agua por trimestre durante un año.

Tabla V. Volumen de agua desperdiciada en el año 2012 en lavado o mantenimiento a sedimentadores cuantificado trimestralmente

Mantenimiento trimestral durante un año	Desperdicio de agua en el sedimentador 1	Desperdicio de agua en el sedimentador 2	Desperdicio de agua en el sedimentador 3	Agua desperdiciada por trimestre durante un año
Primer trimestre	1 142,74	1 317,96	1 534,26	3 994,96
Segundo trimestre	1 258,02	1 210,89	1 409,61	3 878,52
Tercer trimestre	1 141,38	1 266,18	1 320,44	3 728,00
Cuarto trimestre	1 216,00	1 341,98	1 140,66	3 698,64
Suma				15 300,12

Fuente: elaboración propia con datos de Planta El Cambray.

En el análisis de cuantificación de agua, la tabla anterior (tabla V) muestra que fue de 15 300 metros cúbicos de desperdicio en un año, es decir un promedio de 1 275 metros cúbicos mensual. Este dato de desperdicio es solo en área de sedimentadores al momento de lavado o mantenimiento de los mismos.

2.5.2. Por uso doméstico en la planta

El uso de agua en la planta, se hace tomando en cuenta que la Organización Mundial de la Salud tiene estipulado el uso de agua por persona como mínimo en 180 litros por día.

En la tabla a continuación se hizo un análisis para indicar el promedio de consumo de agua por habitante por día. Tomando como base que la dotación de agua por habitante mínima diaria recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 180 litros al día, se tiene que:

Para estimar el uso doméstico de agua en la planta se cuantifica de la siguiente manera:

- El consumo de agua del personal que labora en la planta diariamente es el siguiente: área operativa 8 personas, administrativo 3 personas, en total 11 personas.
- En la planta existen oficinas administrativas externas en la que el personal que visita dichas oficinas hacen uso de las instalaciones, en total son 2 personas en promedio por día. Es de esta manera que se toma en cuenta el uso de agua potable en la planta por personal administrativo externo. En la tabla siguiente se muestra el consumo total por factor humano.

Tabla VI. **Consumo de agua por uso doméstico en Planta El Cambray**

Consumo de agua doméstico por departamento	Cantidad de personas	Consumo de agua diario, por persona según la OMS.	Consumo de agua/litros diario por departamento
Personal administrativo Interno	3	180	540
Personal operativo	8	180	1440
Personal administrativo Externo	2	180	360
Total	13		2 340

Fuente: elaboración propia con datos de Planta El Cambray.

La tabla VI, muestra que el uso doméstico de agua por día en Planta El Cambray es de 2 340 litros, es decir 2 340 metros cúbicos de agua por día, equivalente a 70,2 metros cúbicos de agua mensual.

2.5.3. Pérdida de agua por daños en el equipo

La pérdida de agua por daños en el equipo, se cuantificó en 12 semanas, que se muestran en la tabla siguiente:

La cuantificación de pérdida de agua por daños en el equipo se estableció de la siguiente manera: es decir se cuantificó el agua en un periodo de 12 semanas, la pérdida de agua por daños en llaves o fisuras de tuberías, llaves mal cerradas y derrames por goteo o derrames de agua por falta de mantenimiento. Este análisis se hizo por inspección, cubriendo todos los lugares de la planta desde oficinas hasta llaves de paso de las tuberías en jardines.

Tabla VII. Desperdicio de agua por fugas, cuantificado en un periodo de 12 semanas (octubre a diciembre de 2012)

Periodo de tiempo	Área	Problema	Litros de agua por día
Primera semana	Oficina	Deposito de baño descompuesto	830
Segunda semana			0
Tercera semana	Llave del jardín de la entrada	Fuga de agua	1500
Cuarta semana			0
Quinta semana	Llave de paso general	Derrame por falta de mantenimiento	4330
Sexta semana			0
Septima semana			0
Octava semana	Bodega de químicos	Fisura en tubería de paso	2215
Novena semana			0
Decima semana	Llave para riego de áreas verdes	Llave mal cerrada	4034
Decima primera semana			0
Decima segunda semana	Llave de paso entre tanques	Fuga por goteo	150
Suma			13 059

Fuente: elaboración propia con datos de Planta El Cambray.

La cuantificación de pérdida de agua por daños al equipo, que se hizo durante 12 semanas muestra que fueron 13 059 litros, esto significa 13 059 metros cúbicos de desperdicio en este periodo de 12 semanas, si este desperdicio lo cuantificamos mensualmente es un total en metros cúbicos 4,353 metros en promedio mensual de desperdicio de agua.

2.6. Análisis de la pérdida de agua

Teniendo el consumo de agua en el proceso de tratamiento se procede al análisis correspondiente, el análisis consiste en la comparación de consumo doméstico, mantenimiento al equipo y pérdida de agua por daños al equipo, cuantificando y comparando los datos para determinar cuál de los procesos mencionados incurren en mayor pérdida o consumo de agua, de acuerdo a la comparación de resultados se tiene lo siguiente, esta comparación se hizo utilizando el diagrama de Pareto, ver figura 12.

2.6.1. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20, es una gráfica que permite organizar datos en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras asignando así orden de prioridades. Este diagrama muestra gráficamente el principio de Pareto, es decir, en el 20 % del proceso está el 80 % de los problemas. Esta es una herramienta de mayor uso en la industria debido que este diagrama permite establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización

En Planta El Cambray existen diferentes fuentes de desperdicio de agua que pueden darse por múltiples causas, debido a que es difícil pretender corregir todos los problemas a la vez ya sea por limitación de recursos o impedimento de tiempo o inconvenientes en la reestructuración de las instalaciones.

Es por esta razón que se hace necesario seleccionar al problema más importante y al mismo tiempo, centrarse en atacar su causa más relevante.

El propósito de este estudio es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo, este análisis se hace a través del diagrama de Pareto, y la operación que incurre en mayor pérdida de agua es en sedimentadores o en cámaras de sedimentado que es al momento de mantenimiento o lavado y se indica en la tabla siguiente.

Tabla VIII. Pérdida de agua por lavado o mantenimiento al equipo, por uso doméstico y por daños al equipo

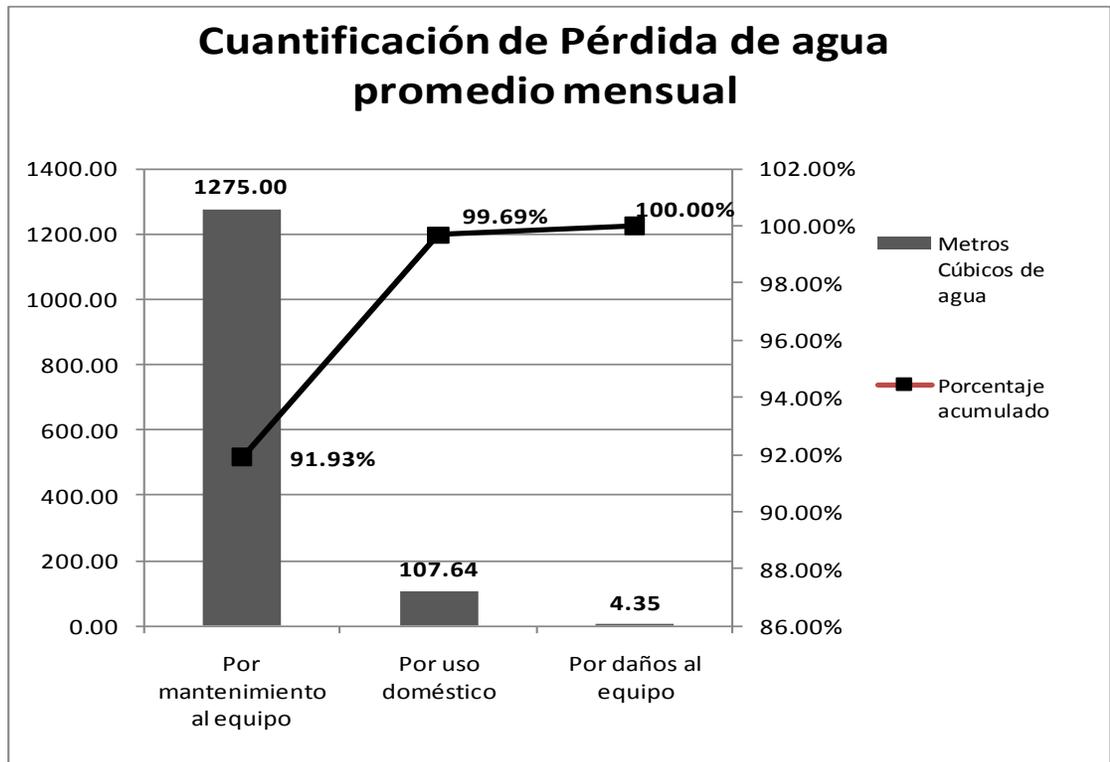
Pérdida de agua en promedio mensual	Metros Cúbicos de agua	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Por mantenimiento al equipo	1 275	91,93 %	91,93 %
Por uso doméstico	107,64	7,76 %	99,69 %
Por daños al equipo	4,35	0,31 %	100,00 %

Fuente: elaboración propia con datos de Planta El Cambray.

La tabla VIII, indica que la mayor pérdida o desperdicio de agua es en mantenimiento o lavado de sedimentadores, teniendo 1 275 metros cúbicos de pérdida de agua mensualmente, mientras que el agua que se consume por uso doméstico es de 107,64 metros cúbicos por mes y la pérdida de agua por fugas o derrames, que corresponde a pérdida de agua por daños al equipo es de 4,353 metros cúbicos mensualmente.

El mayor desperdicio de agua tiene lugar en mantenimiento o lavado de sedimentadores por lo que es en esta operación en donde se centra el estudio de reducción de pérdida o desperdicio de agua.

Figura 12. Pareto comparativo en uso o pérdida de agua por mantenimiento, uso doméstico y daños en el equipo en Planta El Cambray



Fuente: elaboración propia.

La figura 12, muestra la cantidad de agua en metros cúbicos que se pierde en Planta El Cambray en orden descendente mostrando que es en lavado o mantenimiento a sedimentados en donde se incurre en mayor pérdida.

El proceso en donde se registra mayor pérdida de agua es en mantenimiento al equipo, registrando esta pérdida en el lavado de sedimentadores como lo muestra la tabla VIII.

Si la planta produce aproximadamente 344 542 metros cúbicos de agua mensual y tienen una pérdida de agua en ese mismo periodo de 1 275 metros

cúbicos debido al lavado de sedimentadores, esto significa una pérdida mensual de 0,37 %.

Aunque la pérdida es menor al 1 %, cualquier analista llegaría a la conclusión de que el desperdicio es mínimo, aún así caber recordar que todo porcentaje de desperdicio está en función de la cantidad producida, es por esta razón que se hace necesario el control de dicho desperdicio ya que solo en mantenimiento a las cámaras de sedimentado se incurre en una pérdida promedio mensual de 1 275 metros cúbicos de agua, este volumen de agua es suficiente para abastecer a una población de 40 hogares si se tiene un consumo promedio de 30 metros cúbicos por familia al mes.

2.7. Cuantificación de costos actual

Tomando en cuenta que los costos de producción están en el centro de las decisiones empresariales, ya que todo incremento en los costos de producción normalmente significa una disminución de los beneficios de la empresa, en Planta el Cambray se hace necesario el conocimiento del costo de producción detallado por proceso y de esta mantener un mejor control de la variación de costos unitarios (costo por metro cúbico de agua procesada).

En Planta El Cambray la manera en que se cuantifican el costo por metro cúbico de agua es de la manera siguiente, se suman todos los costos que se hicieron en un mes de tratamiento de agua y se dividen entre los metros cúbicos de agua que se procesaron ese mismo mes, como se aprecia en la tabla siguiente.

El inconveniente de calcular de esta manera los costos es que no se tiene la información del costo de cada metro cubico de agua en cada operación del

proceso por lo que no se conoce que operación del proceso es la que tiene un costo mayor para la empresa es en la que se incurre en mayor costo.

Tabla IX. Cuantificación de costo por metro cúbico de agua en Planta el Cambray (enero de 2013)

Descripción de Renglón	Enero
Materia prima directa	Q77 312,73
Mano de obra directa	Q172 035,55
Total	Q73 070,45
Gastos indirectos	Q22 180,00
Mano de obra indirecta	Q19 115,44
Total	Q3 585,00
Vehículos	Q1 680,00
Otros gastos administrativos	Q2 312,73
Total de costos de producción	Q863 497,96
Producción mensual en m3	344 542,00

Fuente: Planta El Cambray.

Los rubros de la tabla IX se describen a continuación: materia prima directa, son todos los materiales que se agregan al agua en el proceso de potabilización. Mano de obra directa, se incluyen todas las personas que tienen contacto directo con el proceso de transformación de agua potable. Gastos indirectos, en este rubro se incluye los gastos de por ejemplo traslado de

herramientas o construcción de alguna mejora en la planta que no sea del proceso de agua potable. Se incluye los gastos del transporte utilizado por el superintendente. En otros gastos administrativos, se incluyen los gastos de papelería y útiles, así como cualquier otro gasto de administración.

El costo de un producto está formado por el precio de la materia prima, el precio de la mano de obra directa empleada en su producción, el precio de la mano de obra indirecta empleada para el funcionamiento de la empresa y el costo de los insumos utilizados para la transformación del bien o servicio.

En Planta el Cambray, con esta manera de calcular el costo actualmente no se sabe cuál es el costo del metro cúbico de agua por operación. Es decir no se conoce el costo de metro cúbico de agua en cada operación del proceso de tratamiento de agua.

En toda empresa de producción de algún bien o servicio uno de los puntos clave en la reducción de sus costos es el conocimiento del costo de producción en cada estación del proceso.

Se debe saber el costo de la materia prima al iniciar el proceso de transformación, también se debe conocer el incremento que del costo que toma en cada estación del proceso hasta terminar el proceso de transformación que va desde la materia prima hasta el producto final.

Con el conocimiento de costo de la materia prima y el costo de la mano de obra directa se pueden identificar los puntos del proceso en donde se pueda optimizar el recurso

3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta de mejora tendrá lugar con el cambio de método para el lavado o mantenimiento a las cámaras de sedimentado, es en esta operación del proceso en donde se incurre en mayor desperdicio de agua al momento de lavado, el cual se hace cada 3 meses, es decir 4 veces por año. En total son a 3 cámaras de sedimentado a las que se hace lavado o mantenimiento 4 veces por año, se incurre en un desperdicio de agua en promedio mensual de 1 275 metros cúbicos. Con la implementación de la propuesta se reducirá el desperdicio de agua y aumentará la oferta que servirá para abastecer a un pequeño poblado o comunidad de 40 familias aproximadamente.

En toda instalación, implementación, mejora o propuesta de mejora de procesos de transformación de agua potable debe hacerse bajo lineamientos, normas o reglamentos que garanticen que dicha transformación o mejora del proceso no influya en la calidad del agua, en Guatemala se tienen normas como la Normas Coguanor o instituciones como el Instituto Nacional de Fomento Municipal que velan por que todo proceso de agua potable en Guatemala garantice la calidad del agua y ésta sea segura para el consumo humano.

3.1. Guías para el abastecimiento de agua potable según el INFOM

Las guías para el abastecimiento de agua potable según el Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), estas son normas que se deben seguir en caso de implementación o ampliación de sistema de abastecimiento de agua potable que velan desde la selección del abastecimiento de aguas para ser transformadas a agua potable, el diámetro de tuberías para la red de

distribución, el nivel de servicio que se prestará, hasta la manera que será financiado el proyecto.

En este caso específico cabe mencionar que no se afectará el proceso de transformación de agua potable, lo que se propone en este análisis de reducción desperdicio de agua potable es el cambio de método de mantenimiento que tiene como objetivo reducir la cantidad de agua que se desperdicia cada vez que se hace mantenimiento o lavado a las cámaras de sedimentación, este método se mejorará trasladando el agua hacia otras cámaras de sedimentado para que de esta manera cada vez que se haga lavado o mantenimiento a dichas cámaras se desperdicie la menor cantidad de agua.

La relación de este trabajo de graduación coincide con la visión del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), que es beneficiar a la mayor cantidad de población con el servicio de abastecimiento de agua potable.

Al reducir el desperdicio de agua en Planta El Cambray la capacidad de cobertura a la población aumenta brindando servicio a mayor población en este caso con la reducción de 1 275 metros cúbicos en el desperdicio de agua potable.

Este volumen extra de agua potable que no se tenía y que con la reducción del desperdicio en dicho proceso habrá 1 275 metros cúbicos más de agua potable que servirá para abastecer a 40 familias aproximadamente, es decir que con esta reducción de desperdicio de agua, se tienen una oferta extra de 1 275 metros cúbicos de agua que alcanza para abastecer a una residencial, a un asentamiento o poblado que esté formado por 40 familias aproximadamente.

El Instituto Nacional de Fomento Municipal, también conocido como INFOM, es una organización estatal de Guatemala cuyo objetivo es apoyar a las municipalidades de la república en la promoción de su desarrollo, mediante la prestación de servicios directos y el otorgamiento de asistencia técnica y financiera de diversa índole.

El Instituto de Fomento Municipal fue creado en 1957, por el decreto 1132 del Congreso de la República de Guatemala, como una institución estatal, autónoma, descentralizada, con personería jurídica y con patrimonio propio para el cumplimiento de sus fines. En agosto de 1997, por acuerdo gubernativo 376-97 se le designó como la institución encargada de “la gestión de políticas y estrategias del sector agua potable y saneamiento, así como la implementación y ejecución de las acciones que de ella se derive”.

En la práctica esto significa que el (INFOM) se convierte en el rector del sector agua y saneamiento, lo que le permitió ampliar la cobertura de sus acciones, cubriendo tanto el área urbana como rural de los municipios. Adicionalmente, esta ley regula la relación con las municipalidades y establece entre sus funciones principales, brindar asistencia técnica y financiera a estas.

De acuerdo al Instituto Nacional de Fomento Municipal, todo cambio en el proceso de tratamiento de agua potable debe velar por la calidad de agua y en conjunto de las Normas Coguanor, todo cambio que se implemente no deberá alterar la calidad del agua ya que es para consumo humano y debe cumplir con los requerimientos mínimos para garantizar que el agua sea sanitariamente segura.

3.2. Costo metro cúbico de agua por operación

El costo de un producto está formado por el precio de la materia prima, el precio de la mano de obra directa empleada en el proceso de producción, el precio de la mano de obra indirecta empleada para el funcionamiento de la empresa y el costo de los insumos utilizados para la transformación del bien o servicio.

Aunque es una descripción detallada de los costos y gastos en que se incurre en la transformación de agua potable, esta manera de calcular el costo actualmente no se sabe cuál es el costo del metro cúbico de agua por operación. Es decir no se conoce el costo de metro cúbico de agua en cada operación del proceso de tratamiento de agua.

En toda empresa de producción se debe saber el costo de la materia prima al iniciar el proceso de transformación, también se debe conocer el incremento que del costo que toma en cada estación del proceso hasta terminar el proceso de transformación que va desde la materia prima hasta el producto final.

Uno de los grandes retos de todo proceso de producción es encontrar el valor del producto en cada estación del proceso y de esta manera saber la variación en el costo que va tomando el producto hasta que llega a su transformación total. Por esa razón una de las propuestas a implementar es el cálculo del costo por metro cúbico de agua por operación, es decir saber del costo del metro cúbico de agua cuando llega a la planta, y el incremento del costo de cada metro cúbico de agua en cada operación del proceso de tratamiento.

Tabla X. Desglose del costo por metro cúbico de agua (mayo a octubre de 2012)

Desglose del costo por metro m ³ de agua en Plata el Cambray (Mayo - Octubre)										
Estación Hincapié	No. De personas	Sueldo por persona diario	Costo Mayo/Octubre	Costo mensual	Costo por día	Caudal en m ³ por día	Costo por m ³	Costo total por operación	Costo total acumulado por m ³	Porcentaje del costo total del m ³ por operación
Costo personal operativo (6 plazas)	6	Q153.97			Q923.83	4,415	Q0.2092	Q2.3383		
Costo energía eléctrica				Q277,135.97	Q9,237.87	4,415	Q2.0923			
Costo pos mantenimiento preventivo programado (cuencas)			Q12,183.36	Q2,030.56	Q67.69	4,415	Q0.0153			
Costo por mano de obra electromecánica			Q15,631.47	Q2,605.24	Q86.84	4,415	Q0.0197			
Costo por material utilizado (electromecánica)			Q1,440.59	Q240.10	Q8.00	4,415	Q0.0018			
Estación Pinula								Costo total		
Costo personal operativo (1 plaza)	1	Q166.87			Q166.87	10,500	Q0.0159	Q0.0228	Q0.7083	57.53%
Costo energía eléctrica				Q1,637.00	Q54.57	10,500	Q0.0052			
Costo pos mantenimiento preventivo programado (cuencas)			Q1,848.04	Q308.01	Q10.27	10,500	Q0.0010			
Costo por mano de obra electromecánica			Q1,301.07	Q216.84	Q7.23	10,500	Q0.0007			
Costo por material utilizado (electromecánica)			Q96.28	Q16.05	Q0.53	10,500	Q0.0001			
Costo en Floculación								Costo total		
Costo por mano de obra en floculación (3 plazas)	3	Q161.32			Q483.95	14,915	Q0.0324	Q0.2422	Q0.9505	77.20%
Costo por químico utilizado (sulfato de aluminio)				Q93,865.03	Q3,128.83	14,915	Q0.2098			
Costos en Sedimentación								Costo total		
Costo pos mantenimiento preventivo programado (cuencas)			Q21,224.45	Q3,537.41	Q117.91	14,915	Q0.0079	Q0.0404	Q0.9908	80.48%
Costo por mano de obra en sedimentación (3 plazas)	3	Q161.32			Q483.95	14,915	Q0.0324			
Costos en Camaras de Filtración						14,915		Costo total		
Costo pos mantenimiento preventivo programado (cuencas)			Q21,224.45	Q3,537.41	Q117.91	14,915	Q0.0079	Q0.0404	Q1.0312	83.76%
Costo por mano de obra en sedimentación (3 plazas)	3	Q161.32			Q483.95	14,915	Q0.0324			
Costos en Desinfección								Costo total		
Costo por químico utilizado (cloro gaseoso e hipoclorito)				Q6,138.36	Q204.61	14,915	Q0.0137	Q0.0137	Q1.0449	84.87%
Costo por personal suplente en Planta el Cambray								Costo total		
Costo por personal operativo suplente (4 plazas)	4	Q142.12			Q568.46	14,915	Q0.0381	Q0.0381	Q1.0830	87.97%
Costo personal administrativo								Costo total		
Personal de seguridad (2 plazas)	2	Q100.00			Q200.00	14,915	Q0.0134	Q0.1481	Q1.2311	100.00%
Personal de bodega (1 plaza)	1	Q127.03			Q127.03	14,915	Q0.0085			
Auxiliar de superintendente (1 plaza)	1	Q201.75			Q201.75	14,915	Q0.0135			
Superintendente (1 plaza)	1	Q310.69			Q310.69	14,915	Q0.0208			
Costo por combustible				Q1,879.31	Q62.64	14,915	Q0.0042			
Costo por servicio telefónico (línea fija)				Q1,450.28	Q48.34	14,915	Q0.0032			
Costo por energía eléctrica				Q35,601.90	Q1,186.73	14,915	Q0.0796			
Costo por mano de obra electromecánica			Q9,285.73	Q1,547.62	Q51.59	14,915	Q0.0035			
Costo por materiales utilizados electromecánica			Q660.41	Q110.07	Q3.67	14,915	Q0.0002			
Costo por material utilizado en oficina			Q3,000.00	Q500.00	Q16.67	14,915	Q0.0011			

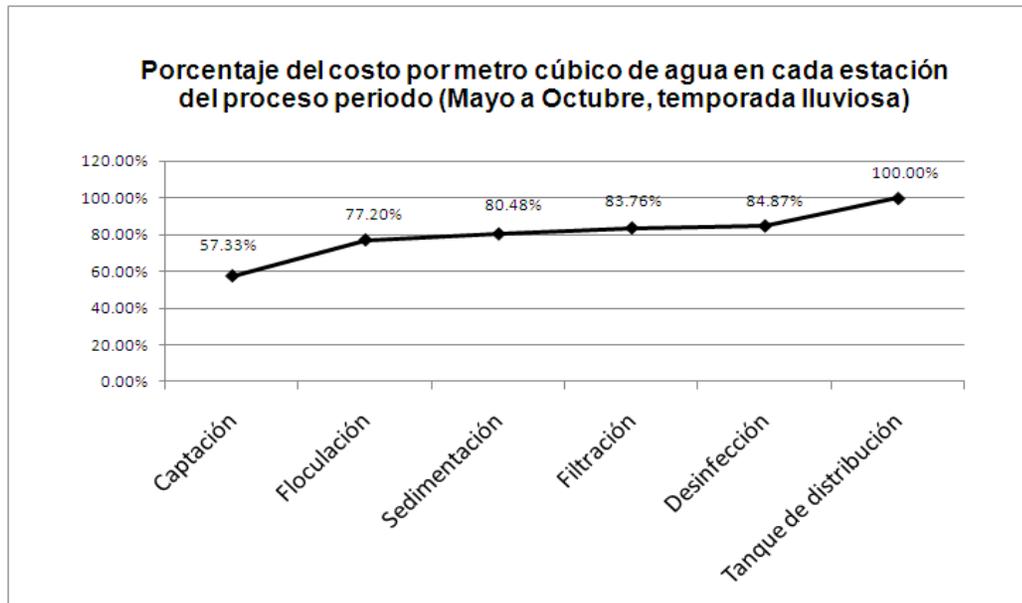
Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Planta El Cambray.

Tabla XI. Desglose del costo por metro cúbico de agua en periodo noviembre de 2012 a abril de 2013

Desglose del costo por metro m ³ de agua en Plata el Cambray (Novembre - Abril)										
Estación Hincapié	No. De personas	Sueldo por persona diario	Costo Noviembre/Abril	Costo mensual	Costo por día	Caudal en m ³ por día	Costo por m ³	Costo total por operación	Costo total acumulado por m ³	Porcentaje del costo total del m ³ por operación
Costo personal operativo (6 plazas)	6	Q153.97			Q923.83	7,239	Q0.1276			
Costo energía eléctrica				Q414,030.74	Q13,801.02	7,239	Q1.9065			
Costo pos mantenimiento preventivo programado (cuencas)			Q33,351.71	Q5,558.62	Q185.29	7,239	Q0.0256	Q2.0686		
Costo por mano de obra electromecánica			Q9,931.60	Q1,655.27	Q55.18	7,239	Q0.0076			
Costo por material utilizado (electromecánica)			Q1,694.34	Q282.39	Q9.41	7,239	Q0.0013			
Estación Pinula								Costo total		
Costo personal operativo (1 plaza)	1	Q166.87			Q166.87	4,636	Q0.0360			
Costo energía eléctrica				Q1,492.77	Q49.76	4,636	Q0.0107			
Costo combustible						4,636	Q0.0000	Q0.0543	Q1.2822	71.57%
Costo pos mantenimiento preventivo programado (cuencas)			Q6,300.13	Q1,050.02	Q35.00	4,636	Q0.0075			
Costo por mano de obra electromecánica			Q0.00	Q0.00	Q0.00	4,636	Q0.0000			
Costo por material utilizado (electromecánica)			Q0.00	Q0.00	Q0.00	4,636	Q0.0000			
Costo en Floculación								Costo total		
Costo por químico utilizado (sulfato de aluminio)				Q46,112.14	Q1,537.07	11,875	Q0.1294	Q0.1702	Q1.4524	81.07%
Costo por mano de obra en floculación (3 plazas)	3	Q161.32			Q483.95	11,875	Q0.0408			
Costo en sedimentación								Costo total		
Costo pos mantenimiento preventivo programado (cuencas)			Q6,084.29	Q1,014.05	Q33.80	11,875	Q0.0028	Q0.0436	Q1.4960	83.51%
Costo por mano de obra en sedimentación (3 plazas)	3	Q161.32			Q483.95	11,875	Q0.0408			
Costo en filtración								Costo total		
Costo pos mantenimiento preventivo programado (cuencas)			Q6,084.29	Q1,014.05	Q33.80	11,875	Q0.0028	Q0.0436	Q1.5396	85.94%
Costo por mano de obra en filtración (3 plazas)	3	Q161.32			Q483.95	11,875	Q0.0408			
Costo en desinfección								Costo total		
Costo por químico utilizado (cloro gaseoso e hipoclorito)				Q6,358.11	Q211.94	11,875	Q0.0178	Q0.0178	Q1.5574	86.94%
Costo por personal suplente								Costo total		
Costo por personal operativo suplente (4 plazas)	4	Q142.12			Q568.46	11,875	Q0.0479	Q0.0479	Q1.6053	89.61%
Costo personal administrativo								Costo total		
Personal de seguridad (2 plazas)	2	Q100.00			Q200.00	11,875	Q0.0168			
Personal de bodega (1 plaza)	1	Q127.03			Q127.03	11,875	Q0.0107			
Auxiliar de superintendente (1 plaza)	1	Q201.75			Q201.75	11,875	Q0.0170			
Superintendente (1 plaza)	1	Q310.69			Q310.69	11,875	Q0.0262			
Costo por combustible				Q1,879.31	Q62.64	11,875	Q0.0053	Q0.1862	Q1.7915	100.00%
Costo por servicio telefónico (línea fija)				Q1,450.28	Q48.34	11,875	Q0.0041			
Costo por energía eléctrica				Q35,128.64	Q1,170.95	11,875	Q0.0986			
Costo por mano de obra electromecánica			Q10,210.27	Q1,701.71	Q56.72	11,875	Q0.0048			
Costo por materiales utilizados electromecánica			Q2,875.13	Q479.19	Q15.97	11,875	Q0.0013			
Costo por material utilizado en oficina			Q3,000.00	Q500.00	Q16.67	11,875	Q0.0014			

Fuente: elaboración propia con datos de Planta El Cambray.

Figura 13. Incremento del costo por metro cúbico de agua en cada operación del proceso (mayo a octubre de 2012)

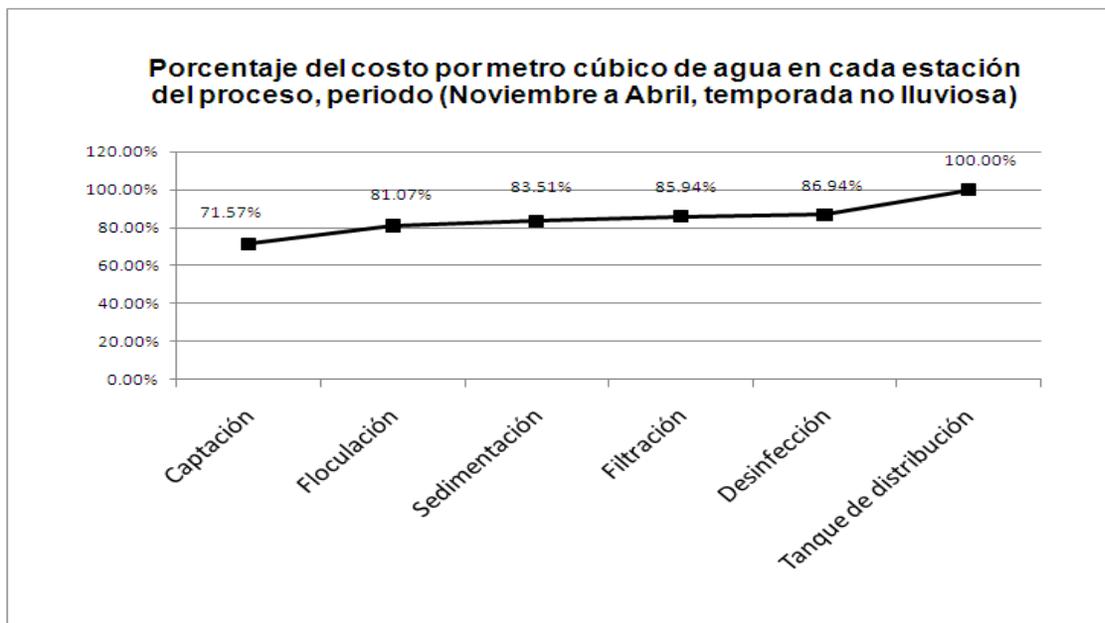


Fuente: elaboración propia.

La figura 13 y la tabla X, muestran el porcentaje de costo total que lleva cada metro cúbico de agua al momento de pasar por cada uno de los procesos en temporada de mayo a octubre que es la temporada lluviosa en Guatemala. La gráfica muestra que cuando el agua entra a la planta es decir que está en proceso de captación cada metro cúbico de agua lleva un 57,33 % de su costo total, cuando pasa por floculación lleva un 72,20 % de su costo, cuando para por sedimentación lleva un 80,48 %, al momento de pasar por filtración el costo por metro cúbico es de 84,87 %, en desinfección el costo es un 84,87 % y cuando el agua está lista para enviar a la red, en el tanque de distribución el agua ha alcanzado un 100 % de su costo de procesamiento, ver desglose de costo en tabla X.

Es necesario recordar que esto es en los meses de mayo a octubre, mientras que en los meses de noviembre a abril el costo del agua es diferente y se detalla en la tabla XI de la página No. 56 y se describe a continuación.

Figura 14. Incremento del costo por metro cúbico de agua en cada operación del proceso (noviembre 2012 a abril de 2013)



Fuente: elaboración propia.

La figura 14 y la tabla XI, muestran el costo que lleva cada metro cúbico de agua al momento de pasar por cada uno de los procesos de tratamiento para convertirla en agua potable, este costo es en los meses de noviembre a abril que es la temporada no lluviosa en Guatemala.

La gráfica muestra que cuando el agua entra a la planta en esta temporada no lluviosa el costo del metro cúbico de agua ya lleva un 71,57 % de su costo total, cuando pasa por floculación lleva un 81,07 % de su costo, cuando para por sedimentación lleva un 83,51 %, al momento de pasar por

filtración el costo por metro cúbico es de 85,94 %, en desinfección el costo es un 86,94 % y cuando el agua está lista para enviar a la red, en el tanque de distribución el agua ha alcanzado un 100 % de su costo, ver desglose de costo de temporada no lluviosa en tabla XI.

De acuerdo al análisis del costo por metro cúbico de agua potabilizada, muestra que el agua cuando llega a la planta tiene diferente costo y este varía de acuerdo a las estaciones del año que en este análisis se estableció como temporada lluviosa (mayo a octubre) y temporada no lluviosa (noviembre a abril), este análisis estableció que el costo por metro cúbico de agua varía de acuerdo a la estación del año, siendo el costo por cada metro cúbico de agua en temporada no lluviosa un 30 % más que en temporada lluviosa, ver tablas X y XI, páginas No. 55 y 56 respectivamente.

3.3. Reducción de pérdida de agua en puntos críticos del proceso

La reducción de pérdida de agua se centra básicamente en el punto del proceso en donde se incurre en más consumo de agua, que según análisis es en lavado o mantenimiento a sedimentadores, es por esta razón que en esta operación se procede a implementar herramientas para la reducción de dicho consumo.

La tabla VIII, indica que la mayor pérdida o desperdicio de agua se presenta en mantenimiento o lavado de sedimentadores, teniendo 1 275 metros cúbicos de pérdida de agua mensualmente, mientras que el agua que se consume por uso doméstico es de 107,64 metros cúbicos por mes y la pérdida de agua por fugas o derrames que corresponde a pérdida de agua por daños al equipo es de 4,353 metros cúbicos mensualmente.

El mayor desperdicio de agua tiene lugar en mantenimiento o lavado de sedimentadores por lo que es en esta operación en donde se centra el estudio de reducción de pérdida o desperdicio de agua.

3.3.1. En mantenimiento del equipo

Tomando en cuenta que el lavado o mantenimiento a sedimentadores es el proceso que más incurre en pérdida de agua, se hace necesaria la mejora en este proceso.

Con el método actual se incurre en un ahorro mensual de 1 275 metros cúbicos de agua (ver tabla VIII). Esta pérdida de agua se reduce con la implementación de equipo y cambio de método que permitirá la reducción de pérdida de agua en mantenimiento o lavado a sedimentadores.

De acuerdo a la política de la Planta el Cambray, toda mejora o cambio en la implementación de equipo en el proceso potabilizador no debe detener en ningún momento la producción de agua potable ya que toda mejora debe de tomar en cuenta que el proceso potabilizador de agua, es continuo, y no se puede detener el proceso de abastecimiento de agua potable a la población que actualmente es beneficiada con este servicio, cualquier implementación o mejora en el proceso se debe hacer mientras el proceso de transformación de agua potable está en proceso de producción.

Tomando en cuenta que la altura máxima desde donde se debe bombear el agua es de 4 metros y se necesita trasladar 1 300 metros cúbicos aproximadamente de agua en 24 horas como máximo, esta capacidad se logra con bombas centrífugas portátiles de 2 Hp, con una capacidad de 1 000 litros por minuto.

El equipo a implementar es el siguiente:

Maquinaria de bombeo que consiste en dos bombas con capacidad de caudal de 1 000 litros por minuto, con este equipo la reducción tiene lugar cuando al momento del mantenimiento se debe bombear agua que está en proceso de sedimentado al sedimentador más cercano o al que más convenga, con un caudal de 2 000 litros por minutos, es decir que cuando se tenga programado el mantenimiento a sedimentadores se utilicen estas bombas para trasladar el agua del sedimentador que estará en mantenimiento a otro sedimentador que no esté programado ese mismo día para mantenimiento, y de esta manera se recupere el agua y al momento de lavado o mantenimiento sea eliminado solo el sedimento.

La implementación consiste en la conexión de equipo de bombeo la cual permitirá que cuando se programe mantenimiento a un sedimentador, 24 horas antes se habiliten de forma manual estas bombas para que el agua que pueda rescatarse sea bombeada a otro sedimentador dejando solo el sedimento para ser desechado posteriormente.

La maquinaria de bombeo se eligió tomando en cuenta:

- La altura máxima de una cámara de sedimentado o sedimentador es de 4 metros, la cantidad de agua a trasladar de un sedimentador a otro.
- La maquinaria debe ser portátil para que se pueda mover a diferentes partes del sedimentador o ubicar esta maquinaria de bombeo en donde no haya mayor cantidad de sedimento.

Tabla XII. Características del equipo de bombeo propuesto, que cumple con la capacidad requerida

La descripción de las características del equipo de bombeo propuesto se hace a continuación, una máquina centrífuga no es más que un eje en rotación que crea energía, en este caso la energía que genera a través de la rotación impulsa agua de acuerdo a la capacidad de la bomba que es de 2Hp (caballos de fuerza) tiene la capacidad de impulsar 1 000 litros/minuto hasta una altura máxima de 8 metros.

Tipo bomba	Capacidad	Dimensiones	Motor	Costo
Centrífuga autocebante	Diámetro de succión/descarga 3", Altura de succión: 8 metros	Dimensiones: 510X375X443 mm	Potencia: 5,1 Kw Consumo de combustible 1,7 litros/hora	Costo: Q.28 000,00 por unidad

Fuente: elaboración propia.

El diámetro de succión o descarga no es más que el diámetro de abertura interna de la bomba la cual está relacionada con el diámetro de la tubería que servirá de succión descarga de agua que es de 3 pulgadas.

Las dimensiones de la máquina de succión o descarga (bomba) son de 51cmX37,5cmX44,3cm, el cual le permite ser portátil que puede ser trasladada por una o dos personas y ubicada en un espacio reducido, y/o ubicarla en el lugar en donde haya menor cantidad de sedimento al momento de lavado o mantenimiento de la cámara de sedimentación o sedimentador.

El costo actual de cada máquina de succión o descarga es de Q.28 000,00 tomando en cuenta que el costo puede variar de acuerdo a el proveedor y el tiempo de compra ya que son máquinas que están sujetas a cambios de precio que cambian de acuerdo a la variación de costo de los insumos y el material de fabricación.

3.3.2. Costo de la propuesta

Con la implementación del nuevo método se recupera 1 275 metros cúbicos de agua mensual en promedio el cual aumentará la capacidad ofrecida de agua potable en Planta El Cambray en ese mismo número de metros cúbicos.

Cada equipo de bombeo tiene un valor de Q.28 000,00, por ser equipo portátil, el costo de instalación es nulo, costo total del equipo a utilizar es de Q.56 000,00 el uso de este equipo de bombeo permitirá el ahorro de 1 275 metros cúbicos de agua mensualmente.

3.3.3. Responsable de la implementación

La persona responsable de la implementación es el superintendente de la Planta El Cambray, es la persona que decidirá el tiempo de inicio implementación de la propuesta.

El superintendente coordinará en cooperación con el jefe del departamento de electromecánica la ejecución del mismo, tomando en cuenta que el abastecimiento de agua potable debe ser el óptimo para la población.

3.3.4. Tiempo de la implementación

La implementación está programada para hacerse en 25 días hábiles, partiendo desde la aprobación del mismo, como se muestra en el diagrama de planificación del proyecto.

Tabla XIII. **Cronograma de implementación del proyecto de reducción de desperdicio de agua, en proceso potabilizador de Planta El Cambray**

Aprobación de la implementación		Compra de maquinaria de bombeo		Capacitación en uso de maquinaria de bombeo
En esta etapa se hace el análisis, del estudio de reducción y la aprobación del mismo. (8 días hábiles)		Desde el día de solicitud de compra al proveedor hasta la entrega del equipo de bombeo. (15 días hábiles para entrega)		Al estar el equipo de bombeo se hace necesaria la capacitación al personal que utilizará dicho equipo. (2 días hábiles)
8 días hábiles		15 días hábiles		2 días hábiles

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra la tabla anterior, desde la aprobación hasta la entrega y capacitación del personal que usará esta bomba se llevarán 25 días hábiles. La capacitación al personal operativo incluye instrucción y uso de maquinaria de bombeo como también la información del nuevo método que se hará para el lavado o mantenimiento en sedimentadores el cual permitirá la reducción en el desperdicio de agua.

3.4. Comparación de resultados en uso de agua en la planta

Actualmente el uso de agua en la Planta El Cambray es de 1 387 metros cúbicos mensualmente y con la implementación de este equipo de bombeo con un costo de Q.56 000,00, el ahorro de agua será de 1 275 metros cúbicos mensual aproximadamente.

3.4.1. Mantenimiento del equipo antes de la implementación vrs. después de la implementación

La tabla siguiente muestra que el consumo de agua total en Planta El Cambray es de 1 387 metros cúbicos mensuales antes de la implementación de la propuesta, mientras que con la implementación de la propuesta en lavado o mantenimiento a sedimentadores el consumo total se reduce, ver tabla XV, teniendo un ahorro de agua de 1 275 metros cúbicos por mes, con este ahorro en el desperdicio de agua se puede abastecer a un poblado de 40 familias en promedio.

Tabla XIV. **Uso o pérdida de agua antes de la implementación**

Pérdida de agua en promedio mensual	Metros Cúbicos de agua	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Por mantenimiento al equipo	1 275	91,93 %	91,93 %
Por uso doméstico	107,64	7,76 %	99,69 %
Por daños al equipo	4,35	0,31 %	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Uso o pérdida de agua después de la implementación**

Pérdida de agua en promedio mensual	Metros Cúbicos de agua	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Por mantenimiento al equipo	0,00	0.00%	0,00 %
Por uso doméstico	107,64	96,11 %	96,11 %
Por daños al equipo	4,35	3,89 %	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en las tablas XIV de la página 65 y la tabla anterior, la propuesta de implementación reduce significativamente el desperdicio de agua en lavado o mantenimiento a sedimentadores.

3.5. Análisis financiero

El análisis financiero es una técnica importante en la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto. Pretende determinar la conveniencia de proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costes y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto. Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos o individuales, empresas privadas, planes de negocios.

El análisis Costo-Beneficio es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que se pueden hacer en un negocio en marcha tales como el desarrollo de nuevo producto o la adquisición de nueva maquinaria.

Mientras que la relación beneficio-costo, también conocida como índice neto de rentabilidad, es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto.

La relación beneficio/costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad.

¿Cómo se calcula la relación beneficio costo?

- Tomar como tasa de descuento la tasa social en vez de la tasa interna de oportunidad.
- Traer al valor presente los ingresos netos de efectivo asociados con el proyecto.
- Traer a valor presente los egresos netos de efectivo del proyecto
- Establecer la relación entre el VPN de los Ingresos y el VPN de los egresos.

El beneficio/costo se obtiene evaluando la formula siguiente:

$$\text{Beneficio/Costo} = \frac{\text{Valor actual de los beneficios totales}}{\text{valor actual de los costos de inversión totales}}$$

Según el análisis beneficio/costo, un proyecto o negocio será rentable cuando la relación costo-beneficio es mayor que la unidad.

$B/C > 1 \rightarrow$ el proyecto es rentable

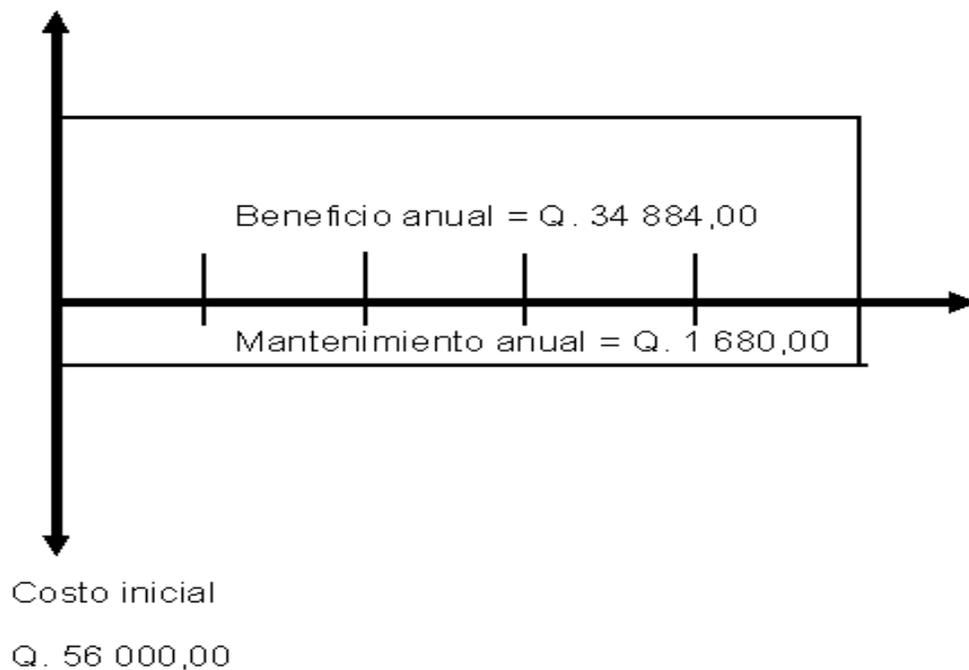
Los pasos necesarios para hallar y analizar la relación beneficio-costos son los siguientes:

- Hallar costos y beneficios: en primer lugar hallamos la proyección de los costos de inversión o costos totales y los ingresos totales netos o beneficios netos del proyecto o negocio para un periodo de tiempo determinado.
- Convertir costos y beneficios a un valor actual: debido a que los montos proyectados no toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo (hoy en día tendrían otro valor), debemos actualizarlos a través de una tasa de descuento.
- Hallar relación beneficio - costo: dividimos el valor actual de los beneficios entre el valor actual de los costos del proyecto.
- Analizar relación beneficio - costo: si el valor resultante es mayor que 1 el proyecto es rentable, pero si es igual o menor que 1 el proyecto no es viable pues significa que los beneficios serán iguales o menores que los costos de inversión o costos totales.
- Comparar con otros proyectos: se tendría que elegir entre varios proyectos de inversión, teniendo en cuenta el análisis beneficio-costos, se elegirá aquél que tenga la mayor relación beneficio-costos.

Figura 15. **Beneficios y costos de la propuesta de implementación**

En esta gráfica se muestra que con la implementación de la propuesta se tendrá un beneficio anual de Q.34 884,00, que corresponde a 15 300 metros cúbicos de agua de ahorro anual.

En esta figura se muestra de forma gráfica los ingresos y egresos que tendrá la planta en un periodo de cinco años a partir de la implementación del equipo para cambio de método de mantenimiento o lavado a sedimentadores, con la implementación de este método se tendrá un ahorro en el desperdicio de agua que permitirá un mejor ingreso económico a la planta al ahorrar 1 275 metros cúbicos de agua mensualmente.



Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Análisis Beneficio/Costo de la propuesta a implementar

La propuesta a implementar consta de, 2 máquinas de bombeo portátiles centrifugas, con una capacidad de caudal de 1 000 litros/minuto y un costo de Q.28 000,00 cada máquina. Con esta implementación se tendrá un ahorro de agua de 1 275 metros cúbicos mensual, tomando en cuenta que el costo por metro cúbico de agua a la población es aproximadamente de Q.2,28, se tiene un ahorro mensual de Q.2 907,00, es decir Q.34 884,00 anuales.

El análisis beneficio/costo se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Beneficio/ Costo} = \text{Q.34 884,00}/[\text{Q.1 680,00} + \text{Q.56 000.00}*(\text{A/P},0.2,5)]$$

$$\text{Beneficio/Costo} = \text{Q.34 884.00}/\text{Q.20 470,00}$$

$$\text{Beneficio/Costo} = 1,7042$$

El análisis de beneficio/costo se hizo en base los precios actuales, aunque este puede variar de acuerdo a la variación de costos por encarecimiento de maquinaria e insumos.

Como la relación beneficio es de 1,7042 (Beneficio/costo > 1), se concluye que la implementación de la propuesta es rentable y optimizará el ingreso económico en la planta.

Es decir, con el ahorro de 1 275 metros cúbicos de agua mensualmente, al año se tendrá un ingreso adicional de Q.34 884 que mejorará el ingreso

económico de la planta, y a la vez aumentará la cantidad ofrecida de agua potable en igual número de metros cúbicos.

3.5.2. Tiempo de recuperación de la inversión

El tiempo de recuperación de la inversión se obtiene a través de del Valor Presente Neto que se detalla a continuación.

$$VPN = - 56\ 000 - 1\ 680(P/A, 0.2, 5) + 34\ 884(P/A, 0.2, 5)$$

De acuerdo que el retorno de inversión es cuando el VPN tiende a cero, entonces, la recuperación de la inversión se presenta en la formula siguiente:

$$0 = - 56\ 000 - 1\ 680(P/A, 0.2, 5) + 34\ 884(P/A, 0.2, 5)$$

Reduciendo la fórmula anterior a través de factorización se llega a la expresión siguiente:

$$56\ 000 / (34\ 884 - 1\ 680) = (P/A, 0.2, 5)$$

Por lo tiene que:

$$56\ 000 / 33\ 204 = (P/A, 0.2, 5)$$

Es decir que el tiempo de recuperación de inversión será de 60% por año, teniendo que el tiempo total de recuperación es de 1,70 años, equivalente a 1 año 8 meses y 19 días.

Ahora bien, los criterios con los cuales la empresa privada evalúa sus actividades son marcadamente diferentes de los que se aplican en evaluación de las actividades públicas o sociales.

En general, las actividades privadas se evalúan en términos de ganancias mientras que las públicas se evalúan en términos del bienestar general, como se expresen colectiva y efectivamente.

Es necesaria una base para evaluar las actividades públicas con el fin de entender las características del beneficio que se tendrá. Para Planta El Cambray el beneficio que se tendrá con este ahorro de agua, es de abastecer a una comunidad o asentamiento o poblado de 40 familias como mínimo.

La situación de la empresa privada es bastante diferente. Aquellos que controlan la empresa privada proponen e implementan los servicios que van a ofrecer al público, quién juzga si el servicio vale el costo.

Para sobrevivir una organización de negocios privada debe, por lo menos, balancear su ingreso y sus costos, por tanto la ganancia es necesariamente el objetivo primordial.

Por la misma razón una empresa privada rara vez es capaz de considerar objetivos sociales. A menos que aumente su posición competitiva.

En términos generales, la medida final de la deseabilidad de una actividad de cualquier unidad gubernamental es el criterio de la gente de esa unidad. La excepción a esto es cuando una unidad subordinada desarrolla una actividad cuyo objetivo sea contrario al de la unidad superior, en cuyo caso la decisión final de la deseabilidad recaerá en parte en la gente de la unidad superior.

Además, debe ser claro que las actividades de la institución se evalúan por la suma de los criterios de los ciudadanos individuales, cuya base para su juicio ha sido el bienestar general, tal como los ven. Los objetivos de la mayoría de las actividades instituciones gubernamentales parecen ser en el fondo de naturaleza social, aunque es un factor las consideraciones de carácter económico.

Considerando que Guatemala enfrenta grandes desafíos para lograr una gestión adecuada de sus recursos hídricos nacionales. La deforestación sigue aumentando mientras la demanda mundial de madera ejerce presión sobre los bosques de Guatemala. Las necesidades de la agricultura, y las contradicciones en la planificación del uso del agua y de tierras. Con el crecimiento de los sectores industriales, Las aguas residuales no tratadas contaminan los recursos hídricos, mientras que las instalaciones de tratamiento son insuficientes.

En un país montañoso como Guatemala, se tiene abastecimiento de aguas no tratadas, aún así el agua dulce esta escaseando por lo que se hace necesaria la concientización y la educación en el uso de agua potable con el fin de no caer en el desperdicio y poca utilización del la misma. A más esfuerzo por reducir el desperdicio de agua potable mejor será el aprovechamiento y mayor será el número de personas beneficiadas con este servicio en toda Guatemala.

4. MEDIO AMBIENTE COMO FACTOR EXTERNO

La deforestación es un problema importante a lo largo de la historia de Guatemala. El descontrol en la tala de árboles, especialmente de maderas duras y preciosas, cada vez va a más.

El cultivo de subsistencia es practicado por millones de personas, los cuales cultivan la tierra quemando una parte del bosque y plantando cosechas en un suelo aparentemente rico. El problema es que a pesar del aspecto frondoso del bosque, el suelo subyacente no es fértil. Su fertilidad no es inherente y por lo tanto deben hacer crecer sus cultivos a través de químicos, y de esta manera se tiene una interacción compleja de las plantas, árboles, bacterias e insectos que viven únicamente en el bosque.

Después de quemar el bosque, las cosechas pueden únicamente crecer por un par de años antes de que el suelo se agote y el granjero cambie a otro lugar para quemar otra sección de bosque, dejando detrás un espacio muerto, directamente expuesto al sol abrasador y a la lluvia torrencial.

La tierra necesita muchos años para recuperarse y a veces nunca se recupera. Es más, si el mantillo se pierde, la tierra nunca se recuperará del todo y el mantillo terminará en ríos y arroyos, ocasionando un disturbio ecológico adicional río abajo contaminado las aguas.

En Guatemala los recursos de agua son abundantes pero se ven agotados por el aumento de la demanda, la cual se ha desarrollado hasta llegar a una situación crítica. Este agotamiento se debe en parte a una distribución desigual

de la población; las áreas más densamente pobladas son las regiones donde la disponibilidad de agua es baja debido a la altura o a un déficit de lluvia.

El porcentaje de la población que tiene acceso al agua potable y servicios de sanitación es extremadamente bajo.

La mayoría de las áreas rurales no poseen sistemas convencionales de aguas negras sino solamente letrinas. Las enfermedades causadas por la contaminación del agua se han propagado la contaminación de los recursos de agua representa un gran problema debido que a lo largo de todo el país prevalece la contaminación del agua superficial y de aguas subterráneas poco profundas.

4.1. La importancia de las plantas de tratamiento de agua potable en Guatemala

Las aguas negras provenientes del sector doméstico y los flujos agrícolas ocasionan la contaminación biológica del agua. Como resultado, el agua superficial está cargada de heces particularmente en las áreas densamente pobladas, y la mayoría no es apta para usarse en el suministro de agua. Muchos ríos se consideran severamente contaminados entre los que están los siguientes ríos: Motagua, Villalobos, Michatoya, Las Vacas y Samalá. El Lago de Amatitlán, al sur de la ciudad de Guatemala, recibe el 50 por ciento de las aguas negras de la ciudad de Guatemala a través del río Villalobos por lo tanto está severamente contaminado.

Se considera que el lago de Amatitlán es un lago “muerto”, sin embargo, la primera agencia nacional para la administración de las cuencas, “Autoridad para

el Manejo Sostenible de las Cuencas del Lago de Amatitlán” está trabajando para salvarlo.

La deforestación ha contribuido a alterar la dinámica del ciclo hidrológico en Guatemala el resultado es que no llueve en los meses que se tiene previsto. Este es un problema muy serio en Guatemala que tiene consecuencias devastadoras para el medio ambiente. Las leyes existentes sobre la deforestación son difíciles de hacer cumplir. La deforestación causa sedimentación que se transporta en las vías de agua reduciendo así la cantidad de agua superficial disponible. Por los últimos 40 años, la disponibilidad de agua superficial ha disminuido de un 60 a 70 por ciento, principalmente esto se debe a la deforestación y al incremento de la población. Muchos ríos, inclusive los principales, están secos durante marzo y abril.

Como resultado de la disminución en el suministro de agua superficial y debido a la contaminación, se confía en el agua subterránea para que proporcione más agua en el futuro.

Sin embargo, muchos acuíferos poco profundos se están contaminando debido a la contaminación superficial, esto está causando la dependencia de pozos y fuentes de agua más profundas para proporcionar agua potable.

Se necesita la información para resolver problemas de recursos de agua y para discutir asuntos sobre necesidades urgentes. El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, está llevando a cabo esfuerzos para reparar la red de estaciones de aforo fluvial.

Si se adoptan las recomendaciones para el manejo de las cuencas, si se llevan a cabo esfuerzos para reducir la entrada de desechos no tratados en las

vías de agua y si se establece una comisión para el suministro de agua y sanitarización, entonces se podrán llevar a cabo acciones positivas, inmediatas y se podrán llevar a cabo beneficios de largo plazo.

4.1.1. Organismos de Cooperación Técnica Internacional

En 1998 la planta de tratamiento agua potable El Cambray fue rehabilitada por el apoyo técnico y financiero de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA).

Uno de los organismos de cooperación técnica internacional en Guatemala es la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual establece que en países en vías de desarrollo respecto del suministro de agua potable se tiene:

- Un 88 % de las enfermedades diarreicas son producto de un abastecimiento de agua insalubre y de un saneamiento y una higiene deficientes.
- Un sistema de abastecimiento de agua potable eficiente y bien manejado reduce entre un 6 % y un 21 % la morbilidad por diarrea, si se contabilizan las consecuencias graves.
- La mejora del saneamiento reduce la morbilidad por diarrea en un 32 %.
- Las medidas de higiene, entre ellas la educación sobre el tema y la insistencia en el hábito de lavarse las manos, pueden reducir el número de casos de diarrea en hasta un 45 %.

- La mejora de la calidad del agua de bebida mediante el tratamiento del agua doméstica, por ejemplo con la cloración en el punto de consumo, puede reducir en un 35 % a un 39 % los episodios de diarrea.

4.1.2. Contaminación por factor humano

La contaminación por factor humano incurre con la falta de control del crecimiento poblacional notándose con invasiones y asentamientos que son hechos por personas que carecen de medios dignos para vivir.

Otro de los factores importantes es la falta de control en la en el crecimiento urbano nacional ya que todos los desechos o aguas servidas son orientadas a cualquier barranco hondonada o quebrada que a su vez son orientadas a corrientes de agua que forman riachuelos, ríos, lagos o lagunas.

4.1.2.1. Crecimiento poblacional

Con el crecimiento poblacional en Guatemala y la falta de control por parte de la autoridades municipales o por qué no decir la falta de presupuesto, la migración interna y la falta de control que se tienen con el crecimiento poblacional que demandan vivienda, acomodándose en áreas de alto riesgo para la vida, ubicándose en laderas de barrancos, orillas de ríos que sirven como drenaje para las zonas de mayor desarrollo en la ciudad de Guatemala. El resultado es daño al medio ambiente, tales como bosques, ríos, lagos entre otros.

En Guatemala la mayor contaminación por crecimiento poblacional se debe a la falta de cultura que se tiene en el manejo de los desechos domésticos, por ejemplo haciendo basureros clandestinos o en las mismas

calles que a su vez estos desechos son arrastrados por las corrientes de aguas que se generan en el invierno provocando el tapado de drenajes y la acumulación de basura en los ríos provocando contaminación.

En Guatemala un país en vías de desarrollo la falta de educación en la planificación familiar hace que el promedio de personas por familia en el área rural sea de 8 integrantes, influyendo con la demanda de tierra utilizada para el cultivo, cultivo que para su buena cosecha demanda de productos químicos que esto a sus vez en las primeras lluvias son arrastrados a cualquier río o riachuelo provocando contaminación en las aguas superficiales.

4.1.2.2. Drenajes a flor de tierra

Los drenajes a flor de tierra son los ríos que se generan en las calles, callejones de las aguas servidas que generan los hogares cuando no se tiene un sistema de drenajes que conduzcan las aguas servidas de tuberías hacia lugares utilizados para dichas aguas. También los desechos industriales que contaminan las aguas y la vuelven nocivos para la salud humana como para la flora y la fauna. La realidad en Guatemala es que todos sus ríos que en realidad son los drenajes de las poblaciones acomodadas y asentamientos humanos.

La basura o desechos sólidos es otro de los contaminantes que hacen y provocan mayor costo para potabilizar las aguas superficiales en las plantas de tratamiento de agua potable. Los vemos en cualquier lugar; en las carreteras, terrenos baldíos, o en los vertederos municipales, sin control, orden ni planificación. También los desechos sólidos producidos por la industria que contamina el suelo por sus vertederos o depósitos de chatarra. La agricultura, con los fungicidas, plaguicidas o pesticidas a base de cobre, plomo, cinc, mercurio o cadmio.

Los pesticidas clasifican según sus usos, en insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, rodenticidas, etc.

También pueden clasificarse atendiendo a sus características químicas. Además de sustancias minerales (azufre, sulfato de cobre, arseniato de plomo y de calcio), se emplean particularmente los compuestos orgánicos clorados, como son los insecticidas: DDT, lindano, aldrín, dieldrín, etc; o los herbicidas derivados de fenoxiácidos. Entre los demás compuestos orgánicos se encuentran principalmente los ésteres fosforados utilizados como insecticidas (paratión, malatión, etc). Pero existen también compuestos orgánicos u organometálicos, cuyas moléculas llevan incorporadas grupos funcionales muy variados: derivados de la urea, de las triacinas, empleados como herbicidas, carbamatos y ditiocarbamatos utilizados como fungicidas, etc.

4.1.3. Contaminación por factor industrial

La contaminación industrial en países en vías de desarrollo como Guatemala, debido a la falta de leyes y cumplimiento de estas, no se tiene la disciplina en el control manejo de desechos sólidos y contaminantes por lo tanto la población tiene como cultura conducir las aguas residuales a los accidentes geográficos naturales como quebradas, barrancos, ríos, lagos, lagunas sin darles ningún tipo de tratamiento a estas aguas por lo tanto contaminan de forma directa estas agua.

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la industria, la agricultura y la misma población son los principales agentes contaminantes, mientras que las acciones por parte de este ministerio son a largo plazo.

Por parte de la industria la contaminación es causada por la poca conciencia y la falta de compromiso que se tiene en el manejo de desechos líquidos que muchas veces no se toman las medidas necesarias para deshacerse de residuos tóxicos lo cual son conducidos a los drenajes sin ningún tratamiento de los mismos. Por parte de la agricultura la contaminación se debe a los químicos que se utilizan para tratar la tierra que van desde insecticidas, abonos y pesticidas ya que los restos de estos químicos son arrastrados hacia los ríos, lagos lagunas con las lluvias en temporada de invierno en Guatemala.

En Guatemala no se tiene ningún tipo de inspección para el sector industrial por tanto se hace imposible mejorar el proceso de eliminación de aguas servidas por parte del sector industrial como por crecimiento poblacional.

4.1.3.1. Tipos de industrias

En Guatemala existen varios tipos de industrias que generan desechos sólidos peligrosos, en los que se puede mencionar hospitales, droguerías, industrias manufactureras o textiles, rastros, industrias recicladoras, cooperativas agrícolas en el cual utilizan químicos en sus procesos productivos, y al no ser conscientes en la eliminación de sus residuos causan una contaminación significativa en los riachuelos, lagos, lagunas.

Los desechos sólidos producidos por la industria que contamina el suelo por sus vertederos o depósitos de chatarra. La agricultura, con los fungicidas, plaguicidas o pesticidas a base de cobre, plomo, cinc, mercurio o cadmio.

4.1.4. Leyes que regulan el origen de desechos sólidos o líquidos de origen doméstico e industrial

La Constitución Política y Código Civil. La Constitución Política, que entró en vigencia en 1986, declara públicas todas las aguas; por su parte, el Código Civil contempla un régimen de propiedad privada sobre el recurso.

En caso de conflicto entre las normas, debe resolverse a favor de las constitucionales porque la misma Constitución establece en su artículo 175 la anulación *ipso jure* de las leyes que la contraríen. No obstante, dado los principios constitucionales de irretroactividad de la ley y de garantía de la propiedad privada, las aguas bajo dominio privado continúan estando bajo tal régimen y sólo podrían trasladarse al patrimonio nacional mediante su expropiación. El modo de adquirir el derecho de aprovechamiento queda sujeto a una ley que deberá promulgarse, de conformidad con el artículo 127 de la Constitución; por su parte, las normas civiles sobre la adquisición del dominio han quedado derogadas o anuladas, de conformidad con el mandato constitucional contenido en el artículo 175.

Otras leyes con disposiciones sobre el dominio de las aguas. El Decreto 102-70 fija las atribuciones del Ministerio de Agricultura y lo faculta para conceder el uso y aprovechamiento del agua con fines agrícolas. Este sistema ha sido considerado constitucional y se ha mantenido en ejercicio a través de dicho Ministerio, mediante la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento.

La Ley de Transformación Agraria también estipula normas relativas al dominio y las limitaciones con respecto al recurso, declarando obligatorio el otorgamiento de servidumbres de agua, paso y abrevadero para obras a las que se refiere esta ley, y declara afectables las aguas públicas o privadas que

excedan las necesidades de los terrenos en que se empleen, para ser utilizadas para riego, usos domésticos, servicios e instalaciones para empresas agrícolas, riego de zonas forestales, industrias y otros.

La Ley de Minería (Decreto 41-93, noviembre de 1993) indica en su artículo 152 (Aguas de Dominio Nacional y de Uso Común), que los titulares del derecho minero tienen derecho a usar y aprovechar racionalmente las aguas de dominio nacional y de uso común, así como aquellas que broten o aparezcan en sus labores mineras, para emplearlas en sus trabajos en las cantidades que necesiten. El artículo 153 establece que el uso y aprovechamiento de las aguas que corran dentro de sus cauces naturales o se encuentren en laguna que no sean de dominio nacional ni de uso común, se regirán conforme las disposiciones del Código Civil y las leyes de la materia.

Uso de las aguas, el aprovechamiento del agua distingue dos usos: a) el uso común, que se ejercita de manera directa sobre las fuentes para satisfacer necesidades humanas, sin uso de artefacto o equipo alguno, no produce alteración sensible sobre la calidad y cantidad, ni sobre el comportamiento de las fuentes; y b) el uso especial, que importa un beneficio económico o social concreto para su titular, se ejercita de manera exclusiva sobre determinados bienes hídricos, con destino y por plazos definidos, e implica efectos sobre la calidad, cantidad y comportamiento de las fuentes.

Este uso incluye el doméstico, agrícola, energético, turístico y otros. El uso doméstico de aguas servidas está particularmente descrito y, de acuerdo con la Constitución, la satisfacción de las necesidades de agua potable es prioritaria ante cualquier otro uso.

Numerosas leyes que regulan distintas áreas del desarrollo nacional contienen normas relativas al uso de las aguas. Asimismo, existen disposiciones de carácter general contenidas en la legislación civil que son aplicables a la materia. Por ejemplo, el uso especial de las aguas requiere el otorgamiento formal de la autoridad, mediante concesión, permiso o autorización, creando derechos y deberes subjetivos a favor de su titular y excluyendo a otros de gozar de las aguas concedidas.

Código de Salud (Decreto 45-79, julio de 1979). Regula el uso doméstico, incluyendo entre sus disposiciones siguientes:

Artículo 19: “Encomienda al Ministerio de Salud el saneamiento del ambiente, mediante acciones orientadas a la disposición de excretas y aguas servidas, eliminación de basuras y otros desechos y el control de la contaminación del agua”.

Artículo 20: “Con relación al agua potable, responsabiliza a las municipalidades de atender a las poblaciones urbanas, aldeas y caseríos”.

Artículo 21: “Establece que el Ministerio de Salud, por conducto de sus dependencias, debe promover las obras o construcciones destinadas a la provisión de agua potable a las poblaciones y, en especial, para satisfacer las necesidades de los núcleos familiares. Indica además que velará por su correcta operación y mantenimiento, teniendo facultades para exigir a los obligados a la desinfección de las aguas destinadas al consumo”.

Artículo 23: “Señala que toda fuente natural que pueda servir para dotar de agua potable, sea esta de propiedad de particulares o de las

municipalidades, se declara de utilidad colectiva e interés público; para efectos de su expropiación, se procederá de conformidad con la ley de la materia”.

Artículo 26: “Prohíbe las descargas de aguas servidas a ríos, lagos, lagunas y demás fuentes utilizadas para el servicio público y privado. La violación a esta disposición será sancionada de acuerdo con esta ley”.

Artículo 36: “La descarga de desechos sólidos o líquidos de origen doméstico o industrial sólo pueden autorizarla los municipios si el proyecto de descarga se ajusta a las normas del Ministerio de Salud, y tiene dictamen favorable previo de la Dirección General de Servicios de Salud”.

Artículo 37: “La Dirección General de Servicios de Salud ordenará a las industrias el tratamiento obligatorio de las aguas servidas contaminadas que sean nocivas a la salud humana y la construcción de instalaciones adecuadas para la disposición de excretas, conforme lo determine el reglamento respectivo”.

Artículo 41: “Prohíbe arrojar al medio ambiente, suelo, aguas y aire, los desechos nocivos a la salud. El Ministerio de Salud y la Dirección General de Servicios de Salud podrán autorizar emisiones o vertidos previo tratamiento, en la forma que determine el reglamento respectivo”.

Artículo 41: “Prohíbe utilizar agua contaminada para el cultivo de vegetales alimenticios. Indica que el reglamento normalizará lo relativo a esta materia”.

Otras entidades con funciones y competencia sobre el uso de las aguas. Ciertas actividades relativas al uso especial de las aguas han sido asignadas a distintas entidades nacionales y unidades ejecutoras, mediante sus respectivas

leyes de creación; entre ellas, se cuentan el Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), la Unidad Ejecutora de Proyectos (UNEPAR) y la División de Saneamiento del Medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Rural y varias ONGs como, por ejemplo, Agua del Pueblo.

A nivel municipal y departamental, las instituciones que participan en el sector son: Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), Unidad Ejecutora del Acueducto Nacional Xayá-Pixcayá, la Empresa Mariscal y diversas empresas de agua de lotificadoras privadas en la ciudad de Guatemala y su área de influencia.

Cabe recordar en este punto el uso agrícola que, de conformidad con el Decreto 102-70, faculta al Ministerio de Agricultura para conceder el uso y aprovechamiento del agua con tales fines. Asimismo, es importante mencionar otras leyes que también contienen normas relativas a los usos del agua: el Código Municipal, la Ley del Organismo Ejecutivo, la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Electrificación, la Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Turismo y la Ley de Petróleo.

Decreto 1004 (1953). “Con respecto al arrojamiento de residuos a las aguas, establece que se prohíbe terminantemente mezclar, depositar o lanzar a las aguas de los ríos, riachuelos, manantiales y lagos, sustancias vegetales o químicas, desechos o residuos de la producción agrícola o industrial o bien plantas o sustancias de cualquier especie. Asimismo, prohíbe usar letrinas que careciendo de algún dispositivo de depuración o adecuada filtración de sus desagües, se encuentren situadas en las márgenes de los ríos, riachuelos, manantiales y lagos. La infracción a estas disposiciones se penalizará con las sanciones establecidas en el Código Penal”.

Código Penal (Decreto N° 17-73 del Congreso de la República). “El Código estipula que quien de propósito, envenenare, contaminare o adulterare, de modo peligroso para la salud, agua de uso común o particular, o sustancia alimenticia o medicinal destinadas al consumo, será sancionado con prisión de dos a ocho años. Igual sanción se aplicará a quien, a sabiendas, entregare al consumo o tuviere en depósito para su distribución, agua o sustancia alimenticia o medicinal, adulterada o contaminada”.

Si bien el Código de Salud establece prohibiciones sobre la contaminación de las aguas y sobre el uso y la utilización de agua contaminada para el cultivo de vegetales alimenticios, al no existir un reglamento que normalice lo relativo a la materia, la violación a dichas disposiciones carece de sanción.

Es claro que, en Guatemala, el régimen de sanciones relativas al sector no es efectivo porque las autoridades no han logrado mantener libre de contaminación las aguas. Más que en la naturaleza de la sanción (multa, prisión, suspensión, revocatoria y caducidad de derechos otorgados, intervención y clausura de abastecimientos industriales y comerciales, entre otras), el problema radica en la aplicación de tales sanciones, pues no se cuenta con los mecanismos de control y monitoreo necesarios para hacer efectivo el cumplimiento de las disposiciones legales.

4.1.4.1. Falta de sanciones a las industrias que contaminan el medio ambiente

El papel del gobierno nacional complica el suministro de agua potable. No hay un papel muy claro. Algunos ministerios tienen una relación al asunto de agua potable: el Ministerio de Salud, el Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), y el Ministerio del Medioambiente y Recursos Naturales. Pero los

ministerios son poco débiles en este asunto. No hay un ministerio específicamente de manejo de aguas y los ministerios que existen no quieren llegar a acuerdos con este tema.

El Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM) mantiene las municipalidades y en 1997 en el Decreto Gubernamental 376-96 establece que es la responsabilidad de este, administrar todos los aspectos políticos y estratégicos del agua potable y rural. La capital es el último municipio que tiene su propia compañía de agua EMPAGUA. La mayoría de personas que viven en o cerca de la capital tienen acceso al agua potable. Hay otra compañía XELAGUA para la segunda ciudad más grande: Quetzaltenango aunque no hay una empresa de agua a nivel nacional.

Las comunidades rurales tienen problemas con acceso al agua potable y el 60% de la población de Guatemala vive en áreas rurales. El 36 % de personas no tienen ningún acceso a agua potable y el 26 % no tienen acceso a servicios sanitarios. Muchas de las decisiones en agua potable no incluyen a los ciudadanos. Las empresas privadas y los agentes del gobierno, sin un conocimiento íntimo de la región, tienen todo el poder.

Las municipalidades pueden operar en grupos que se llaman mancomunidades. Todos los impuestos del agua potable necesitan ser aprobados por las municipalidades/mancomunidades. Muchas veces no hay recursos físicos o financieros en ningunas las áreas urbanas para qué hablar de las rurales. Entre los municipios, hay comunidades las áreas más pequeñas donde la gente vive. Hay comités en las comunidades que funcionan como un gobierno miniatura. El presidente, el vicepresidente, el secretario, y el tesorero tratan de llenar el vacío entre el servicio de los municipios y los ciudadanos.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Un plan de acciones de mejora surge como resultado de un proceso previo de análisis y reflexión del entorno a la realidad o mediante un proceso de evaluación.

Mediante un proceso de evaluación, la organización conoce su situación real con respecto al modelo propuesto, determinando cuáles son sus fortalezas, cuáles son sus debilidades y esto constituye el elemento de partida para la realización del plan de acciones de mejora.

En Planta El Cambray, la modificación del método de lavado o mantenimiento a sedimentadores contribuye a la reducción del desperdicio de agua a través del bombeo de agua del sedimentador que se programará para mantenimiento o lavado, este bombeo de agua se hará hacia otro sedimentador que no esté programado para mantenimiento o lavado ese mismo día.

El plan de acciones de mejora pretende dar credibilidad al proceso de evaluación, es por ello que se evita convertirlo en un gran documento formalista o, simplemente una declaración de buenas intenciones.

La importancia del seguimiento y mejora continua en este proyecto se hace necesaria al momento en que se hace necesaria la reducción del desperdicio de agua en esta operación del proceso.

5.1. En mantenimiento al equipo

Toda acción de mejora se define como aquella actuación o conjunto de actuaciones con las que se prevé resolver una de las áreas de mejora determinadas en el proceso de evaluación.

Una vez se ha identificado las principales áreas de mejora y se conocen las causas del problema, se debe designar un responsable de llevarlas a cabo, las fases que se van a seguir, sus indicadores de seguimiento y fijar el periodo de tiempo para su consecución.

Es por esta razón que este estudio se centró en mantenimiento o lavado a sedimentadores ya que el desperdicio de agua en estas cámaras de sedimentación es significativa al momento de esta operación.

El mantenimiento se divide en mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. El preventivo, es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización, revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, mientras que el mantenimiento correctivo repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar por estar dañados.

La finalidad del mantenimiento preventivo es: encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por usuarios, operadores y mantenimiento, para poder asegurar el correcto funcionamiento de la planta.

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo puede ser diseñado con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y subsistemas y partes en reparaciones, ajustes y servicios menores. Se refiere a las acciones, tales como: reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones y evaluaciones hechas en periodo de tiempos por calendario o uso de los equipos.

Pasos necesarios para establecer un programa efectivo de mantenimiento preventivo. Dependiendo de cómo esté estructurada su organización, de sus políticas y otros factores pero todas las opciones se pueden manejar en un momento determinado.

Las metas y objetivos del mantenimiento preventivo se describen a continuación:

- Reducir la pérdida de agua en lavado o mantenimiento de sedimentadores
- Eliminar la pérdida de agua por fugas en Planta El Cambray.

- Incrementar la vida útil del equipo a utilizar en el proceso de lavado de sedimentadores y el equipo de proceso de tratamiento de agua potable en general.

- Reducir el mantenimiento correctivo
- Reducir costo por mantenimiento correctivo

Establecer los requerimientos para el mantenimiento preventivo: El mantenimiento preventivo debe iniciar con el chequeo de uniones empalmes en tubería de conducción de agua, ya sea agua en tratamiento o agua potable, así

mismo se debe inspeccionar sistemas de salida para garantizar que el uso de los dispositivos de salida no tenga desgaste y proporcionen fuga significativa incurriendo en pérdida de agua.

Llevar control en los procedimientos de mantenimiento para que se hagan de acuerdo a la propuesta implementada y no se incurra en pérdida de agua en mantenimiento de flocladores, sedimentadores, filtros y tanques de distribución.

El personal asignado para trasladar el agua de un sedimentador a otro, debe de estar pendiente de inspeccionar tanto al inicio como al final de la operación, para garantizar que solo el agua sea trasladada y no parte del sedimento que será retirado como desecho.

Maquinaria y equipo a utilizar, la descripción de las características del equipo de bombeo propuesto se hace a continuación, una máquina centrífuga con eje en rotación que crea energía, en este caso la energía que genera a través de la rotación impulsa agua de acuerdo a la capacidad de la bomba que es de 2Hp (caballos de fuerza), esta máquina de bombeo tiene la capacidad de impulsar 1 000 litros/minuto hasta una altura máxima de 8 metros o desde una altura de igual distancia.

El diámetro de succión o descarga de la máquina de bombeo es el diámetro de abertura interna de la bomba la cual está relacionada con el diámetro de la tubería que servirá de succión o descarga de agua que es de 3 pulgadas.

Las dimensiones de la máquina de succión o descarga (bomba) son de 51cmX37,5cmX44,3cm, estas dimensiones le permiten a la máquina de

bombeo ser portátil y pueda ser que puede ser trasladada por una o dos personas y ubicada en un espacio reducido.

El mantenimiento correctivo, es una forma de mantenimiento del sistema que se realiza después de un fallo o problema que surge en un sistema, con el objetivo de restablecer la operatividad del mismo.

En Planta El Cambray el mantenimiento correctivo se debe tomar como última opción ya que significa parar el sistema de procesamiento de agua potable y significaría dejar de abastecer de agua potable a algunas zonas del centro de la ciudad capital por lo que se hace importante la implementación de un programa de mantenimiento preventivo como procedimiento general que sea controlado por una entidad exterior a la planta.

En algunos casos, puede ser imposible de predecir o prevenir un fracaso, lo que hace al mantenimiento correctivo la única opción.

En otros casos, un sistema de mantenimiento deficiente puede exigir la reparación como consecuencia de la falta de mantenimiento preventivo, y en algunas situaciones la gente puede optar por centrarse en correctivas.

En Planta El Cambray es imposible predecir el deterioro o la vida útil de equipo que sirve para la conducción del agua como por ejemplo, tuberías, llaves de paso, uniones o empalmes, es por esa razón que se hace necesaria la inspección por lo menos semanal, con esta inspección se debe tener conocimiento en caso que algún equipo mencionado anteriormente necesite mantenimiento preventivo o mantenimiento correctivo. Solo a través de la inspección se puede reducir la pérdida de agua por fugas imputables al equipo.

5.2. Cronograma de mantenimientos al equipo

Todo cronograma es una secuencia detallada y cronológica de las actividades que se van a ejecutar para alcanzar los resultados propuestos. Estos, están simbolizados por cuadro de filas y columnas, dentro de las filas y columnas registramos las actividades de manera cronológica.

Los cronogramas, al igual que los flujogramas, son aplicados en empresas y departamentos, y son de gran utilidad, debido a que ayudan a tener una visualización del desarrollo de las actividades en función del tiempo. De esta forma, establecer su secuencia, es decir, cual se ejecuta primero y cual después. Además, permite precisar cada cuando se hace una actividad.

Todo cronograma es un esquema básico donde se distribuye y organiza en forma de secuencia temporal el conjunto de experiencias y actividades diseñadas a lo largo de tiempo en función de variables personal y tiempo.

Una de las ventajas de los cronogramas, es un detalle minucioso de las actividades que desempeña o que va a desempeñar una empresa al realizar un evento o una serie de eventos. Un tipo de diagrama usado en el proceso de planeación y control en el cual se visualiza el trabajo planeado y las metas para alcanzar las actividades en relación al tiempo.

La función del cronograma es organizar actividades de acuerdo a lo que se tiene planeado el cronograma no tiene otra función más que la de ayudar con la organización de actividades.

- Para conseguir la máxima eficiencia en el proceso, se ha de realizar una doble planificación, es decir, se debe dejar por escrito las instrucciones a seguir en el tiempo que se harán estas evaluaciones.
- En la elaboración del plan de acciones de mejora tienen que ser llamados a participar los distintos colectivos implicados. Ahora bien, la responsabilidad final de la elaboración, desarrollo y seguimiento recae en los máximos órganos de la planta de tratamiento de agua potable

En Planta El Cambray se hizo necesaria la planificación estructurada diaria, semanal y mensualmente.

Las revisiones diarias están propuestas para la revisión de fugas ya sea por daños en tuberías o por llaves de paso mal cerradas o dañadas, semanalmente se planifican las limpiezas de orden menor para las cámaras de filtrado tomando en cuenta que se deben hacer una periódicamente de una en una.

La revisión mensual se planifica para inspeccionar corrosión en tuberías, hacer análisis para fijar la fecha de mantenimiento a las cámaras de sedimentación ya que esto solo se puede determinar por inspección ya que la acumulación de sedimento varía de acuerdo a la época del año, para este estudio se dividió como temporada lluviosa (mayo a octubre) y temporada no lluviosa (noviembre a abril). Después de asignar fecha para el mantenimiento a sedimentadores o cámaras de sedimentación se debe verificar que el mantenimiento a estas cámaras de sedimentación se realice con el método propuesto el cual nos permite reducir el desperdicio de agua en esta operación del proceso.

Los cronogramas son de vital importancia ya que son los cuantificadores que muestran del avance en cualquier momento del proyecto a implementar.

Tabla XVI. **Cronograma de mantenimiento al equipo**

Cronograma de mantenimiento de equipo			
Equipo	Mantenimiento		
	Diario	Semanal	Mensual
Tubería de conducción	a) Inspeccion diaria por fugas.		a) revisión de corrosión en tuberías
Floculadores y sedimentadores			a) Cada 3 meses hacer mantenimiento de limpieza
Filtros		a) Hacer limpieza menor en uno de 4 filtros instalados cada semana	a) Revisión para determinar si necesita limpieza mayor
Llaves de paso	a) verificación de llaves para determinar si estan cerradas o estan abiertas permitiendo el paso de agua		
Revisión equipo de bombeo	a) Revisar el equipo de bombeo ántes de dar mantenimiento a sedimentadores b) revisar que el traslado de agua de un sedimentador a otro, sea óptimo		

Fuente: elaboración propia.

5.3. *Check –list* del mantenimiento al equipo

Las inspecciones sistemáticas (ordenadas) es el instrumento básico para la reducción de pérdida de agua por fugas y crear condiciones satisfactorias de seguridad y para el control y reducción de pérdida de agua.

La elaboración de listas de chequeo en Planta El Cambray tiene como único propósito la verificación de tuberías y accesorios en general del equipo sirve para transporte de agua. Una vez que se hayan identificado y cuantificado los lugares en donde se presenten fugas, se deberán tomar las medidas correctivas necesarias para evitar o disminuir el desperdicio de agua.

Las listas de chequeo o de verificación, resultan una herramienta indispensable para el control de derrame de agua cualquier estación del proceso de Planta El Cambray, ya que a más, de identificar y cuantificar los posibles fugas o derrames de agua, sirven como un instrumento de seguimiento, para verificar si se ha evolucionado favorablemente o no en los lugares determinados como propensos a derrames y pérdida de agua. Estas listas de verificación sirven también como una herramienta estadística, ya que, las inspecciones se deberán realizar periódicamente, por lo que, deberán almacenarse los datos obtenidos, de tal forma que, sirvan para compararse en el futuro con las mediciones realizadas.

Las listas de chequeo o de verificación, son una herramienta que sirve para determinar o reducir la perdida de agua por fugas o derrames que se tiene en un lugar o sector de la empresa, de tal forma que se pueda tomar las medidas correctivos necesarios, para tratar de eliminar o reducir esa pérdida de agua de modo que no intervenga con el continuo control de reducción de desperdicio de agua en Planta El Cambray.

Para elaborar una lista de chequeo o de verificación se tomó como principales posibles fuentes de fuga lo siguiente:

- Método de lavado o mantenimiento a sedimentadores
- Tubería de captación
- Tubería de sedimentación
- Tuberías en red de distribución interna
- Empalmes en equipo de bombeo
- Llaves de paso
- Insumos para realizar empalmes en equipo de bombeo
- Depósitos de sanitarios
- Lavamanos o duchas

La pérdida o desperdicio de agua puede considerarse:

- Por exceso en uso de agua por mantenimiento o lavado
- Fugas por instalación incorrecta de llaves de paso o accesorios
- Por fugas impotables a la vida útil en llaves de paso o accesorios
- Fugas por corrosión en tuberías

Por exceso en uso de agua por mantenimiento: esto se presenta al momento en que para hacer algún tipo de limpieza en cualquier área de la planta o equipo del proceso de transformación de agua potable, no se tiene conciencia de la cantidad de agua necesaria a utilizar y se derrama más agua de la necesaria.

Fugas por instalación incorrecta de llaves de paso o accesorios: esto se puede dar al momento que alguna instalación de algún accesorio o llave de paso se hace de manera incorrecta, presentando fugas de agua incurriendo en pérdida de agua.

Por fugas imputable a la vida útil de llaves de paso y/o accesorios: este tipo de fugas se puede presentar al momento que no se tenga control de la vida útil de las llaves de paso o accesorios de de conducción de agua, incurriendo en pérdida de agua por fugas.

Fugas por corrosión en tuberías: se presentan al momento que las tuberías de conducción de agua sufran de corrosión exista fisura por falta de mantenimiento y existan fugas internas o externas.

En este estudio lo que se busca es, reducir las causas o circunstancias que dieron origen a la pérdida de agua, con el fin de reducir o eliminar las mismas. Además la investigación y el análisis de la pérdida por fugas o desperdicio de agua son los medios que se emplean para prevenirlos.

Para la cuantificación de fugas o desperdicio de agua se suele utilizar la siguiente metodología, en la que se pueden considerar cinco etapas principales:

- Toma de datos
- Integración de datos
- Determinación de causas
- Selección de causas
- Ordenación de causas

La toma de datos sirve para recopilar toda la información necesaria para el conocimiento la pérdida de agua y su circunstancia. Para ello se utiliza las observaciones, listas de chequeo y análisis del trabajo en la cuantificación de la pérdida de agua apoyándose en:

- La finalidad de la integración de datos, consiste en valorar y seleccionar los mismos en función de su fiabilidad y lógica en relación con el contexto total, para que aclare la comprensión de los mismos.
- Determinación de causas, esta etapa analiza los hechos al objeto de descubrir las causas del accidente.
- La selección de las causas, que serán siempre agentes, hechos o circunstancias realmente existentes en el acontecimiento. Los criterios de determinación de las causas han de corresponder a la descripción exacta de la situación de un accidente en un momento determinado.
- La ordenación de las causas, aunque el objetivo primero de la investigación de la fuga es el conocimiento de las causas del mismo, todo proceso de investigación debe concluir en una serie de propuestas que, a criterio del investigador, hubiesen evitado la pérdida de agua.
- La importancia de ordenar las distintas causas que posibilitaran la materialización del accidente con el fin de adoptar un orden de prioridades en el establecimiento de medidas correctoras a tomar para evitar la aparición de accidentes futuros necesarios.
- El seguimiento y revisiones periódicas son procesos diferentes pero a la vez coordinados. El seguimiento a través de indicadores permite obtener

información sobre el grado de logro de los objetivos del plan, los recursos utilizados para ejecutar las acciones, así como las incidencias detectadas a lo largo del proceso de implementación.

- El seguimiento interno es imprescindible y debe efectuarse siempre, independientemente al plan externo ya que el seguimiento interno pierde validez y se pone en peligro su correcto desarrollo con la falta de compromiso.

Los objetivos del seguimiento interno son:

- Rendir cuentas del estado de ejecución del plan de acciones de mejora a todas las partes comprometidas.
- Proporcionar información para la elaboración del plan de acciones de mejora, indicar que el nuevo método de lavado o mantenimiento a cámaras de sedimentado se está realizando con el método propuesto que permite la reducción en el desperdicio de agua.
- Proporcionar información del funcionamiento de la maquinaria utilizada con el fin de que no exista atrasos o mal funcionamiento del recurso utilizado.

Sin embargo, será necesario que el coordinador del equipo de trabajo asuma la coordinación y sea el responsable del proceso de seguimiento y revisión del plan de acciones de mejora. Con la implementación del proyecto se contempla capacitación y asignación de responsabilidades, así como uso del equipo de bombeo.

Para un mejor control en los procesos y para implementar una nueva cultura de seguimiento y mejora continua, la utilización de listas de chequeo o *check list* sirve de guía para recordar los puntos que deben ser inspeccionados en función de los conocimientos que se tienen sobre las características y riesgos de las instalaciones. Normalmente se organiza en forma de un cuestionario de preguntas simples para responder con preguntas simples o directas como por ejemplo: SI o NO, concretamente es una lista de comprobación de determinadas condiciones de trabajo compuesta por varios ítems que pueden contener una o varias preguntas según sea el caso.

Tabla XVII. **Lista de chequeo de mantenimiento y equipo**

Check - List del mantenimiento al equipo					
Estación de trabajo	si	no	Estación de trabajo	si	no
Existen fugas en tubería de captación			Existen fugas en llaves de tubería de captación		
Hay fugas en tubería de sedimentación a filtración			Hay fugas en llaves de tubería de sedimentación a filtración		
Se presentan fugas en tubería de filtración a tanque de distribución			Hay fugas en llaves de tubería de filtración a tanque de distribución		
Hay fugas en tuberías de tanque de distribución a red de distribución			En llaves de tuberías de tanque de distribución a red de distribución existen fugas		
Está en buen funcionamiento el equipo de bombeo			Por horas de uso necesita mantenimiento el equipo de bombeo		
Hay insumos suficientes para el funcionamiento del equipo de bombeo			Se está haciendo el lavado o mantenimiento a sedimentadores de acuerdo al método propuesto		

Fuente: elaboración propia.

5.4. Personal necesario en seguimiento y mejora continua

La selección de recurso humano tiene como una de sus tareas proporcionar las capacidades humanas requeridas por una organización y desarrollar habilidades y aptitudes del individuo para ser lo más satisfactorio así mismo y a la colectividad en que se desenvuelve. No se debe olvidar que las organizaciones dependen, para su funcionamiento y su evolución, primordialmente del elemento humano con que cuenta.

Tradicionalmente en, la selección de personal se define como un procedimiento para encontrar al hombre que cubre el puesto adecuado.

Se debe considerar las diferencias individuales o sea, tener en cuenta las necesidades de la organización y su potencial humano así como la satisfacción que el trabajador encuentra en el desempeño del puesto.

Esto lleva a determinar el marco de referencia; es decir, la organización en que se realice la selección de personal, la cual es, pues, la elección de la persona adecuada para un puesto adecuado y un costo adecuado que permita la realización del trabajador en el desempeño de su puesto y el desarrollo de sus habilidades y potenciales a fin de hacerlo más satisfactorio y asimismo a la comunidad en que se desenvuelve para contribuir, de esta manera, a los propósitos de organización.

Como paso previo a la selección técnica de personal, resulta obligado conocer la filosofía y propósitos de la organización, así como los objetivos generales departamentales, seccionales, etc., de la misma. Esto implica, entre otras cosas, la valoración de los recursos existentes y la plantación de los que van a ser necesarios para alcanzar esos objetivos, y que comprende la

determinación de las necesidades presentes y futuras en cuanto a cantidad y calidad .

La comparación entre dichas necesidades y el inventario de recursos humanos, permite precisar que se están seleccionando personal para una organización y no para una tarea o puesto específicos, y también que ese proceso tiene lugar en un momento del desarrollo de la personalidad del individuo y de la dinámica de una organización. Este es un punto que no siempre se tiene en cuenta.

Es frecuente encontrar en la práctica que la selección se efectúa teniendo en mente un puesto específico y perdiendo de vista a toda la organización. Independientemente de la validez de la aseveración inmediata anterior, se precisa la respuesta a las interrogantes que a continuación se plantean y que permitirán definir los criterios de selección de personal para una organización en particular.

Habiendo aclarado que el sistema técnico de selección de personal va a estar matizado por la situación y características particulares de la organización de que se trate, así como de los recursos disponibles, se hace una exposición general de dicho proceso.

Se hace necesaria la asignación de una persona para que lleve control del chequeo y cuantificación de información que recolecte con los *check-list*, o listas de chequeo.

Tomando en cuenta que en Planta El Cambray hay plazas de operadores suplentes y estos están para apoyar a los jefes de turno en caso que haya ausencia de algún operador, ya sea por enfermedad, permiso y/o para cubrir

vacaciones del personal operativo de Planta El Cambray, Hincapié o estación Pínula. Además este grupo está a cargo del ornato de la planta, desde la limpieza en casco urbano, mantenimiento, jardinería, hasta reforestación y apoyo en cualquier quehacer propio de la planta en general.

El horario de trabajo de los operadores suplentes normalmente es, de lunes a viernes de 7 a 15 horas, aunque este horario puede variar, ya que el horario se extiende a un horario de 24X48 mientras sea necesario cubrir vacaciones a operadores que trabajan en este horario.

El gerente de la planta deberá analizar si es necesario crear una plaza para contratación de una persona para este control del proceso o simplemente asignar a un operario suplente.

Asimismo, deberá indicarle la hora en que se hará el chequeo a través del *check-list* con el fin de garantizar que el chequeo sea consciente por parte de la persona encargada de la administración de la planta.

CONCLUSIONES

1. Con base en el análisis de cuantificación de pérdida de agua se determinó que es en el lavado o mantenimiento a las cámaras de sedimentado en donde se incurre en la mayor pérdida de agua, por lo que se propone la implementación de un nuevo método que reducirá dicha pérdida en esta operación del proceso.
2. Con la propuesta de implementación se tendrá un ahorro de 1 275 metros cúbicos de agua en promedio mensual, este ahorro permitirá un ingreso económico mayor para la planta ya que ampliará su capacidad de distribución en 1 275 metros cúbicos de agua potable mensualmente.
3. Los lineamientos para obtener las propiedades del agua, el proceso de tratamiento de agua en Planta el Cambray se hacen siguiendo como único procedimiento las Normas Coguanor, que se establecen en las normas NGO 29011h2, 29011h12 y 29012h14.
4. La propuesta de implementación consiste en la utilización de 2 máquinas de bombeo, estas máquina permitirán la conducción de agua del sedimentador que entrará a mantenimiento o lavado, a un sedimentador que no esté programado para mantenimiento ese mismo día.
5. El análisis financiero a través de beneficio/costo indica que el proyecto es de beneficio para la planta, recuperando la inversión en 1 año 8 meses y 19 días.

RECOMENDACIONES

1. Se debe implementar el nuevo método de lavado o mantenimiento a sedimentadores ya que es una propuesta de vital importancia que permite reducir la pérdida de agua en 1 275 metros cúbicos mensualmente.
2. Complementar procedimientos que permitan monitorear el costo del agua desde la estación Hincapié debido a que el costo de energía eléctrica utilizada para accionar la maquinaria de bombeo encarece el costo del agua en temporada no lluviosa.
3. Aplicar y hacer uso de herramienta que permita controlar la cantidad de agua que entra al proceso potabilizador y la cantidad de agua potable que sale a la red de distribución con el fin de conocer la pérdida de agua en cualquier momento o periodo que se necesite.
4. Hacer supervisiones periódicas programadas a la trayectoria de las aguas servidas que abastecen la planta El Cambray con el fin de garantizar la calidad de las aguas y denunciar de algunos eventos que salen de la normalidad.
5. Se deben cumplir con los chequeos del proceso diariamente a través de los *check- list* ésta revisión ayudará a la reducción de pérdida de agua por fugas ocasionadas en tuberías o accesorios del proceso de tratamiento de agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. CONESA, Vicente Fdez-Vitora. *Guía Metodológica para la evaluación de impacto ambiental*. 3a ed. México: Mundi-Prensa, 2000. 412 p.
2. CORDÓN, Mario René. *Guía para la administración de un programa de seguridad e higiene industrial*. Clasificación 08 T(1633). Guatemala: USAC, 1983. 128 p.
3. Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para agua potable y aguas residuales*. Guatemala: Eris USAC, 1997. 34 p.
4. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 710 p.
5. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill 1997. 113 p.
6. Instituto de Fomento Municipal. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. 2a ed. Guatemala: Eris, USAC 1997. 14 p.
7. MCNAUGHTON, Kenneth. *Selección, uso y mantenimiento de bombas*. 2a ed. España: McGraw-Hill, 1989. 373 p.
8. Comisión Nacional de Normas. *Normas obligatorias para el tratamiento de agua potable*. Coguanor. No. 2901 USAC, Cicom.

9. PÉREZ, José Fernando. *Ingeniería de seguridad aplicada al sistema de subcontratación industrial*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Guatemala: USAC, 1999. 13 p.

10. PRADO. Raúl. *Manual de gestión de calidad ambiental*. Guatemala: Piedra Santa, 1996. 19 p.