



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN
COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE**

SUSTENTADO POR:

FRANKLIN ALEXANDER NAIRA REYES

VÍCTOR DAVID ANDINO PAZ

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

ENERO, 2019

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTOR ACADÉMICO, CAMPUS S.P.S.

DESIREE TEJADA

VICEPRESIDENTE, CAMPUS S.P.S.

CARLA MARIA PANTOJA

DECANA DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE

**MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN
COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

ASESOR METODOLÓGICO

CARLOS ANTONIO TRIMINIO RODRÍGUEZ

ASESOR TEMÁTICO

HECTOR WILFREDO PADILLA

MIEMBROS DE LA TERNA

**ABEL SALAZAR
MARLON FLORES
NELSON LIZARDO**

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2018

FRANKLIN ALEXANDER NAIRA REYES

VÍCTOR DAVID ANDINO PAZ

Todos los derechos son reservados.

**AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TÉSIS DE POSTGRADO**

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA

**EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI) UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
CENTROAMERICANA (UNITEC)**

San Pedro Sula,

Estimados Señores:

Nosotros, Franklin Alexander Naira Reyes y, Victor David Andino Paz de San Pedro Sula, autores del trabajo de investigación de postgrado titulado: Mejora de la planta de tratamiento de agua en Col. San Antonio Municipalidad de Ocotepeque presentado y aprobado en el mes de julio del 2018, como requisito previo para optar al título de Master en Administración de Proyectos y reconociendo que la presentación de este documento forma parte de los requerimientos establecidos del programa de maestrías de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC). Por este medio autorizamos a las bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de UNITEC, que para fines académicos puedan libremente registrar, copiar o utilizar la información contenida en la presente tesis con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

1. Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en las salas de estudio de la biblioteca y/o la página web del CRAI.
2. Permita la consulta y/o reproducción a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde la plataforma web del CRAI y en general en cualquier otro formato conocido.

De conformidad con lo establecido en los artículos 9.2, 18, 19, 35 y 62 de la ley de derechos de autor y de los Derechos Conexos; los derechos morales pertenecen al autor y son personalísimos, irrenunciables, imprescriptibles e inalienables. Asimismo, el autor cede de forma ilimitada y exclusiva a UNITEC la titularidad de los derechos patrimoniales. Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de UNITEC.

En fe de lo cual se suscribe el presente documento en la ciudad de San Pedro Sula a los 15 días del mes de enero del año 2019.

Franklin Alexander Naira Reyes

Victor David Andino Paz



FACULTAD DE POSTGRADO

MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE

AUTORES:

Franklin Alexander Naira Reyes

Víctor David Andino Paz

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito demostrar los resultados del estudio para realizar una mejora en la planta de tratamiento de agua en la colonia San Antonio en el municipio de Ocotepeque. El objetivo principal del estudio es ofrecer una mejora en la calidad de agua en la planta de tratamiento que provee los servicios de agua en la colonia San Antonio. La hipótesis de estudio indica que la planta de tratamiento de la colonia San Antonio tiene al menos una oportunidad de mejora. Se implementó una metodología de enfoque mixto, diseño no experimental y un alcance descriptivo. Se realizó un estudio de campo en el cual se tomaron muestras del agua que llega a la planta y el agua que reciben los pobladores y se realizaron 25 entrevistas con líderes comunitarios de la zona para diagnosticar la situación actual. Los estudios demostraron que la planta tiene una eficiencia de parámetros organolépticos promedio de 74.12% y 92.72% para parámetros bacteriológicos, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se propone la construcción de un filtro lento de arena. El diseño del filtro lento de arena propuesto se muestra en este estudio, con un presupuesto de 725,254.10 lempiras.

Palabras claves: Tratamiento de agua, filtración, Ocotepeque.



GRADUATE SCHOOL

MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE

AUTHORS:

Franklin Alexander Naira Reyes

Víctor David Andino Paz

ABSTRACT

The purpose of the present investigation is to demonstrate the results of the study to make an improvement in the water treatment plant in the San Antonio colony in the municipality of Ocotepque. The main objective of the study is to offer an improvement in water quality in the treatment plant that provides water services in the San Antonio neighborhood. The hypothesis of the study indicates that the treatment plant of the San Antonio colony has at least one opportunity for improvement. A methodology of mixed approach, non-experimental design and a descriptive scope is implemented. A field study was carried out in which water samples were taken to the plant and the water received by the residents and 25 interviews were conducted with community leaders in the area to diagnose the current situation. The studies will show that the plant has an average organoleptic parameters efficiency of 74.12% and 92.72% for bacteriological parameters, so it refers to the null and the construction of a slow sand filter is proposed. The design of the slow sand filter is shown in this study, with a budget of 725,254.10 lempiras.

Keywords: Water treatment, filtration, Ocotepque.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mis padres, a mi esposa, mis hermanos y amigos de trabajo, ya que han sido de apoyo durante estos años de estudio.

Franklin Alexander Naira Reyes

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, amigos y familiares quienes han puesto su Fe en mi desde siempre y me han apoyado a lo largo de mi vida incondicionalmente, a Laura Escalante por su amor y apoyo incondicional.

Victor David Andino Paz

AGRADECIMIENTO

Al divino creador por darme la oportunidad de adquirir conocimientos que perdurarán por los años hasta el fin de mis días. A mi padre Francisco Naira y mi madre Luisa Reyes por ser un baluarte y ejemplo excepcional de superación y lucha a lo largo de mi vida y junto a mis hermanos Keylin, Francisco y Martha por su apoyo y ánimos brindados.

A mi esposa Magdalena Santos, quien es mi ayuda idónea, apoyo incondicional y que durante mis estudios de postgrado ha sido mi apoyo.

A mis compañeros de trabajo por su profesionalismo, estima y apoyo brindado a lo largo de mis estudios de postgrado.

A mis Docentes y Compañeros de cada uno de los cursos que he recibido por su apoyo brindado y con quienes tengo gratos recuerdos.

Franklin Alexander Naira Reyes

A Dios por permitirme la oportunidad de adquirir experiencias y conocimientos que serán de utilidad a lo largo de mi vida. A mi madre Delmy Paz, y mi padre Florentino Andino, por mantener su apoyo a lo largo de mis estudios y brindarme el mejor de los ejemplos de superación y disciplina a lo largo de toda mi vida e inculcarme el valor del estudio en mi desarrollo personal y profesional.

A Laura Escalante, por ser mi apoyo, amor y comprensión incondicional en cada momento durante mis estudios de postgrado.

A los docentes y compañeros de maestría de quienes obtuve mucho aprendizaje a lo largo de mis estudios de postgrado.

Victor David Andino Paz

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	3
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	6
2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO.....	6
2.1.2 ANÁLISIS DEL MICROENTORNO	11
2.2 TEORÍA DE SUSTENTO.....	19
2.2.1 AGUA POTABLE.....	19
2.2.2 CALIDAD DEL AGUA	20
2.2.3 TIPOS DE FUENTES DE CAPTACIÓN DE AGUA	20
2.2.4 TECNOLOGÍA DE FILTRACIÓN EN MULTIPLES ETAPAS (FIME)....	21
2.2.5 MÉTODO DEL AFORO VOLUMÉTRICO	26
2.2.6 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.....	27
2.3 CONCEPTUALIZACIÓN	28
2.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS	29
2.4.1 HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	30
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA.....	30
3.1.1 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	31
3.1.2 HIPÓTESIS	33
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS	34

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.1.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	35
3.1.2 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	36
3.1.3 UNIDAD DE RESPUESTA.....	36
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	36
3.4.1 INSTRUMENTOS.....	37
3.4.2 TÉCNICAS.....	38
3.5 DEFINICIÓN DE FUENTES.....	38
3.5.1 FUENTES PRIMARIAS.....	38
3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS.....	39
3.6 LIMITANTES DEL ESTUDIO.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	40
4.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	40
4.1.1 VISITA DE CAMPO.....	41
4.1.2 ENCUESTAS.....	43
4.1.3 CALIDAD ACTUAL DEL AGUA.....	43
4.2 ASPECTOS TÉCNICOS.....	45
4.2.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA.....	45
4.3 ASPECTOS FINANCIEROS.....	55
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1 CONCLUSIONES.....	56
5.2 RECOMENDACIONES.....	57
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....	59
6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	59
6.2 INTRODUCCIÓN.....	59
6.3 PROPUESTA DE PROYECTO.....	60
6.3.1 PLAN DE GESTIÓN.....	60
6.3.2 PLAN DE GESTIÓN DE LOS INTERESADOS.....	64
6.3.3 PLAN DE GESTIÓN DEL TIEMPO.....	69
6.3.4 PLAN DE GESTIÓN DE COSTOS.....	72
6.3.5. PLAN DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS.....	74

6.3.6. GESTIÓN DE LA COMUNICACIÓN	76
6.3.7 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	78
6.3.8 PLAN DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS	81
6.3.9 PLAN DE GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES.....	83
6.3.10 PLAN DE GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN	85
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS.....	91
ANEXO 1. ENCUESTA	91
ANEXO 2. RESULTADOS DE LABORATORIO	93
ANEXO 3. LECTURA DE CAUDALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO .	95
ANEXO 4. SOLICITUD PARA APLICACIÓN DE ENCUESTAS :	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Prestadores de servicio en localidades de la cuarta región.	17
Tabla 2. Prestación de los servicios en las localidades de la Quinta Región.	17
Tabla 3. Rangos de calidad de agua admisible en fuentes superficiales FIME.	22
Tabla 4. Modelo para la selección de un sistema de tratamiento FIME.	24
Tabla 5. Matriz Metodológica.	31
Tabla 6. Operacionalización de variables.	33
Tabla 7. Plan de desarrollo de actividades. Fuente: Fuente Propia	35
Tabla 8. Resultados del agua tomada del grifo.	44
Tabla 9. Comparación de resultados.	44
Tabla 10. Lectura de caudales en el sitio.	46
Tabla 11. Resultados del análisis de la planta de tratamiento.	49
Tabla 12. Granulometría del lecho filtrante.	50
Tabla 13. Resultados de diseño y dimensiones del FLA.	52
Tabla 14. Capa soporte de grava del FLA.	52
Tabla 15. Cantidades de Obra y Presupuesto del FLA.	55
Tabla 16. Entregables del proyecto.	62

Tabla 17. Aprobación del acta de constitución del proyecto.	63
Tabla 18. Registro de interesados.	65
Tabla 19. Matriz de evaluación de la participación de interesados.	67
Tabla 20. Plan de gestión de los interesados.....	69
Tabla 21. Cronograma de planificación del proyecto.	70
Tabla 22. Presupuesto estimado del proyecto.	72
Tabla 23. Desarrollo del equipo de trabajo del proyecto.	75
Tabla 24. Procedimiento para tratar polémicas del proyecto.....	76
Tabla 25. Lista de chequeo.	79
Tabla 26. Lista de chequeo.	80
Tabla 27. Matriz de riesgos.....	82
Tabla 28. Plan de contingencia de riesgos.	83
Tabla 29. Selección de proveedores.....	84
Tabla 30. Matriz del plan de la integración del proyecto.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proporción de la población que consume agua en 2012.....	7
Figura 2. Número de personas sin acceso a una fuente mejorada de agua en 2012	8
Figura 3. Proporción de la población con acceso a saneamiento en 2012.....	9
Figura 4. Ubicación Geográfica de Honduras en la región.....	11
Figura 5. División política territorial de Honduras.....	12
Figura 6. Delimitación de cuencas hidrográficas de Honduras.	12
Figura 7. Estructura institucional y sus funciones.	13
Figura 8. Regiones y subregiones de desarrollo.	14
Figura 9. Relaciones interinstitucionales.	15
Figura 10. Mapa Quinta Región Río Lempa.....	16
Figura 11. Esquema isométrico de un filtro grueso dinámico.	23
Figura 12. Esquema isométrico de un filtro grueso ascendente en capas.....	23
Figura 13. Componentes básicos de un filtro lento de arena.	24
Figura 14. Procesos que integran la FIME.....	25
Figura 15. Aforo Volumétrico.	26
Figura 16. Descripción de variables y sus dimensiones.	32

Figura 17. Diseño del esquema metodológico.....	34
Figura 18. Descripción de la unidad de análisis del proyecto.....	36
Figura 19. Diseño de la unidad de respuesta del proyecto.....	36
Figura 20. Vista satelital del Municipio de Ocoatepeque.....	40
Figura 21. Actual planta de tratamiento en Co. San Antonio.	42
Figura 22. Ubicación de la reciente planta de tratamiento en la Colonia San Antonio	42
Figura 23. Esquema general de una planta de tratamiento FIME.....	47
Figura 24. Planta de tratamiento de agua en Col. San Antonio.	47
Figura 25. Válvulas de lavado y válvulas de control de caudal.....	48
Figura 26. Pila de concentración de caudal.	48
Figura 27. Estructura de salida de un FLA.	50
Figura 28. Diseño del Filtro Lento de Arena (FLA).....	53
Figura 29. Corte transversal del Filtro Lento de Arena (FLA).....	53
Figura 30. Planta estructural del Filtro Lento de Arena (FLA).	54
Figura 31. Estructura de Desglose de Trabajo.	64
Figura 32. Identificación de los interesados del proyecto.....	66
Figura 33. Matriz de poder/interés.....	67

Figura 34 Organigrama del proyecto.74

Figura 35. Programa de inversiones del proyecto.....87

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En esta primera sección se presenta una breve introducción general al proyecto de investigación, en el cual se describe la importancia que tiene la realización de mejoras en la planta de tratamiento de agua en la Col. San Antonio Municipalidad de Ocotepeque, del mismo modo, se presentan los antecedentes del proyecto, la definición del problema, los objetivos generales y específicos, y se plantea la justificación que da lugar al proyecto.

1.1 INTRODUCCIÓN

El acceso de agua potable y saneamiento es una situación que se da a nivel mundial, y tiene un fuerte impacto en la calidad de vida de la población. El Departamento de Ocotepeque en Honduras, viene arrastrando problemas en temas de saneamiento y al acceso de agua potable, lo cual ha venido a afectar la salud y la calidad de vida de sus habitantes. El objeto de esta investigación, es diagnosticar la situación actual del sistema de la planta de tratamiento de agua que se ubica en la Colonia San Antonio para identificar las oportunidades de mejora que requiere, con el fin de que el agua proveniente de la fuente la laborcita, tenga un mejor tratamiento en la reducción de contaminación y así mejorando sus características. Con esto, la Municipalidad de Ocotepeque obtiene la información necesaria para poder impulsar estudios sobre sus fuentes de agua, en sus sistemas de tratamiento actuales y futuros, en sus líneas de conducción, en el análisis de la demanda de agua de calidad.

Para la elaboración de la investigación, se realizarán visitas de campo para recolectar información que sustente el presente estudio:

1. Visita de campo a la actual planta de tratamiento de agua.
2. Conocer la conformidad de la población sobre el actual suministro de agua.
3. Medición del caudal.
4. Toma de muestras de agua y el respectivo análisis de las mismas.

En este estudio se presentan los resultados obtenidos del mismo, así como todas las fuentes bibliográficas y teorías de sustento relacionadas a la investigación. Asimismo, se plantean las mejoras del sistema de la planta de tratamiento y su aplicabilidad.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El Municipio de Ocotepeque, es la cabecera del Departamento de Ocotepeque, situado en el Occidente de Honduras. Se localiza entre los 14° 26' y 03.72" N89° de latitud Norte y los 10' 58.95" de longitud Oeste. El municipio de Ocotepeque cuenta con una extensión superficial 172,850 Kms², equivalentes a 17, 285,000 hectáreas y su principal rubro es el café, maíz, repollo, caña de azúcar, cebolla.

El municipio colinda al norte con los municipios de Sinuapa, Santa Fe y Concepción, al sur con la República de El Salvador, al este con el municipio de Sinuapa y al oeste con la República de El Salvador y la República de Guatemala. Además, parte de su territorio presenta montañas con pendientes variables desde suaves hasta bastante fuertes.

La población del Municipio de Ocotepeque consta de 17,450 habitantes, casco urbano, 15 aldeas y 82 caseríos. El sistema de agua potable de Nueva Ocotepeque cuenta con un total de 4,000 abonados. Los habitantes, se abastecen casi en su totalidad por tres fuentes superficiales y se cuenta con una capacidad de almacenamiento de 420,000 galones distribuidos en tres tanques de 100,000 galones y 2 tanques de 60,000 galones; los sistemas se describen a continuación:

Componentes de sistema actual:

1. Sistema la laborcita: De acuerdo al administrador municipal, Lic. Ivis Valdiviezo, el sistema la laborcita, es un sistema construido hace 3 años, cuentan con una obra de captación mediante fuente superficial, la cual es llevada a través de la línea de conducción con tubería pvc 8" hacia la planta de tratamiento de filtro grueso dinámico ubicada en la Col. San Antonio. La calidad del agua de esta fuente presenta problemas en niveles de turbiedad, presencia de coliformes y color de la misma.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En este segmento del capítulo 1 denotamos los componentes que guiarán el resto de la investigación, ya que aquí es donde se plantea el enunciado del problema, se describe la formulación del problema y surgen las preguntas en base a este mismo.

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

De acuerdo con los indicadores de agua potable y saneamiento emitidos por el Proyecto de Modernización del Sector de Agua Potable y Saneamiento en conjunto con el Banco Mundial, Ocoatepeque se encuentra ubicado en la quinta región Río Lempa, en donde destaca la falta de sistemas de potabilización en Ocoatepeque.

Por lo anterior, se decide escoger este Municipio para el presente estudio, por lo que en reuniones con autoridades municipales expresaron que la demanda por agua de calidad ha sido una de las necesidades que los ciudadanos han exigido a la Corporación Municipal de Ocoatepeque, convirtiéndose así en uno de los objetivos a alcanzar en cuanto al tema de agua y saneamiento por parte de la Municipalidad.

Ante la detección de esta creciente demanda, la municipalidad busca aprovechar las fuentes de agua existentes, ya sean superficiales y subterráneas para así abastecer a la comunidad y responder a la necesidad al acceso del agua para que tengan una mejor calidad de vida.

De acuerdo con los testimonios de líderes comunitarios, el agua que reciben en sus casas presenta problemas en la calidad provenientes de la planta de tratamiento de la Colonia San Antonio.

La municipalidad tiene la necesidad de contar con soluciones de mejora, que sean de bajo costo en su construcción y mantenimiento para adaptarlos a los sistemas de tratamiento que existen y mejorar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Este estudio pretende dar respuesta a la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las oportunidades de mejora que requiere la planta de tratamiento de agua que se ubica en la Colonia San Antonio y se adapte a la necesidad actual del Municipio de Ocoatepeque?

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se plantean las interrogantes que darán paso a la investigación:

1. ¿Cuál es la actual calidad del agua que recibe el abonado de la planta de tratamiento de la Colonia San Antonio?
2. ¿Cuáles son los aspectos técnicos requeridos para el proyecto de mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio?
3. ¿Cuál es la inversión requerida para realizar las mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

A continuación, se presentan los objetivos del proyecto, con la finalidad de guiar la investigación y lo que se pretende alcanzar con la misma.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

La investigación propuesta en este estudio tiene como objetivo general el siguiente: “Ofrecer una opción de mejora para la planta de tratamiento de agua en la Colonia San Antonio, Municipalidad de Ocoatepeque”

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para evaluar el presente estudio, serán considerados los objetivos específicos, que nos permitan concebir la mejor opción de una planta purificadora por método de filtración que sea a bajo costo y sustentable. Estos objetivos se enuncian a continuación:

1. Diagnosticar la situación actual de la calidad del agua que recibe el abonado de la planta de tratamiento de la Colonia San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque.

2. Determinar los aspectos técnicos requeridos para el proyecto de mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque.

3. Determinar la inversión requerida para realizar las mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Con la presente investigación se busca ofrecer las oportunidades de mejora para el actual sistema de tratamiento de agua ubicada en la Colonia San Antonio y que se adapte a las necesidades actuales y futuras. La finalidad que se busca es identificar qué es lo que hace falta para que el sistema actual brinde agua con mejores características, previo a la etapa de desinfección y que en su implementación mejore la calidad de vida de la población.

Con la entrega de esta investigación, la Corporación Municipal como responsable de distribuir y garantizar el acceso al agua potable tendrá una herramienta necesaria para impulsar y ejecutar el proyecto de mejora a la planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio y en beneficio de cada una de las comunidades cercanas que son abastecidas por este sistema.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se hace una recopilación de todas las fuentes informativas que están relacionadas con el tema de investigación. El marco teórico permite definir la terminología que se usará para sustentar el documento de una manera amplia basándose en las distintas bibliografías consultadas; a la vez representa un apoyo para la visualización e interpretación de resultados en los capítulos posteriores. Se compone del análisis de la situación actual, partiendo de un análisis macro y análisis micro indicando las teorías de sustento e instrumentos a utilizar en la investigación.

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El análisis de la situación actual permite analizar de manera general el área de estudio para tener una visión más clara de la planificación y el desarrollo del proyecto, así como brindar un mayor conocimiento de las diferentes variables de estudio, estrategias a utilizar y los actores involucrados en la investigación.

A continuación, se presenta información preliminar que servirá de base para el trabajo.

2.1.1 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO

La Organización Mundial de Salud (OMS) lleva a cabo diversos estudios y proyectos a nivel mundial en el tema de sanitización y el acceso agua potable, con el fin de brindar cobertura mundial a la mejora progresiva de salud de los países, así como velar por que los ciudadanos de los países tengan acceso a agua potable. Dentro de sus objetivos principales y siguiendo con la consecución de los objetivos del milenio, el estudio de Progreso de sanitación y agua potable hace hincapié en el cumplimiento de metas a nivel mundial desde el año 1990 al año 2015, presentando avances notables que se presentan a continuación:

La meta de los Objetivos del Milenio relativa al agua potable, es reducir a la mitad la proporción de la población que carece de acceso sostenible al agua potable (un aumento de la cobertura del 76% al 88%) entre 1990 y 2015, se alcanzó en 2010. Entre 1990 y 2012, 2300 millones de personas obtuvieron acceso a una fuente de agua de consumo mejorada, elevando la cobertura mundial hasta el 89% en 2012.³ Tan solo había tres países (Mozambique, Papúa Nueva

Guinea y la República Democrática del Congo) donde menos de la mitad de la población tenía acceso a una fuente de agua de consumo mejorada. En otros 35 países, 26 de ellos del África subsahariana, la tasa de cobertura del acceso a fuentes de agua mejoradas estaba entre el 50% y el 75%. (OMS, 2014)

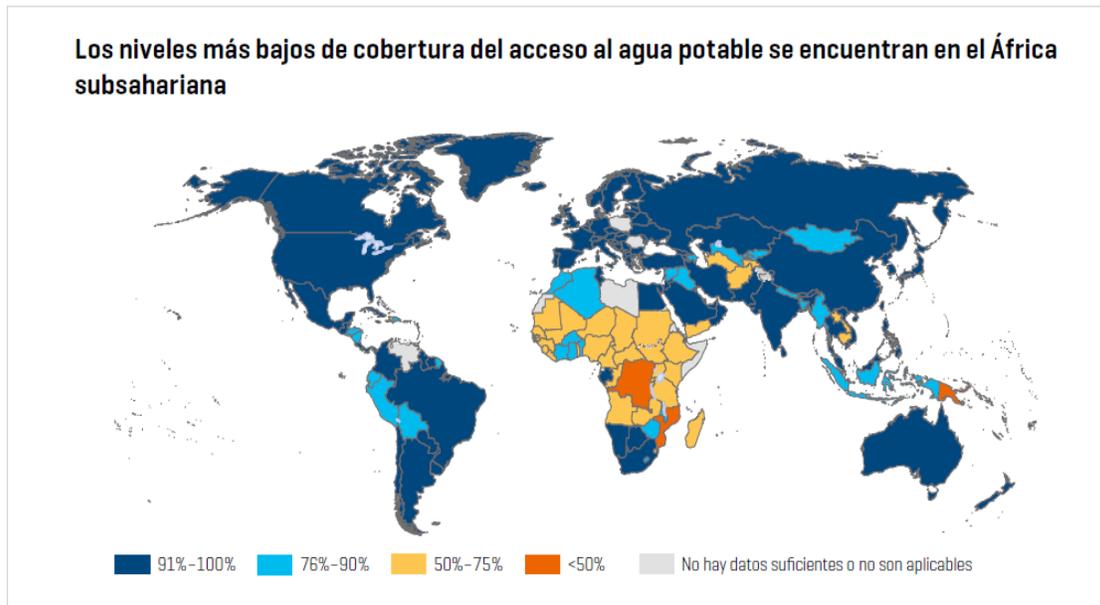


Figura 1. Proporción de la población que consume agua en 2012.

Fuente: (OMS, 2014)

Entre 1990 y 2012, 2300 millones de personas obtuvieron acceso a una fuente mejorada de agua de consumo: 1600 millones obtuvieron acceso a agua entubada hasta el lugar de consumo y 700 millones a fuentes de abastecimiento mejoradas, que pueden ser desde un grifo o cano público hasta una bomba de mano, un pozo excavado protegido o un manantial protegido. En la India, en la región de Asia meridional, la cobertura de acceso aumento en 534 millones de personas, y en China, en la región de Asia oriental, aumento en 488 millones de personas. Estos progresos contribuyeron en gran medida al aumento de la cobertura, tanto a nivel de las regiones como mundial. A pesar de estos progresos, 748 millones de personas, el 43% de las cuales vive en África, aun no utilizan fuentes mejoradas de agua de consumo.

Es necesario mencionar que en el estudio no se especifica si cada familia cuenta con un sistema de fuente mejorada de agua potable, por lo que en ocasiones se deben movilizar a una

fuelle mejorada en su comunidad, que, aunque no es lo más cómodo o ideal, cumple en la erradicación del problema de escasez de agua potable.

Dos de cada cinco personas sin acceso a una fuente mejorada de agua de consumo viven en África

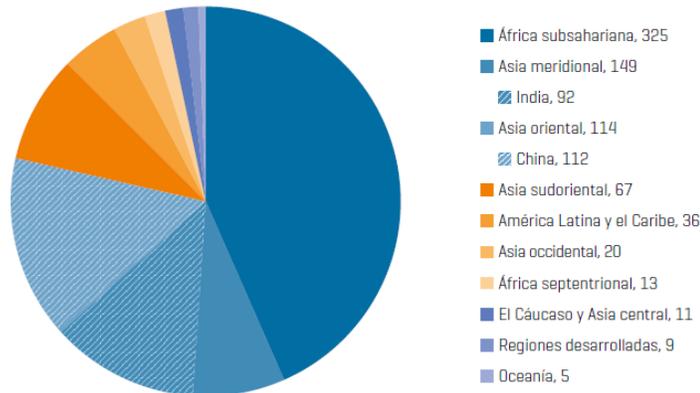


Figura 2. Número de personas sin acceso a una fuente mejorada de agua en 2012

Fuente: (OMS, 2014)

En materia de saneamiento el informe de la OMS menciona un incremento en el acceso de la población mundial a una fuente mejorada, sin embargo, no se cumple a totalidad los objetivos esperados.

La defecación al aire libre es uno de los mayores causantes de infecciones virales a nivel mundial, y está ligado a la desigualdad social y pobreza de los países, es decir que entre más desigualdad y pobreza existe en un país, mayor posibilidad de que exista defecación al aire libre, lo cual trae como consecuencia la transmisión de enfermedades y muertes a causa de un saneamiento deficiente en la zona.

Se estima que el saneamiento deficiente es la causa de 280 000 muertes por diarrea cada año y que es un importante factor subyacente a varias enfermedades tropicales desatendidas, como las lombrices intestinales, la esquistosomiasis y el tracoma. Las malas condiciones de saneamiento también contribuyen a la malnutrición (OMS, 2014)

Si bien la cobertura del saneamiento ha aumentado, el progreso ha sido lento. En todo el mundo, 2500 millones de personas carecen de acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas. Aún hay 46 países en los que menos de la mitad de la población tiene acceso a una instalación de saneamiento mejorada. Las regiones del mundo con los menores niveles de cobertura continúan siendo Asia meridional y África subsahariana. Aunque la intensificación de los esfuerzos en el África subsahariana ha generado resultados en algunos países, como en Etiopía y Angola, el progreso en esta región ha sido el segundo menor de todas las regiones, después de Oceanía. En América Latina y el Caribe, siete países tienen una cobertura superior al 90% (figura 9); el Ecuador, Honduras y el Paraguay destacan por sus impresionantes mejoras relativas, habiendo aumentado su cobertura en más de 25 puntos porcentuales. (OMS, 2014)

En América Latina y el Caribe, los niveles de cobertura más bajos son los del Estado Plurinacional de Bolivia y Haití. Las estimaciones para Oceanía están dominadas por Papúa Nueva Guinea, que cuenta con el 70% de la población regional y cuya tasa de cobertura del saneamiento se ha estancado, disminuyendo desde el 20% en 1990 hasta el 19% en 2012. (OMS, 2014)

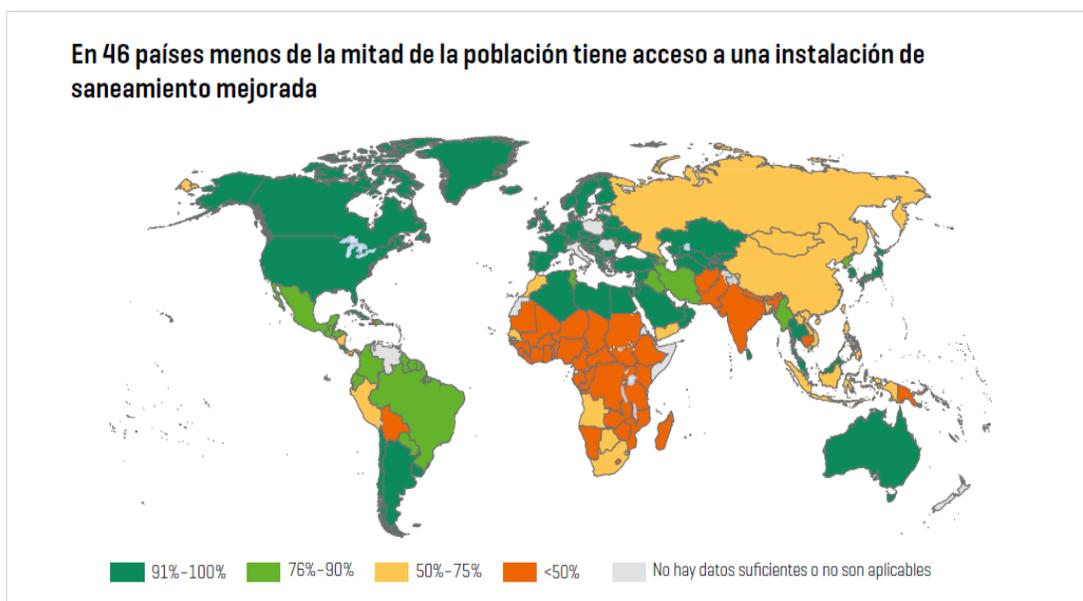


Figura 3. Proporción de la población con acceso a saneamiento en 2012

Fuente: (OMS, 2014)

El mayor progreso se ha realizado en Asia oriental, donde la cobertura del saneamiento mejorado ha aumentado en 40 puntos porcentuales desde 1990, en gran medida impulsada por China, que representa actualmente el 94% de la población de la región. La tasa de defecación al aire libre en esta región es de tan solo el 1%. Asia sudoriental, Asia meridional y África septentrional también han logrado un aumento de la cobertura superior al promedio de las regiones en desarrollo. (OMS, 2014)

Asia meridional y el África subsahariana solían tener niveles de cobertura del saneamiento mejorado similares, pero actualmente el progreso de estas dos regiones es radicalmente diferente (figura 11). En Asia meridional el uso de instalaciones mejoradas ha aumentado en 19 puntos porcentuales desde 1990, hasta alcanzar el 42% de la población en 2012. Por el contrario, en el África subsahariana el progreso en materia de saneamiento ha sido mucho más lento. Su tasa de cobertura del saneamiento del 30% supone un aumento de tan solo 5 puntos porcentuales desde 1990. En Nigeria la cobertura del saneamiento mejorado ha disminuido, desde el 37% en 1990 hasta el 28% en 2012. (OMS, 2014)

Los objetivos del milenio son ocho propósitos para el desarrollo humano acordados por los 189 países que conforman las Naciones Unidas, con el objetivo de tratar problemas de la vida cotidiana y establecer una serie de indicadores para erradicarlos.

A pesar de que existe un avance significativo en la consecución de las metas de los Objetivos del Milenio, aún existen países que no logran progresar adecuadamente en tema de saneamiento, en los cuales no existe ni siquiera un inodoro en la zona o fuentes de agua potable, en gran parte debido a la desigualdad cultural predominante en el país, así como la situación económica actual de cada país.

Asimismo, el Banco de Desarrollo Interamericano (BID), en el cumplimiento del objetivo 6 de los Objetivos del Milenio (PNUD, 2016) ha puesto en marcha el proyecto **Cada Gota Cuenta** con el sector privado entre el PNUD y The Coca-Cola Foundation, que opera en más de 20 países, ha ayudado a aproximadamente 150.000 personas a obtener acceso a agua y saneamiento y 67.000 han recibido herramientas, tecnologías y competencias para hacer frente al cambio climático. (PNUD, 2016)

2.1.2 ANÁLISIS DEL MICROENTORNO

Honduras está ubicada en el centro de la región centroamericana, limita al norte con el Mar Caribe o Mar de las Antillas, al sur con el Golfo de Fonseca (Océano Pacífico) y la República de El Salvador. Al este, con Nicaragua y el Mar Caribe y al oeste con Guatemala y El Salvador. La Figura #4 muestra la ubicación geográfica de Honduras en la región.



Figura 4. Ubicación Geográfica de Honduras en la región.

Fuente: (ERSAPS, 2013)

El país se divide política y administrativamente en 18 departamentos, y estos en 298 municipios. La Figura # 5 presenta la división política territorial de Honduras.

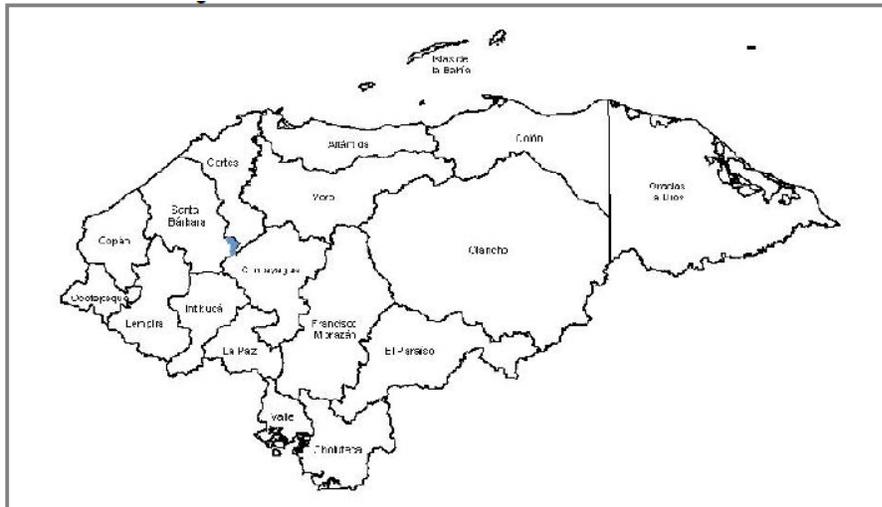


Figura 5. División política territorial de Honduras.

Fuente: (ERSAPS, 2013)

En Honduras existen dos vertientes hidrográficas: una dreña hacia el Mar Caribe y la otra al Océano Pacífico. En la vertiente del Caribe existen 15 cuencas, y en la vertiente del Pacífico existen seis cuencas. La Figura 6 muestra la delimitación de las 21 cuencas hidrográficas que integran el sistema hidrográfico del país.



Figura 6. Delimitación de cuencas hidrográficas de Honduras.

Fuente: (SANAA, 2018)

La Ley establece el marco legal e institucional del sector de Agua Potable y Saneamiento (APS) a efecto de mejorar la planificación, regulación y prestación de los servicios en forma

descentralizada con amplia participación de los sectores sociales, de forma consecuente con las políticas del Estado.

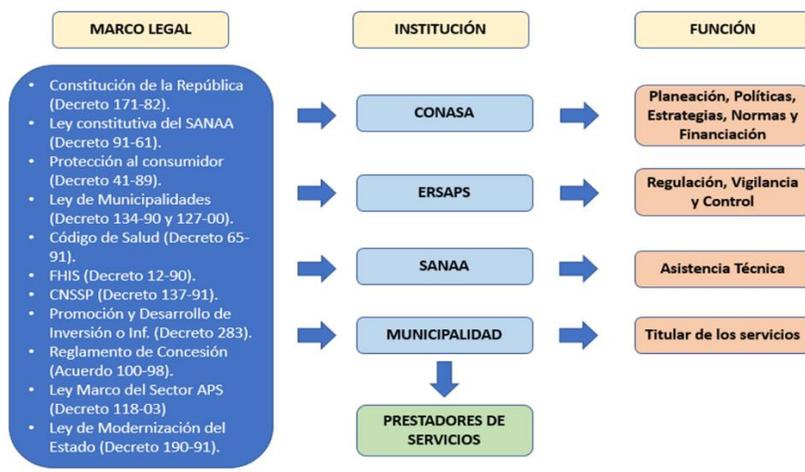


Figura 7. Estructura institucional y sus funciones.

Fuente: (ERSAPS, 2013)

A continuación, se presenta una síntesis sobre las atribuciones y responsabilidades correspondientes a cada una de las instituciones identificadas en la figura anterior.

El Consejo Nacional de Agua y Saneamiento (CONASA) está integrado por los Secretarios de Estado en los Despachos de: Salud, secretaria del Interior y Población, Recursos Naturales y Ambiente, y, Finanzas; un representante de la Asociación de Municipios de Honduras (AHMON); un representante de las Juntas Administradoras de Acueductos Rurales, que en este caso está representado por la Asociación Hondureña de Juntas Administradoras de Agua (AHJASA); y un representante de los usuarios. El CONASA es presidido por el Secretario de Salud, actuando el Gerente de SANAA como su Secretario Ejecutivo.

El Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS) es una institución desconcentrada adscrita a la Secretaría de Estado en el Despacho de Salud, con independencia funcional, técnica y administrativa; con funciones de regulación y control de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento en el territorio nacional. Integrado por tres miembros nombrados por el presidente de la República a propuesta consensuada del CONASA.

La Ley Marco del sector le asigna la función de Secretaría Técnica del CONASA y de Ente Técnico para apoyo de las municipalidades, Juntas de Agua y al Ente Regulador. Realizará estudios, promoción y supervisión de instalaciones regionales para afianzar el logro de los objetivos establecidos en la Ley Marco.

La Ley para el establecimiento de una Visión de País y la Adopción de un Plan de Nación propicia la planificación del país en base a regiones de desarrollo, las cuales se delimitan en función de cuencas hidrográficas.

El Plan de Nación prioriza las 71 ciudades mayores e intermedias del país y las agrupa en diferentes regiones, con el objetivo de facilitar su identificación.

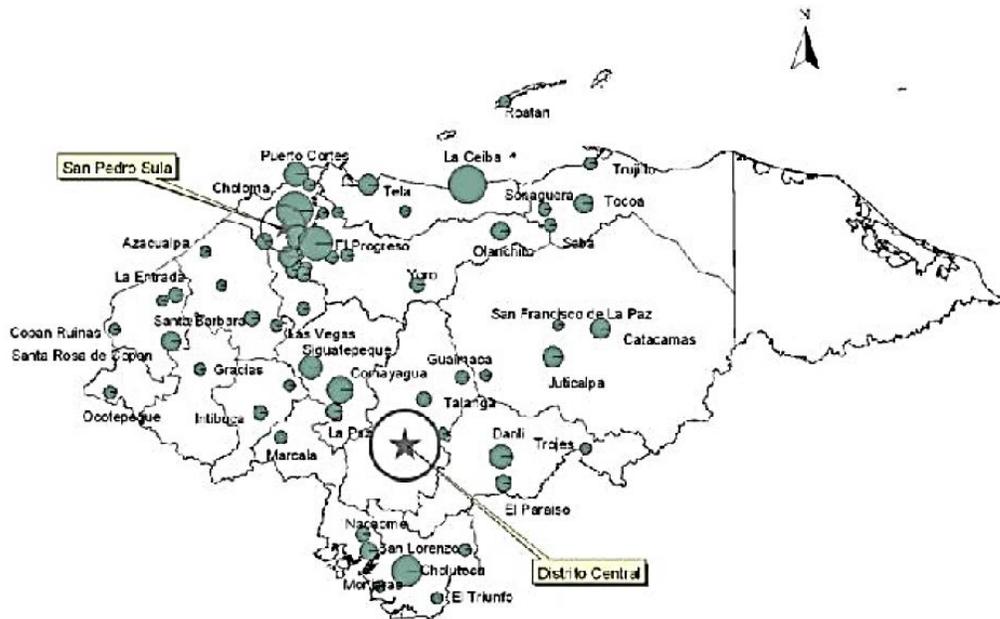


Figura 8. Regiones y subregiones de desarrollo.

Fuente: (ERSAPS, 2013)

En el Plan de Nación se ha establecido el Indicador 31 como “Número de municipios administrando sistemas de agua y saneamiento de conformidad con la Ley Marco del Sector”, para medir y monitorear a los municipios que están avanzando en el cumplimiento de la Ley.

Entendiéndose como municipios que están administrando sus sistemas de agua y saneamiento, aquellos que tengan conformada y funcionando una Comisión Municipal de Agua y

Saneamiento (COMAS), y una Unidad de Supervisión y Control Local dependiente de la municipalidad, (USCL con su respectivo POA y Técnico de Regulación y Control), que exista un instrumento de delegación de la gestión de los servicios (contrato o estatuto de funcionamiento) en sistemas urbanos o permiso de operación municipal en sistemas comunitarios, debidamente inscritos en el registro municipal de prestadores; y, un prestador descentralizado y especializado informando periódicamente al ERSAPS.

La Figura #9, ilustra las relaciones interinstitucionales incluyendo la participación de las instancias ciudadanas (COMAS, USCL), que se constituye en el marco de acción para la generación y obtención de la información sobre la prestación de los servicios, así como el apoyo que se debe brindar a los mismos.

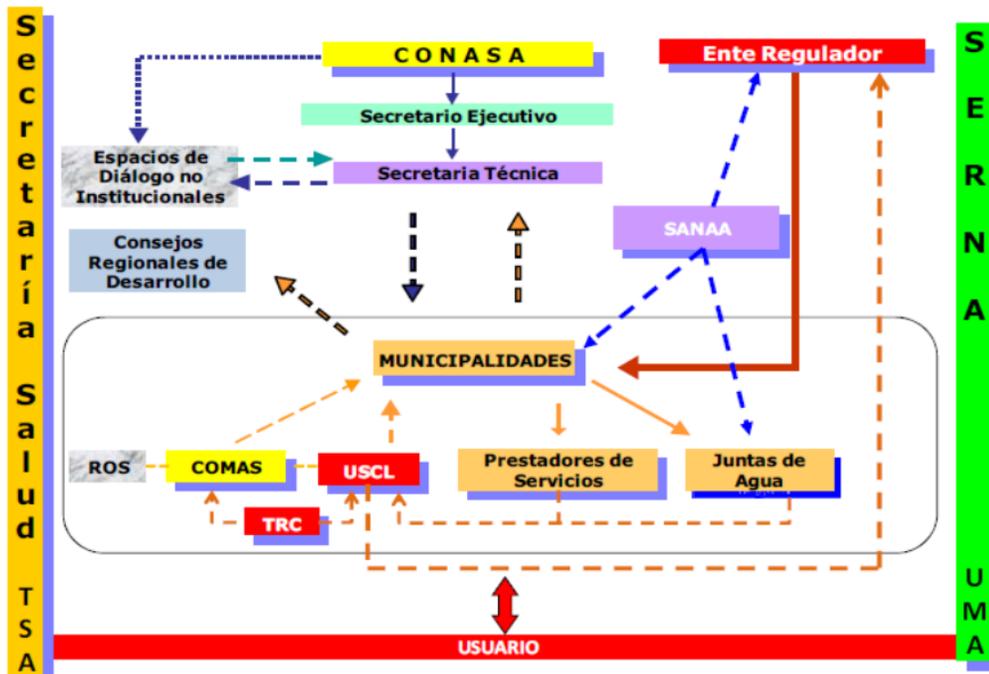


Figura 9. Relaciones interinstitucionales.

Fuente: (ERSAPS, 2013)

La supervisión y el control de los servicios APS se han desarrollado principalmente con apoyo de la cooperación externa y de programas sectoriales impulsados por organismos multilaterales de crédito que han financiado la creación de COMAS y USCL. Al año 2013 se han logrado constituir COMAS y USCL en 70 municipios del país, lo que ha permitido socializar, y

aplicar el marco legal y regulatorio para que los prestadores mejoren su gestión y presenten al ERSAPS la información derivada de la misma.

Ocoatepeque se encuentra en la región del Río Lempa comprende el área de la cuenca hidrográfica del Río Lempa, la misma se extiende a lo largo de cinco departamentos, abarcando la jurisdicción de 46 municipios.

En esta región se asientan cuatro localidades mayores de 5,000 habitantes, en las que viven aproximadamente 50,000 personas. (Ver Figura #)

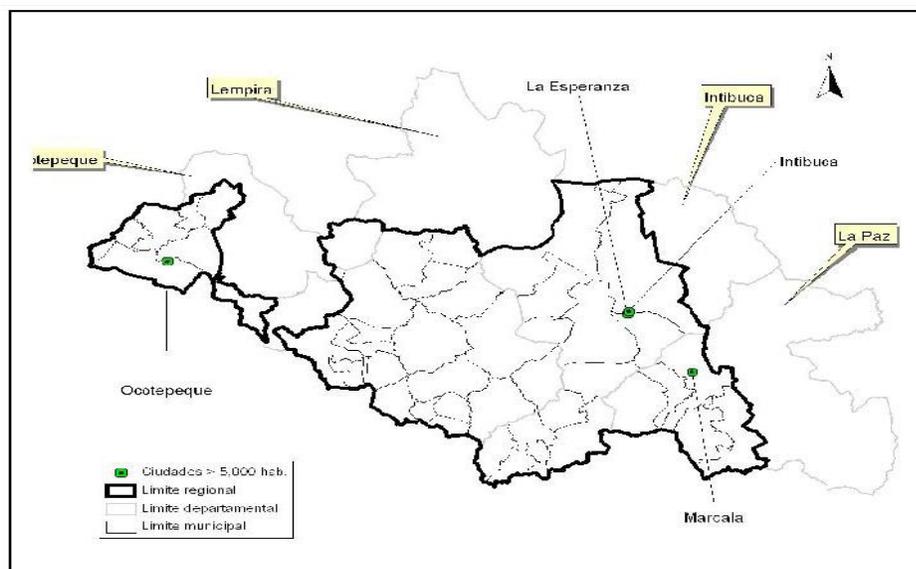


Figura 10. Mapa Quinta Región Río Lempa

Fuente: (ERSAPS, 2013)

En la Tabla 1, se muestra información general sobre los prestadores de servicio de las localidades de más de 5,000 habitantes de la Cuarta Región.

Tabla 1. Prestadores de servicio en localidades de la cuarta región.

No.	Ciudad	Departamento	Prestador de servicios de A.P.	Tipo de prestación	Población proyectada INE 2010	Usuarios A. P.
1	La Esperanza - Intibucá	Intibucá	SANAA	Centralizada	22,959	3,282
2	Ocotepeque	Ocotepeque	Municipalidad	Municipal Directa	11,504	2,849
3	Marcala	La Paz	Aguas de Marcala	Municipal Desconcentrada	13,761	2,322
TOTALES					48,224	8,453

Fuente: (ERSAPS, 2013)

Recientemente la municipalidad de Márcala delegó la prestación de los servicios de agua y alcantarillado en la unidad desconcentrada Aguas de Márcala.

En la localidad de Ocotepeque los servicios continúan siendo prestados en forma directa por la municipalidad, en las localidades gemelas de Intibucá y La Esperanza el servicio es prestado por el SANAA que está a cargo del acueducto común que las abastece.

Tabla 2. Prestación de los servicios en las localidades de la Quinta Región.

No.	Ciudad	Cobertura agua	Disponibilidad de agua lppd	Efectividad de la tarifa	empleados por 1,000 conexiones	Capacidad instalada de potabilización (l/s)
1	La Esperanza - Intibucá	71%	331	105%	4.9	50
2	Ocotepeque	92%	395	120%	1.8	-
3	Marcala	84%	322	153%	2.8	-
TOTALES		81%	344	126%	3.2	50

Fuente: (ERSAPS, 2013)

La cobertura promedio de los servicios es de 81% en agua y 46% en alcantarillado. En las localidades de La Esperanza e Intibucá operan varias juntas de agua para atender la demanda de servicio no atendida por el SANAA. Asimismo, en promedio la dotación media reportada por los tres prestadores de servicio es de 343 lppd, valor superior a la norma de 200 lppd. Según información proporcionada por los prestadores de servicios sus costos operativos pueden ser

cubiertos con las tarifas aplicadas. En promedio los prestadores de servicio de estas localidades requieren 3.2 empleados por cada mil conexiones, lo que nos indica una baja capacidad del sistema actual. Además, no existe micro-medición en ninguna de las localidades mayores de 5,000 habitantes de esta región.

Únicamente el sistema de abastecimiento de agua de las localidades de Intibucá y La Esperanza cuenta con facilidades para potabilizar el agua mediante una planta modular con capacidad de 50 l/s. No existen sistemas de depuración de aguas residuales en este grupo de localidades, La mayoría de los sistemas de agua que abastecen a la población de la zona rural del país son manejados por Juntas Administradoras de Agua, se estima que en el país operan más 7,000 juntas de agua.

El sistema de agua potable de Nueva Ocotepeque cuenta con un total de 4,000 abonados y una población aproximada de 20,000. Los habitantes, se abastecen casi en su totalidad por dos fuentes superficiales y se cuenta con una capacidad de almacenamiento de 420,000 galones distribuidos en tres tanques de 100,000 galones y 2 tanques de 60,000 galones; los sistemas se describen a continuación:

1. Sistema Cacalguapa: es un sistema construido hace 40 años, cuentan con una obra de captación mediante fuente superficial, la calidad de agua de esta fuente presenta problemas en invierno por los niveles de turbiedad y color de la misma, la obra de captación es mediante una caja lateral y luego pasa a un desarenador. La línea de impulsión tiene una longitud de 4km con tubería de 6" en su mayoría pvc.

Uno de los principales problemas de la fuente es que en tiempo de verano la misma reduce su caudal al mínimo, durante dos meses, generando grandes problemas en la población ya que no se pueden abastecer con la otra fuente superficial.

La línea de conducción posee fugas en todo su largo y no cuentan con válvulas de limpieza ni de aire para su operación, este sistema va directo a un tanque de 60,000 galones que abastece a la zona alta de la ciudad.

2. Sistema de Tulas: es un sistema construido hace 24 años cuentan con una obra de captación mediante fuente superficial, la calidad de agua de esta fuente presenta grandes problemas físico, químico y bacteriológico, considerando que 8 km aguas arriba realiza su descarga de aguas negras el municipio de Dolores Merendón y la obra se encuentra cercana a un poblado llamado Laborcitas. Esto genera problemas de enfermedades gastrointestinales en la población. El caudal de aforo en época de estiaje es de 1800 gpm. El sistema cuenta con una longitud de 7 km con tubería de 8" en su mayoría de pvc y abastece a tres tanques de almacenamiento de 100,000 gls cada uno.

3. Pozo perforado: Poseen un sistema independiente recientemente construido para un pequeño sector de la parte baja del municipio.

En general las fuentes presentan los problemas que en tiempo de verano se reduce el caudal al mínimo, durante dos meses, generando grandes problemas en la población ya que no se pueden abastecer con la otra fuente superficial. La línea de conducción posee fugas en todo su largo y la calidad de agua de esta fuente presenta grandes problemas físico, químico y bacteriológico.

2.2 TEORÍA DE SUSTENTO

A continuación, se definen todos aquellos conceptos y teorías en los cuales se basa el estudio, para dar un contexto a la investigación:

2.2.1 AGUA POTABLE

El agua potable es el agua de superficie tratada, pero sin contaminación que proviene de manantiales naturales, pozos y otras fuentes. Sin agua potable, la gente no puede llevar una vida sana y productiva. Diariamente alrededor de cinco mil personas mueren en el planeta a causa de una enfermedad de origen hídrico y que, de éstas, el noventa por ciento (90%) son niños. como la Tifoidea, Paratifoidea, disentería, gastroenteritis, la Bilharziasis y el Cólera. El agua potable escasea porque generalmente se le valora muy poco y se utiliza en forma ineficiente, se utiliza como si nunca se fuera a acabar, por lo que se pierde conciencia en su uso a nivel mundial.

2.2.2 CALIDAD DEL AGUA

El estudio de la calidad del agua se funda en la investigación de las características fisicoquímicas, organolépticas y bacteriológicas de la fuente ya sea subterránea, superficial o de precipitación pluvial. Para verificar si el agua es o no apta para el consumo humano, debe satisfacer determinados requisitos de potabilidad, denominadas normas de calidad del agua, esto en virtud de que en la actualidad ya no es tan fácil disponer de una fuente de aprovechamiento de agua, apropiada para dotar a una población de dicho líquido potable, pues en los últimos años debido al crecimiento de las ciudades, de las industrias, etc. las cuales vierten sus aguas residuales sin tratamiento a las corrientes naturales, tales como ríos, lagos y lagunas y las han llevado a contaminar en gran medida que ya no es posible su aprovechamiento. En ese apartado, el Gobierno de la República de Honduras ha puesto a disposición la Norma Técnica Nacional para el Agua Potable (NTNAP) basados en el Organismo Mundial de la Salud (OMS), ha puesto una serie de estándares de calidad del agua a nivel mundial para aprovechamiento correcto, las cuales se manifiestan en la guía para la calidad del agua potable. (Salud O. M., 2006)

2.2.3 TIPOS DE FUENTES DE CAPTACIÓN DE AGUA

Los tipos de fuentes de abastecimiento de agua pueden ser:

1. Subterráneas: Manantiales, pozos, nacientes
2. Superficiales: Lagos, ríos, canales, etc.
3. Pluviales: Agua de precipitación de lluvia.

Las principales fuentes de abastecimiento de agua son de aguas subterráneas y superficiales, sin embargo, en algunos casos, el agua pluvial es de buena calidad para ser utilizada en caso de no tener otra alternativa. (Teresa C. Lampoglia, 2008)

2.2.3.1 FUENTES SUBTERRÁNEAS

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos, excavados y tubulares.

Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad compatible con los requisitos para consumo humano. Sin embargo, previamente a su utilización es fundamental conocer las características del agua, para lo cual se requiere realizar los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos correspondientes lo que hace que su uso sea menos común que las fuentes superficiales.

La exploración de las aguas subterráneas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

2.2.3.2 FUENTES SUPERFICIALES

Las aguas superficiales están constituidas por los ríos, lagos, embalses, arroyos, etc.

La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos y otros. Asimismo, es importante conocer las particularidades de la cuenca, y determinar la existencia probable de fuentes de contaminación, sea urbana, industrial o agrícola. (Teresa C. Lampoglia, 2008)

2.2.4 TECNOLOGÍA DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FIME)

Una de las ventajas con las que cuenta el poblado de Ocoatepeque es la accesibilidad a afluentes de ríos, lo cual permite la implementación de un método como el de filtración, el cual con pocos recursos genera un impacto y un valor agregado tangible para los habitantes, la tecnología FIME “consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtros lentos de arena. Esta tecnología debe estar precedida de un detallado proceso de análisis técnico, social y de las capacidades locales de construcción y operación de la planta. En particular, constituye un factor crítico la disponibilidad de asistencia técnica a corto y mediano plazo.” (OPS, 2005, pág. 3)

Las consideraciones generales para el diseño de un sistema de filtración en múltiples etapas FIME se describen a continuación:

Análisis detallado de las características de la zona de estudio. Se considera el análisis de las fuentes, el análisis de la calidad del agua, análisis de vulnerabilidad y riesgo, entre otros.

El agua que ingresa al sistema es de tipo superficial, proviene de un río o riachuelo de montaña. Por lo tanto, se debe disponer de toda la información posible sobre la fuente: caudales, variaciones por estación, niveles máximos y mínimos, calidad de agua cruda, por lo menos en los tres últimos años.

Por ser un sistema aislado de posible contaminación, se debe tener en cuenta básicamente los parámetros de turbiedad, color real y coliformes fecales.

Tabla 3. Rangos de calidad de agua admisible en fuentes superficiales FIME.

RANGO	NIVEL PROMEDIO
Bajo	Turbiedad < 10 UNT Coliformes Fecales < 500 UFC/100 ml Color Real < 20 UPC
Intermedio	Turbiedad 10 - 20 UNT Coliformes Fecales 500 - 10000 UFC/100 ml Color Real 20 - 30 UPC
Alto	Turbiedad 20 - 70 UNT Coliformes Fecales 10000 - 20000 UFC/100 ml Color Real 30 - 40 UPC

Fuente: (OPS, 2005)

Con un análisis de la calidad del agua en fuentes superficiales se procede a diseñar el sistema potabilización. Dentro de los sistemas de potabilización propuestos por el FIME están:

2.2.4.1 FILTRACIÓN GRUESA DINÁMICA (FGDI)

Este tipo de filtración se compone de varios tanques que contienen una capa de grava fina (de 6 a 13mm) en la superficie, la cual se coloca sobre un lecho de grava más gruesa (13-25mm), Sobre los cuales actúa un sistema de drenaje que se encarga evitar que partículas contaminantes se mezclen con el agua. (OPS, 2005)

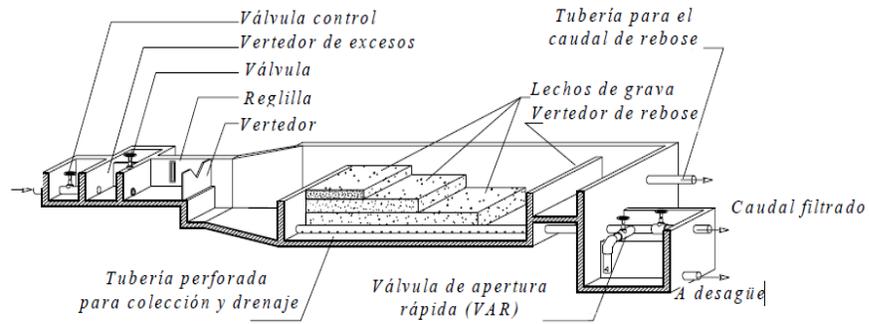


Figura 11. Esquema isométrico de un filtro grueso dinámico.
Fuente: (OPS, 2005)

2.2.4.2 FILTRACIÓN GRUESA (FG)

Los filtros gruesos de grava pueden ser de flujo horizontal o vertical. Consiste en un compartimiento principal donde se ubica un lecho filtrante de grava. El tamaño de los granos de grava disminuye con la dirección del flujo.

Para el caso de un filtro de flujo ascendente se tiene un sistema de tuberías, ubicado en el fondo de la estructura, permite distribuir el flujo de agua en forma uniforme dentro del filtro. Conforme funciona el filtro, los espacios vacíos se van colmatando con las partículas retenidas del agua, por lo cual se requiere una limpieza semanal controlada mediante las válvulas de apertura a la salida de la unidad.

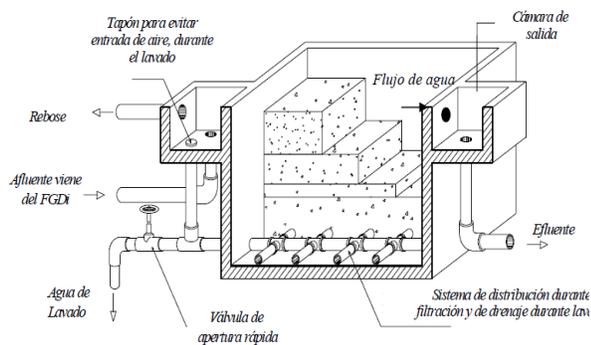


Figura 12. Esquema isométrico de un filtro grueso ascendente en capas.
Fuente: (OPS, 2005)

2.2.4.3 FILTRACIÓN LENTA EN ARENA (FLA)

Consiste en un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava que constituye el soporte de la arena la cual, a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que puede ser controlada preferiblemente al ingreso del tanque.

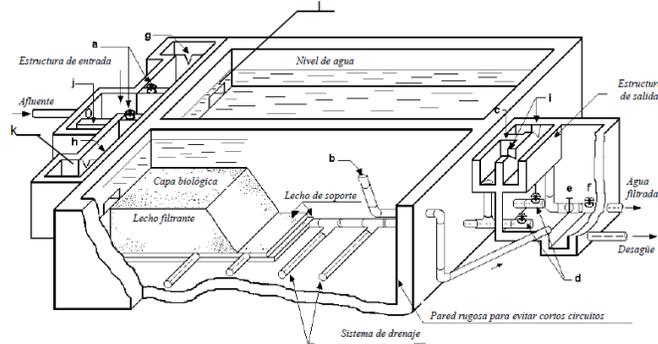


Figura 13. Componentes básicos de un filtro lento de arena.

Fuente: (OPS, 2005)

La forma más simple de captar el agua es a través de una tubería o un canal. Se debe considerar las posibles inundaciones, épocas de avenida y estiaje, evaluar la topografía del terreno para asegurar un buen nivel de entrada al filtro.

Tabla 4. Modelo para la selección de un sistema de tratamiento FIME.

	Turbiedad (UNT)	< 10	10-20	20-50	50-70 (*)
	Color Rejal (UC)	< 20	20-30	30-40	30-40 (*)
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	< 500	Sin FGA	FGAC _{0,6}	FGAC _{0,45}	FGAS _{3,3}
500 - 10000	FGAC _{0,6}	FGAC _{0,6}	FGAC _{0,45}	FGAS _{3,3}	FGAS _{3,3}
10000 - 20000 (*)	FGAC _{0,45}	FGAC _{0,45}	FGAC _{0,45}	FGAS _{3,3}	FGAS _{3,3}

Fuente: (OPS, 2005)

En síntesis, el agua del río es captada por un canal de tubería para luego pasar por un tratamiento en etapas tal como se menciona en el manual de FIME (OPS, 2005) las partículas de material grueso se van eliminando en la etapa de Separación de material grueso, para luego pasar por la etapa principal de tratamiento, en la cual se eliminan todas aquellas partículas finas presentes en el agua y microorganismos que pueden ser malignos para la salud, finalmente el agua pasa por la etapa de desinfección, en la cual se desarrolla un proceso químico y se desintegran todas las partículas que pasaron los filtros anteriores.

Se debe controlar y medir el caudal total que se va a tomar del río y el caudal del agua filtrada que abastecerá a la comunidad. Para la primera tarea se utiliza un canal de entrada con una compuerta regulable y por medio de un vertedero independiente en “V” se realiza una regulación más exacta. Para la segunda medición se puede utilizar un medidor de efluente instantáneo y otro volumétrico.

La filtración en múltiples etapas (FIME) es la combinación unidades de pretratamiento con filtración en grava (FGDI y FG) y unidades de tratamiento con filtración lenta en arena (FLA) con la finalidad de obtener un efluente de calidad sin necesidad de la utilización reactivos químicos durante el proceso.

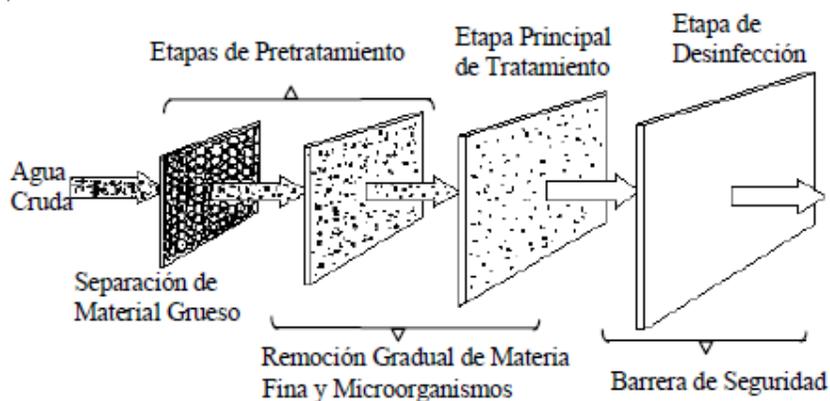


Figura 14. Procesos que integran la FIME.

Fuente: (OPS, 2005)

2.2.5 MÉTODO DEL AFORO VOLUMÉTRICO

Se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen. Para calcular el caudal:

1. Calcular o medir el volumen del depósito o recipiente (V).
2. Con un cronómetro, medir el tiempo (T), requerido para llenar el depósito.
3. Calcular el caudal con la ecuación:

1). $Q = V / T$, Donde:

Q = caudal, en l/seg. ó m³/seg.

V = volumen del depósito, en litros o m³

t = tiempo en que se llena el depósito, en seg.

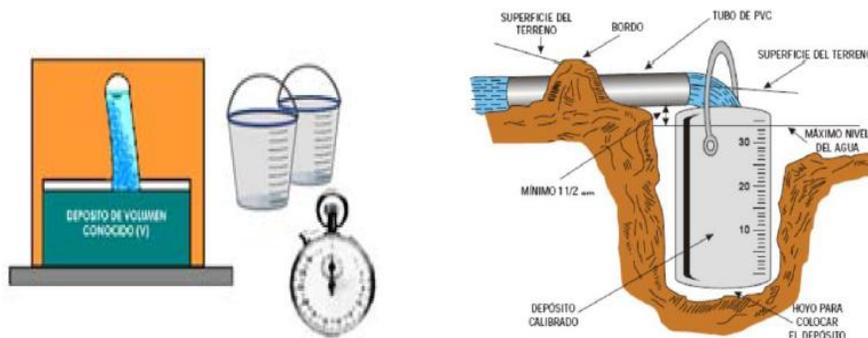


Figura 15. Aforo Volumétrico.

Fuente: (Agustin Cahuana, 2009)

Este método es el más exacto, pero es aplicable solo cuando se miden caudales pequeños. Por lo general, se usa en los laboratorios para calibrar diferentes estructuras de aforo, como sifones, vertederos, etc. Las medidas con recipiente se deben repetir 3 veces, y en caso de tener resultados diferentes, sacar un promedio, ya que se puede cometer pequeños errores al introducir el recipiente bajo el chorro.

2.2.6 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

Para la elaboración de la planeación del proyecto, se considera la aplicación de la metodología de administración de proyectos propuesto por el Project Management Institute (PMI), amparado en la guía PMBOK 5ta edición.

La guía PMBOK desarrolla una serie de técnicas verificadas a lo largo del tiempo por directores de proyecto profesionales “Generalmente reconocidos como buenas prácticas” (PMI, 2013), lo cual indica que se pueden aplicar a la mayoría de los proyectos, estableciéndose así una guía especializada a seguir en la ejecución de proyectos.

Dentro de la metodología propuesta por el PMBOK, se hace un desglose con aquellas áreas de conocimiento (PMI, 2013) que forman parte integral de todos los proyectos y se lleva a cabo estudio enfocado a cada una de ellas. A continuación, se mencionan las áreas de conocimiento según el PMBOK:

1. Gestión del alcance.
2. Gestión de los interesados.
3. Gestión del tiempo.
4. Gestión de los costos.
5. Gestión de los Recursos Humanos.
6. Gestión de la comunicación.
7. Gestión de la calidad.
8. Gestión de riesgos.
9. Gestión de las adquisiciones.
10. Gestión de la integración.

Derivadas a todas las áreas de conocimiento, el PMBOK propone una serie de procesos (PMI, 2013), con el objetivo de dar un orden lógico al desarrollo de proyectos. El PMBOK se compone de 52 procesos orientados a llevar los proyectos con éxito. El modelo de diseño de la aplicabilidad de este estudio estaba basado en las métricas propuestas por el PMBOK.

2.3 CONCEPTUALIZACIÓN

En esta sección se presenta la terminología a utilizar a lo largo de este trabajo.

Afluente: Líquido que ingresa a un componente.

Agua cruda: agua no sometida al proceso de tratamiento.

Caudal: Volumen expresado en litros por segundo (lps.) para el cual es diseñada la unidad.

Control: Proceso permanente y sistemático de comprobación, mediante programas establecidos de muestreo y otros procedimientos.

Desinfección: Proceso que consiste en eliminar los microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua, mediante el uso de equipos especiales o sustancias químicas.

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento

Filtro: Elemento que, interpuesto en un flujo, permite eliminar parte de los elementos de ese flujo, normalmente elementos no deseados.

Múltiples etapas de tratamiento: Implica tener más de una etapa de tratamiento

Materia Orgánica Natural o Color Real: Asociado a carbono orgánico disuelto o sustancias húmicas.

pH: Medida de la acidez (< 7) o alcalinidad (> 7) de un compuesto.

Turbiedad: Falta de Claridad de un líquido, causada por las partículas suspendidas. Definido por la medida de dispersar la luz a través de una muestra. Se usan índices como FTU, NTU, etc.

2.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

A continuación, se presentan las herramientas y procedimientos que serán utilizados para la realización del estudio técnico. Por medio de la utilización de las herramientas que se mencionan, se podrá elaborar el análisis y diseño técnico de la planta potabilizadora, con el fin de conocer la inversión total del proyecto.

2.4.1 HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS

Estas herramientas permiten el dimensionamiento de las plataformas virtuales como Google Earth y los softwares de diseño como Autodesk Autocad, permitiendo dibujar las diferentes coordenadas de los terrenos del municipio de Ocoatepeque, así como elaborar el diseño técnico del sistema de la planta de tratamiento.

En cuanto a los procedimientos empleados se utilizarán cuestionarios y entrevistas personalizadas para obtener y recolectar datos cualitativos de los involucrados o stakeholders

2.4.1.1 SOFTWARE DE DISEÑO CAD

Las herramientas CAD (dibujo y diseño asistido por computadora) permiten hacer uso de las tecnologías informáticas para diseñar y documentar proyectos de diseño. Estos softwares de diseño automatizan los procesos de dibujo al convertirlos en diseños virtuales y dinámicos que involucra gráficos vectoriales 2D o modelado 3D de superficies sólidas. (Autodesk, s.f.).

2.4.1.2 GOOGLE EARTH

Google Earth es un programa informático que permite explorar el globo terráqueo, mapas, terrenos y edificaciones tanto en 2D como en 3D. Google Earth cuenta con un contenido geográfico que permite experimentar una visión más realista del mundo y así mismo permite ubicar puntos y coordenadas geográficas para la obtener información relevante en cuanto a elevaciones de perfiles, ubicaciones geográficas exactas, tipos de terreno, medir áreas y distancia. (Google, 2017)

Es de utilidad para identificar cuencas hidrográficas en la zona y ubicar la ubicación exacta de la planta de tratamiento actual.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En el capítulo tres, conocido como metodología de la investigación, es en donde se le da una estructura formal a la investigación científica. En primer lugar, se establece la congruencia entre todas sus partes unificando el planteamiento del problema con el resto del estudio. Es en este capítulo en donde se definen cada una de las variables de investigación con sus respectivas dimensiones, especificando la definición y forma de medición de cada una de ellas. Una vez obtenidas las variables de investigación se puede formular una hipótesis, la cual se intentará probar con el desarrollo del proyecto. Este capítulo también incluye toda la secuencia metodológica, así como los instrumentos que se utilizarán para medir las variables. Por último, se expone las limitantes del estudio, es decir, los factores que han representado obstáculos para la obtención de información o desarrollo general de la investigación.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

La congruencia metodológica garantiza que el estudio cuente con una coherencia lógica entre todas las variables de estudio. De esta forma existe un orden a seguir para mayor facilidad de los lectores. Al realizar la investigación bajo este esquema se puede visualizar más fácilmente el estudio en su conjunto. La investigación debe ser congruente entre todos sus elementos, especialmente los elementos que la definen, como ser objetivos y preguntas de investigación, esto se traduce en una mayor facilidad de comprensión para lectores ajenos a los investigadores. A continuación, se muestran los elementos del planteamiento de la investigación de una forma condensada para una mayor facilidad de análisis. Asimismo, se agrega una nueva dimensión a lo descrito en el planteamiento del problema. Esta nueva dimensión consiste en las variables de investigación, tanto en las variables dependientes, como la variable independiente.

Este proyecto consiste en determinar cual es la mejor opción de diseño para una planta potabilizadora de agua por método de filtración que se adapte a la necesidad actual del Municipio de Ocotepaque, identificar cual es la necesidad que existe en cuanto al acceso de agua potable y cuáles son los aspectos técnicos requeridos para el proyecto de una planta potabilizadora en este Municipio. Al realizar las buenas prácticas previas al diseño, se obtiene información relevante para la evaluación del mejor sistema de filtración. Las visitas a los sitios para el estudio de campo,

inspección de la fuente superficial de agua, el análisis de la calidad del agua cruda, métodos de captación del agua, métodos de control y medición de caudales son las que se mencionan como buenas prácticas.

Tabla 5. Matriz Metodológica.

MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE					
Problema	Objetivo General	Preguntas de Investigación	Objetivos Específicos	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE
La Municipalidad de Ocoatepeque presenta problemas en la calidad del agua proveniente de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio.	Ofrecer la mejor opción de mejoras en la planta de tratamiento de agua en la Col. San Antonio Municipalidad de Ocoatepeque.	1) ¿Cuál es la actual calidad del agua que el abonado recibe de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio?	1) Diagnosticar la situación actual del agua que el abonado recibe de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque.	Calidad del agua.	Mejoras de la planta de tratamiento de agua.
		2) ¿Cuáles son los aspectos técnicos requeridos para el proyecto de mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Col. San Antonio?	2) Determinar los aspectos técnicos requeridos para el proyecto de mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Col. San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque.	Aspectos técnicos.	
		3) ¿Cuál es la inversión requerida para realizar las mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Col. San Antonio?	3) Determinar la inversión requerida para realizar las mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Col. San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque.	Aspectos financieros.	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla # 5 se muestra la matriz metodológica que sintetiza el planteamiento de la investigación. Esta misma está compuesta por el problema de investigación, el objetivo general, las preguntas de investigación, los objetivos específicos y las variables independientes que derivan una variable dependiente. Como se evidencia, todos los elementos mencionados anteriormente muestran una congruencia entre sí, ya que todos se dirigen a resolver el problema de investigación. Por lo tanto, se obtiene una guía muy acertada sobre lo que consiste el proyecto de investigación.

3.1.1 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. (Sampieri, 2010) Existen dos tipos de variables que son las variables independientes y las dependientes:

1. Variables Independientes: Son también conocidas como supuestas causas. La variación en los valores de estas causas, provocan cambios en los valores de las variables dependientes. (Sampieri, 2010)

2. Variables Dependientes: Son conocidas como los efectos. Están directamente influenciadas por las variaciones de las variables independientes. (Sampieri, 2010)

Para este estudio se han identificado las siguientes variables:

1. Variable dependiente: Mejoras a la planta de tratamiento de agua
2. Variables independientes:
 - 2.1 Calidad del agua.
 - 2.2 Aspectos Técnicos.
 - 2.3 Aspectos financieros.

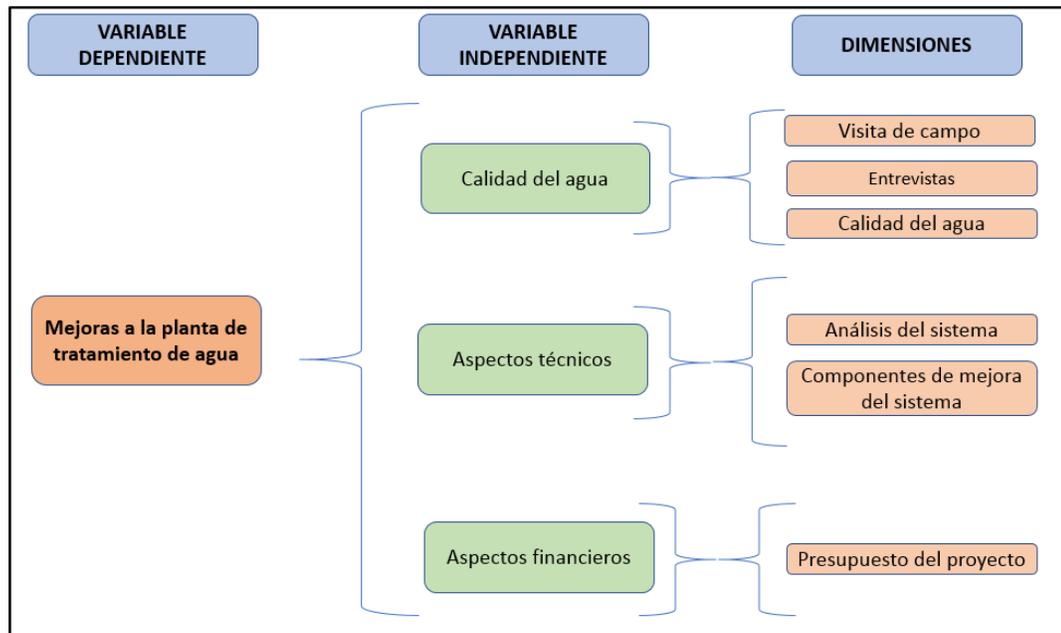


Figura 16. Descripción de variables y sus dimensiones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Operacionalización de variables.

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Técnica
	Conceptual	Operacional			
Necesidad en la calidad del agua	Se refiere al diagnóstico de la situación actual del agua que el abonado recibe de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque.	Diagnósticar cuál es la situación actual de la calidad del agua que el abonado recibe de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio	Visita de campo	Plano de ubicación	Entrevistas / Estudio técnico
			Situación actual de la calidad del agua que el abonado recibe	Satisfacción de la población	
			Calidad actual del agua	Especificaciones de la calidad del agua	
Aspectos técnicos	Se refiere en conocer cuales son los aspectos técnicos requeridos para el proyecto de mejoras de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio	Determinar cuales son los aspectos técnicos requeridos para el proyecto de mejoras de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio	Análisis del sistema	Especificaciones del sistema	Estudio técnico
			Componentes de mejora del sistema	Especificaciones de OMS/CEPIS	
Aspectos financieros	Se refiere en conocer cuál es la inversión requerida para realizar las mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Col. San Antonio	Determinar la inversión requerida para realizar las mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Col. San Antonio	Presupuesto del Proyecto de mejoras	Capacidad financiera de la Municipalidad	Estudio financiero

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 HIPÓTESIS

“Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado se derivan de la teoría existente.” (Sampieri, 2010)

A continuación, se presenta el enunciado de la hipótesis de la investigación junto a su respectiva hipótesis nula para determinar la técnica de potabilización por medio del método de filtración a utilizar en la comunidad de Ocoatepeque.

Hi: La planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio tiene al menos una oportunidad de mejora en su sistema para brindar agua de calidad.

Ho: La planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio no tiene necesidad de mejoras en su sistema para brindar agua de calidad.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

En esta sección se detalla el enfoque y método científico que más se adapta a la naturaleza del estudio. En la siguiente figura se detalla el enfoque metodológico con la tipología del estudio y el diseño, especificando el alcance y el método, así como el tipo de muestra y las técnicas a utilizar.

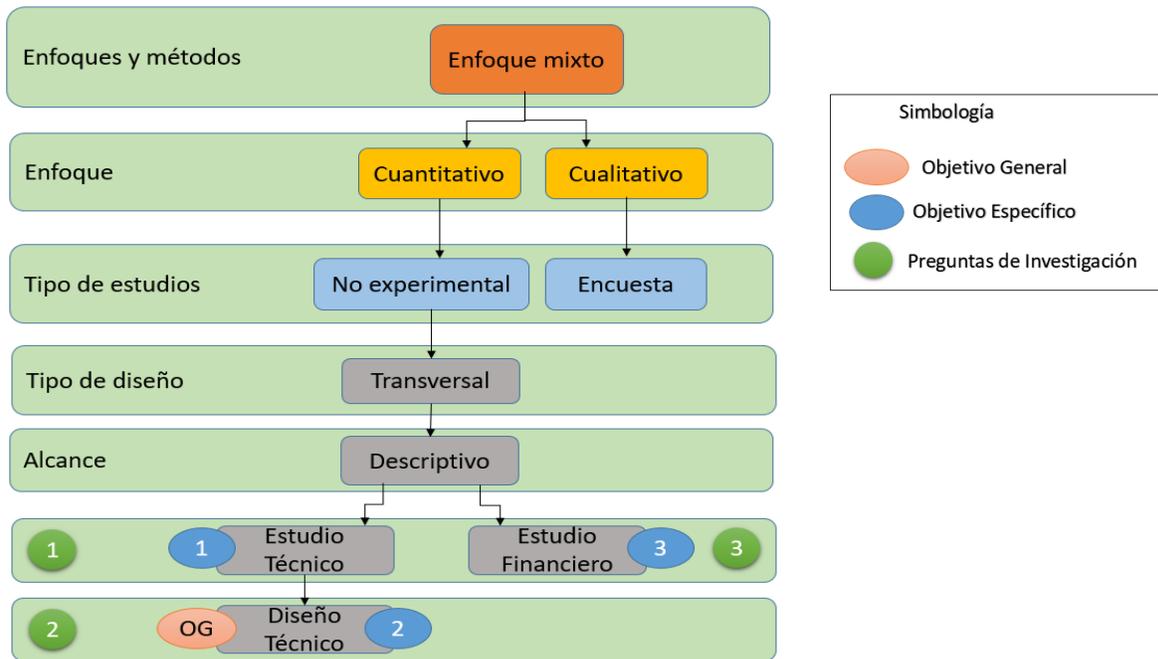


Figura 17. Diseño del esquema metodológico.

Fuente: Elaboración propia

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se refiere al plan de desarrollo de la investigación y a las actividades para la obtención de información necesaria para así responder a las preguntas de la investigación de este estudio.

El plan a seguir se detalla a continuación:

Tabla 7. Plan de desarrollo de actividades. Fuente: Fuente Propia

Estrategia	Actividades	Recursos		Tiempo de ejecución (días)	Responsable
		Humano	Material		
Situación actual de la calidad del agua que reciben la personas	Realizar la visita de campo	3 personas	Gps, Google Earth, cámara fotográfica	2	Frankllin Naira / Víctor Andino
	Realizar una encuesta con el fin de diagnosticar la situación actual del agua que el abonado recibe de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio en el Municipio de Ocotepeque	3 personas	Encuestas	4	
	Realizar toma de muestras para ser analizadas posteriormente en laboratorio y con los resultados determinar la calidad del agua	2 personas	Recipientes del laboratorio	15	
Aspectos Técnicos	Realizar la observación del estado actual de la infraestructura y componentes de la planta de tratamiento de agua en la Col. San Antonio	2 personas	Gps, cinta métrica, cámara fotográfica	3	Frankllin Naira / Víctor Andino
	Determinar las oportunidades de mejora para la planta de tratamiento de la Col. San Antonio	2 personas	Guía de diseño de la OMS/CEPIS para plantas de tratamiento de agua, Laptop	30	
Aspectos financieros	Determinar la inversión requerida para la realización del proyecto de mejoras	2 personas	Laptop	3	Frankllin Naira / Víctor Andino
Conclusiones y recomendaciones	Realizar las conclusiones y recomendaciones del estudio	2 personas	Laptop	3	Frankllin Naira / Víctor Andino
Total en días				60	

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área comprende el estudio de las fuentes de agua superficial que han sido determinadas por la Corporación Municipal de Ocotepeque, para la medición del caudal y la toma de muestras para ser analizadas en laboratorio para así establecer la calidad del agua de la fuente para posteriormente realizar el diseño de una planta potabilizadora de agua por método de filtración en múltiples etapas (FIME).

3.1.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

Enfocándose inicialmente para el estudio en las fuentes de aguas superficiales que han sido determinadas por la Corporación Municipal de Ocoatepeque. El análisis consiste en:

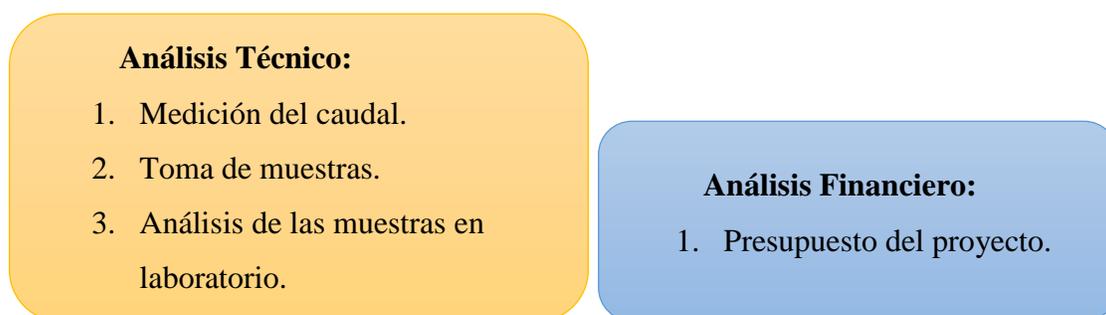


Figura 18. Descripción de la unidad de análisis del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 UNIDAD DE RESPUESTA

Está compuesta por la valoración resultante de los estudios en los aspectos técnicos y los aspectos financieros.

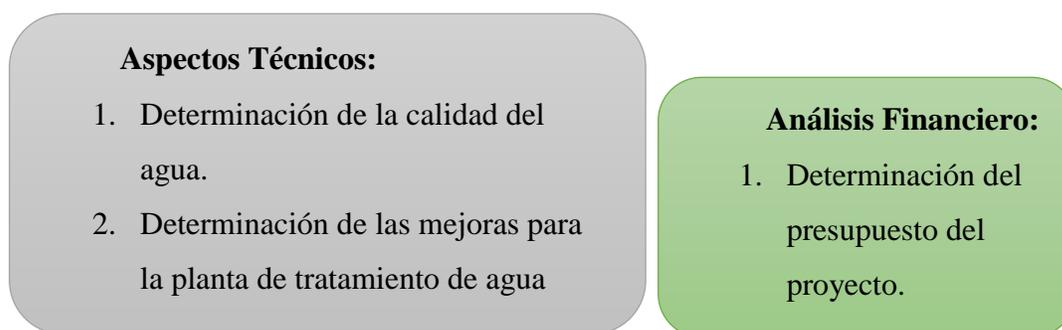


Figura 19. Diseño de la unidad de respuesta del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Las técnicas e instrumentos aplicados en la investigación ayudan a recolectar toda la información que ayude a dar respuesta a las preguntas de investigación formuladas inicialmente,

así como para dar un sustento a la investigación. A continuación, se presentan los diferentes instrumentos y técnicas aplicados de acuerdo con el enfoque aplicado.

3.4.1 INSTRUMENTOS

El instrumento principal que se utilizará para la obtención de los datos de investigación es el cuestionario, según (Sampieri, 2010) un cuestionario se compone de una serie de preguntas que deben estar relacionadas a las variables a evaluar. Se emplearán preguntas cerradas para evaluar la situación actual de la demanda de agua potable por parte de los habitantes de Ocotepeque, se considera el cuestionario debido a que es una herramienta sencilla y eficaz para la recolección de información por su sencillez y la posibilidad de recolectar datos tanto de la situación en el pasado como la situación actual en la que viven los habitantes de Ocotepeque. El cuestionario consta de _ preguntas con un enfoque hacia el conocimiento de la situación actual del consumo de agua potable, saneamiento y los ingresos mensuales de los pobladores. El objetivo del cuestionario es conocer cuantas personas serán beneficiadas con la instalación de un sistema de potabilización para posteriormente determinar el caudal con el que se diseñara. Se aplico en las diferentes comunidades céntricas del departamento de Ocotepeque y se realizó de manera física brindando asesoría a aquellas personas con dificultades para contestarla.

Para recolectar información acerca de la zona y los afluentes en el área se utilizará el instrumento de observación, el cual “consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables a través de un conjunto de categorías y subcategorías” (Sampieri, 2010, pág. 260). El objetivo es realizar visitas de campo en el municipio de Ocotepeque para determinar la ubicación del sistema de potabilización por el método de filtración propuesto, e identificar los riesgos asociados al mismo.

El uso de libretas técnicas nos ayuda a recolectar la información obtenida de la medición de los caudales mediante la técnica del aforo volumétrico con vertederos, con el cual se determinará que método de filtración es el más adecuado para la población de Ocotepeque. Se pretende realizar estudios al agua para medir variables como ser turbiedad,

3.4.2 TÉCNICAS

La técnica principal que se utilizará será la técnica del aforo volumétrico para la medición de caudales en los afluentes encontrados en el área, con la cual se sabrá cuál es la capacidad de dotación del afluente, es decir, cual es el rendimiento total de pobladores del afluente. Además de definir cuáles son las fuentes de agua superficial en Ocoatepeque, un estudio del caudal será determinante para conocer el caudal actual, y poder tener un estimado del comportamiento del agua en el futuro con el cual se validará el tipo de método de potabilización a utilizar.

Asimismo, para evaluar la situación actual de los pobladores de Ocoatepeque y determinar la dotación que tendrá el método de potabilización, se utilizará como técnica principal la encuesta, por ser un método sencillo, pero con datos confiables

En los casos en los que exista una población analfabeta o con niveles educativos muy bajos, se optará por administrar los cuestionarios por medio de entrevistas a las personas y posteriormente se tabularán los datos para determinar los resultados del estudio y evitar posibles sesgos.

3.5 DEFINICIÓN DE FUENTES

Con el objetivo de dar más estructuración al marco teórico, en este apartado se mencionan cuáles son las fuentes primarias y secundarias utilizadas a lo largo de la investigación.

3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Se refiere a toda aquella información relacionada a la población a la cual se enfoca la investigación, y que está representada por "datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes. Ejemplos de estas son: libros, antologías, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, etcétera" (Sampieri, 2010).

En ese sentido destaca la guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas (FIME), como fuente primaria, al ser la base de este estudio, complementado con

estudios internacionales avalados por la OMS como Progreso en el agua potable y saneamiento en su versión de 2015, así como documentos proporcionados por la Alcaldía de Ocotepeque.

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Dentro de las fuentes secundarias destacan artículos, otras tesis, estudios de factibilidad, documentos, revistas y documentos obtenidos por medio de internet relacionados al diseño, construcción e implementación de un sistema de potabilización de agua potable por el método de filtración, con el fin de establecer parámetros y estándares mundiales y nutrir la investigación con datos validados internacionalmente mediante normas establecidas.

3.6 LIMITANTES DEL ESTUDIO

Dentro de las limitantes de este estudio se enlistan a continuación:

1. La distancia, ya que requiere tiempo para movilizarse debido a la localización del proyecto.
2. Disponibilidad de los investigadores para realizar trabajos de investigación a tiempo completo en la comunidad, ya que desempeñan funciones en empresas de San Pedro Sula.
3. Un presupuesto robusto para la realización de análisis de muestras de agua, tanto en la fuente como en las viviendas.
4. El corto tiempo para la recolección de información de campo; muestras de agua en diferentes estaciones del año, para la evaluar la variación durante el tiempo, como otros factores que afectan a la calidad del agua que sale de la planta de tratamiento actual.
5. Recolección de información en un único momento del año.

Vale mencionar que antes de realizar la visita de campo, se le solicitó a la Municipalidad de Ocotepeque apoyo para la realización de 200 encuestas a la población (ver anexo pág. 97). Sin embargo, éstas no se habían realizado al momento en que se visitó las oficinas municipales. Las limitantes anteriores nos orillaron en realizar 25 encuestas a líderes comunitarios de la Colonia San Antonio para conocer de manera fidedigna lo que acontece con la calidad del agua que reciben y los antecedentes del servicio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El presente capítulo brinda una descripción de la recolección de datos y el análisis de los mismos, que se realizó con la finalidad de dar respuesta a las preguntas de investigación referentes a los aspectos técnicos y financieros en el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

4.1 SITUACIÓN ACTUAL

El municipio colinda al norte con los municipios de Sinuapa y Concepción, al sur con la República de El Salvador, al este con el municipio de Sinuapa y al oeste con el municipio de Santa Fe. El sistema de agua potable de Ocotepeque cuenta con un total de 4,000 abonados y una población aproximada de 20,000. Los habitantes, se abastecen casi en su totalidad por dos fuentes superficiales y se cuenta con una capacidad de almacenamiento de 420,000 galones distribuidos en tres tanques de 100,000 galones y 2 tanques de 60,000 galones. Actualmente cuenta con una planta de tratamiento cuya fuente se encuentra cercana a un poblado llamado La Laborcita.

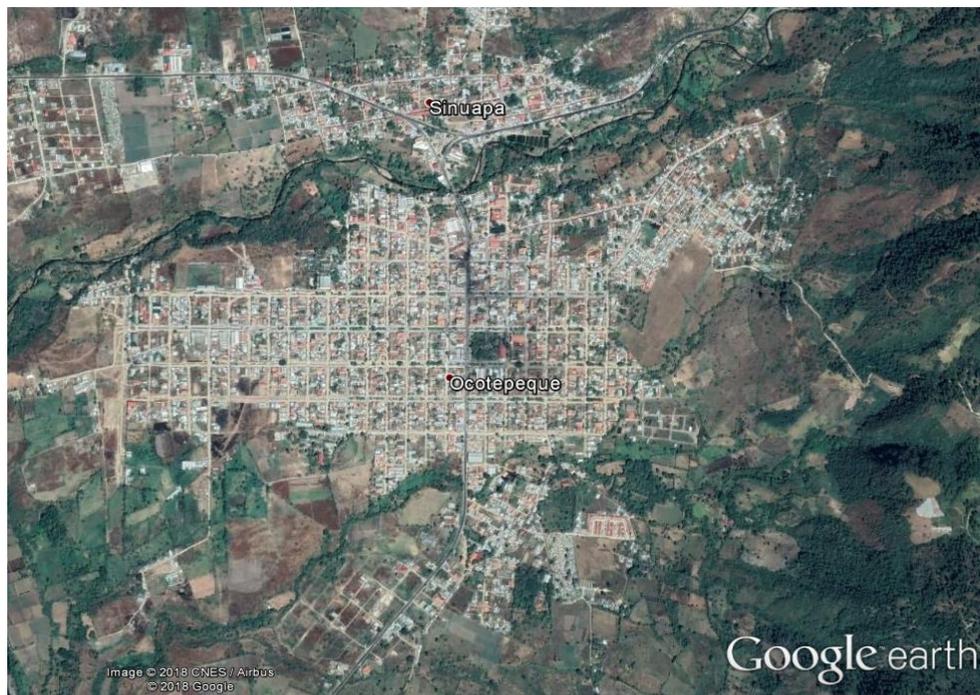


Figura 20. Vista satelital del Municipio de Ocotepeque.

Fuente: (Google, 2017)

Como parte de las actividades de investigación, se realizó una breve encuesta a una muestra representativa de la población en la Colonia San Antonio, Colonia San José y la Colonia Concepción. La encuesta nos proporciona conocer datos demográficos (género, edad, estados civil, personas por vivienda, barrio o colonia de residencia, situación laboral, ingresos familiares), datos del acceso al servicio de agua (conexión al servicio, satisfacción del servicio, inversión para satisfacer la necesidad de agua potable) y datos de consumo (uso del agua en la vivienda, calidad con que ingresa el agua a la vivienda).

La población ha manifestado a la municipalidad que accione los trabajos necesarios para el mejoramiento del sistema ya que el agua que ingresa a sus casas es color verde claro y en ocasiones reciben el líquido con un color café o en sus propias palabras “chocolatosa”. Esta agua que llega a las viviendas la utilizan para bañarse, para el uso de limpieza, para el riego de jardines, para abastecer el tanque de los sanitarios.

4.1.1 VISITA DE CAMPO

La municipalidad de Ocoatepeque cuenta con un sistema de abastecimiento de agua de reciente construcción, que se encuentra en la zona más alta de la Colonia San Antonio. La propiedad está debidamente cercada, cuenta con servicio de energía eléctrica e iluminación, cuenta con caseta de vigilancia, cuenta con bodega y con espacio para futuras ampliaciones de la planta de tratamiento. Esta planta ha funcionado durante los últimos tres años y cuenta con una tubería de 8 pulgadas de diámetro que conecta a la cámara de entrada la cual, al llenarse de agua se rebalsa y se conduce por canales rectangulares hacia los filtros de grava y arena. Una vez el agua pasada por los filtros el agua queda libre de solidos suspendidos y pasa hacia la pila recolectora de agua pretratada llevando la misma hacia un pequeño tanque de almacenamiento de donde se distribuye a la comunidad.

Las autoridades del municipio tienen conocimiento que la población tiene una alta necesidad y demanda del acceso al agua potable, por lo que están haciendo esfuerzos en la construcción de una primera línea de conducción de la fuente en el Río Pomola y una segunda línea de conducción de la fuente en el Río Tulas. Estas fuentes suministrarán de agua al municipio aumentando las horas de servicio y con la construcción de plantas de tratamiento ofrecer una mejor calidad de agua.

Actualmente cuenta con una planta de tratamiento ubicada en la zona más alta de la Colonia San Antonio cuya fuente se encuentra cercana a un poblado llamado La Laborcita.



Figura 21. Actual planta de tratamiento en Co. San Antonio.

Fuente: Elaboración propia

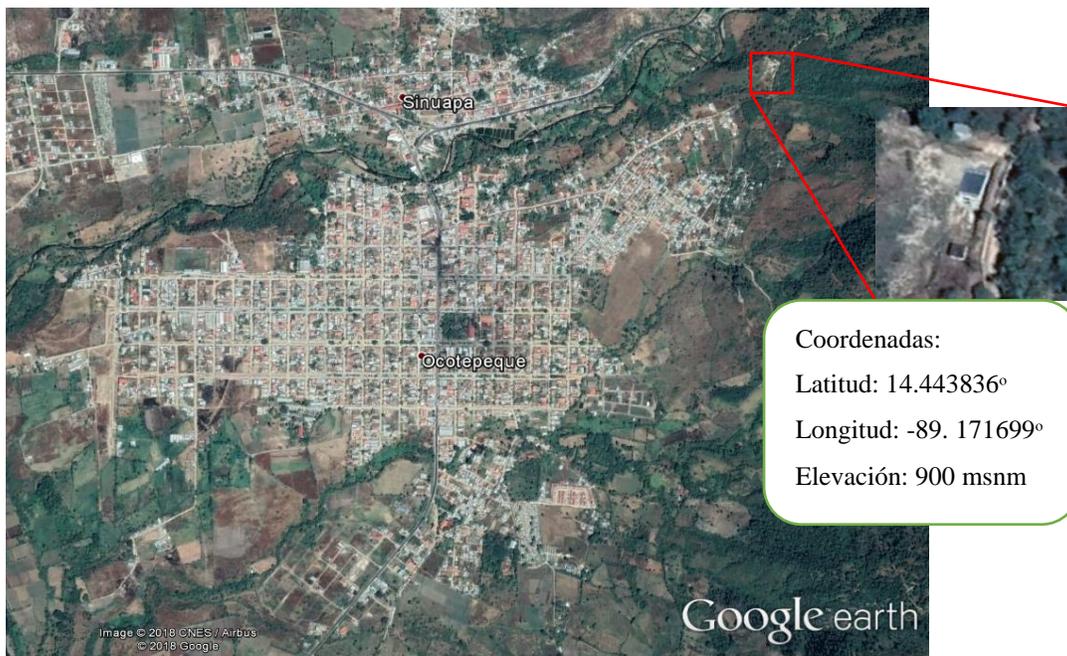


Figura 22. Ubicación de la reciente planta de tratamiento en la Colonia San Antonio

Fuente: (Google, 2017)

4.1.2 ENCUESTAS

Con el objetivo de conocer la calidad del agua en la Col. San Antonio, se utilizó el instrumento de la entrevista para conocer de primera mano la opinión que tienen los pobladores acerca del agua que están recibiendo en sus hogares.

De 25 personas entrevistadas (líderes comunitarios), 24 afirmaron estar insatisfechas con el agua que reciben por parte de la municipalidad por lo siguiente:

1. El agua está llegando sucia a los hogares.
2. El servicio está limitado por cortes prolongados cada día,
3. El agua que reciben no es apta para el consumo y no apta para la preparación de alimentos.

Se comprobó en sitio que el agua que proviene de la planta de tratamiento de la Col. San Antonio la utilizan en labores cotidianas como bañarse cuando aclara el agua, limpieza general y otras actividades básicas, siempre y cuando llegue el agua. Lo anterior puede generar un impacto progresivo en su salud, puesto que cuando el agua no es de buena calidad, puede ser vehículo para muchas enfermedades gastrointestinales como diarrea, fiebre, tifoidea y erupciones en la piel. (agua, 2007)

4.1.3 CALIDAD ACTUAL DEL AGUA

Con el objetivo de conocer cuál es la calidad del agua proveniente de la planta de tratamiento de la Colonia San Antonio hacia las personas que reciben el líquido, se realizaron los trabajos de recolección de muestras de agua para determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas que esta posee. Consistió en la selección de un hogar que está cercano a la planta de tratamiento, y que facilitó la recolección de muestras de agua en el grifo, con finalidad de conocer lo siguiente:

1. Nivel de turbiedad.
2. Color real del agua.
3. Nivel de acidez (PH).
4. Cantidad de coliformes (totales y fecales).

Posterior a la recolección de las muestras en el campo, se procedió a enviarlas a un laboratorio especializado para el correcto análisis de las características del agua.

A continuación, se muestran los resultados de las muestras de agua:

Tabla 8. Resultados del agua tomada del grifo.

Parámetros	Unidades	Resultados
pH		6.24+/-0.040 a 24.10 °C
Conductividad	µs/cm	65.30 +/- 2.1
Turbidez	NTU	7.98
Color Verdadero	UC	21.23
Coliformes Totales	UFC/100mL	960
Coliformes fecales	UFC/100mL	142

Fuente: Datos del resultado de laboratorio, anexo pág. 94.

Para determinar la calidad del agua, es necesario comparar los resultados de laboratorio con la Norma Técnica Nacional para el Agua Potable (NTNAP), tal como se presenta en la manera siguiente:

Tabla 9. Comparación de resultados.

No.	Parámetros	Unidades	NTNAP	Resultados
1	pH		6.5 a 8.5	6.24+/-0.040 a 24.10 °C
2	Conductividad	µs/cm	400	65.30 +/- 2.1
3	Turbidez	NTU	1 a 5	7.98
4	Color Verdadero	UC	1 a 15	21.23
5	Coliformes Totales	UFC/100mL	0	960
6	Coliformes fecales	UFC/100mL	0	142

Fuente: Fuente propia

De la tabla #9 se deriva lo siguiente:

1. Los parámetros fisicoquímicos (1 y 2) no están fuera del rango permitido.
2. Los parámetros organolépticos (3 y 4) si están fuera del rango permitido.
3. Los parámetros bacteriológicos (5 y 6) si están fuera del rango permitido.

Por lo anterior, se concluye que el agua que reciben los abonados de la planta de tratamiento de la Colonia San Antonio no cumple con la Norma Técnica Nacional para el Agua Potable (NTNAP). Por lo que, es necesario mejorar en la reducción de los parámetros organolépticos y en los parámetros bacteriológicos del agua, ya que son los problemas que presenta el agua.

4.2 ASPECTOS TÉCNICOS

A continuación, se presentan los aspectos técnicos que forma parte de los objetivos del presente estudio.

4.2.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA

El análisis del sistema involucra revisar el actual desempeño de la planta de tratamiento de agua en función del caudal y conocer sus componentes.

4.2.1.1 MEDICIÓN DEL CAUDAL

Asimismo como parte del trabajo de investigación, se realizaron mediciones del caudal con el objetivo de analizar la cantidad de agua que recibe la actual planta de tratamiento, para el análisis del caudal se utilizó el método del aforo volumétrico el cual es usado para corrientes pequeñas de agua y es un método más exacto y apropiado siempre y cuando el depósito sea grande para medir la capacidad de una forma precisa. (ICC, 2017)

Debido a que no se encontró una estructura de medición de caudales en el sitio, se construyó una sección de vertedero triangular con forma de isósceles a 90 grados. (ICC, 2017)

Posteriormente, se procedió a tomar muestras de agua en un recipiente graduado y se tomó el tiempo utilizando un cronometro, obteniendo un caudal promedio de 2.747 l/s. Se realizó el procedimiento 10 veces, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10. Lectura de caudales en el sitio.

Lectura de Caudales en la planta de tratamiento de agua Col. San Antonio					
No.	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)	Caudal (m³/s)	Caudal (m³/h)
1	10.4	5.23	1.989	0.002	7.20
2	12	4.37	2.746	0.003	10.80
3	13.92	5.6	2.486	0.002	7.20
4	12	4.02	2.985	0.003	10.80
5	12	4.56	2.632	0.003	10.80
6	9.2	5.49	1.676	0.002	7.20
7	11.2	3.43	3.265	0.003	10.80
8	12	3.44	3.488	0.003	10.80
9	11.6	4.05	2.864	0.003	10.80
10	11.2	3.35	3.343	0.003	10.80
Promedio	11.552	4.354	2.747	0.0027	9.7200

Fuente: Resultados de campo, fotografías en anexos pág. 95.

4.2.1.2 COMPONENTES ACTUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

En la Colonia San Antonio se ubica la planta de tratamiento de agua, la que fue concebida con la tecnología de un sistema de Filtración de Múltiples Etapas (FIME), que es una combinación de filtración gruesa en grava y de Filtración Lenta en Arena.

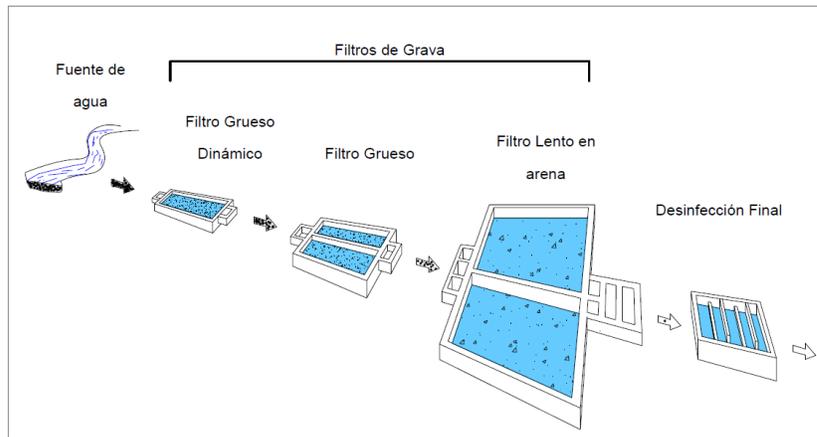


Figura 23. Esquema general de una planta de tratamiento FIME

Fuente: (OPS, 2005)

La planta ha funcionado durante los últimos tres años y cuenta con una tubería de 8 pulgadas de diámetro que conecta a la cámara de entrada la cual, al llenarse de agua se rebalsa y se conduce por canales rectangulares hacia los ocho (8) filtros de tipo filtro grueso ascendente que están formados de capas de grava y arena. Una vez el agua pasada por los filtros el agua queda libre de sólidos suspendidos y pasa hacia la pila recolectora de agua pretratada llevando la misma hacia un pequeño tanque de almacenamiento de donde se distribuye a la comunidad.



Figura 24. Planta de tratamiento de agua en Col. San Antonio.

Fuente: Elaboración propia

En la salida de la cámara recolectora de agua tratada, se ubican las válvulas de globo que permiten el control de apertura y cierre de cada cámara para el mantenimiento de la planta de tratamiento. También cuenta con válvulas de macho para la evacuación de sedimentos en el fondo de cada filtro. De acuerdo con las inspecciones del sistema actual, se observa que están en buen estado para seguir funcionando con normalidad.



Figura 25. Válvulas de lavado y válvulas de control de caudal.

Fuente: Elaboración propia

El agua que se recolecta en la cámara recolectora a través de las tuberías pasa hacia la pila que concentra el caudal pre tratado para enviarlo al tanque de almacenamiento.



Figura 26. Pila de concentración de caudal.

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3 COMPONENTES DE MEJORA DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Para la selección de los componentes de mejora, se realiza un análisis en la eficiencia actual de la planta de tratamiento, calidad del agua, los resultados de laboratorio, medición del caudal y condiciones del sitio.

En cuanto a la eficiencia de la planta de tratamiento actual para la reducción de los parámetros organolépticos se muestra con un porcentaje promedio de 74.12% y en cuanto a los parámetros bacteriológicos se muestra con un porcentaje promedio de 92.72%. En la siguiente tabla se muestra los resultados del análisis:

Tabla 11. Resultados del análisis de la planta de tratamiento.

No.	Parámetros	Unidades	Agua del afluente	Agua del grifo	Eficiencia (%)	Eficiencia promedio (%)
1	Turbidez	NTU	31.39	7.98	74.58	74.12
2	Color Verdadero	UC	80.59	21.23	73.66	
3	Coliformes Totales	UFC/100mL	17,233.00	960	94.43	92.72
4	Coliformes fecales	UFC/100mL	1,579	142	91.01	

Fuente: Datos de resultados de laboratorio, en anexos pág. 93 y pág. 94.

Por los resultados anteriores, es necesario incorporar Filtros Lentos de Arena (FLA) con el fin de reducir los parámetros organolépticos y los parámetros bacteriológicos a los rangos aceptables y que están especificadas en la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (NTNCAP) para obtener agua de calidad.

El Filtro Lento de Arena (FLA) se orienta a la remoción de contaminación microbiológica, por lo que con la aplicación la calidad del agua mejora considerablemente al reducir en ella la concentración de sólidos suspendidos, mejora la estética del agua en el color y reduce el número de microorganismos (bacterias, virus, quistes).

4.2.1.4 DISEÑO DE FILTRO LENTO DE ARENA (FLA)

El diseño del Filtro Lento de Arena (FLA) como componente de mejora, está basado en la guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS), el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) y CINARA.

Una unidad de filtración lenta en arena consta generalmente de los siguientes elementos:

1. Caja de filtración y estructura de entrada: La caja de del filtro posee un área superficial condicionada por el caudal a tratar, la velocidad de filtración y el número de filtros especificados para operar en paralelo.

2. Sistema de drenaje: El nivel mínimo del filtro se controla mediante el vertedero de salida, el cual se debe ubicar en el mismo nivel o 0.10 m. por encima de la superficie del lecho filtrante.

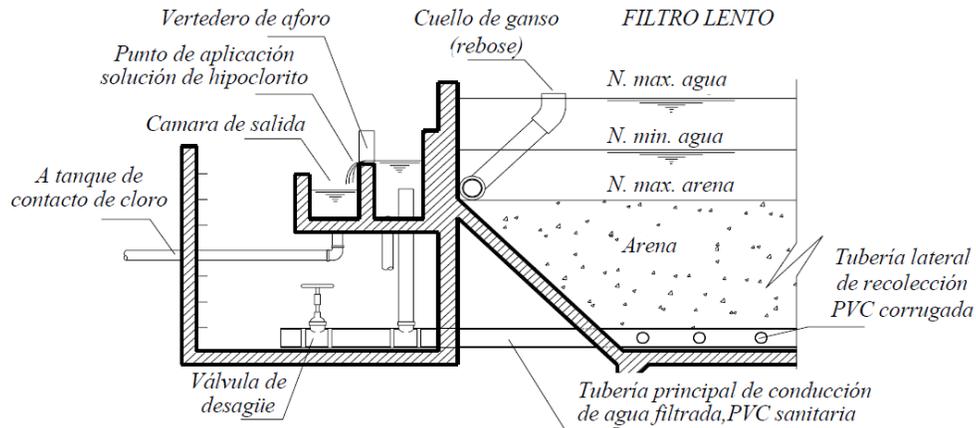


Figura 27. Estructura de salida de un FLA.

Fuente: (OPS, 2005)

3. Lecho filtrante: El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m.

La velocidad de filtración varía entre los 0.1 y 0.2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda. A mayor contaminación del agua afluente menor velocidad de filtración.

Tabla 12. Granulometría del lecho filtrante.

Criterios de Diseño	Valores Recomendados
Altura de arena (m)	
Inicial	1.00
Mínima	0.50
Diámetro efectivo (mm)	0.15 - 0.35
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 3
Deseable	1.8 - 2.0
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.1 - 0.3

Fuente: (OPS, 2005)

4. Capa de agua sobrenadante: La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m y un borde libre entre los 0.2 y 0.3 m.
5. Dispositivos para regulación, control y rebose:
 1. Válvula para controlar entrada de agua pretratada y regular velocidad de filtración.
 2. Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia.
 3. Válvula para drenar lecho filtrante.
 4. Válvula para desechar agua tratada.
 5. Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua limpia.
 6. Vertedero de entrada.
 7. Indicador calibrado de flujo.
 8. Vertedero de salida.
 9. Vertedero de excesos.

4.2.1.4.1 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

A continuación, se muestra el cálculo para dimensionar la estructura del filtro lento de arena:

1. Caudal de diseño (Qd): **9.72m³/h**
2. Número de unidades (N): Mínimo **dos (2)** unidades de filtración.
3. Área superficial (As): $Qd / (N \times Vf) = \{(9.72\text{m}^3/\text{h}) / [2 \times (0.15\text{m}/\text{h})]\} = \mathbf{32.4\text{m}^2}$

Vf = velocidad de filtración (m/h)

Qd = caudal de diseño (m³/h)

N = número de unidades

4. Coeficiente de mínimo costo (K): $(2 \times N) / (N + 1) = (2 \times 2) / (2 + 1) = 4/3 = \mathbf{1.333}$
5. Longitud de la unidad: $L = (As \times K)^{1/2} = (32.4 \times 1.333)^{1/2} = \mathbf{6.6\text{m}}$
6. Ancho de la unidad: $b = (As / K)^{1/2} = (32.4 / 1.333)^{1/2} = \mathbf{4.9\text{m}}$
7. Velocidad de filtración real (VR): $VR = Qd / (2 \times A \times B)$

$$VR = (9.72 \text{ m}^3/\text{h}) / (2 \times 6.6\text{m} \times 4.9\text{m}) = \mathbf{0.15\text{m}/\text{h}}$$

En la siguiente tabla se muestra en resumen el diseño del Filtro Lento de Arena:

Tabla 13. Resultados de diseño y dimensiones del FLA.

ITEM	FLA
Características generales	
Período de operación (h/d)	24
Período de diseño (años)	12
Altura de arena (m)	0.80
Velocidad de filtración (m/h)	0.15
Caudal (l/s)	2.75
Área superficial (m ²)	64.8
Número de unidades en paralelo	2.00
Dimensiones por unidad	
Largo (m)	6.6
Ancho (m)	4.9
Altura total (m)	2.00
Altura de agua sobrenadante (m)	0.75
Borde libre (m)	0.20
Lecho filtrante	
Material	Arena
Diámetro efectivo (mm)	0.20
Altura del lecho de soporte (m)	0.25
Coefficiente de uniformidad	Cu=2.0

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la capa soporte de grava a colocar en la base del filtro:

Tabla 14. Capa soporte de grava del FLA.

Nº	Tamaño de la grava (mm)	Altura de la capa (m)
1	1.0 – 1.4	0,05
2	2.0 – 9.0	0,05
3	9.0 – 19.0	0.15

Fuente: Elaboración propia

Sobre la capa soporte se considera un lecho filtrante de arena de 0,80 m de alto.

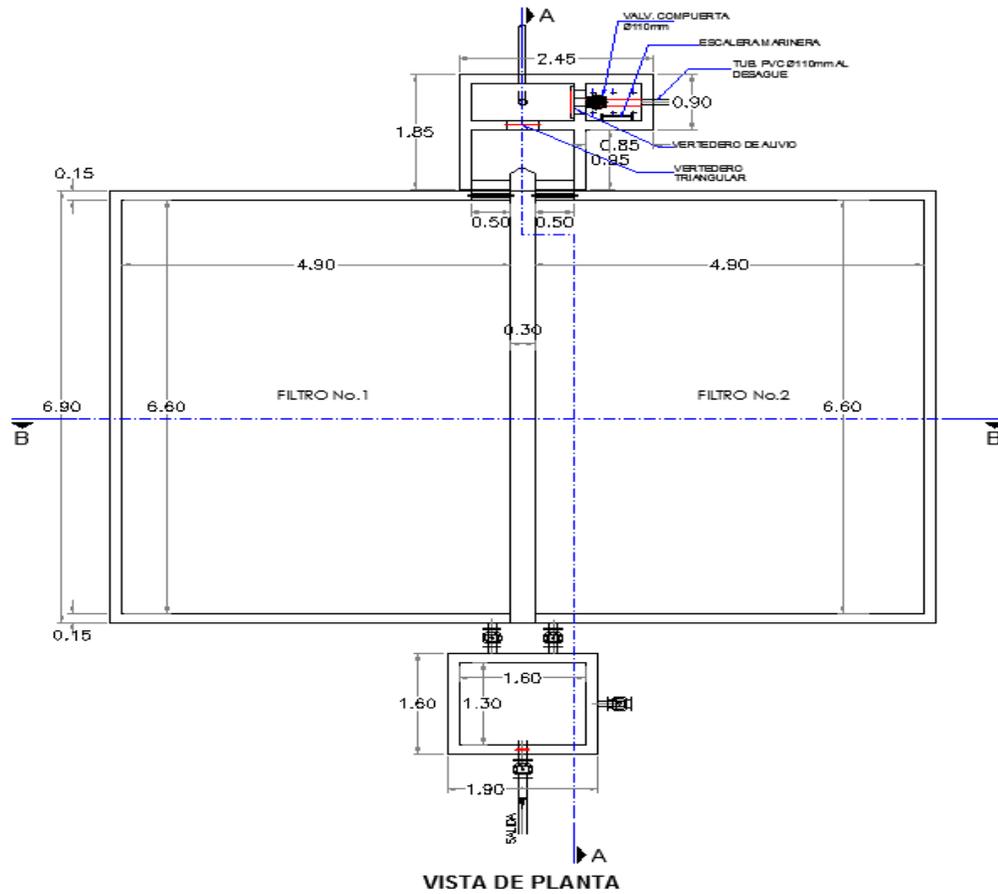


Figura 28. Diseño del Filtro Lento de Arena (FLA).

Fuente: Elaboración propia

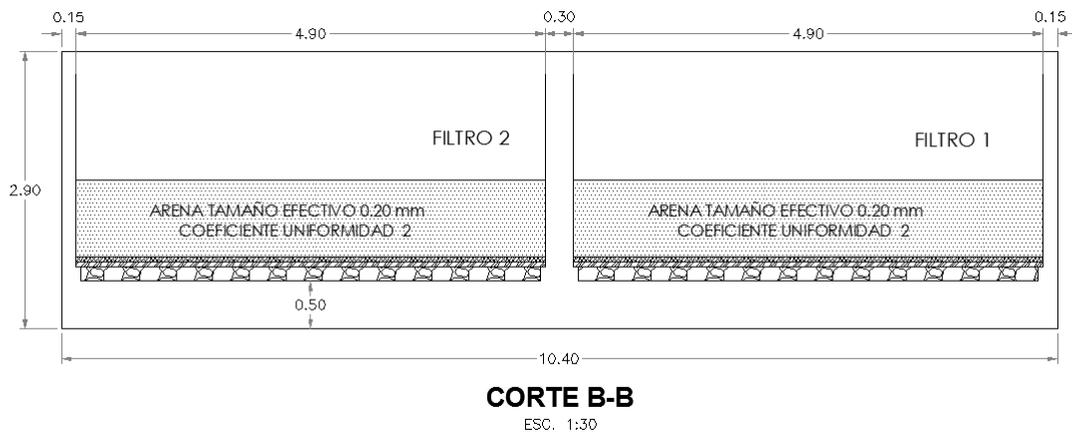


Figura 29. Corte transversal del Filtro Lento de Arena (FLA).

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4.2 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

Para este apartado, se toma en consideración la utilización de los planos tipo para obras hidráulicas emitidos por del Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS), ya que estos reúnen los conceptos, criterios, especificaciones y materiales necesarios para la construcción de obras civiles de agua y saneamiento en Honduras.

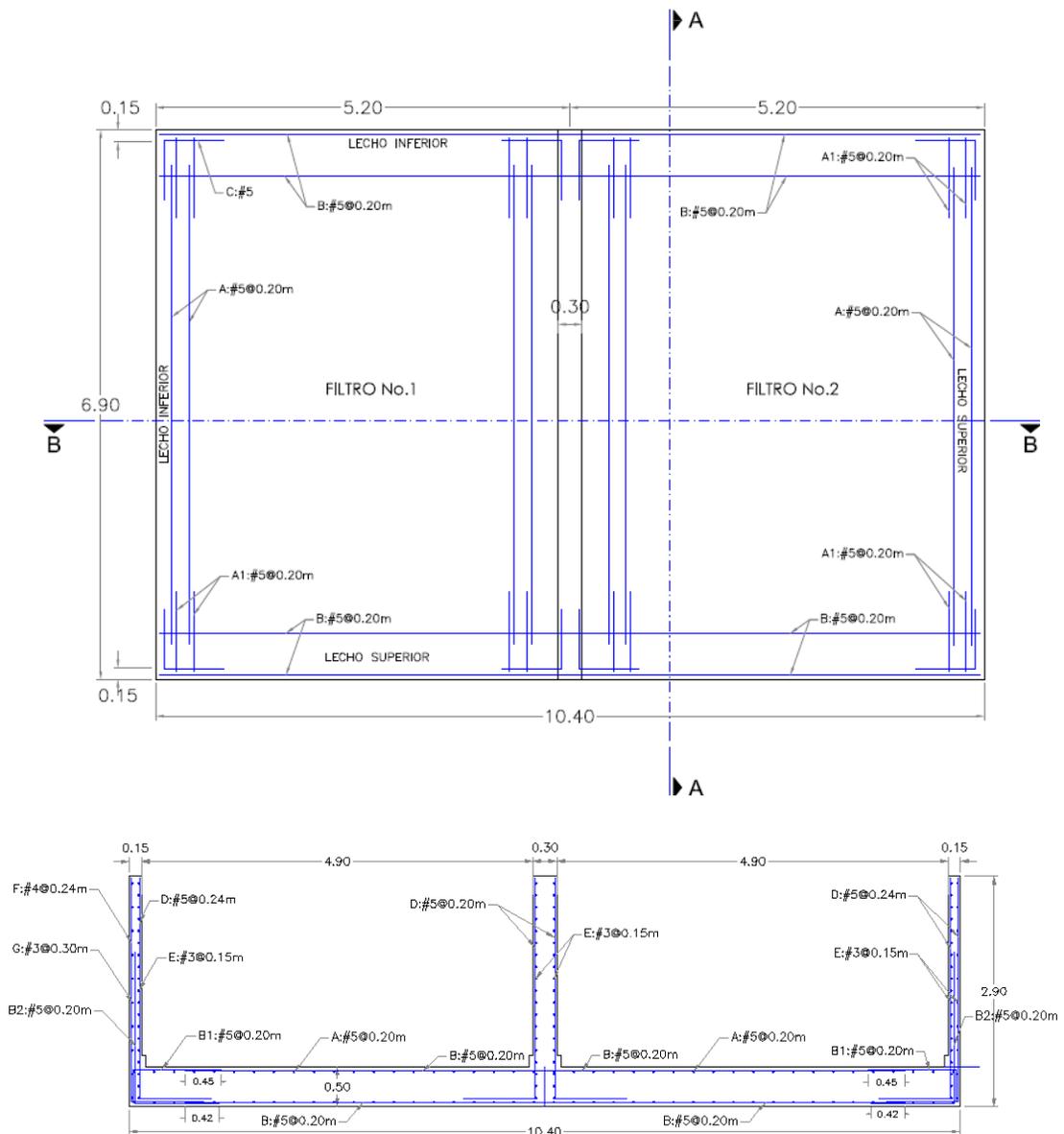


Figura 30. Planta estructural del Filtro Lento de Arena (FLA).

Fuente: Elaboración propia

4.3 ASPECTOS FINANCIEROS

Para este apartado, se considera el diseño para la cuantificación de cada una de las actividades necesarias para la construcción del proyecto de mejora y posteriormente, a determinar la inversión estimada mediante un presupuesto.

Tabla 15. Cantidades de Obra y Presupuesto del FLA.

MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (Lps.)	Total (Lps.)
1.0	Preliminares				
1.1	Trabajos de replanteo	Glb	1.00	35,000.00	35,000.00
2.0	Movimiento de tierra				
2.1	Excavación	m3	224.12	125.00	28,015.50
2.2	Relleno compactado con material del sitio	m3	33.62	150.00	5,042.79
2.3	Suministro y colocación de piedra de río para estabilización	m3	116.47	450.00	52,409.63
3.0	Obras de concreto				
3.1	Concreto clase B $f_c=175$ kg/cm ² para estabilización	m3	40.76	3,040.00	123,919.65
3.2	Concreto Clase A $f_c=280$ kg/cm ²	m3	55.99	3,700.00	207,179.28
3.3	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	7,821.59	15.00	117,323.85
3.4	Acabados exteriores	m2	83.04	180.00	14,947.20
4.0	Lecho filtrante				
4.1	Suministro y colocación de grava (9.0 - 19mm)	m3	9.50	450.00	4,276.80
4.2	Suministro y colocación de grava (2.0 - 9mm)	m3	2.18	450.00	980.10
4.3	Suministro y colocación de arena gruesa (1.0 - 1.4mm)	m3	2.18	450.00	980.10
4.4	Suministro y colocación de arena de filtro (0.20mm)	m3	34.85	450.00	15,681.60
5.0	Elementos hidráulicos				
5.1	Tubería pvc ntp iso 1452:2011 c10 dn 63mm	m	12.00	248.50	2,982.00
5.2	Tubería pvc ntp iso 4435:2005 sn4 dn 110mm	m	12.00	323.83	3,885.96
5.3	Tubería corrugada perforada pvc 4"	m	51.60	88.00	4,540.80
5.4	Válvula de compuerta hierro fundido ductil, dn 110mm	Und	1.00	591.33	591.33
5.5	Válvula de compuerta hierro fundido ductil, dn 63mm	Und	4.00	364.75	1,459.00
5.6	codo 90° pvc c10 dn 63mm	Und	1.00	66.30	66.30
5.7	Conexión T pvc c10 dn 63mm	Und	1.00	78.46	78.46
6.0	Obras complementarias				
6.1	Acera perimetral e=10 cms	m2	57.65	120.00	6,918.00
6.2	Superficie para lavado de arena e=10 cms	m2	22.00	120.00	2,640.00
6.3	Limpieza final	m2	140.00	80.00	11,200.00
Total de Presupuesto					640,118.35
Imprevistos (10%)					64,011.84
Sub-Total					704,130.19
3% Sistema de Gestion Integral (Calidad, Ambiente, Seguridad e Higiene Ocupacional)					21,123.91
TOTAL					725,254.10

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se determinan las conclusiones y recomendaciones de acuerdo con los resultados del estudio.

5.1 CONCLUSIONES

A continuación, se enlistan las conclusiones de mayor relevancia de acuerdo a los resultados obtenidos.

1. Se rechaza la hipótesis nula utilizando los resultados de laboratorio para medir la eficiencia de la actual planta de tratamiento de agua ubicada en la Colonia San Antonio, donde se demuestra que la eficiencia para la reducción de los parámetros organolépticos es del 74.12% y en cuanto a la reducción de los parámetros bacteriológicos es del 92.72% en donde considerando la tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FIME), para mejorar la calidad del agua el componente a incorporar Filtros Lentos de Arena (FLA).
2. De acuerdo al estudio realizado, la situación actual del agua que reciben las personas de la planta de tratamiento de la Colonia San Antonio Municipalidad de Ocoatepeque se encuentra contaminada, ya que los parámetros organolépticos (Turbidez, Color verdadero del agua) y los parámetros bacteriológicos (Coliformes totales, coliformes fecales) están fuera del rango permitido de acuerdo a la Norma Técnica Nacional para el Agua Potable (NTNAP). Lo anterior, coincide con los testimonios de la población que han sido recolectados mediante encuestas, en donde se destaca, que el agua llega sucia a las casas, el suministro de agua es interrumpido; por lo que las personas no se encuentran satisfechas con el servicio de agua que les provee la alcaldía.
3. Los aspectos técnicos requeridos para el proyecto de mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque, se analizaron en base a la visita de campo para la observación del estado actual de la infraestructura y sus componentes. Posteriormente, a través de los resultados de laboratorio se determinó la eficiencia actual de sistema de Filtración Gruesa Ascendente (FGA) en la reducción de

contaminación organoléptica y bacteriológica; llegando a concluir que, para lograr agua con características aceptables previas a la desinfección, es necesaria la incorporación de Filtros Lentos de Arena (FLA) como componente de mejora del sistema.

4. La incorporación de Filtros Lentos de Arena (FLA) como componente de mejora del sistema se enfoca en la reducción de contaminación y no en volumen de demanda, por lo que es responsabilidad de la Municipalidad de Ocoatepeque su ejecución.
5. La inversión requerida para realizar las mejoras de la planta de tratamiento de agua de la Colonia San Antonio en el Municipio de Ocoatepeque, se estima un presupuesto de L. 725,254.10.

5.2 RECOMENDACIONES

A continuación, se enlistan las recomendaciones para mejorar el sistema de la planta de tratamiento de agua en la Colonia San Antonio, Municipalidad de Ocoatepeque.

1. De acuerdo con los resultados de laboratorio, se recomienda a la Municipalidad de Ocoatepeque accionar los trabajos necesarios para brindar agua de calidad a su población para satisfacer sus necesidades.
2. La eficiencia en la reducción de las características organolépticas y bacteriológicas del sistema de tratamiento de agua actual no es suficiente, por lo que se recomienda la construcción de Filtros Lentos de Arena (FLA) para mejorar las propiedades del agua previa a su desinfección.
3. Debido a que el presupuesto estimado no excede a los L. 999,999.99, el proyecto de mejoras se cataloga de bajo costo y accesible para la cartera de proyectos municipales, por lo que se le recomienda a la Municipalidad su ejecución.

4. En la actualidad se desconoce la contaminación en las tuberías de conducción del agua, por lo que se recomienda a la Municipalidad de Ocotepaque la realización de un estudio de análisis sobre este tema.
5. Se le recomienda a la Municipalidad de Ocotepaque la realización de un estudio de impacto del proyecto de mejora de la planta de tratamiento de agua ubicada en la Colonia San Antonio, con el objetivo de valorar la aceptación de la población, ajustes en las tasas de pago, colocación de aparatos de medición.
6. Se le recomienda a la Municipalidad de Ocotepaque la realización de un estudio de saneamiento en la cuenca de las fuentes de agua de donde se abastece el municipio.
7. Debido a que el sistema actual junto a la mejora del sistema propuesta suministra $9.72\text{m}^3/\text{h}$ y esta no cubre la demanda, se le recomienda a la Municipalidad de Ocotepaque la realización de proyectos de agua y saneamiento para cubrir la demanda de la población.
8. Como recomendaciones generales:
 1. Se debe Colocar una cubierta metálica para la pila recolectora de agua que se ubica después de los filtros gruesos ascendentes, para evitar el ingreso de partículas, insectos y aves.
 2. Realizar las acciones de limpieza de los filtros gruesos ascendentes cada 3 meses.
 3. La Municipalidad de Ocotepaque deberá realizar acciones de acercamiento con el SANAA e IDECOAS, para obtener ayuda para la capacitación y entrenamiento en el cuidado de las fuentes superficiales, técnicas de desinfección del agua filtrada y en el mantenimiento de plantas de tratamiento de agua con tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FIME).

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

En el siguiente capítulo se presenta el plan con el que se llevara a cabo la mejora de la planta potabilizadora de agua de la laborcita tomando en cuenta las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado. El plan está orientado a la construcción y puesta en marcha de un sistema de agua potable adicional al actual que garantice la calidad del agua que sale cumpla con los estándares nacionales.

El plan de acción está conducido a la aplicabilidad del proyecto de mejoras en el sistema de tratamiento de agua actual, y que se encuentra ubicado en la altura de la colonia San Antonio, en el Municipio de Ocoatepeque.

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

Proyecto de Mejoras de la Planta de Tratamiento de Agua en Colonia San Antonio
Municipalidad de Ocoatepeque.

6.2 INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta la propuesta del Proyecto de Mejoras de la Planta de Tratamiento de Agua en Colonia San Antonio Municipalidad de Ocoatepeque, en donde se recomienda la construcción de filtros lentos de arena (FLA).

La finalidad de este proyecto es la de optimizar el sistema de tratamiento del agua que proviene de la fuente de La Laborcita, cuyo objetivo es la reducción de índices organolépticos y bacteriológicos que actualmente se presentan en el agua que reciben los abonados que se abastecen de esta planta.

La Corporación Municipal de Ocoatepeque como responsable de distribuir y garantizar el acceso al agua potable, con este proyecto beneficiará a cada una de las comunidades cercanas que son abastecidas por este sistema.

6.3 PROPUESTA DE PROYECTO

La propuesta del proyecto contiene los planes de gestión necesarios para lograr alcanzar los objetivos propuestos, haciendo uso de la guía del Project Management Institute (PMI) que comprende cinco grupos de procesos, y diez áreas de conocimiento.

6.3.1 PLAN DE GESTIÓN

El objetivo del plan de Gestión del alcance es enmarcar el alcance del proyecto y este mismo, se encuentra los lineamientos necesarios para gestionar el alcance.

6.3.1.1 ESTRATEGIA DE GESTIÓN DEL ALCANCE

La gestión del alcance será responsabilidad exclusivamente del Director de Proyectos (DP). Los alcances del proyecto están definidos en el Acta de Constitución del alcance, el enunciado del alcance y la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).

Cada entregable tiene criterios de aceptación, los cuales serán revisados de acuerdo al plan de gestión de calidad, durante el ciclo de vida del proyecto.

Los cambios que surjan en el proyecto deberán ser evaluados por el Director de Proyectos y una vez que sean aprobados, se ha de registrar como una solicitud de cambio. Seguidamente, las solicitudes de cambio han de ser evaluadas y aprobados o denegados por la junta de control de cambios junto al patrocinador, de acuerdo con el plan de gestión de la integración.

El responsable de la verificación de la gestión del alcance es el Director de Proyectos, apoyándose con el plan de gestión de la integración para comprobar y asegurar que todos los planes concebidos para la gestión del proyecto cumplen en la planificación total del mismo.

6.3.1.2 ACTA DE CONSTITUCIÓN DE PROYECTO

Nombre del Proyecto: Mejoras de la Planta de Tratamiento de Agua en Colonia San Antonio
Municipalidad de Ocoatepeque.

AUTORIDADES

1. Patrocinador: Municipalidad de Ocotepeque
2. Director del Proyecto: El Director del Proyecto será Ivis Valdiviezo y quien tendrá la autoridad sobre cada recurso necesario para la realización del proyecto. Los cambios que se requieran en el proyecto estarán sometidos a la junta de control de cambios compuesta por la unidad ejecutora de proyectos de la Municipalidad de Ocotepeque.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se desarrollará en una etapa que consta en la construcción de filtros lentos de arena (FLA) que permitirán el óptimo desempeño en el tratamiento del agua.

El proyecto comienza realizando los trabajos de replanteo y medición, para proceder con la excavación y estabilización del suelo. Una vez estabilizado el suelo con una cama de piedra de río, se procede a la realizar el armado del acero de refuerzo, encofrado de las paredes y colocación de tuberías para proceder con la colocación del concreto de alta resistencia. Una vez que el concreto haya obtenido su resistencia, se harán el desencofrado de la estructura para dar el acabado en las paredes exteriores de los filtros. Al finalizar las obras de concreto, se procederá a colocar las tuberías internas recolectoras de agua filtrada y a la colocación de arena clasificada para completar el lecho filtrante; y como obras complementarias realizar la construcción de aceras perimetrales y superficie de lavado. Finalmente, realizar la limpieza del área de construcción.

OBJETIVOS

Objetivo estratégico

Desarrollar un proyecto para mejorar el sistema de tratamiento de agua en la Colonia San Antonio que permita obtener agua con menor presencia organoléptica y bacteriológica.

Objetivos específicos

1. Construcción de filtros lentos de arena (FLA).
2. Construcción de las obras complementarias.
3. Instalación de las obras hidráulicas.

ENTREGABLES

Tabla 16. Entregables del proyecto.

EDT	NOMBRE DE TAREA
1.1	Preliminares
1.1.1	Trabajos de replanteo
1.2	Movimiento de tierra
1.2.1	Excavación
1.2.2	Relleno compactado con material del sitio
1.2.3	Suministro y colocación de piedra de río para estabilización
1.3	Obras de concreto
1.3.1	Concreto clase B $f_c=175$ kg/cm ² para estabilización
1.3.2	Concreto Clase A $f_c=280$ kg/cm ²
1.3.3	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²
1.3.4	Acabados exteriores
1.4	Lecho filtrante
1.4.1	Suministro y colocación de grava (9.0 - 19mm)
1.4.2	Suministro y colocación de grava (2.0 - 9mm)
1.4.3	Suministro y colocación de arena gruesa (1.0 - 1.4mm)
1.4.4	Suministro y colocación de arena de filtro (0.20mm)
1.5	Elementos hidráulicos
1.5.1	Tubería pvc ntp iso 1452:2011 c10 dn 63mm
1.5.2	Tubería pvc ntp iso 4435:2005 sn4 dn 110mm
1.5.3	Tubería corrugada perforada pvc 4"
1.5.4	Válvula de compuerta hierro fundido dúctil, dn 110mm
1.5.5	Válvula de compuerta hierro fundido dúctil, dn 63mm
1.5.6	Instalación de Codo 90° pvc c10 dn 63mm
1.5.7	Instalación de Conexión T pvc c10 dn 63mm
1.6	Obras complementarias
1.6.1	Acera perimetral e=10 cms
1.6.2	Superficie para lavado de arena e=10 cms
1.6.3	Limpieza final

Fuente: Elaboración propia

RESTRICCIONES

1. No se incluye estación de cloración ya que la Alcaldía Municipal recibirá asistencia del Instituto de Desarrollo Comunitario, Agua y Saneamiento (IDECOAS).
2. No incluye costos de mantenimiento ya que la Alcaldía Municipal es la responsable de ello.

SUPUESTOS

1. Se espera que la Alcaldía Municipal realice los cuidados del medio ambiente en la ejecución del proyecto.
2. Se espera que la Alcaldía Municipal reciba la asistencia de IDECOAS para la estación de cloración y realizar la desinfección del agua tratada.

RIESGOS

1. Eventos climáticos inesperados que puedan afectar la construcción.
2. Tomas de carreteras afectando la llegada de insumos y alzas en los precios.
3. El retiro de financiamiento del proyecto.

APROBACIÓN DEL ACTA DE CONSTITUCIÓN

Tabla 17. Aprobación del acta de constitución del proyecto.

Fecha de aprobación:	
Director del Proyecto:	
Patrocinador:	

Fuente: Elaboración Propia

6.3.1.3 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO (EDT)

La Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), nos ayuda a visualizar los paquetes de trabajo y los entregables que conforman el proyecto, para a la vez tener un mayor control al momento de realizar el seguimiento durante la ejecución.

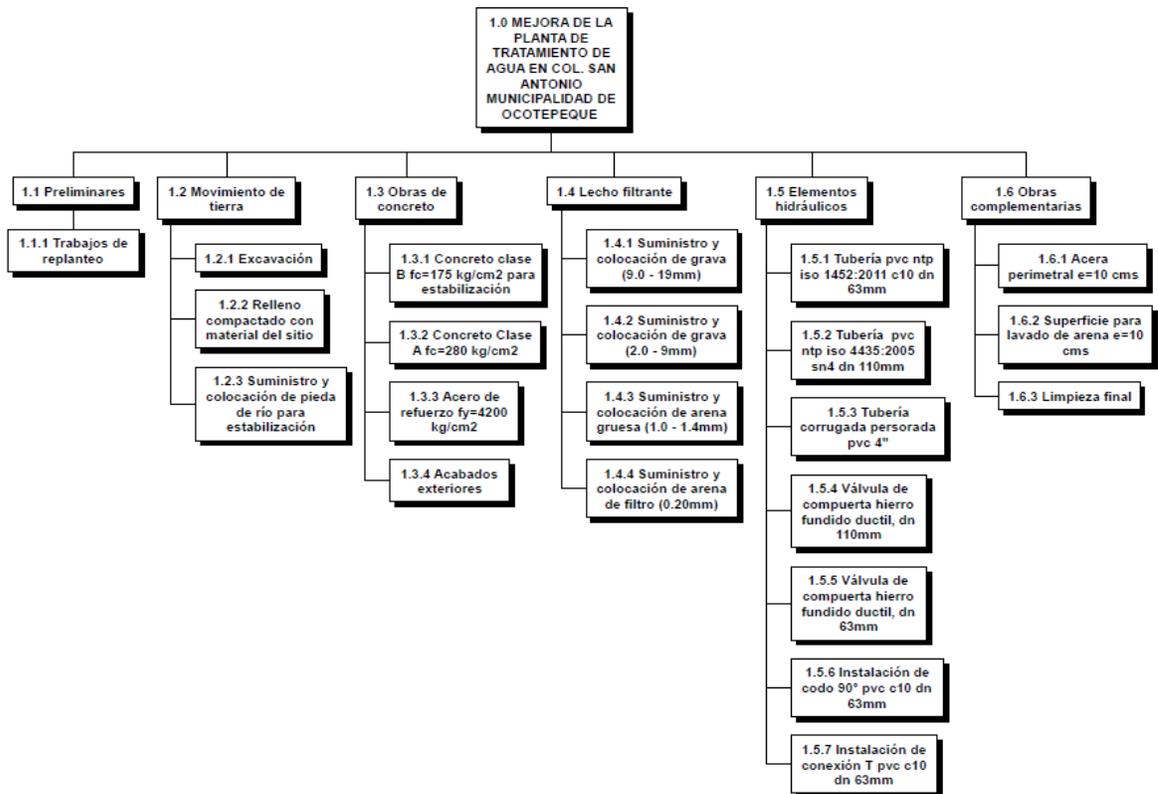


Figura 31. Estructura de Desglose de Trabajo.

Fuente: fuente propia

6.3.2 PLAN DE GESTIÓN DE LOS INTERESADOS

La gestión de interesados del proyecto es aquella en donde se incluyen todos los procesos necesarios para identificar a los personajes, grupos y organizaciones que pueden afectar de manera positiva o negativa el proyecto durante su ciclo de vida. Es por ello que es necesario analizar las expectativas de los todos los interesados y cuál es el impacto sobre el proyecto.

6.3.2.1 IDENTIFICAR A LOS INTERESADOS

La identificación de interesados es el proceso de establecer quienes son las persona, grupos y organizaciones que podrían afectar o verse afectados por una decisión, actividad o resultado del proyecto; así también como realizar análisis y documentar información que sea relevante a sus intereses, interdependencia, participación, influencia e impacto en el éxito del proyecto.

Tabla 18. Registro de interesados.

REGISTRO DE INTERESADOS				
No.	INTERESADOS	REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO	GRADO DE INFLUENCIA	INTERN O/EXTERN O
1	Municipalidad de Ocoatepeque	1.Brindar apoyo económico y logístico para la construcción del proyecto	Alto	Interno
2	Gerente general de la organización ejecutante	1. Ejecutar el Proyecto dentro de los estándares de Calidad, Seguridad y Medio Ambiente de la organización. 2. Cerrar el Proyecto con la satisfacción del cliente	Alto	Externo
3	Director de proyecto	1. Mantener a los interesados claves informados sobre el avance del proyecto 2. Cerrar el proyecto con satisfacción del cliente, dentro del plazo y presupuesto establecido, generando la utilidad prevista 3. Documentar los procesos culminados y actualización por los cambios. 4. Cumplir con las especificaciones técnicas de los productos	Medio	Interno
4	Equipo de proyecto	1. Mantener a los interesados claves informados sobre el avance del proyecto 2. Cerrar el proyecto con satisfacción del cliente, dentro del plazo y presupuesto establecido, generando la utilidad prevista 3. Documentar los procesos culminados y actualización por los cambios. 4. Cumplir con las especificaciones técnicas de los productos	Bajo	Interno
5	Pobladores del municipio de Ocoatepeque	1.Aprobación de proyecto en las reuniones de socialización del proyecto	Medio	Interno
6	Equipo de Organización ejecutante	1. Documentar los procesos culminados y actualización por los cambios 2. Cerrar el proyecto con satisfacción del cliente, dentro del plazo y presupuesto establecido, generando la utilidad prevista 3. Cumplir con las especificaciones técnicas de los productos	Bajo	Externo
7	Proveedores	1.Cumplir con los pedidos de materiales en el tiempo estipulado	Bajo	Externo

Fuente: Elaboración propia

La identificación de interesados es un proceso que se realiza de manera continua a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, ya que son críticos para el éxito del proyecto, pues estos pueden conducir a retrasos, aumento de los costos, incidentes inesperados y hasta el cierre del proyecto.

El análisis de los interesados del proyecto permite establecer el sitio para cada uno, así como sus funciones y roles dentro del proyecto.

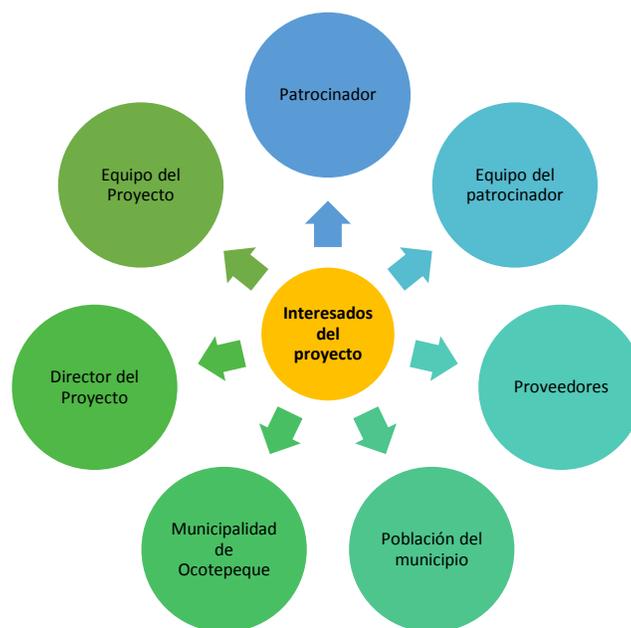


Figura 32. Identificación de los interesados del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra a que interesado de le debe mantener satisfecho, a quien gestionar atentamente, a quien monitorear y a quien mantener informado.

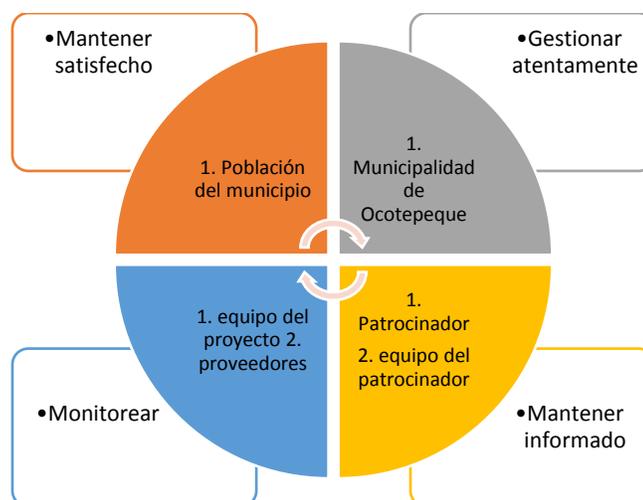


Figura 33. Matriz de poder/interés.

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.2 GESTIONAR LA PARTICIPACIÓN DE LOS INTERESADOS

Gestionar la participación de los interesados es el proceso de comunicarse y trabajar en conjunto con los interesados para satisfacer sus necesidades y expectativas, abordar los incidentes en el momento que ocurren y fomentar la participación adecuada de los interesados en las actividades del proyecto durante su ciclo de vida.

Tabla 19. Matriz de evaluación de la participación de interesados.

EVALUACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE INTERESADOS DEL PROYECTO						
No.	INTERESADOS	DESCONOCEDOR	RETICENTE	NEUTRAL	PARTIDARIO	LIDER
1	Municipalidad de Ocotepeque					X
2	Gerente general de la organización ejecutante					X
3	Director de proyecto					X
4	Equipo de proyecto				X	
5	Pobladores del Municipio de Ocotepeque				X	
6	Equipo de Organización ejecutante					X
7	Proveedores				X	

Fuente: Elaboración propia

El completo desarrollo de la evaluación de la participación de los interesados deberá estar estrictamente ligada al plan de gestión de las comunicaciones con el objetivo de orientar e informar sobre la gestión de las expectativas de los interesados.

6.3.2.3 CONTROLAR LA PARTICIPACIÓN DE LOS INTERESADOS

Controlar la participación de los interesados del proyecto es el proceso de monitorear las relaciones generales entre los interesados y el proyecto, por lo que las estrategias y los planes para involucrar a los interesados se van ajustando. Es importante la eficiencia de la participación de los interesados a medida que el proyecto se va ejecutando.

Para el control de la información es importante documentar las reuniones realizadas, fotografías de eventos ocurridos, solicitudes de cambio a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

La siguiente tabla muestra el plan de gestión de los interesados del proyecto, que detalla el registro del nombre, entidad y área de desempeño, clasificación de los interesados, la función en el proyecto, su criterio de éxito y el contacto para mantener la comunicación. En cada reunión se deberá realizar el registro de los interesados utilizando la plantilla siguiente:

Tabla 20. Plan de gestión de los interesados.

Plan de gestión de los Interesados						
Nombre del proyecto:		MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE				
Lider del Proyecto:		Ivis Valdiviezo				Versión 01
Patrocinador:		IDECOAS				
No.	NOMBRE	ENTIDAD / ÁREA	CLASIFICACIÓN	FUNCIÓN EN EL PROYECTO	CRITERIO DE ÉXITO DE LA PERSONA	CONTACTO
1	En esta columna representantes de cada una de las partes interesadas	Municipalidad	Influenciador y principal	Aprobador	Brindar todo el apoyo técnico y legal	Municipalidad de Ocotepeque
2		Gerente general de la organización ejecutante	Influenciador y principal	Patrocinador	Cumplir con la estrategia de la organización que representa	IDECOAS
3		Director de proyecto	Influenciador y principal	Administración del proyecto	Asegurar la ejecución de los planes para lograr los alcances del proyecto	Municipalidad de Ocotepeque
4		Equipo de proyecto	Influenciador y principal	Ejecución / Construcción	Asegurar el control de inversiones, calidad, comunicaciones, riesgos, tiempo para el proyecto.	Municipalidad de Ocotepeque
5		Pobladores del Municipio de Ocotepeque	Principal	Beneficiado	Satisfacción en el suministro de agua	Patronato de la Colonia San Antonio
6		Equipo de Organización ejecutante	Influenciador y principal	Supervisión del proyecto	Las obras de construcción cumplan con las especificaciones	IDECOAS/PROYECTOS APS
7		Proveedores	Influenciador	Suministrar de insumos según lo solicitado	Garantizar la entrega de los insumos en tiempo y forma	Ferretería Lolita

Fuente: Elaboración propia

6.3.3 PLAN DE GESTIÓN DEL TIEMPO

Los procesos del plan de gestión del tiempo del proyecto, sus herramientas y técnicas, se documentan en el plan de gestión del cronograma.

El plan de gestión del cronograma es un proceso en donde se establecen las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto.

6.3.3.1 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

En el cronograma del proyecto se muestran detalladamente las actividades a realizar considerando su tiempo de ejecución y como una herramienta de guía para quien estará a cargo del desarrollo del proyecto.

Tabla 21. Cronograma de planificación del proyecto.

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE	52 días	lun 07-01-19	mié 13-03-19
1.1	Preliminares	3 días	lun 07-01-19	mié 09-01-19
1.1.1	Trabajos de replanteo	3 días	lun 07-01-19	mié 09-01-19
1.2	Movimiento de tierra	15 días	mié 09-01-19	mar 29-01-19
1.2.1	Excavación	7 días	mié 09-01-19	jue 17-01-19
1.2.3	Relleno compactado con material del sitio para nivelación	3 días	vie 18-01-19	mar 22-01-19
1.2.4	Suministro y colocación de piedra de río para estabilización	5 días	mar 22-01-19	mar 29-01-19
1.3	Obras de concreto	19 días	vie 25-01-19	mar 19-02-19
1.3.1	Concreto clase B $f_c=175$ kg/cm ² para estabilización	5 días	vie 25-01-19	vie 01-02-19
1.3.2	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	10 días	mié 30-01-19	mar 12-02-19
1.3.3	Concreto Clase A $f_c=280$ kg/cm ²	4 días	lun 04-02-19	mié 13-02-19
1.3.4	Acabados exteriores	5 días	mié 13-02-19	mar 19-02-19
1.4	Lecho filtrante	9 días	mar 19-02-19	sáb 02-03-19
1.4.1	Suministro y colocación de grava (9.0 - 19mm)	2 días	mar 19-02-19	jue 21-02-19
1.4.2	Suministro y colocación de grava (2.0 - 9mm)	2 días	jue 21-02-19	lun 25-02-19
1.4.3	Suministro y colocación de arena gruesa (1.0 - 1.4mm)	2 días	lun 25-02-19	mié 27-02-19
1.4.4	Suministro y colocación de arena de filtro (0.20mm)	3 días	mié 27-02-19	sáb 02-03-19
1.5	Elementos hidráulicos	22 días	vie 25-01-19	vie 22-02-19
1.5.1	Tubería pvc ntp iso 1452:2011 c10 dn 63mm	2 días	vie 25-01-19	mar 29-01-19
1.5.2	Tubería pvc ntp iso 4435:2005 sn4 dn 110mm	2 días	vie 25-01-19	mar 29-01-19
1.5.3	Tubería corrugada perforada pvc 4"	2 días	vie 25-01-19	mar 29-01-19
1.5.4	Válvula de compuerta hierro fundido ductil, dn 110mm	2 días	mié 13-02-19	vie 15-02-19
1.5.5	Válvula de compuerta hierro fundido ductil, dn 63mm	2 días	vie 15-02-19	lun 18-02-19
1.5.6	Instalación de codo 90° pvc c10 dn 63mm	2 días	lun 18-02-19	mié 20-02-19
1.5.7	Instalación de Conexión T pvc c10 dn 63mm	2 días	mié 20-02-19	vie 22-02-19
1.6	Obras complementarias	8 días	sáb 02-03-19	mié 13-03-19
1.6.1	Acera perimetral e=10 cms	3 días	sáb 02-03-19	mié 06-03-19
1.6.2	Superficie para lavado de arena e=10 cms	3 días	mié 06-03-19	lun 11-03-19
1.6.3	Limpieza final	2 días	lun 11-03-19	mié 13-03-19

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestra el cronograma del proyecto como guía para el desarrollo de este. Este cronograma determina que el proyecto tiene una duración de 52 días para su terminación. Cada uno de los paquetes de trabajo, se ha determinado de manera secuencial por la dinámica constructiva en que se concibió el proyecto.

El cronograma es la guía con que se deben desarrollar los trabajos desde su inicio y fin, proveyendo una mayor comprensión del estado del proyecto en determinada fecha.

El cronograma del proyecto forma parte de la línea base, por lo que a este plan se le dará el debido seguimiento y forma parte como herramienta de monitoreo y control para los interesados como el patrocinador y los beneficiados.

6.3.3.2 ESTRATEGIA DE MANEJO DEL TIEMPO

El cronograma del proyecto será gestionado mediante la herramienta MS Project, en donde están incluidos los entregables descritos en la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT). La secuencia y relación de las actividades de construcción siguen un orden lógico y el tiempo de ejecución de las mismas estimadas de acuerdo al juicio de expertos. El Director de Proyectos (DP), hará disponibilidad del cronograma para cumplir el tiempo de entrega según el acta de constitución del proyecto.

6.3.3.3 ROLES Y RESPONSABLE DEL CRONOGRAMA

El director del Proyecto (DP) junto a su equipo, son los responsables de la definición de los entregables, de la secuencia de cada una de las tareas, de la asignación de recursos y de la duración en tiempo de los mismos. El director del Proyecto (DP) es quien ha de solicitar al patrocinador la aprobación del cronograma oficial (línea base) y los cambios que surjan en el inicio y fin de los entregables durante el ciclo de vida del proyecto.

6.3.4 PLAN DE GESTIÓN DE COSTOS

El plan de gestión de los costos es el presupuesto estimado para realizar todas las actividades del proyecto.

Tabla 22. Presupuesto estimado del proyecto.

MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE			
EDT	Descripción	Unidad	Total (Lps.)
1.1	Preliminares		
1.1.1	Trabajos de replanteo	Glb	35,000.00
1.2	Movimiento de tierra		
1.2.1	Excavación	m3	28,015.50
1.2.2	Relleno compactado con material del sitio	m3	5,042.79
1.2.3	Suministro y colocación de piedra de río para estabilización	m3	52,409.63
1.3	Obras de concreto		
1.3.1	Concreto clase B $f_c=175$ kg/cm ² para estabilización	m3	123,919.65
1.3.2	Concreto Clase A $f_c=280$ kg/cm ²	m3	207,179.28
1.3.3	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	117,323.85
1.3.4	Acabados exteriores	m ²	14,947.20
1.4	Lecho filtrante		
1.4.1	Suministro y colocación de grava (9.0 - 19mm)	m3	4,276.80
1.4.2	Suministro y colocación de grava (2.0 - 9mm)	m3	980.10
1.4.3	Suministro y colocación de arena gruesa (1.0 - 1.4mm)	m3	980.10
1.4.4	Suministro y colocación de arena de filtro (0.20mm)	m3	15,681.60
1.5	Elementos hidráulicos		
1.5.1	Tubería pvc ntp iso 1452:2011 c10 dn 63mm	m	2,982.00
1.5.2	Tubería pvc ntp iso 4435:2005 sn4 dn 110mm	m	3,885.96
1.5.3	Tubería corrugada perforada pvc 4"	m	4,540.80
1.5.4	Válvula de compuerta hierro fundido ductil, dn 110mm	Und	591.33
1.5.5	Válvula de compuerta hierro fundido ductil, dn 63mm	Und	1,459.00
1.5.6	codo 90° pvc c10 dn 63mm	Und	66.30
1.5.7	Conexión T pvc c10 dn 63mm	Und	78.46
1.6	Obras complementarias		
1.6.1	Acera perimetral e=10 cms	m ²	6,918.00
1.6.2	Superficie para lavado de arena e=10 cms	m ²	2,640.00
1.6.3	Limpieza final	m ²	11,200.00
Total de Presupuesto			640,118.35
Imprevistos (10%)			64,011.84
Sub-Total			704,130.19
3% Sistema de Gestion Integral (Calidad, Ambiente, Seguridad e Higiene Ocupacional)			21,123.91
TOTAL			725,254.10

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior, muestra el presupuesto total estimado para la realización de todas las actividades planificadas en el cronograma para el proyecto de mejoras de la planta de tratamiento de agua en la Colonia San Antonio, Municipalidad de Ocoatepeque; siendo necesario el valor de L. 725,254.10 para la implementación y ejecución del proyecto.

El director del Proyecto (DP) es el responsable por la administración de los costos, por reportar el avance a lo largo de la duración del proyecto. Se realizarán las reuniones necesarias con el patrocinador para exponer el avance del costo y los proyectados para el siguiente periodo.

Para la medición del rendimiento del costo, se hará con la técnica de valor ganado y el Director de Proyectos (DP) es el responsable de la presentación del mismo ante el patrocinador, mostrando las variaciones del costo y brindar las soluciones para ajustarse al presupuesto; por lo que, el patrocinador es quien decidirá los cambios necesarios.

6.3.4.1 ESTRATEGIA DE MANEJO DE COSTOS

Los costos para este proyecto están asignados a las tareas de tercer nivel en la EDT, por lo que, las cuentas de costos son elaborados para los mismos y se les aplicara el valor ganado para determinar el rendimiento financiero del proyecto. El porcentaje de avance en cada una de las tareas representara la cantidad de actividades terminadas al momento de evaluarse.

6.3.4.2 CONTROL DE COSTOS

Para la medición del rendimiento de los costos, se utilizará la técnica del valor ganado, por lo que, los siguientes índices a ser utilizados son:

1. Variación del Costo (CV).
2. Índice de Desempeño de los costos (CPI).
3. Variación del Cronograma (SV).
4. Índice de desempeño del Cronograma (SPI).

6.3.5. PLAN DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS

La gestión de los recursos humanos se refiere a todo el personal que estará involucrado en el proyecto, así como sus funciones y responsabilidades durante el proyecto y la manera en que aportará para el desarrollo del proyecto. Este se ilustra en la siguiente figura:

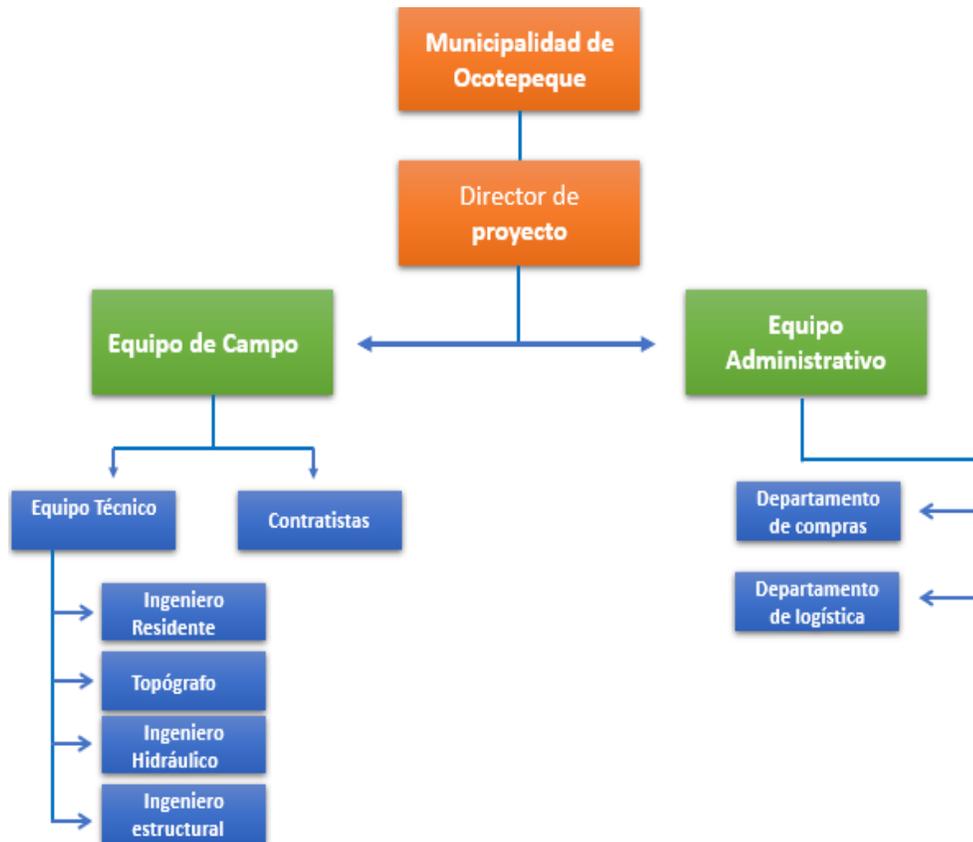


Figura 34 Organigrama del proyecto.

Fuente: Fuente propia

6.3.5.1. DESARROLLO DEL EQUIPO DE TRABAJO

En este apartado, se describen las actividades que realizará el equipo del proyecto como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23. Desarrollo del equipo de trabajo del proyecto.

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA	MOTIVO
Victor Andino	Franklin Naira	Franklin Naira	07/12/2018	Versión Original
ACCIONES A TOMAR PARA MEJORA DE LAS HABILIDADES Y COMPETENCIAS DEL PERSONAL				
<ul style="list-style-type: none"> • Director de proyecto <ul style="list-style-type: none"> Capacitación en PMI, MS proyect.(Modalidad Online) Capacitación en liderazgo y relaciones humanas Capacitación en Seguridad e higiene ocupacional • Ingeniero Civil (Ingeniero Residente) <ul style="list-style-type: none"> Capacitación en PMI, MS Project (Modalidad Online) Capacitación en Seguridad e higiene ocupacional • Contratistas <ul style="list-style-type: none"> Capacitación en Seguridad e higiene ocupacional 				
LINEAMIENTOS EN LA SUCESIÓN O REEMPLAZO DE CARGOS EN EL PROYECTO				
<ol style="list-style-type: none"> 1. El ingeniero Residente es designado sucesor del director de proyecto en caso de ausencia de este. 2. En caso de ausencia del ingeniero residente, se hará una nueva contratación. 				
FORMAS DE RECONOCIMIENTO Y RECOMPENSAS QUE SE APLICAN EN EL PROYECTO				
<ol style="list-style-type: none"> 1. El Director del proyecto, en coordinación con RRHH de la organización, ha establecido un bono. (Un regalo, días de vacaciones adicionales, o un premio económico), en reconocimiento a todo el equipo del proyecto, si se culmina en el tiempo previsto. 2. El director del proyecto realizará el reconocimiento a cada uno de los colaboradores en el tiempo adecuado (Mientras se ejecute el proyecto y no solo al final) y este debe ser verbal y sincero (se debe especificar por qué se le reconoce e identificar las áreas de mejora si aplica). 				
ACTIVIDADES EN APOYO A LA INTEGRACION DEL EQUIPO DE PROYECTO				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se realizarán reuniones de coaching semanales con los cuales se pretende la mejora de la comunicación y habilidades para resolver problemas, el aumento de la calidad y cantidad de trabajo, la transferencia del aprendizaje y haciendo énfasis en la seguridad e higiene ocupacional para el desarrollo del trabajo. 2. Desarrollo de equipos multidisciplinarios fomentando el aprendizaje colaborativo. 3. Situar físicamente al equipo en el mismo lugar de modo que los miembros puedan comunicarse fácilmente, establecer relaciones personales y conseguir compromisos profesionales efectivos. 				

Fuente: Elaboración propia

- b. Revisar si las soluciones programadas se están aplicando, de no ser así se tomarán acciones correctivas al respecto.
- c. Revisar si las soluciones aplicadas han sido efectivas y si la polémica ha sido resuelta, de no ser así se diseñarán nuevas soluciones (continuar en el paso ‘a’).
- 4. En caso de que una polémica no pueda ser resuelta o en caso de que haya evolucionado hasta convertirse en un problema, deberá ser abordada con el siguiente método de escalamiento:
 - a. En primera instancia será tratada de resolver por el director de proyecto y el Equipo del Proyecto, utilizando el método estándar de resolución de problemas.
 - b. En segunda instancia será tratada de resolver por el director de proyecto, el Equipo de Proyecto, y los miembros pertinentes del Equipo de Proyecto, utilizando el método estándar de resolución de problemas.
 - c. En tercera instancia será tratada de resolver por el Cliente, el director de proyecto, y los miembros pertinentes del proyecto, utilizando la negociación y/o la solución de conflictos.
 - d. En última instancia será resuelta por el Cliente o por el cliente y el Comité de Control de Cambios si el primero lo cree conveniente y necesario.

GUÍAS PARA EVENTOS DE COMUNICACIÓN: Se define la guía para las reuniones, conferencias, correo electrónico, etc.

Guías para Reuniones. - Todas las reuniones deberán seguir las siguientes pautas:

1. Debe fijarse la agenda con anterioridad.
2. Debe coordinarse e informarse fecha, hora, y lugar con los participantes.
3. Se debe comenzar puntual.
4. Se deben fijar los objetivos de la reunión, los roles (por lo menos el facilitador y el anotador), los procesos grupales de trabajo, y los métodos de solución de controversias.
5. Se debe cumplir a cabalidad los roles de facilitador (dirige el proceso grupal de trabajo) y de anotador (toma nota de los resultados formales de la reunión).
6. Se debe terminar puntual.
7. Se debe emitir un Acta de Reunión (ver formato adjunto), la cual se debe repartir a los participantes (previa revisión por parte de ellos).

Guías para Correo Electrónico. - Todos los correos electrónicos deberán seguir las siguientes pautas:

1. Los correos electrónicos entre el Equipo de Proyecto y el Cliente deberán ser enviados por el director de proyecto con copia al cliente, para establecer una sola vía formal de comunicación con el Cliente.
2. Los enviados por el Cliente y recibidos por cualquier persona del Equipo de Proyecto deberán ser copiados al director de proyectos y el cliente (si es que éstos no han sido considerados en el reparto), para que todas las comunicaciones con el Cliente estén en conocimiento de los responsables de la parte contractual.

6.3.7 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

El plan de gestión de la calidad es uno de los pilares administrativos en el proyecto que requiere importancia, ya que las gestiones planificadas serán las que conducirán hacia la aceptación de cada uno de los entregables.

Las gestiones de calidad son los procesos y procedimientos para asegurar la calidad misma en cada una de las etapas en la planificación, aseguramiento y el debido control en la verificación de cada entregable de acuerdo con lo planificado en el plan.

El Director de Proyectos (DP) junto a su equipo y las partes interesadas pertinentes, deben estar en sintonía con los procedimientos en que la calidad del proyecto será planeada y controlada.

6.3.7.1 PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD

Los trabajos constructivos a realizar junto a sus insumos están sujetos a especificaciones técnicas para la correcta elaboración de la mejora a realizar en la planta de tratamiento de agua en la Colonia San Antonio y así mismo, la implementación de las gestiones aplicables a los entregables del proyecto.

La calidad de los entregables está basada en las normas y especificaciones para la construcción de obras de agua potable del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

La Municipalidad de Ocoatepeque como autoridad local y principal ejecutor, es quien velará por la correcta aplicación de la gestión de la calidad, verificando y documentando todas las acciones que se realizan de acuerdo con el plan de calidad concebido, en todo el ciclo de vida del proyecto.

6.3.7.2 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Para el aseguramiento de la calidad en el proyecto se establece hacer uso de las normas y especificaciones para la construcción de obras de agua potable del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

El supervisor asignado deberá realizar la verificación y el cumplimiento de que en cada actividad se desarrolle según a las normas y especificaciones siguientes:

6.3.7.3 CONTROL DE LA CALIDAD

Para el correcto control de la calidad de los entregables y de fácil documentación, se ha de utilizar la lista de chequeo como herramienta para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, por lo que para la validación de cada entregable se hará según al grado de cumplimiento con los controles establecidos en la lista de chequeo.

Tabla 25. Lista de chequeo #1.

Actividades	Realización	
	Si	No
Pila de acceso para control del caudal		
Espesor de la cimentación (0.15m)		
Geometría (1.85m x 2.45m)		
Altura desde cimientto (h:1.20m)		
Paredes con espesor de 0.15m		
Acero horizontal #5@0.20m		
Acero vertical #4@0.24m		
Concreto Clase A $f_c=280$ kg/cm ²		
Encofrado completamente liso		
Aplicación de desmoldante		
Aplicación de vibrador para concreto		
Aplicación de curador		
Paredes internas presentan cancheros		
Paredes externas presentan cancheros		
Pila de recolectora de agua filtrada		
Espesor de la cimentación (0.15m)		
Geometría (1.60m x 1.90m)		
Altura desde cimientto (h:1.20m)		
Paredes con espesor de 0.15m		
Acero horizontal #5@0.20m		
Acero vertical #4@0.24m		
Concreto Clase A $f_c=280$ kg/cm ²		
Encofrado completamente liso		
Aplicación de desmoldante		
Aplicación de vibrador para concreto		
Aplicación de curador		
Paredes internas presentan cancheros		
Paredes externas presentan cancheros		
Observaciones: _____		

		Firma

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Lista de chequeo #2.

Actividades	Realización	
	Si	No
Filtros Lentos de Arena (FLA)		
Esesor de cimiento estabilizado con piedra (0.50m)		
Colocación de concreto clase B $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$ para estabilización		
Esesor de la cimentación (0.50m)		
Geometría (6.90m x 5.20m) #1		
Geometría (6.90m x 5.20m) #2		
Altura desde cimiento (h:2.90m)		
Paredes con esesor de 0.15m		
Acero horizontal:		
A: #5@0.20m		
A1: #5@0.20m		
B: #5@0.20m		
B1: #5@0.20m		
C: #5 barra tipo L		
Acero vertical:		
B2: #5@0.20m		
D: #5@0.24m		
E: #3@0.15m		
F: #4@0.24m		
G: #3@0.30m		
Concreto Clase A $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$		
Encofrado completamente liso		
Aplicación de desmoldante		
Aplicación de vibrador para concreto		
Aplicación de curador		
Paredes internas presentan canecheras		
Paredes externas presentan canecheras		
Observaciones: _____		

		Firma

Fuente: Elaboración propia

6.3.7.4 MEJORA CONTÍNUA

El proceso de mejora continua es permanente en todos los proyectos, por lo que para este proyecto se han de seguir los siguientes lineamientos:

- 1) El Director de Proyectos (DP) junto a su equipo se reunirán cada vez que se den por validados los entregables terminados y de la misma manera a la finalización del proyecto.

- 2) Realizar el debido análisis de desempeño para verificar las causas de no conformidades, el origen, solución y la prevención para eventos futuros de las mismas; ya que forman parte del proceso de lecciones aprendidas.
- 3) Los resultados de los entregables (conformidad) se deberán documentar ya que forman parte de los activos del proyecto.
- 4) Documentar la incorporación de las mejoras encontradas al proceso de mejora continua.
- 5) Se realizarán revisiones al proceso de mejora continua para su validación y efectividad.

6.3.8 PLAN DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS

En la planificación de la gestión de riesgos se definen todas aquellas acciones que se llevaran a cabo en caso de que se modifique el resultado planeado de cada una de las actividades del proyecto. Asimismo, es una herramienta útil para adelantarse a posibles escenarios no considerados en el alcance y de ahí la importancia de que todo el personal tenga pleno conocimiento en el mismo para así poder evacuar de la mejor manera en caso de que se presente un riesgo previsto.

6.3.8.1 IDENTIFICAR LOS RIESGOS

Se procedió a identificar los riesgos a considerar en el proyecto y se evaluó utilizando la siguiente tabla de evaluación:

6.3.8.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 27. Matriz de riesgos

MATRIZ DE RIESGOS											
MEJORA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN COL. SAN ANTONIO MUNICIPALIDAD DE OCOTEPEQUE											
No.	Descripción de Riesgo	Tipo de riesgo	Riesgo		Síntoma	Impacto (A/M/B)	Probabilidad (A/M/B)	Evaluación		Respuesta ante el Riesgo	Responsable de la acción de respuesta
			Fuente	Consecuencia				Valor (1 al 9)	Nivel (A/M/B)		
1	Que se presenten retrasos en la construcción y/o suministro de materiales.	Técnico	Retrasos en la entrega de materiales de construcción, hidráulicos. Retrasos en los procesos constructivos.	El proyecto no será entregado en la fecha estipulada.	Días poco productivos	Baja	Baja	5	M	Realizar las compras de manera anticipada.	Ingeniero Residente
2	Factores climáticos puede afectar la construcción e instalación de suministros de planta.	Operativo	Retrasos en la construcción a causa de lluvias y factores climáticos.	El proyecto no será entregado en la fecha estipulada.	Días de trabajo suspendidos por condiciones climáticas.	Baja	Baja	4	M	Realización de la ruta crítica en temporada seca, dotar de equipo de protección contra lluvia	Director del proyecto
3	Desacuerdo de la implementación del proyecto por parte de la municipalidad de Ocotepeque.	Comunicación	Que no se socialize el proyecto de manera efectiva.	Cada vez menos presupuesto es destinado a la obra.	Perdida de apoyo por parte de la municipalidad.	Alta	Baja	5	M	Desglosar el proyecto en un acuerdo ganar-ganar.	Director del proyecto
4	Que se retire el financiamiento del proyecto.	Técnico	Que la municipalidad le de prioridad a otros proyectos.	Suspensión del proyecto.	Incertidumbre en el proyecto.	Alta	Alta	8	A	Preparar con anterioridad el plan de socialización, en el que se aborden los temas de interés para la población	Director del proyecto
5	El sistema de filtración propuesta no sea funcional.	Operativo	Que no se alcance los estándares de calidad nacional.	Perdida de credibilidad al project manager.	Que el índice de ausentismo vaya en aumento durante los días de clase	Baja	Baja	1	B	Diseñar un sistema de control de calidad desde la fase de inicio hasta la implementación del proyecto	Director del proyecto
7	Aumento de los precios de los materiales.	Tecnico	Aumento de canasta básica,petroleo y su influencia en los precios de materiales.	Recorte de presupuesto.	Mala calidad de materiales causa doble trabajo	Medio	Medio	4	M	Destinar un valor de sobrecosto para mitigar un posible aumento en los precios	Director del proyecto
8	Dificultad para contratar personal adecuado.	Operativo	Falta de personas experimentadas en la materia.	Mala calidad en la ejecución del proyecto.	Atrasos en el proyecto	Medio	Baja	2	B	Proveer beneficios salariales, insumos al personal	Director del proyecto
9	Accidentes de trabajo.	Operativo	Personal sin capacitación al trabajo.	Accidentes menores dentro del proyecto.	Atrasos en el proyecto, gastos imprevistos	Medio	Baja	4	M	Proveer capacitación de seguridad industrial a trabajadores	Ingeniero Residente

Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de evaluar de una manera cualitativa y cuantitativa cada uno de los posibles riesgos, se presenta a continuación la evaluación obtenida y su respectiva ponderación.

Después de evaluar los riesgos del proyecto y determinar su impacto, se procedió a elaborar el plan de contingencia con el cual se trabajará en el proyecto.

Tabla 28. Plan de contingencia de riesgos.

Plan de respuesta a Riesgos					
No. de Riesgo	Descripción de Riesgo	Responsable del riesgo	Tipo de respuesta	Responsable de la respuesta	Plan de contingencia
1	Que se presenten retrasos en la construcción y/o suministro de materiales	Ingeniero Residente	Evitar	Director de proyecto	Realizar las respectivas compras de materiales con 1 mes de antelación
2	Factores climáticos puede afectar la construcción e instalación de suministros de planta.	Ingeniero Residente	Evitar	Ingeniero Residente	Presupuestar compra de toldos u otros equipos para trabajar y proteger el equipo de trabajo.
3	Desacuerdo de la implementación del proyecto por parte de la municipalidad de Ocoatepeque	Director de proyecto	Mitigar	Director de proyecto	Tener varias propuestas disponibles.
4	Que se retire el financiamiento del proyecto	Director de proyecto	Evitar	Director de proyecto	Destinar un presupuesto de contingencia.
5	El sistema de filtración propuesta no sea funcional	Director de proyecto	Mitigar	Director de proyecto	Tener varias propuestas disponibles.
6	Aumento de los precios de los materiales	Director de proyecto	Mitigar	Director de proyecto	Tener una proyección de precios a futuro
7	Dificultad para contratar personal adecuado	Ingeniero Residente	Mitigar	Ingeniero Residente	Realizar una convocatoria extensa
8	Accidentes de trabajo	Ingeniero Residente	Mitigar	Ingeniero Residente	Dotar al personal con seguro médico y capacitación de seguridad industrial.

Fuente: Elaboración propia

6.3.9 PLAN DE GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

El plan de gestión de las adquisiciones establece los parámetros a tomar en cuenta para realizar las contrataciones de proveedores de insumos y los tipos de contratos a utilizar en el proyecto

6.3.9.1 MATRIZ DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES

El proceso de contratación será por medio de una cotización inicial de la actividad y su precio unitario, posteriormente se realizará una revisión del precio, disponibilidad, ubicación y calidad del proveedor o contratista. Lo anterior se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 29. Selección de proveedores.

SELECCIÓN DE PROVEEDORES				
Criterio	Valoración	Contratista A	Contratista B	Contratista C
		Clasificación	Clasificación	Clasificación
1.PRECIO	25%			
2.DISPONIBILIDAD	20%			
3.CALIDAD	30%			
4.TIEMPO	25%			
TOTAL	100%			

Fuente: Elaboración propia

6.3.9.2 TIPOS DE CONTRATOS

El tipo de contrato a utilizar en el proyecto será el de Contrato por cantidades de Obra y precios unitarios, que a su vez serán establecidos por el contratista. La negociación se realizará directamente con el proveedor y contratista Los contratos para cada actividad del proyecto estarán alineados con la programación del tiempo y costo del proyecto.

El contrato deberá contener información relacionada con la actividad correspondiente, como ser: duración de actividad, precio por cantidad de obra, restricciones del contratista, responsabilidades del contratista y las obligaciones laborales de ambos entes según el código de trabajo. En el caso de tratarse de adquisiciones de bienes se utilizarán contratos de precio fijo o unitario, con los respectivos plazos de entrega debidamente negociados con el proveedor.

6.3.10 PLAN DE GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN

El plan de gestión de la integración del proyecto incluye los procesos y actividades necesarias para la identificación, definir, combinar, unificar y coordinar todas las áreas de conocimiento para la dirección del proyecto dentro de los grupos de proceso.

En la dirección de proyectos, la gestión de la integración incluye características de unificación, consolidación, comunicación y acciones integradoras de importancia para que el proyecto se realice a cabalidad de manera controlada, con el fin de completar las actividades de acuerdo a los requisitos y a las expectativas de los interesados.

6.3.10.1 PLAN DE DIRECCIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del plan para la dirección del proyecto es el proceso para definir, preparar y coordinar todos los planes secundarios en un plan integral para la dirección del proyecto mismo.

Tabla 30. Matriz del plan de la integración del proyecto.

PLAN DE LA INTEGRACIÓN DEL PROYECTO	
PLAN SUBSIDIARIO	PROCESOS APLICABLES
Plan de Gestión del Alcance	Planificar la Gestión del Alcance
	Recopilar Requisitos
	Definir el alcance
	Crear la EDT
Plan de Gestión del Tiempo	Planificar la Gestión del Cronograma
	Definir las actividades
	Estimar la duración de las actividades
	Desarrollar el cronograma
Plan de Gestión de los Costos	Planificar la gestión de los costos
	Estimar los costos
	Determinar el presupuesto
Plan de Gestión de la Calidad	Planificar la gestión de la calidad
Plan de Gestión de los Recursos Humanos	Planificar la gestión de los RRHH
Plan de Gestión de las Comunicaciones	Planificar la gestión de las comunicaciones
Plan de Gestión de los Interesados	Planificar la gestión de los interesados
Plan de Gestión de los Riesgos	Planificar los Riesgos
	Identificar las riesgos

Fuente: Elaboración Propia

6.3.10.2 SISTEMA DE CONTROL DE CAMBIOS

En las acciones de comparar el trabajo planificado y el trabajo real, existe la posibilidad de la emisión de solicitudes de cambio con el fin de ampliar, ajustar o reducir el alcance del proyecto, los requisitos de calidad, línea base del costo y línea base del cronograma.

Las solicitudes de cambio requieren la recopilación y documentación de nuevos requisitos. Es importante mencionar que, los cambios pueden impactar en el plan para la dirección del proyecto, en la documentación del proyecto y en los entregables.

6.3.10.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROYECTO

Para realizar el seguimiento y control del proyecto, se realizarán evaluaciones semanales para el monitoreo del estado de las actividades en determinada fecha y así comparar el avance real con la línea base. Con estas evaluaciones, permitirá identificar con tiempo las desviaciones que han de soportar las propuestas e implementar acciones correctivas y acciones preventivas.

Todas las acciones que se implementen para eliminar las desviaciones en el proyecto deben evaluarse usando el control de cambios para reprogramar el programa del proyecto y así establecer una nueva línea base.

La principal herramienta a tomar en consideración para controlar el cambio del proyecto será con la técnica del valor ganado, en donde se evaluará la variación del cronograma (SV) y el índice del desempeño del cronograma (SPI) en relación a la línea base del proyecto.

6.3.10.4 CONTROL DE INVERSIONES

Para este proyecto, es importante un control de inversiones de manera quincenal que permita verificar y controlar todos los flujos de dinero durante el ciclo de vida del proyecto.

A continuación, se muestra el gráfico de programa de inversiones destinado para el proyecto, en donde se establece los montos que se han de acumular en cada quincena. Se ha tomado en

consideración un periodo de tiempo desde la primera quincena (Q1) de enero de 2019 hasta la primera quincena (Q1) de marzo de 2019.



Figura 35. Programa de inversiones del proyecto.

Fuente: Fuente propia

6.3.10.5 CIERRE DE PROYECTO

Con el objetivo de fortalecer las capacidades en la implementación de proyectos tanto para la organización como para la Municipalidad de Ocoatepeque y obtener retroalimentación del proyecto, se plantean las siguientes técnicas de cierre de proyecto:

6.3.10.5.1 REUNIÓN PARA CIERRE DE PROYECTO

Se planificará una reunión de cierre de proyecto, en el cual se dará retroalimentación de todas aquellas actividades que fueron sobresalientes y todas aquellas en el que se tiene un margen de mejora con el objetivo de concientizar al equipo de trabajo e informar acerca de aspectos de relevancia en el proyecto.

6.3.10.6 LECCIONES APRENDIDAS

Asimismo, se procederá a elaborar un documento de lecciones aprendidas, en el cual se plasme todas aquellas acciones y decisiones que se tomaron durante el proyecto, con el objetivo de ser una guía para proyectos similares en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

agua, M. d. (2007). *Manual de Operación y Mantenimiento de sistemas de aguas rurales*. La Paz, Bolivia: ABBASE LTDA.

Agustin Cahuana, W. M. (2009). *MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE HIDROLOGÍA*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simon .

Autodesk.(s.f.).*Autodesk Latinoamerica*. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/overview>

Baide, J. E. (2018). *Rentabilidad Social de Oficina municipal de asesoría en empleabilidad en jóvenes en El Progreso*. San Pedro Sula: UNITEC.

Benavidez, M. (2016). *Ampliación de planta de tratamiento de agua potable Paluguillo*. Quito, Perú.

ERSAPS. (2013). *Agua potable y saneamiento en Honduras, Indicadores Urbanos*. Tegucigalpa: ERSAPS.

Google. (2017). *Google Earth*. Obtenido de https://www.google.es/intl/es_es/earth/

ICC, I. P. (2017). *Manual de Medición de Caudales*. Guatemala.

OMS. (2014). *Progresos en materia de agua potable y saneamiento*. Paprika (Annecy, Francia): Biblioteca OMS.

OPS. (2005). *Guía para el diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas*. Lima: OMS.

PMI. (2013). *PMBOK - Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* . Newtown Square, Pensilvania: Project Management Institute.

PNUD. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Apoyo del PNUD a la implementación del objetivo de desarrollo sostenible 6, 12.*

Salud, M. d. (1995). *Norma Técnica para la calidad del Agua Potable.* Tegucigalpa, Honduras: Secretaría de Estado.

Salud, O. M. (2006). *Guías para la calidad del agua potable.* 20 Avenue Appia, 1211 Genève 27, Suiza: Ediciones de la OMS.

Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la investigación.* Mexico Df: Mc Graw Hill.

Teresa C. Lampoglia, R. A. (2008). *ORIENTACIONES SOBRE AGUA Y SANEAMIENTO PARA ZONAS RURALES.* Organizacion Panamericana de salud (OPS).

ANEXOS

ANEXO 1. ENCUESTA

ENCUESTA

DATOS DEMOGRAFICOS

Dibuje una X en los espacios en blanco que corresponda a su respuesta a cada pregunta.

1. ¿Cuál es su género?

<input type="checkbox"/>	Hombre
<input type="checkbox"/>	Mujer

2. ¿Cuál es su edad?

<input type="checkbox"/>	Menor de 18
<input type="checkbox"/>	17 – 25
<input type="checkbox"/>	26 – 35
<input type="checkbox"/>	36 – 50
<input type="checkbox"/>	51 – 65
<input type="checkbox"/>	Mayor a 65

3. ¿Cuál es su estado civil?

<input type="checkbox"/>	Casado/a
<input type="checkbox"/>	Viudo/a
<input type="checkbox"/>	Separado/a
<input type="checkbox"/>	Divorciado/a
<input type="checkbox"/>	Unión libre/a
<input type="checkbox"/>	Soltero/a

4. ¿Cuántas personas viven en su casa?

<input type="checkbox"/>	0
<input type="checkbox"/>	1 – 2
<input type="checkbox"/>	3 – 4
<input type="checkbox"/>	5 – 6
<input type="checkbox"/>	Mas de 6

5. ¿En qué barrio vive?

6. ¿Cuál es su situación laboral?

<input type="checkbox"/>	Sin empleo
<input type="checkbox"/>	Trabajando tiempo completo
<input type="checkbox"/>	Trabajando medio tiempo
<input type="checkbox"/>	Estudiante
<input type="checkbox"/>	Ama de casa
<input type="checkbox"/>	Retirado/a / Jubilado/a

7. ¿Cuáles son los ingresos familiares mensuales?

ACCESO AL SERVICIO DE AGUA

7. ¿Cuenta con el servicio de agua potable?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

8. ¿Si su respuesta es no, como satisfacen la necesidad del agua potable?

<input type="checkbox"/>	Compra de botellones
<input type="checkbox"/>	Instalación de pozos
<input type="checkbox"/>	Compra de agua en cisternas
<input type="checkbox"/>	Otros

9. ¿Está satisfecho con el servicio de agua potable?

<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

DATOS DE CONSUMO

10. ¿Para qué fines utiliza el agua potable?

<input type="checkbox"/>	Lavar ropa
<input type="checkbox"/>	Bañarse
<input type="checkbox"/>	Limpieza
<input type="checkbox"/>	Lavar utensilios de cocina
<input type="checkbox"/>	Regar jardín
<input type="checkbox"/>	Tomar agua
<input type="checkbox"/>	Otros

11. ¿Es de buena calidad el agua?

<input type="checkbox"/>	Sí
<input type="checkbox"/>	No

12. ¿Si su respuesta es no, Explique por qué?

ANEXO 2. RESULTADOS DE LABORATORIO

Resultados del agua que llega del afluyente:



JordanLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIAL

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

Código: JL-RO-45
Versión 06
R-INFO-19/0185-01

Nombre: Sr. Franklin Naira
Contacto: Sr. Franklin Naira
Dirección: San Pedro Sula - San Pedro Sula
Muestra: Agua Rio
Orden de Trabajo 20860
Fecha de toma de Muestra: 2018-10-22 Fecha de Emisión: 2018-10-29
Fecha de Ingreso: 2018-10-22
Fecha de Ejecución: 2018-10-22 al 2018-10-29
Muestras recolectadas por Cliente

Parámetros	Unidades	NTNAR	Método	Resultado ± U ¹
** Conductividad	µS/cm		SW 2150 B	41,73 ± 2,1
** Turbidez	NTU	1 a 5	SW 2130 B	31,39
** Color Verdadero	UC	< 200	SW 2120 C	80,59
** Coliformes Totales	NMP/100 mL		SW 9223 B	17 233,0
** Coliformes Fecales	NMP/100 mL	< 5 000	Colilert 18	1 579,0

NTNAR: Norma Técnica Nacional para Aguas Residuales

R:Este informe es una reposición del informe de ensayo "INFO-18/1611-01".



DRA. ROSA LILIA JORDAN
GERENTE GENERAL

mg/L: miligramos por litro
NMP: Número más Probable
UFC: Unidades formadoras de colonias
* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.hondurascalidad.org
** Ensayo no acreditado
U¹ (n=2, 95%): Incertidumbre Expandida
Valor Norma: Máximo recomendado y Máximo admisible (si solo posee un valor es Máximo admisible)

Ultima Línea

Este informe se refiere únicamente a los parámetros analizados en el momento y condiciones ensayados.
JORDANLAB no se hace responsable por el uso de los resultados por parte del cliente fuera del alcance previsto y respaldado por nuestro laboratorio.
Este informe no se puede reproducir, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de JORDANLAB.

Sula, S-9 Calle, R.O. B. H. Benjuna, Plaza Victoria N.º 21, Tel.: (504) 2567-2753, Tel./fax: (504) 2557-5802
E-mail: seman@jordanlab.com, gerencia@jordanlab.com, Web: www.jordanlab.com
San Pedro Sula, Honduras, C.A.

Página 1 de 1

Resultados del agua que llega a las viviendas:



laboratorio de Análisis Industrial
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

Código: JL-RO-45
Versión 06
INFO-18/1739-01

Nombre: Sr. Franklin Naira/CEUTEC
 Contacto: Sr. Franklin Naira
 Dirección: San Pedro Sula - San Pedro Sula
 Muestra: Agua del Grifo
 Orden de Trabajo 21000
 Fecha de toma de Muestra: 2018-11-13
 Fecha de Ingreso: 2018-11-13
 Fecha de Ejecución: 2018-11-13 al 2018-11-19
 Muestras recolectadas por Cliente

Fecha de Emisión: 2018-11-19



Parámetros	Unidades	NTNAP	Método	Resultado ± U ¹
* pH		6,5 a 8,5	SM 4500-H+	6,24 ± 0,040 a 24,10 °C
* Conductividad	µS/cm	400	SW 2150 B	65,30 ± 2,1
** Turbidez	NTU	1 a 5	SW 2130 B	7,98
** Color Verdadero	UC	1 a 15	SW 2120 D	21,23
** Coliformes Totales	UFC/100mL	< 1	SW 9222 B	960
** Coliformes Fecales	UFC/100mL	< 1	SW 9220 D	142

NTNAP: Norma Técnica Nacional para el Agua Potable

mg/L: miligramos por litro
 NMP:: Número más Probable
 UFC: Unidades formadoras de colonias
 * **Ensayo acreditado.** Ver alcance en www.hondurascalidad.org
 ** **Ensayo no acreditado**
 U¹ (k=2; 95%): Incertidumbre Expandida
 Valor Norma: Máximo recomendado y Máximo admisible (si solo posee un valor es Máximo admisible)



JORDANLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIAL
DRA. ROSALINDA JORDAN
GERENTE GENERAL

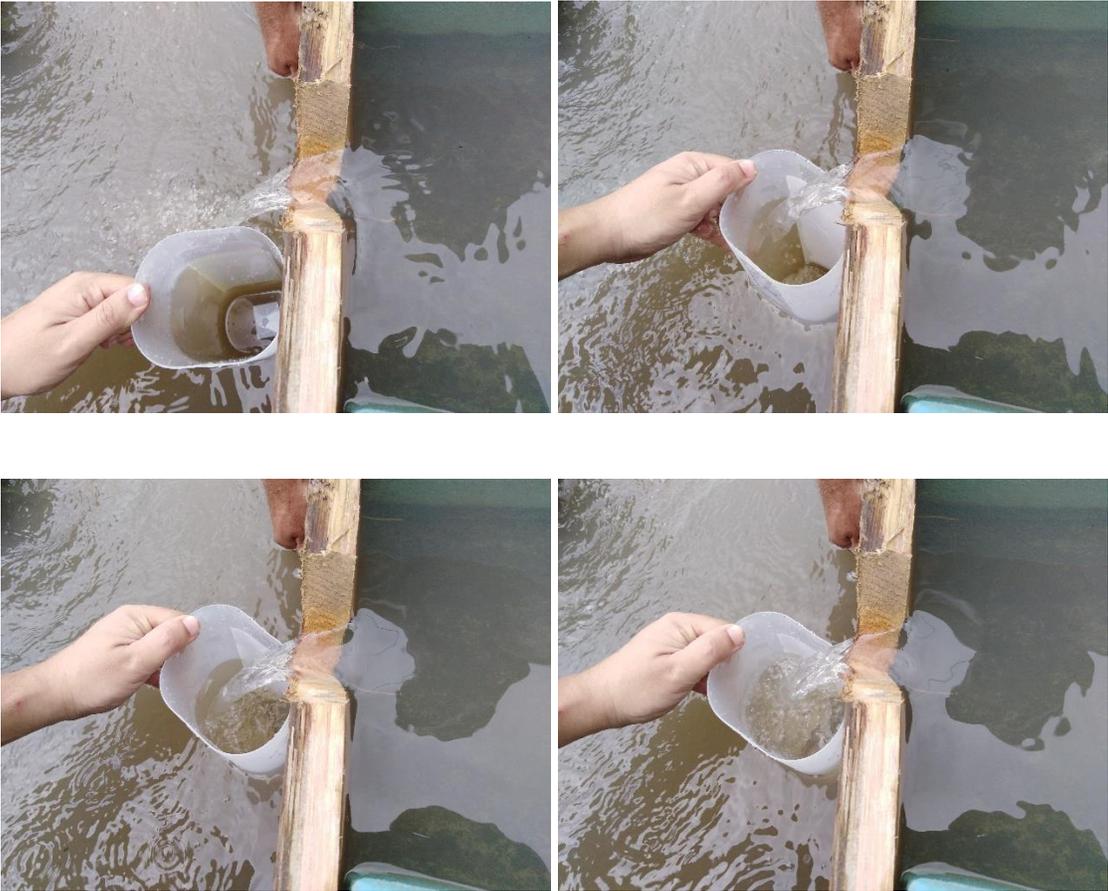
Última Línea

Este informe se refiere únicamente a los parámetros analizados en el momento y condiciones ensayados.
 JORDANLAB no se hace responsable por el uso de los resultados por parte del cliente fuera del alcance previsto y respaldado por nuestro laboratorio.
 Este informe no se puede reproducir, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de JORDANLAB.

6 Ave., 5-6 Calle, S.O., B.º El Benque, Plaza Victoria N.º 21, Tel. (504) 2557-2753, Tel./fax: (504) 2557-5802
 E-mail: admon@jordanlab.com, gerencia@jordanlab.com, Web: www.jordanlab.com
 San Pedro Sula, Honduras, C.A.

Página 1 de 1

ANEXO 3. LECTURA DE CAUDALES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO



ANEXO 4. SOLICITUD PARA APLICACIÓN DE ENCUESTAS :



Franklin Naira <ing.fanr@gmail.com>

Apoyo para realización de encuesta y cita para reunión

1 mensaje

Franklin Naira <ing.fanr@gmail.com>

10 de octubre de 2018, 13:09

Para: municipalidad ocotepeque <municipalidadocotepeque@gmail.com>

Cc: Victor Andino <vdap06@hotmail.com>

Buenas tardes Secretaría de la Municipalidad de Ocotepeque,

Es grato dirigirme hacia Usted y así solicitar el apoyo del Señor Alcalde Municipal para que a través de su equipo de colaboradores nos apoyen en realizar una encuesta para un número de 200 viviendas y así tener información de la situación actual en cuanto al acceso del agua potable (ver archivo adjunto).

Vale mencionar, que para el desarrollo de la investigación es importante que las encuestas estén realizadas a más tardar el jueves 18 de Octubre, ya que el día viernes 19 de este mes, estaremos presentándonos a las oficinas municipales.

Por lo anterior, aprovecho para solicitarle una cita con el señor Alcalde el día viernes 19 de Octubre 2018 para exponerle nuestro proyecto y a la vez conocer de su parte la expectativa del estudio a realizar.

Estaré atento a su respuesta,

Saludos cordiales.

Ing. Franklin Naira
3374-5712

2 archivos adjuntos

 Encuesta +.pdf
80K

 Encuesta +.docx
18K