

Víctor Alejandro Hoenes

PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y
POTABILIZACIÓN DE AGUA EN ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ, PETÉN.



Asesor General Metodológico:
Ingeniero Agrónomo Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, diciembre de 2020

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y
POTABILIZACIÓN DE AGUA EN ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ, PETÉN.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Víctor Alejandro Hoenes.

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciatura en Ingeniería

Civil con énfasis en construcciones rurales.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, diciembre de 2020

Informe final de graduación.

PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y
POTABILIZACIÓN DE AGUA EN ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ, PETÉN.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, diciembre de 2020

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el título universitario de Licenciatura en Ingeniería Civil con énfasis en construcciones rurales.

F-14-04-2020-15
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
PROGRAMA DE GRADUACIÓN
Experto Metodológico
ACUERDO DE ASIGNACIÓN DE PUNTEO
17.11.2020.161



El / La Evaluador(a) Final del Trabajo de Graduación de la
Universidad Rural de Guatemala,

CONSIDERANDO:

Que el / La Metodólogo(a) en Investigación Científica, ha dado su aprobación preliminar al trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento y me ha informado que el documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académicos al titular que formuló el mismo; de lo cual deviene procedente asignarle la puntuación correspondiente.

POR TANTO:

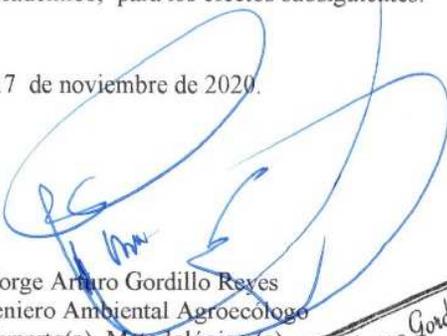
Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativa aplicable,

ACUERDA:

Emitir el Acuerdo de Asignación de Punteo al Trabajo de Graduación de mérito, de la manera siguiente:

1. Asignar **Setenta y cinco (75)** sobre la base de aprobación de puntos sobre la base de cien sobre cien (100/100) al trabajo de graduación denominado: **“PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y POTABILIZACIÓN DE AGUA EN ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ, PETÉN.”** formulado por **Víctor Alejandro Hoenes**, titular del carné **15-059-0063**, inscrito en la **Facultad de Ingeniería**, de ésta **Universidad**.
2. Trasladar tres copias físicas y un archivo digital del trabajo de graduación a la Presidencia del Consejo Académico, para los efectos subsiguientes.
3. Notifíquese.

Dado en la ciudad de Guatemala el 17 de noviembre de 2020.


Jorge Arturo Gordillo Reyes
Ingeniero Ambiental Agroecólogo
Experto(a) Metodológico(a)



F-14-04-2020-14
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
PROGRAMA DE GRADUACIÓN
Asesoría de tesis
ACUERDO DE APROBACIÓN PRELIMINAR DE TESIS



El Asesor en Metodología del Programa de Graduación de la
Universidad Rural de Guatemala,

CONSIDERANDO:

Que he asesorado y firmado el trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento; y siendo que a mi criterio dicho documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académico a quien formuló el mismo.

POR TANTO:

Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativas aplicables,

ACUERDA:

Emitir el Acuerdo de Aprobación Preliminar de Trabajo de Graduación, de la manera siguiente:

1. Aprobar en forma preliminar el trabajo de graduación denominado: Propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén., formulado por Víctor Alejandro Hoenes titular del carné 15-059-0063; inscrito en la Facultad de Ingeniería de esta Universidad.
2. Trasladar el expediente al Experto Metodólogo designado para que le confiera la calificación de acuerdo a los criterios técnicos que considere convenientes.
3. Notifíquese.

Dado en la ciudad de Guatemala el 8 de agosto de 2020


Ing. Agr. Juan Pablo Gramajo Pineda
Metodólogo

ING. AGR. JUAN PABLO
GRAMAJO PINEDA
Col. 7,203



F-18-06-2018-01
Universidad Rural de Guatemala
Programa de Graduación
Carta de aprobación
Asesor General Metodológico
Guatemala, 20 de febrero de 2020.

Asunto: Aprobación del informe final
de graduación y solicitud de conformación
de Tribunal Examinador.

Señor Coordinador General:

Tengo a honra dirigirme a usted, con la finalidad de informarle que, como Asesor General Metodológico del trabajo denominado: "Propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.", a cargo del estudiante: Victor Alejandro Hoenes; Carné: 15-059-0063; perteneciente al grupo: 02-079-059-18; apruebo el informe final de graduación y solicito que se integre El Tribunal Examinador de esta tesis.

Me valgo de la ocasión para presentarle a usted, muestras distinguidas de mi consideración y estima.

ING AGR JUAN PABLO
GRAMAJO PINEDA
Col. 7,203

Ing. Agr. Juan Pablo Gramajo Pineda
Asesor General
Metodológico

C.C. Archivo personal

Señor
Coordinador General
Programa de Graduación
Universidad Rural de Guatemala
Presente

DEDICATORIA A:

Dios

Como infinita fuente de sabiduría y conocimiento.

Mi Madre

Eva Marina Hoenes Oxom.

Por brindarme el apoyo para lograr esta meta.

Mis Hermanos

Kevin Hoenes, Cynthia Hoenes.

Deseándoles que mi logro sirva de inspiración y ejemplo para alcanzar sus metas.

Mi Abuela

Amalia Coy Oxom, D.E.P

A mis amigos y compañeros

Por su apoyo y su amistad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por darme la sabiduría y el entendimiento, a lo largo de la carrera.

A mi familia y amigos.

Por brindarme el apoyo y alentarme a terminar la carrera.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rural de Guatemala

Por los conocimientos adquiridos durante mi formación.

Al claustro de catedráticos

Por las enseñanzas y conocimientos compartidos a lo largo de la carrera.

PRÓLOGO

El programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala en cumplimiento a lo que estipula para obtener el título de Ingeniero Civil, en el grado académico de licenciado, se elaboró la propuesta denominada: Propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

La propuesta presentada tiene como finalidad implementar el sistema de captación, distribución y potabilización de agua para que los habitantes de aldea El Pato, puedan contar con agua potable ya que esto vendrá a mejorar sus condiciones de vida.

Se desarrolla la propuesta de un sistema de captación, distribución y potabilización de agua, producto de la investigación realizada en la aldea.

En la investigación se determinó que existe la carencia de agua potable, y las ofertas que tienen los habitantes para abastecerse del recurso agua, tienen un costo muy alto, el cual no todos los habitantes tienen la capacidad de pagar.

PRESENTACIÓN

La investigación realizada tiene por objeto determinar los problemas que los habitantes de la aldea tienen para obtener agua potable, así como también cual es el costo que deben de pagar para la obtención de agua potable, una vez determinados estos aspectos se tiene por objeto implementar la propuesta del sistema de captación, distribución y potabilización del agua en la aldea, ya que con esto se reducirán los costos para la obtención del agua como también los habitantes contarán con agua de mejor calidad y esto mejorará sus condiciones de vida.

Por medio del diagnóstico realizado en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, previo a la investigación se identificó que los habitantes del lugar no cuentan con algún abastecimiento de agua potable, por medio del cual se procedió a analizar alternativas para contrarrestar esta problemática, la investigación se realizó de febrero 2019 hasta septiembre de 2020, con los habitantes de aldea El Pato.

La propuesta incluye la toma directa del agua, la conducción, desinfección y distribución a las viviendas de los habitantes por medio de una conexión predial, esto beneficiaría a cada habitante ya que todos tendrían la oportunidad de poder contar con el recurso agua, y así se solucionaría la problemática encontrada mediante la investigación que se realizó en la aldea.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
I.1	Planteamiento del problema.	2
I.2.	Hipótesis	2
I.3.	Objetivos.....	3
I.3.1.	General.....	3
I.3.2.	Específico.....	3
I.4.	Justificación	3
I.5	Metodología.....	4
I.5.1.	Métodos.	4
I.5.1.1.	Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis.....	4
I.5.1.2.	Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis.	5
I.5.2.	Técnicas.	5
I.5.2.1.	Técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis.....	5
I.5.2.2.	Técnicas que se utilizaron para la comprobación de la hipótesis.	6
II.	MARCO TEÓRICO.....	8
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	34
III.1.	Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.	35
III.2.	Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable Independiente (X) o la causa.	40
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro.	Pág.
Cuadro 1. Tarifas Por Tipo De Uso (quetzales por m3).....	10
Cuadro 2. Modelos del proceso de clarificación por sedimentación.....	29
Cuadro 3. Habitantes que consideran que el costo del servicio de agua en la aldea ha incrementado.....	35
Cuadro 4. Habitantes que están de acuerdo con el costo actual del servicio de agua.....	36
Cuadro 5. Habitantes que saben cuál es el costo actual del servicio de agua.....	37
Cuadro 6. Habitantes que están de acuerdo en adquirir un mejor servicio de agua a menor costo.....	38
Cuadro 7. Habitantes que conocen alguna alternativa para disminuir los costos del servicio de agua.....	39
Cuadro 8. Técnicos que cuentan con algún proyecto de agua potable para aldea El Pato.....	40
Cuadro 9. Técnicos de la municipalidad de Sayaxché que tienen contemplado dentro de su planificación el proyecto de agua potable para la aldea.....	41
Cuadro 10. Técnicos de la municipalidad de Sayaxché que Conocen los motivos de la inexistencia del sistema de captación, distribución, y potabilización de agua en la aldea.....	42
Cuadro 11. Técnicos de la municipalidad de Sayaxché que saben si ha solicitado el COCODE de la aldea el sistema de agua potable.....	43

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica.	Pág.
Gráfica 1. Habitantes que consideran que el costo del servicio de agua en la aldea ha incrementado.	35
Gráfica 2. Habitantes que están de acuerdo con el costo actual del servicio de agua.	36
Gráfica 3. Habitantes que saben cuál es el costo actual del servicio de agua.	37
Gráfica 4. Habitantes que están de acuerdo en adquirir un mejor servicio de agua a menor costo.	38
Gráfica 5. Habitantes que conocen alguna alternativa para disminuir los costos del servicio de agua.	39
Gráfica 6. Técnicos que cuentan con algún proyecto de agua potable para aldea el Pato.	40
Gráfica 7. Técnicos de la municipalidad de Sayaxché que tienen contemplado dentro de su planificación el proyecto de agua potable para la aldea.	41
Gráfica 8. Técnicos de la municipalidad de Sayaxché que Conocen los motivos de la inexistencia del sistema de captación, distribución, y potabilización de agua en la aldea.	42
Gráfica 9. Técnicos de la municipalidad de Sayaxché que saben si ha solicitado el COCODE de la aldea el sistema de agua potable.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.	Pág.
Figura 1. Cobertura de Agua por Red, 2006.	9
Figura 2. Toma de agua directa.	16
Figura 3. Captacion subterránea.	19
Figura 4. Ejemplo de malla abierta.	21
Figura 5. Ejemplo de malla cerrada.	22
Figura 6. Coagulación por barrido.	27

I. INTRODUCCIÓN

La falta de agua potable y los altos costos para la obtención de la misma en los últimos cinco años lleva a la investigación en aldea el Pato, Sayaxché Petén, para desarrollar la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua.

Se utilizó el marco lógico para generar el árbol de problemas y objetivos, de esta forma se definieron los objetivos de la investigación. Se elaboró la metodología y uso de técnicas que conllevaron a la comprobación de la hipótesis planteada, para soporte de la metodología se estableció el marco teórico, que contiene información referencial, así mismo la comprobación de la hipótesis la investigación y los medios de solución.

Para la comprobación de la hipótesis planteada se realizó una encuesta a los habitantes de la aldea, y un censo a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad (Sayaxché Peten), el historial numérico fue interpretado por medio del coeficiente de correlación y ecuación lineal, para conocer la relación existente entre las variables dependiente e independiente y proyectar a futuro el comportamiento de la problemática.

La investigación consta de cuatro capítulos en el capítulo uno se describe la situación de la problemática como también las técnicas utilizadas en la investigación, en el capítulo dos se encuentra el marco teórico el cual incluye aspectos conceptuales tales como la situación del agua en el país, y los distintos tipos de tratamiento para el agua potable, en el capítulo tres se encuentra la comprobación de la hipótesis la cual contiene los cuadros y graficas derivados del vaciado de las boletas de campo que se utilizaron para comprobar las variables, el capítulo cuatro incluye las conclusiones y recomendaciones en el cual se encuentran todas las recomendaciones derivadas de la investigación realizada.

I.1 Planteamiento del problema.

Debido al constante crecimiento de los habitantes de la aldea, se recurre a la necesidad de contar con agua para suplir sus necesidades, en la aldea no se cuenta con ningún abastecimiento de agua potable, los habitantes deben de bajar al rio y transportar el agua en recipientes hacia sus viviendas, algo que es complicado y consume mucho tiempo, o pueden decidirse por la otra opción, la cual es la compra del agua a una empresa particular que les vende el agua trasladada por medio de pipas, mas sin embargo venden el recurso agua a un costo muy elevado que la mayoría de los habitantes no pueden pagar y otros se ven obligados a pagar por ser la única opción del traslado de agua directamente hacia sus viviendas.

Los altos costos para la obtención de agua tienen un gran impacto en las familias, debido a la necesidad de contar con agua para satisfacer sus necesidades; un escenario que demanda la implementación de alternativas o soluciones.

Esto es provocado por la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

I.2. Hipótesis

“El alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años por el abastecimiento inadecuado; es debido a la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua”.

¿Es la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua por el abastecimiento inadecuado; la causante del alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años?

I.3. Objetivos

I.3.1. General

- Reducir el costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

I.3.2. Especifico

- Mejorar el abastecimiento de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

I.4. Justificación

El alto costo del servicio de agua en aldea el Pato, Sayaxché, Petén, se debe a que no se cuenta con un abastecimiento adecuado de agua potable, esto es debido a la inexistencia del sistema de captación, distribución y potabilización del agua, el incremento en los costos para la obtención de agua es preocupante ya que el único abastecimiento que hay actualmente es por medio de pipas y este tiene un costo de Q 10.00 por tonel, el cual es un costo muy elevado que no todos los habitantes pueden pagar, además de que el agua que les venden no pasa por ningún tratamiento que la convierta en agua potable, es distribuida como agua cruda, que tiene un costo muy elevado.

La propuesta del sistema de captación, distribución y potabilización del agua para la aldea, busca beneficiar a los habitantes ya que con esto se lograría tener agua de buena calidad y se aprovecharía la fuente que es el rio La Pasión, con esto se ahorrarían costos en la obtención del agua y se mejoraría la calidad de vida de los habitantes.

Si la propuesta del sistema de captación, distribución y potabilización del agua para la aldea no se realiza, los habitantes continuarían con el pago de un costo muy alto para obtener agua que no recibe ningún tratamiento, que llegaría a costar en 2024, Q69.90/m³, y no se mejoraría su calidad de vida.

I.5 Metodología.

Las técnicas y métodos que se utilizaron para la elaboración de este trabajo se exponen a continuación:

I.5.1. Métodos.

I.5.1.1. Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis.

- **Método deductivo.**

El método deductivo es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de principios. El método fue utilizado en la formulación de la hipótesis; primero se identificó la problemática existente en aldea el Pato, Sayaxché, Petén, sobre el abastecimiento inadecuado de agua, después se generó la causa inmediata, así como el efecto que ocasiono el problema.

- **Método analítico.**

Es un método que se basa en la experimentación y la lógica empírica, con este método se pudo identificar e interpretar los datos obtenidos de la formulación de la hipótesis, por medio del cual se analizaron las causas del abastecimiento inadecuado de agua y así poder reducir los costos en la obtención de agua en aldea el Pato, Sayaxché, Petén.

- **Método marco lógico.**

Se utilizó en el momento que se conocía mejor la problemática, se desarrollaron los objetivos y resultados para conocer hasta donde se puede llegar con el estudio conforme la matriz de la estructura lógica.

I.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis.

- **Método inductivo.**

Se utilizó el método inductivo para obtener los resultados específicos del problema identificado en la aldea, lo que sirve para la elaboración de la comprobación de la hipótesis, conclusiones y recomendaciones.

- **Método estadístico.**

El método estadístico permitió determinar mediante las encuestas, la comprobación de la hipótesis y así establecer que “El alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años por el abastecimiento inadecuado; es debido a la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua”.

- **Método sintético.**

Se utilizó la síntesis para obtener las conclusiones, recomendaciones y resultados de la investigación.

I.5.2. Técnicas.

I.5.2.1. Técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis.

- **Lluvia de ideas**

Se utilizó esta técnica para enlistar todos los problemas relevantes que se encuentran en la aldea, para que después se pudieran priorizar los más relevantes.

- **Observación directa**

Esta técnica se utilizó con la observación directa a los habitantes de la aldea, para identificar los problemas que generan el alto costo del servicio de agua.

- **Investigación documental**

Se realizó una búsqueda y una revisión bibliográfica de los documentos que tuvieran información similar en relación a la problemática del abastecimiento inadecuado del agua.

- **Entrevista**

Se realizó una entrevista a los habitantes de la aldea, y al departamento de planificación de la municipalidad, de Sayaxché, Petén, con el fin de obtener diferentes perspectivas y así obtener información precisa para la problemática establecida.

I.5.2.2. Técnicas que se utilizaron para la comprobación de la hipótesis.

- **Censo**

Se realizó un censo a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Sayaxché Peten, ya que su población es de 5 la cual es menor a 35 personas, con este censo se ayudó a comprobar la variable independiente.

- **Encuestas**

Se elaboraron tres encuestas a distintas poblaciones: dos encuestas dirigidas a los habitantes de la aldea, para la comprobación de las variables dependiente e intermedia y una encuesta dirigida a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Sayaxché Peten, para la comprobación de la variable independiente.

- **Técnica de análisis**

Se utilizó esta técnica para obtener el análisis de los resultados, las conclusiones y recomendaciones en la tabulación de las encuestas obtenidas de la comprobación de las tres variables.

- **Calculo del tamaño de la muestra.**

Por ser una población de 1,453 habitantes, fue necesario realizar un cálculo del tamaño de la muestra con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa, con un resultado representativo de 65 habitantes los cuales fueron encuestados para comprobar el efecto y el problema central.

- **Coefficiente de correlación**

Se realizó la estadística del coeficiente de correlación para conocer si existe relación entre el efecto y la causa, posteriormente la realización de la proyección de la línea recta.

- **Proyección**

Se realizó la proyección en línea recta para obtener una gráfica que ayude a conocer el comportamiento de las variables en los años futuros con y sin proyecto, por ende, se verifica el impacto positivo o negativo que tendrán los habitantes al tener o no la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Servicio de agua

En la actualidad el agua se ha convertido en algo más que una fuente de vida; hoy en día el agua significa una fuente de conflictos, una guerra de poderes, una lucha por la supervivencia y una fuente de riqueza; la falta de acceso al vital líquido es un motivo de desigualdad (Ramirez, 2011).

Wook (2004) afirma que “El agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública. Suelo referirme a ellos como salud, lo que significa que en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades”.

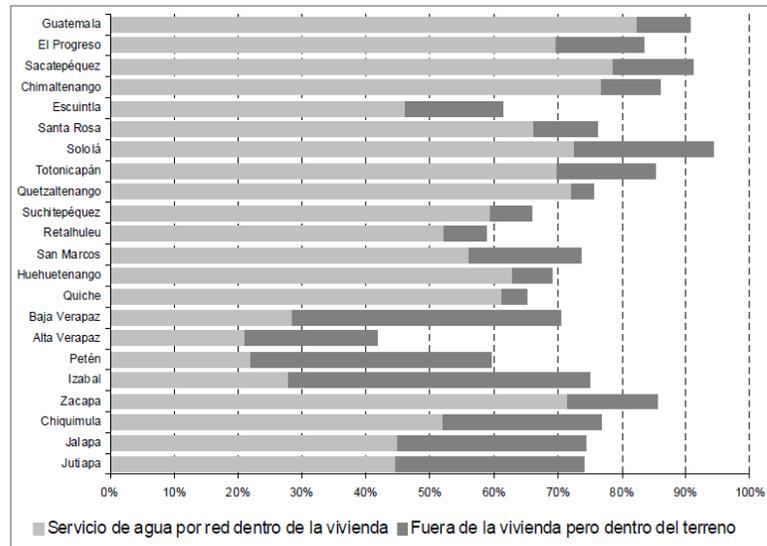
El agua es un bien natural de carácter estratégico porque satisface necesidades vitales, es necesaria para la mayor parte de actividades económicas y es indispensable para los procesos ecológicos esenciales (GEA, 2011).

Por tratarse de un bien cuyo comportamiento es espacial y temporalmente irregular, se ha previsto una crisis global del agua, en unos territorios por escasez y en otros por sobre abundancia, lo cual convierte la gestión y gobernanza de este bien natural en un asunto político con proyección regional, continental y global, y por lo tanto de seguridad nacional, toda vez que el Estado de Guatemala debe garantizar a sus habitantes, primero, el acceso al vital recurso y segundo, medidas para protegerlo de los impactos producidos por eventos hídricos extraordinarios (GEA, 2011).

Los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango son los que muestran mejores coberturas dentro de la vivienda, y en un segundo grupo con indicadores un poco por debajo se encuentra el Progreso, Sololá, Quetzaltenango, Totonicapán y Zacapa. Se debe destacar que Guatemala y Sacatepéquez son

departamentos con una predominancia de población urbana (alrededor del 85%) y que en el caso de Sololá, el progreso y Totonicapán existe una mayor proporción de servicios que se abastecen afuera de la vivienda, (véase figura 1) (Lentini, 2010).

Figura 1. Cobertura de Agua por Red, 2006.



Fuente: Recuperado de (Lentini, 2010)

II.2. Costos del servicio de agua

Se estima que Guatemala tiene una disponibilidad de más de 97 mil millones de metros cúbicos anuales de agua, cantidad 7 veces mayor al límite de riesgo hídrico establecido por estándares internacionales al relacionarla con su población. Dicha disponibilidad es función del régimen ordinario del ciclo hidrológico y se ve afectada por la variabilidad climática extrema expresada por la sequía (como la del año hidrológico 2009-2010) o por las inundaciones (como las acaecidas con la tormenta Agatha 2010) (GEA, 2011).

El precio financiero y económico del agua es prácticamente igual a cero con excepción del agua potable y raras veces el riego. La tabla 2 presenta las condiciones de tarifas vigentes para los diferentes usos del agua (Universidad Rafael Landivar, 2005).

Cuadro 1. Tarifas Por Tipo De Uso (quetzales por m3).

Usuarios	Costo
Consumo doméstico	0.10 a 25
Riego	Costos de operación
Industria	Costos de extracción y bombeo
Pesca	0.00
Generación hidroeléctrica	0.00
Medio de producción o extracción de recursos.	Operación
Medio de disposición de desechos *	0.00
Nota: * No debería considerarse como un costo, pero se toma por la falta de internalización de los costos de tratamiento.	

Fuente: Recuperado de Situación del Recurso Hídrico en Guatemala. 2005 URL/FCAA/IARNA & IIA.

A pesar de la falta de valoración financiera y económica, el agua está directamente relacionada con la generación del 5% del Producto Interno Bruto. Respecto a las tarifas, la tendencia en los últimos años es recuperar los costos de inversión, así como los costos de operación y mantenimiento; en general en los proyectos con préstamos internacionales esto es una exigencia cada vez mayor. Sin embargo, se debe categorizar por separado el sector de agua potable (Universidad Rafael Landivar, 2005).

II.3. Sector Agua Potable

En la zona rural, por lo general, los proyectos son construidos con un modelo básico que tiene dos características importantes:

- Una ejecución tripartita, donde la comunidad aporta la mano de obra no calificada y algunos materiales locales, la municipalidad aporta otros elementos como puede ser el transporte, el cemento, la mano de obra calificada y algunos materiales, y el ente financiero –que puede ser una entidad estatal, ONG u otra organización– aporta la asistencia técnica y los materiales importados como tubería, válvulas y equipos de bombeo, (Universidad Rafael Landivar, 2005).
- El proyecto debe ser integral es decir debe incluir agua potable, saneamiento y educación sanitaria. Estas dos características han permitido mejorar la sostenibilidad y la apropiación de los proyectos por parte de las comunidades y las municipalidades. No obstante, algunos fondos sociales y ONG utilizan otros procesos de inversión para este tipo de proyectos, (Universidad Rafael Landivar, 2005).

En las zonas urbanas, los servicios son generalmente operados directamente por la municipalidad o por empresas municipales (Guatemala y Quetzaltenango). En el primer caso, los ingresos y gastos se diluyen dentro de la contabilidad municipal haciéndose difícil determinar la sostenibilidad de la operación, (Universidad Rafael Landivar, 2005).

La falta de medidores de agua en la mayoría de municipalidades, las bajas tarifas –de US\$ 0.25 a US\$ 2.00 por 30 m³ de agua al mes– y moras en el cobro de hasta el 70%, no permite recuperar ni siquiera los costos de operación y mantenimiento adecuado de los sistemas, (Universidad Rafael Landivar, 2005).

Aún en el caso de empresas municipales, el subsidio a la tarifa del agua, aunque sea solo para operación, es considerable. El costo de producción por metro cúbico de agua potable para EMPAGUA oscila entre 25 a 30 centavos de dólar, (Universidad Rafael Landivar, 2005).

En el tema de plantas de tratamiento, el compromiso de las municipalidades en la construcción de las mismas requiere de subsidios. De acuerdo con EMPAGUA, el costo de tratamiento de aguas negras es de aproximadamente 75 centavos de dólar por metro cúbico, lo que implicaría, para su auto sostenibilidad, tarifas, por cada conexión, cinco veces más altas que las que actualmente se cobran por el agua potable, (Universidad Rafael Landivar, 2005).

A pesar de existir el Fondo Guatemalteco del Medio Ambiente (FOGUAMA), que es un fideicomiso que otorga créditos para apoyar la construcción de plantas de tratamiento, las condiciones de recuperación del crédito y la falta de mecanismos para ejecutar pre inversión han limitado el avance significativo en proyectos de este tipo, (Universidad Rafael Landivar, 2005).

II.4. Abastecimiento de agua

El agua posee una infinidad de usos para el desarrollo de las actividades del ser humano; se utiliza en la producción de energía eléctrica, agricultura (riego), crianza de peces, industria, turismo, recreación, pesca, así como en el hogar.

La calidad del agua está determinada por el uso que se le dé. Sus características determinan si es adecuada o no para cada uso (MARN).

Guatemala, es un país del Istmo centroamericano, tiene una extensión territorial de 108,889 Km², de los cuales tres cuartas partes son de orografía montañosa, que inicia con la continuación de la Sierra Madre desde territorio mexicano, la cual se bifurca

en dos cadenas montañosas. La primera hacia el noreste, que forma las Sierras de Los Cuchumatanes, Chamá, Santa Cruz y de Las Minas. La segunda, forma la Sierra Madre que se extiende a lo largo del litoral Pacífico y origina el altiplano central con valles intermontanos (Ovalle, 2009).

Esta orografía divide el escurrimiento superficial del país en 2 vertientes: 1) Vertiente Pacífico, caracterizada por ríos cortos y pendientes fuertes, 18 cuencas en 23,990 Km² (22% del territorio) y caudal promedio anual de 808 m³/s; y; 2) Vertiente Atlántico, con ríos más largos y pendientes en general, menores, que se divide a su vez en la vertiente del Golfo de México, a través de la frontera con dicho país, 50,640 Km² (47% del territorio), conformada por 10 cuencas, con un caudal medio anual de 1372 m³/s y la vertiente hacia el Mar Caribe de 34,259 Km² (31% del país), con 7 cuencas y 1,010 m³/s anual (Ovalle, 2009).

Los términos recurso, oferta y capital están muy relacionados con las ciencias económicas y da la impresión que debe ser utilizado o aprovechado de alguna manera. Si esto es así, queda poco lugar para el tema de conservación o protección del recurso a menos que usemos términos como ahorro, reservas a futuro, capital de trabajo, o inversiones a largo plazo, que pueden considerarse como no rentables a corto o mediano plazo (Universidad Rafael Landivar, 2005).

II.5. Oferta hídrica del país

En total, Guatemala posee un escurrimiento superficial entre 1,760 y 3,190 m³ /s (55.6 6 y 100.6 7 miles de millones de metros cúbicos por año), en su mayoría concentrado en cuatro meses en las zonas más secas y con distribución más uniforme en las regiones húmedas (Universidad Rafael Landivar, 2005).

El 55% del territorio lo forman cuencas de repercusión internacional cuyas aguas en un 47.5% van hacia México, 7% a El Salvador, 6% hacia Belice y una mínima

fracción de 0.5% hacia Honduras. Los ríos más caudalosos son el Usumacinta (1800 m³ /s), Motagua (240 m³ /s), Polochic (161 m³ /s), Sarstún (172 m³ /s) e Ixcán (165 m³ /s) (Universidad Rafael Landivar, 2005).

En la costa sur, el río Suchiate (28 m³ /s) es el de mayor caudal. Se estima que el volumen de las aguas subterráneas es de 33,699 millones de metros cúbicos por año (Universidad Rafael Landivar, 2005).

El balance hídrico preparado por INSIVUMEH para la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) es más conservador, por lo que se utilizará para estimar la oferta hídrica (Universidad Rafael Landivar, 2005).

II.6. Sistema de Captación de Agua

Se entiende por captación el punto o puntos de origen de las aguas para un abastecimiento, así como las obras de diferente naturaleza que deben realizarse para su recogida (Cruz, 2011).

Las captaciones de agua pueden ser:

- De agua de lluvia (pluviales)
- De arroyos y ríos.
- De lagos o de embalses.

II.6.1. Captación en arroyos, ríos y canales

Las captaciones se realizarán por medio de obras de toma en el cauce o en las márgenes de las corrientes de agua, previo estudio hidrológico que justifique los caudales utilizables en el río o el arroyo (Cruz, 2011).

El estudio hidrológico debe ser completo, en el cual se comprenda la pluviometría, realización de aforos, coeficientes de escorrentía, regulación del río, garantías y cualquier otro estudio que fuera necesario (Cruz, 2011).

Se debe de realizar un estudio completo de las captaciones, de forma que se garantice su explotación en lo que se refiere a máximas avenidas, máximo estiaje, erosión, sedimentación, entarquinamientos, entrada de cuerpos extraños, facilidad de explotación y limpieza, garantía de acceso, desagüe, garantía de suministro de energía eléctrica, etc. (Cruz, 2011).

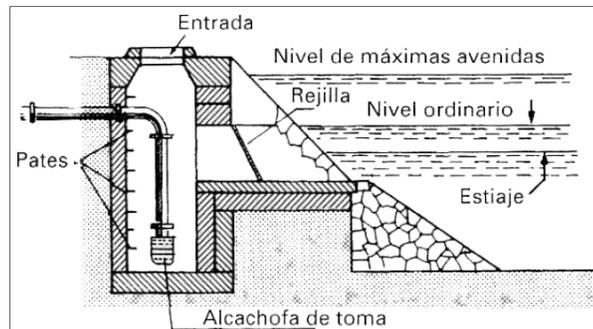
En caso de tomas directas de canales, en los que se prevean interrupciones en el suministro para la conservación de los mismos, se tendrán en cuenta los posibles cortes por limpieza (Cruz, 2011).

II.6.2. Toma Directa.

Si el nivel de la corriente es apreciable basta con hacer un pozo en el margen, dándole entrada por encima del nivel de máximas avenidas, bien mediante una simple tapa, bien por una caseta debidamente protegida por un terraplén periférico, (Cruz, 2011). Es necesario situar una rejilla en el canal o galería de enlace con el río, con el fin de evitar la entrada de cuerpos flotantes (Cruz, 2011).

En el pozo puede ir el tubo de toma con su alcachofa, o el de salida a la conducción por gravedad con llave de paso para el aislamiento en caso necesario (Cruz, 2011).

Figura 2. Toma de agua directa.



Fuente: Recuperado de (Cruz, 2011)

- Una toma directa de agua de río, debe integrar:
- La abertura de un canal hasta la toma de agua en el río.
- Una rejilla (separación libre entre barras de 5 a 10 cm)
- Un tramo de conducción.
- Obras de protección y acondicionamiento de la infraestructura en contacto con el río, garantiza la toma en un punto adecuado (Cruz, 2011).

II.6.2.1. Pozos de Infiltración

Captan el agua de una fuente superficial (lago, río, estero). El agua se infiltra en los pozos perforados que están localizados a un costado del lecho, de allí sale directamente a la conducción (CARE-AVINA, 2012).

II.6.2.2. Galerías de Infiltración.

Son obras construidas en el lecho de una quebrada, estero o río. El agua se infiltra a través de material granular natural, es recogida mediante un sistema de drenaje y conducida a un tanque recolector (CARE-AVINA, 2012).

II.6.2.3. Toma Lateral.

Se construye en la orilla de los ríos, que son caudalosos y tienen poca variación de nivel. Una parte de la corriente de agua superficial es encauzada hacia un costado (CARE-AVINA, 2012).

Pueden ser muros laterales con rejillas y compuertas que impiden el paso de sólidos flotantes y permiten regular la entrada del agua al canal o tubería. El agua es recogida por un tubo o canal revestido y es conducida hacia un tanque recolector (CARE-AVINA, 2012).

II.6.2.4. Captación de fondo

Se construye en ríos y quebradas poco profundos y de gran velocidad. Generalmente se construye una pequeña presa de ancho menor o igual que el río. Sobre la presa se construye un canal para desviar el agua y en el fondo del canal se coloca una rejilla (CARE-AVINA, 2012).

II.6.2.5. Captación flotante.

Se construye en ríos, lagos y represas que tienen variaciones de nivel. Se instala sobre estructuras flotantes ancladas al fondo y en una de las orillas. Este tipo de captación necesita equipos de bombeo (CARE-AVINA, 2012).

II.6.2.6. Captación móvil.

Se construye sobre estructuras móviles a la orilla de los ríos con importantes variaciones de nivel. Igual que las captaciones flotantes, trabaja con equipos de bombeo (CARE-AVINA, 2012).

Una captación móvil puede estar constituida por una plataforma de madera armada sobre barriles o toneles metálicos o plásticos vacíos que sirven de flotador. Sobre la plataforma se instala el equipo de bombeo protegido por una caseta. El puente de

acceso a la plataforma, la conexión eléctrica y la tubería de impulsión son extensibles en la medida que es necesario empujar la captación móvil de la orilla por cambios de nivel del río o del embalse (CARE-AVINA, 2012).

II.6.2.7. Captación de agua de lluvia

En regiones con largos períodos de sequía entre épocas de lluvia, se recomienda construir tanques para almacenar el agua que cae. El agua puede ser captada desde los techos de las casas y conducida por canaletas laterales que van a depositar el agua en un tanque de almacenamiento o cisterna. Para que la captación de aguas de lluvia sea eficiente, los techos deben ser construidos con materiales apropiados que no permitan obstrucción del recorrido del agua, con suficiente área y adecuada pendiente (CARE-AVINA, 2012).

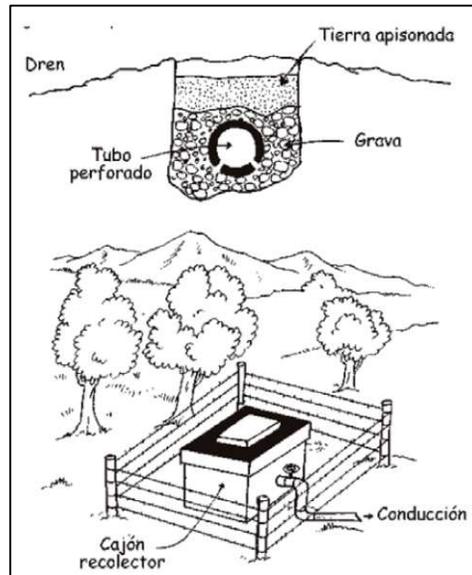
Esta caja posee una llave de salida. En el momento de iniciar la lluvia se deja abierta. A los cinco minutos aproximadamente, se cierra y se permite el ingreso del agua de lluvia al tanque de almacenamiento por medio del tubo de conexión que inicia en la parte superior de la caja (CARE-AVINA, 2012).

II.6.3. Captaciones Subterráneas.

Galerías de infiltración o dren.

Esta captación es utilizada para fuentes subterráneas. Son estructuras en forma de túnel o tuberías con ranuras o perforaciones, construidas por debajo del nivel freático o por debajo del nivel del agua de un río o quebrada para captar el agua infiltrada en el subsuelo. En general, el túnel o tubería perforada se rodea o envuelve con material granular (grava y arena), que permite mejorar la infiltración. El agua así recogida va a un tanque recolector (CARE-AVINA, 2012).

Figura 3. Captacion subterránea.



Fuente: Recuperado de (CARE-AVINA, 2012)

II.7. Sistema de Distribución de Agua

Es el componente mediante el cual se transporta “agua cruda”, ya sea a flujo libre o presión. Depende del caudal de agua y de la topografía del terreno, así se utilizan canales o tuberías (CARE-AVINA, 2012).

El agua cruda es la que proviene directamente de una fuente superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento, desinfección o potabilización (CARE-AVINA, 2012).

La conducción refiere a las obras o red de tuberías que permiten llevar el agua desde el lugar de tratamiento o potabilización hasta el tanque de almacenamiento o de reserva, pero también directamente hasta la red de distribución (CARE-AVINA, 2012).

Tanto la aducción como la conducción son tuberías o canales por donde se transporta agua, pero mientras la aducción transporta agua cruda a presión o a flujo libre, la conducción transporta agua a presión ya tratada desde el lugar de tratamiento o potabilización hasta el tanque de almacenamiento o de reserva o directamente hasta la red de distribución (CARE-AVINA, 2012).

II.7.1. Obra de distribución

La obra de distribución que se debe ejecutar está constituida por varios elementos a saber:

- La cañería y sus piezas especiales como curvas, ramales, reducciones, etc.
- Los accesorios tales como válvulas esclusa y mariposa, válvulas de aire, cámaras de desagüe y limpieza, válvula reductora de presión, etc.
- Las conexiones domiciliarias y sus componentes.
- Los tanques de reserva o almacenamiento y las cisternas asociadas a los mismos.
- Las estaciones de bombeo o elevación.

Todos estos elementos permiten la distribución del agua tratada o potabilizada a las viviendas o consumidores con un caudal y a una presión determinadas (Orellana, 2005).

II.7.1.1. Red distribuidora.

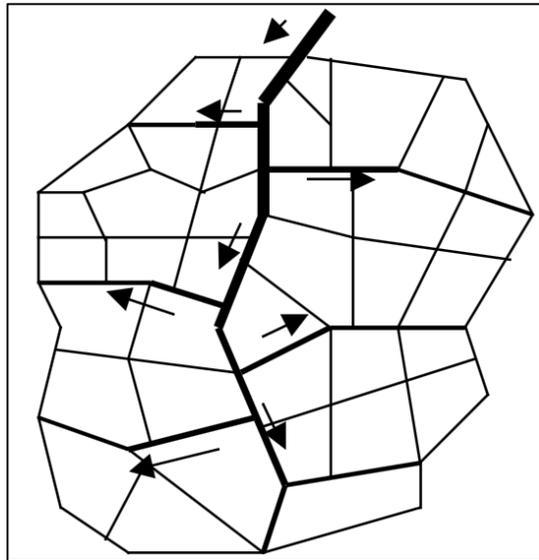
La obra de distribución representa entre el 50 al 80 % del costo total de un sistema de provisión de agua potable, de donde podemos deducir la importancia que tiene la realización de un buen diseño que permita cumplir con su cometido al menor costo posible, (Orellana, 2005).

El diseño de la red puede responder a los siguientes criterios:

- **Malla abierta:** el tendido de la cañería es lineal. Cada punto de la red se alimenta desde una sola dirección. Los cortes del servicio pueden llegar a afectar una gran

extensión, y en los finales de las cañerías se producen zonas de aguas muertas, es decir sin circulación, que pueden llegar a afectar la calidad del agua por la posibilidad de contaminación en dichas zonas que luego se propaga al resto de la red (Orellana, 2005).

Figura 4. Ejemplo de malla abierta.

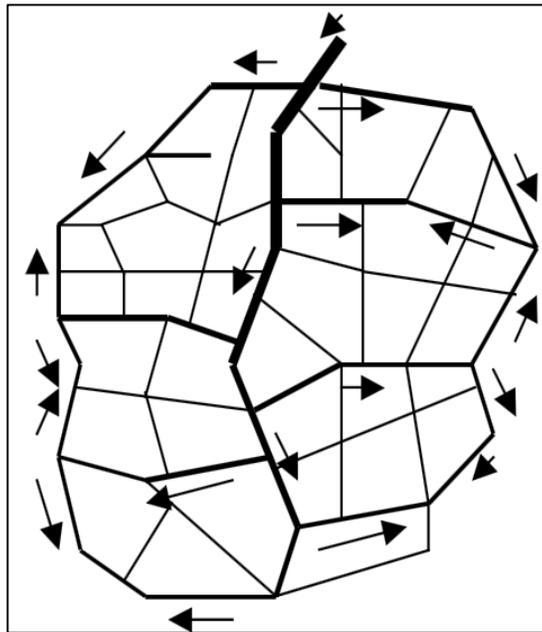


Fuente: Recuperado de (Orellana, 2005)

- **Malla cerrada:** el diseño consiste en un marco de malla, cuadrado o rectangular que circunda el área a servir. Las dimensiones de sus lagos se establecen entre los 300 metros como mínimo y los 600 metros como máximo. Dentro de los marcos de malla, cuyas cañerías se denominan Principales o Maestras, se ubican las cañerías Secundarias o Distribuidoras, las que se caracterizan por estar vinculadas exclusivamente en los lados opuestos del marco de malla, con lo que se logra el ingreso de agua desde ambos extremos, y elimina la posibilidad de producir zonas de aguas muertas (Orellana, 2005).

En ambos extremos de la unión con el marco de la malla se coloca una válvula esclusa cuya finalidad es permitir, por razones operativas, aislar total o parcialmente la cañería con la menor afectación posible del servicio (Orellana, 2005).

Figura 5 Ejemplo de malla cerrada.



Nota. Recuperado de (Orellana, 2005).

II.7.1.2. Clasificación de cañerías.

- **Principales o maestras:** Son las cañerías de diámetro superior al mínimo, cuyos diámetros surgen del cálculo correspondiente. Aquellas con diámetros mayores a 250 mm, no permiten conexiones domiciliarias, por lo que es necesario colocarles paralelamente una cañería, denominada subsidiaria, de diámetro mínimo (Orellana, 2005).

- **Secundarias o distribuidoras:** Son las que cubren toda el área comprendida dentro del marco de malla cerrada, en el caso de ese diseño o distribuyen el agua hasta los consumidores en el caso de las mallas abiertas (Orellana, 2005).

II.8. Sistema de Potabilización de Agua

La potabilización del agua consiste en la eliminación de compuestos volátiles seguida de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro. Las aguas procedentes de los ríos, necesitan un tratamiento complejo y caro antes de ser suministradas a los consumidores, debido a que las precipitaciones traen cantidades apreciables de materia sólida (IDROVO, 2009-2010).

II.8.1. Plantas de tratamiento de agua potable

Son estructuras destinadas al tratamiento del agua cruda con el fin de hacerla apta para el consumo humano, y preservan las condiciones de salud de la población (IDROVO, 2009-2010).

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas (IDROVO, 2009-2010).

II.8.1.1. Tipos de plantas de tratamiento.

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta. También se pueden clasificar, de acuerdo con la tecnología usada en el proyecto, en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente (IDROVO, 2009-2010).

II.8.1.2. Sistemas de agua potable.

El mayor efecto en la calidad de vida de la población es la dotación de un sistema de abastecimiento de agua potable, éste no puede llamarse como tal si no cuenta con los siguientes componentes:

1. Micro cuenca
2. Fuente de agua y Captación.
3. Conducción
4. Planta de purificación del agua de la fuente
5. Reservas
6. Red de distribución
7. Sistema tarifario

- **Operación y mantenimiento**

El agua vista dentro del ciclo hidrológico quizás sea gratuita, sin embargo, cuesta mucho dinero ponerla a disposición de la población para los diferentes usos; por lo tanto, es esencial obtener el compromiso de hacer frente a dichos costos (IDROVO, 2009-2010).

II.8.2. Proceso de Potabilización del Agua

II.8.2.1. Entrada o captación del agua cruda

La captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos o diques (IDROVO, 2009-2010).

El agua proveniente de ríos está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos, y requiere un proceso más complejo para su tratamiento. La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año (IDROVO, 2009-2010).

II.8.2.2. Agregado y dosificación de productos químicos.

El agregado de productos químicos (coagulantes) se realiza para la desestabilización del coloide o turbiedad del agua (IDROVO, 2009-2010).

II.8.2.3. Sustancias químicas empleadas en la coagulación.

A la variedad de productos químicos empleados en la coagulación se los clasifica como coagulantes, modificadores de pH y ayudantes de coagulación (IDROVO, 2009-2010).

Las partículas coloidales, las sustancias húmicas y algunos microorganismos presentan una carga negativa en el agua, lo cual impide la aproximación de las mismas. En el tratamiento del agua será necesario alterar esta fuerza iónica mediante la adición de sales de aluminio o de hierro o de polímeros sintéticos que provoquen el fenómeno de la coagulación (Morado, 2015).

- **Coagulantes.**

Los productos químicos más usados como coagulantes en el tratamiento de las aguas son el sulfato de aluminio, el cloruro férrico, el sulfato ferroso y férrico y el cloro-sulfato férrico (IDROVO, 2009-2010).

- **Modificadores de Ph.**

Como se ha visto, para lograr mejores resultados en el tratamiento, en algunos casos será necesario regular la alcalinidad del agua o modificar su pH; para ello se emplean:

1. Hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$
2. Carbonato de sodio, Na_2CO_3
3. Bicarbonato sódico, $\text{NaHCO}_3^{\text{TM}}$

- **Ayudantes de coagulación**

Son polímeros aniónicos, catiónicos o neutros, los cuales pueden presentar forma sólida (polvo) o líquida. Son sustancias de un alto peso molecular, de origen natural o sintético. Requieren ensayos de coagulación y floculación antes de su elección (IDROVO, 2009-2010).

II.8.2.4. Mecanismos de coagulación.

- **Coagulación por compresión de la doble capa**

Este modelo explica el fenómeno de la desestabilización de un coloide por medio de un coagulante. La introducción de un electrolito indiferente en un sistema coloidal causa un incremento de la densidad de cargas en la capa difusa y disminución de la esfera de influencia de las partículas, y ocurre la coagulación por compresión de la capa difusa (Morado, 2015).

- **Coagulación por adsorción y neutralización de la carga**

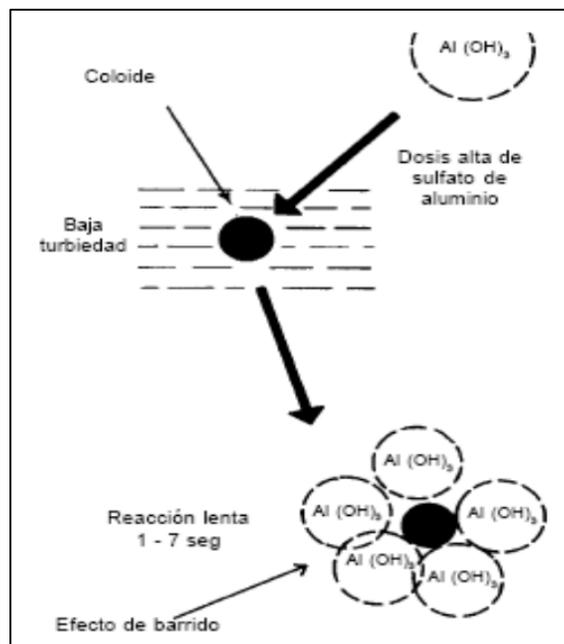
La desestabilización de una dispersión coloidal consiste en las interacciones entre coagulante-coloide, coagulante-solvente y coloide-solvente. El efecto de adsorción y neutralización de la carga se encuentra estrechamente ligado al de compresión de la doble capa (Morado, 2015).

- **Coagulación por barrido**

Este fenómeno ocurre al agregar una concentración de coagulante muy alta, lo cual excede el límite de solubilidad del compuesto presente en el agua. Allí, se precipitan los hidróxidos formados por reacción de la alcalinidad y el agua misma con los coagulantes, lo que lleva a la producción de una masa esponjosa que atrapa en su caída los colides y partículas suspendidas las cuales se ven forzadas a decantar, unidas dentro del precipitado que desciende (Morado, 2015).

Es decir, con dosis de alúmina suficientemente altas, se forma un precipitado de hidróxido de aluminio que físicamente arrastra de la suspensión a las partículas coloidales. En este mecanismo se observa que la coagulación de las partículas coloidales en el tratamiento del agua es controlada principalmente por la química del hidróxido de aluminio. Este tipo de coagulación se presenta normalmente cuando el agua es clara y el porcentaje de partículas coloidales es mínimo (Morado, 2015).

Figura 6. Coagulación por barrido.



Fuente: Recuperado de (Morado, 2015).

- **Coagulación por adsorción y puente químico.**

La coagulación puede realizarse también al usar una variedad significativa de compuestos orgánicos sintéticos y naturales caracterizados por grandes cadenas moleculares, que gozan de la propiedad de presentar sitios ionizables a lo largo de la cadena y de actuar como coagulantes (Morado, 2015).

II.8.2.5. Proceso de la floculación

El objetivo principal de la floculación es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño que sedimenten con mayor eficiencia. Existen dos tipos de floculación para promover el crecimiento de los floculos, se detallan a continuación (IDROVO, 2009-2010).

1. Floculación Peri cinética, se basa en las colisiones debidas al movimiento de las moléculas e inducidas por la energía térmica. A este movimiento se denomina “Movimiento Browniano”.
2. Floculación Ortocinetica, se basa en las colisiones de las partículas debidas al movimiento del agua. Este movimiento es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

II.8.2.6. Proceso de sedimentación

Una vez floculada el agua, el problema radica en separar los sólidos del líquido, o sea las partículas coaguladas, del medio en el cual se encuentran suspendidas. Esto se puede conseguir al dejar sedimentar el agua (mediante la fuerza de gravedad) o filtrándola (Morado, 2015).

Por lo tanto, la sedimentación y filtración pueden considerarse como procesos complementarios. La sedimentación separación de los sólidos más densos que el agua y en una velocidad de caída tal que puedan llegar al fondo del tanque sedimentador en un tiempo económicamente aceptable. Mientras que, en la filtración, son separados aquellos sólidos que tienen una densidad muy cercana a la del agua, o que han sido suspendidos por cualquier causa en el flujo y que por tanto no pueden ser removidos en el proceso anterior (Valencia, 2000).

Cuadro 2. Modelos del proceso de clarificación por sedimentación

Clarificación por sedimentación tipo	Características de los sólidos suspendidos	Descripción del proceso	Ejemplos
1	Partículas discretas y aisladas en soluciones diluidas.	No hay interacción entre las partículas y entre las partículas y el resto del fluido.	Movimiento de sedimentación de partículas en desarenadores o presimentadores
2	Partículas aglomerables en soluciones relativamente diluidas.	Las partículas se aglomeran agrupándose en partículas de mayor tamaño.	Sedimentación en decantadores horizontales o de placas.
3	Soluciones de concentración media.	Las partículas interfieren entre sí en su descenso y mantienen posiciones estables.	Deposición de lodos en decantadores de flujo ascendente.
4	Soluciones de alta concentración.	Se forma una estructura entre las partículas que va modificándose lentamente con el tiempo.	Compactación de depósitos de lodos.

Fuente: Recuperado de (Valencia, 2000)

II.8.2.7. Proceso de Filtración

La producción de agua clara y cristalina es un prerequisite para un suministro de agua totalmente confiable y segura. En los procesos de coagulación y sedimentación son removidos casi el 90% de la turbiedad y color, pero cierta cantidad de floculante pasa al tanque de sedimentación y por tanto necesita de su remoción (Valencia, 2000).

Para ello, se requiere de la filtración; esta, puede efectuarse en varias formas: filtros lentos (baja carga superficial) o filtros rápidos (alta carga superficial), que se pueden dar en medios porosos (pastas arcillosas, papel de filtro) o en medios granulares (arena y antracita) (Valencia, 2000).

II.8.2.7.1. Medio filtrante

Los más comunes son: arena y antracita; aunque, también se pueden presentar otros medios filtrantes (Morado, 2015).

- **Arena.**

Es el medio filtrante más usado; la arena usada en los filtros rápidos, es menor a 2,0 mm de diámetro y está compuesta de material silíceo con una dureza de 7 en la escala de Moh (determina comparativamente la dureza de los minerales por la capacidad que tiene cada uno de rayar al otro, un valor de 7 indica cuarzo) y un peso específico no menor a 2. Esta deberá estar limpia, sin contenidos de barro ni materia orgánica (Morado, 2015).

- Antracita. Debe tener una dureza de 2,7 o mayor en la escala de Moh y su peso específico no deberá ser menor de 1,4. Una de sus principales características es la durabilidad. Tiene una capacidad de retención mayor a la de la arena y es usada con tamaños efectivos entre 0,6 y 1,4 mm de diámetro.

- Otros medios filtrantes. La arena y la antracita pueden ser combinadas, por lo general como una tercera capa, el granate, la ilmenita y la magnetita, son otros medios filtrantes usados actualmente (Valencia, 2000).

II.8.2.8. Desinfección

En los procesos de coagulación, floculación y filtración se remueven, con mayor o menor eficiencia, la mayoría de las bacterias y virus presentes en el agua. La desinfección del agua es un proceso en el cual, son destruidos los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella. Estos organismos presentes en las fuentes de agua potable pueden colonizar tractos gastrointestinales y poner en riesgo la salud de la población (Morado, 2015).

La eliminación o inactivación de los virus en los procesos de tratamiento de agua potable se pueden cuantificar mediante la medición de las concentraciones de virus o indicadores de virus en el agua antes y después del tratamiento (Morado, 2015).

No es un proceso instantáneo, se realiza progresivamente a través del tiempo y se considera terminado cuando el 99,99% de los organismos presentes en el agua han muerto (Morado, 2015).

II.9. Normativa vigente sobre el agua potable

La constitución de la república de Guatemala estipula lo siguiente respecto a los recursos hídricos del país en sus artículos 127 y 128 en lo referente a este tema:

Artículo 127.- Régimen de aguas. Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social. Una ley específica regula esta materia. (CONGRESO DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA , 1985)

Artículo 128.- Aprovechamiento de aguas, lagos y ríos. El aprovechamiento de las aguas de los lagos y de los ríos, para fines agrícolas, agropecuarios, turísticos o de cualquier otra naturaleza, que contribuya al desarrollo de la economía nacional, está al servicio de la comunidad y no de persona particular alguna, pero los usuarios están obligados a reforestar las riberas y los cauces correspondientes, así como a facilitar las vías de acceso. (CONGRESO DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA , 1985)

II.9.1. Las normas quedan distribuidas en:

Normas para proteger la calidad de las aguas, contenidas en el Decreto legislativo 1004 (1953), la Ley de Protección y Mantenimiento del Medio Ambiente (1987) y el Código de Salud (2002).

Normas para proteger a las personas de los efectos provocados por eventos extraordinarios, contenidos en la Ley de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado (1996).

Normas para adoptar medidas de manejo de agua, contenidas en la Ley del Organismo Ejecutivo (reformada en 2002, Facultad del MARN), Ley Forestal (1997) y Ley de Áreas Protegidas (1989). (Tejada)

II.9.2. Acuerdos para agua potable o agua de consumo humano

Acuerdo Gubernativo 113-2009.- Reglamento de normas sanitarias para la construcción, administración, operación y mantenimiento de los servicios de abastecimiento de agua para consumo humano.

Acuerdo Gubernativo 178-2009.- Reglamento para la certificación de la calidad de agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento.

Acuerdo Ministerial 1148-09.- Manual de normas sanitarias que establecen los procesos y métodos de purificación de agua para consumo humano.

Acuerdo SP-M-278-2004.- Creación del Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano. (PROVIAGUA). (Tejada).

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La investigación se realizó en la aldea el Pato, Sayaxché Peten con la finalidad de comprobar la hipótesis planteada, la información se obtiene de dos tipos de población las cuales son: La población que se encuestó en la variable dependiente (Y) o el efecto y la variable intermedia o problema central, se realizó el cálculo de la muestra para una población finita cualitativa por ser una población de 1,453 habitantes, fue necesario realizar un cálculo del tamaño de la muestra con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa, con un resultado representativo de 65 habitantes.

La población que se encuestó en la variable independiente (X) o la causa principal, son 5 técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad (Sayaxché Peten), por lo cual es necesario realizar un censo ya que la población es menor a 35 integrantes.

Los resultados de las encuestas fueron analizados, tabulados y graficados, para poder comprobar la hipótesis.

Se presenta a continuación los cuadros y graficas obtenidos en el trabajo de campo realizado por el investigador; y se clasifican de la siguiente manera:

Luego de realizada la tabulación, los resultados para comprobar la variable dependiente (Y) o efecto, se presentan en los cuadros del 3 al 7 y gráficas 1 a la 5; para la causa o variable independiente (X), en los cuadros 8 al 11 y gráficas 6 a la 9, con el análisis correspondiente.

III.1. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente (Y) o el efecto.

Cuadro 3.

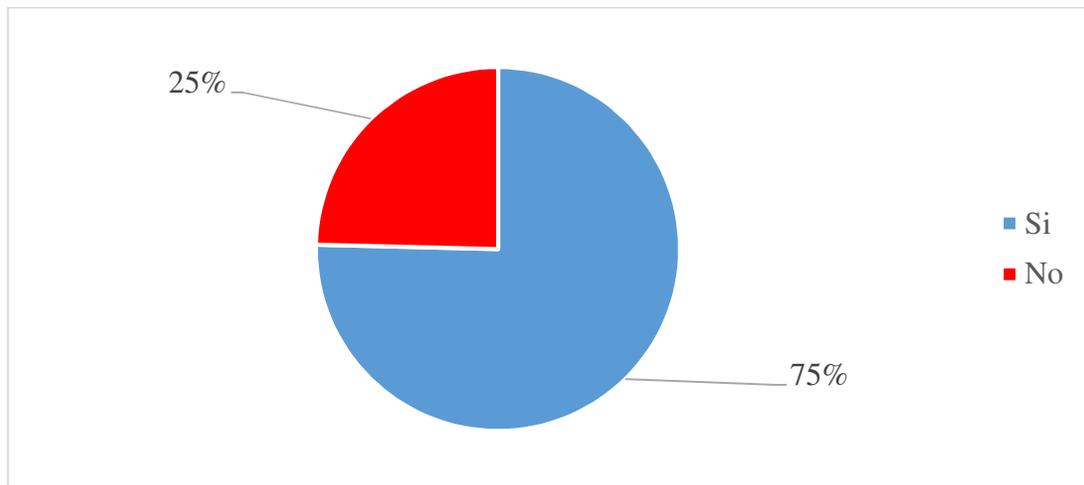
Habitantes que consideran que el costo del servicio de agua en la aldea ha incrementado.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	49	75
No	16	25
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 1.

Habitantes que consideran que el costo del servicio de agua en la aldea ha incrementado.



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: Como se puede apreciar en el cuadro y la gráfica anterior la mayoría de la población considera que ha habido un incremento en el costo del servicio de agua, por la falta de sistema de distribución de agua potable, esto ayuda a comprobar el efecto.

Cuadro 4.

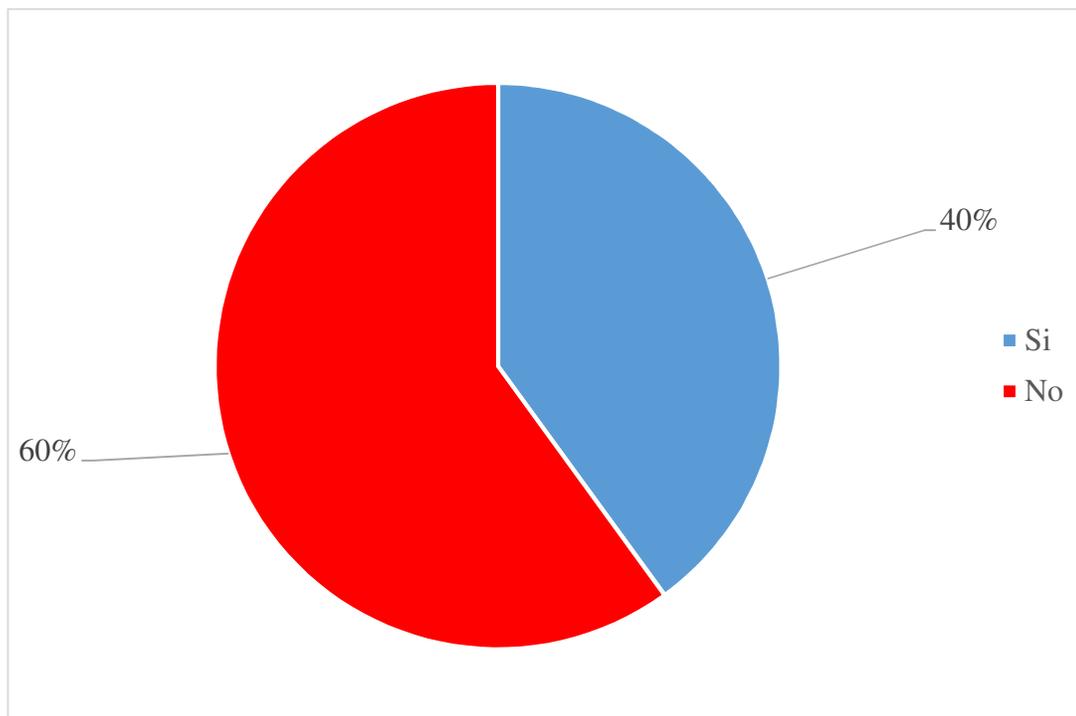
Habitantes que están de acuerdo con el costo actual del servicio de agua.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	26	40
No	39	60
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 2.

Habitantes que están de acuerdo con el costo actual del servicio de agua.



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: Más de la mitad de la población no está de acuerdo con el costo actual del agua, esto debido a la falta del sistema de distribución de agua potable, de modo que se ayuda a comprobar el efecto.

Cuadro 5.

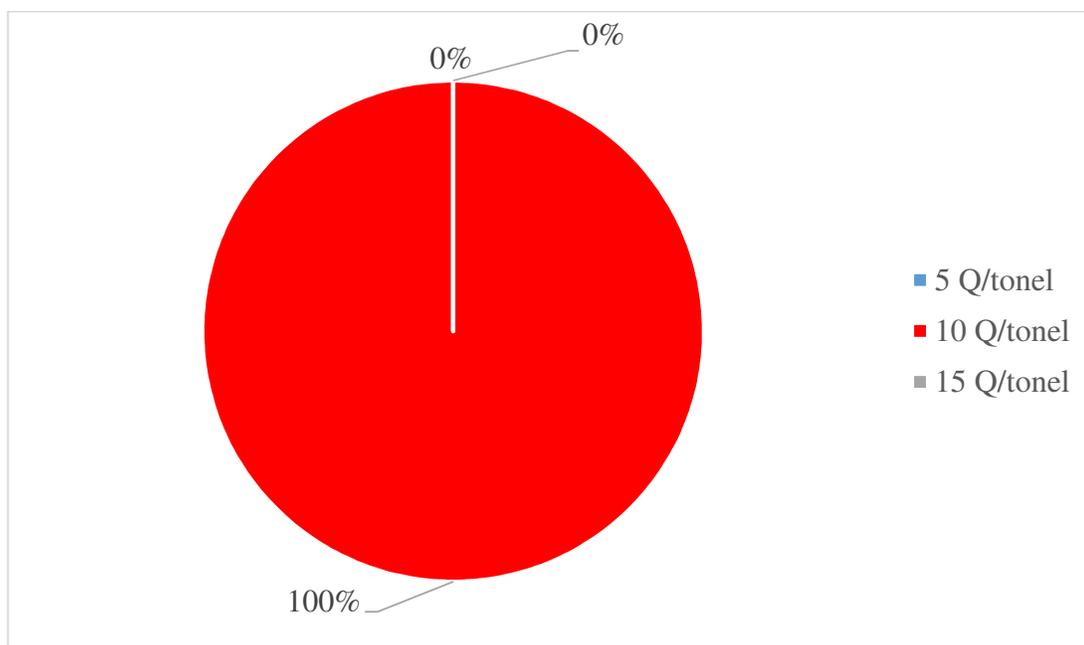
Habitantes que saben cuál es el costo actual del servicio de agua.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
5 Q/tonel	0	0
10 Q/tonel	65	100
15 Q/tonel	0	0
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 3.

Habitantes que saben cuál es el costo actual del servicio de agua.



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: Todos los habitantes de la aldea manifiestan que existe un cobro excesivo para la obtención de agua que no pasa por ningún tipo de tratamiento y tiene un costo de Q.10.00 por tonel de 208 litros, por tanto, se ayuda a comprobar el efecto.

Cuadro 6.

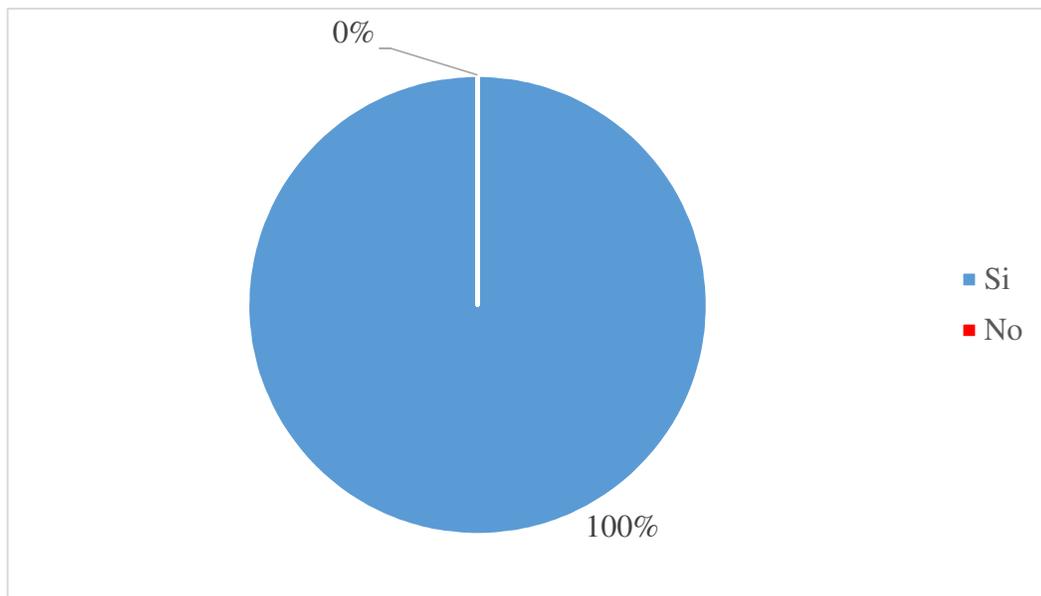
Habitantes que están de acuerdo en adquirir un mejor servicio de agua a menor costo.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	65	100
No	0	0
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 4.

Habitantes que están de acuerdo en adquirir un mejor servicio de agua a menor costo.



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: La totalidad de los habitantes encuestados manifiestan que estarían de acuerdo con recibir un mejor servicio de agua a un menor costo para suplir sus necesidades básicas y mejorar la calidad de vida, con lo cual se ayuda a comprobar el efecto.

Cuadro 7.

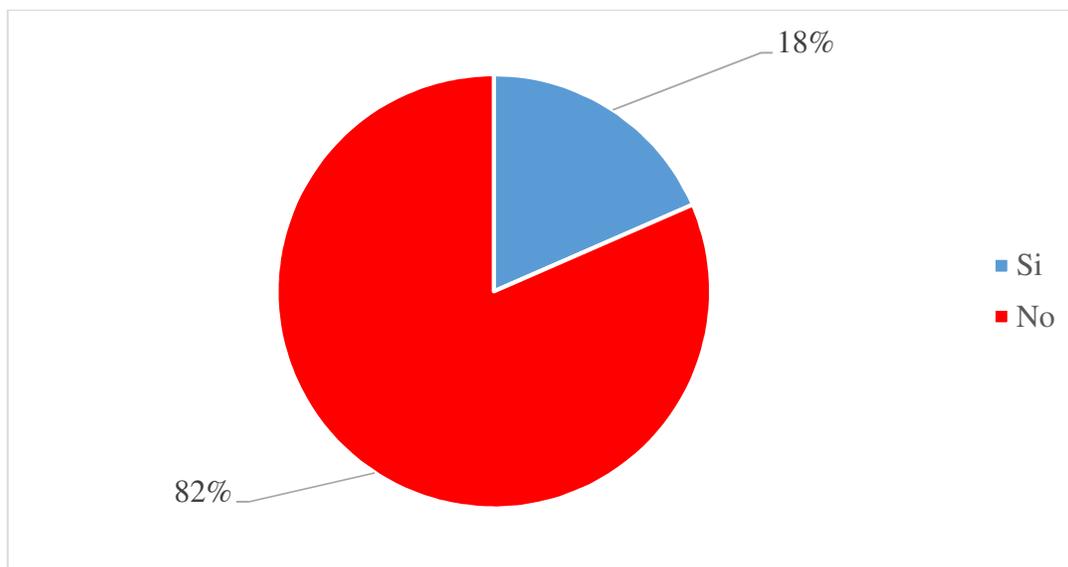
Habitantes que conocen alguna alternativa para disminuir los costos del servicio de agua.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	12	18
No	53	82
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 5.

Habitantes que conocen alguna alternativa para disminuir los costos del servicio de agua.



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: De acuerdo a los habitantes encuestados, más de 3/4 manifiestan que desconocen alternativas o sistemas para mejorar la calidad del agua y reducir el costo para su obtención.

III.2. Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable Independiente (X) o la causa.

Cuadro 8.

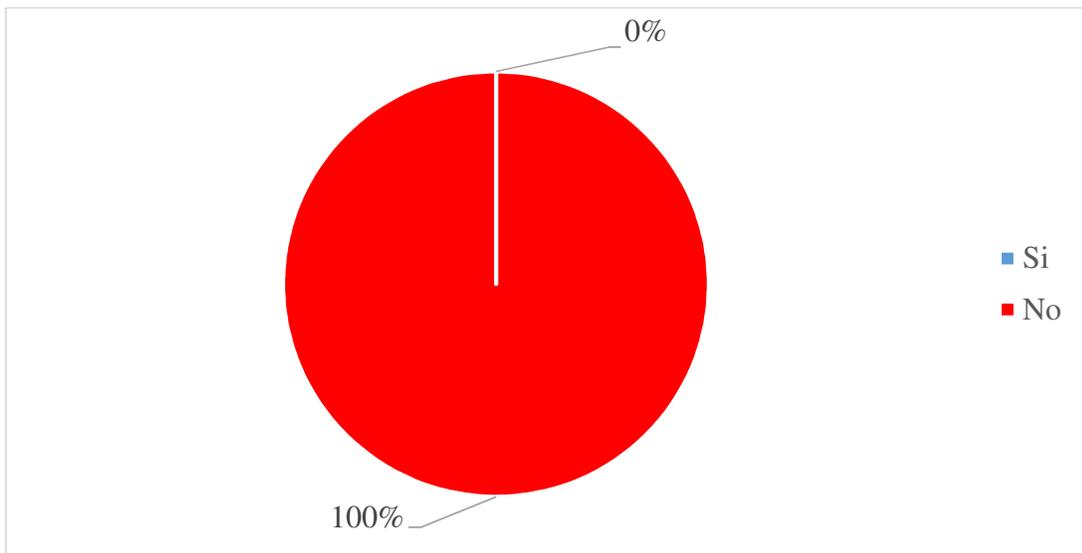
Técnicos que cuentan con algún proyecto de agua potable para aldea El Pato.

Respuestas	Cantidad de técnicos	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 6.

Técnicos que cuentan con algún proyecto de agua potable para aldea el Pato.



Fuente: Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: Según los datos recabados por el censo realizado a los técnicos de la municipalidad de Sayaxché, Petén, la totalidad afirmaron que no cuentan con algún proyecto de agua potable para aldea El Pato, por ende, se ayuda a comprobar la causa.

Cuadro 9.

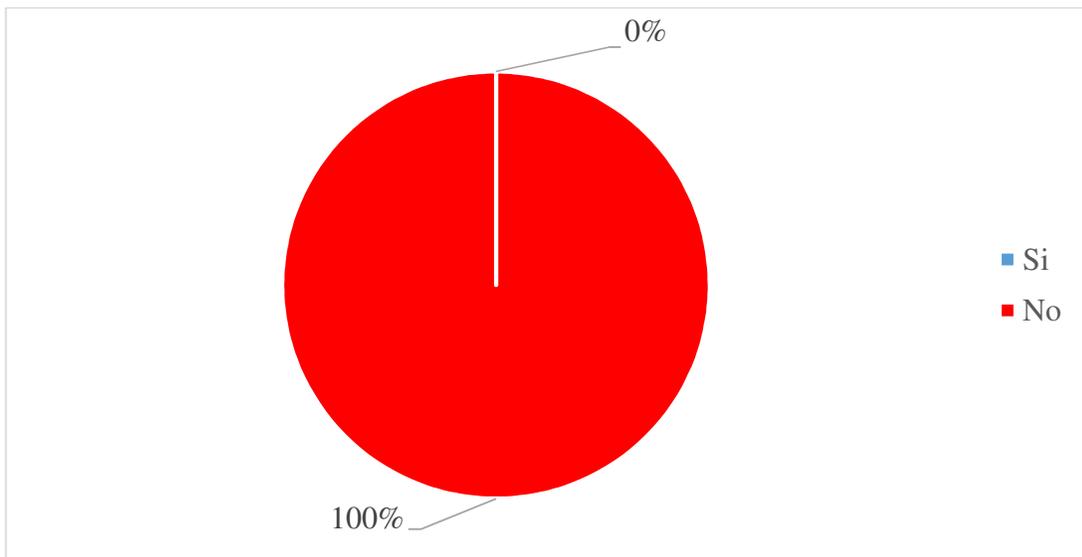
Técnicos que tienen contemplado dentro de su planificación el proyecto de agua potable para la aldea.

Respuestas	Cantidad de técnicos	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 7.

Técnicos que tienen contemplado dentro de su planificación el proyecto de agua potable para la aldea.



Fuente: Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: Todos los técnicos manifiestan que no cuentan dentro de su planificación la implementación del proyecto de agua potable que venga a beneficiar a los habitantes de la aldea, esto ayuda a comprobar la causa.

Cuadro 10

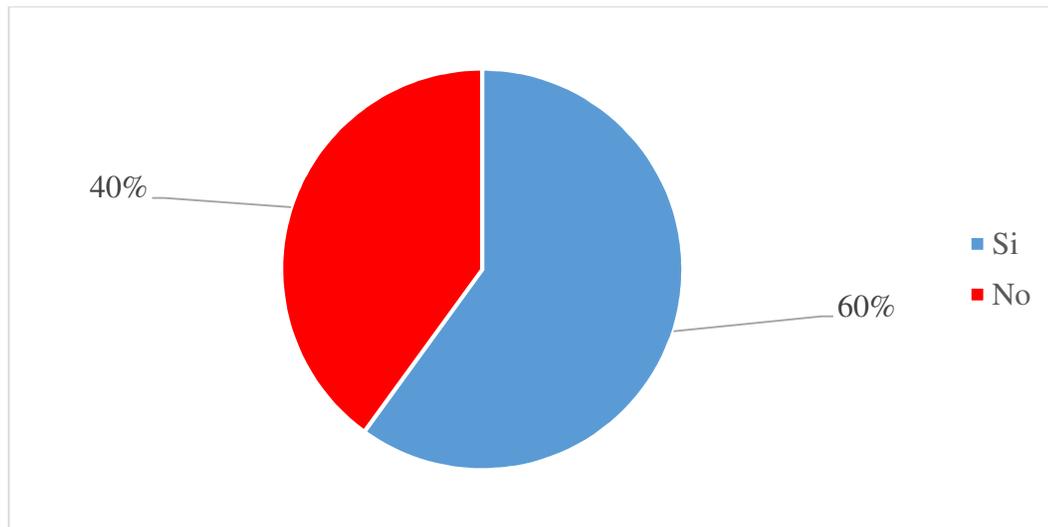
Técnicos que conocen los motivos de la inexistencia del sistema de captación, distribución, y potabilización de agua en la aldea.

Respuestas	Cantidad de técnicos	Valor relativo (%)
Si	3	60
No	2	40
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 8

Técnicos que conocen los motivos de la inexistencia del sistema de captación, distribución, y potabilización de agua en la aldea.



Fuente: Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: Más de la mitad de los técnicos encuestados respondieron que conocen los motivos por el cual no existe el sistema de agua potable en la aldea, en consecuencia, se ayuda a comprobar la causa.

Cuadro 11.

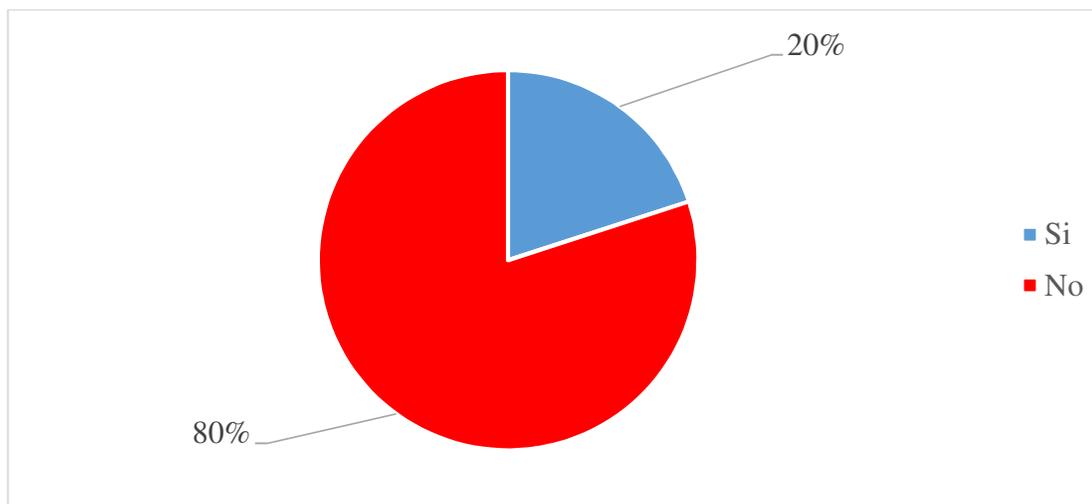
Técnicos que saben si ha solicitado el COCODE de la aldea el sistema de agua potable.

Respuestas	Cantidad de técnicos	Valor relativo (%)
Si	1	20
No	4	80
Totales	5	100

Fuente: Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Gráfica 9.

Técnicos que saben si ha solicitado el COCODE de la aldea el sistema de agua potable.



Fuente: Técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: Como se representa en la gráfica anterior, más de 3/4 de los técnicos encuestados afirman que el COCODE de la aldea no ha solicitado ni ha demostrado interés en la implementación del sistema de agua potable que beneficie a la aldea, por ende, se ayuda a comprobar la causa.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes conclusiones y recomendaciones se elaboraron con los resultados obtenidos en la investigación realizada en aldea El Pato, Sayaxché, Petén específicamente en la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en la aldea.

IV.1. Conclusiones

1. Se comprueba la hipótesis: “El alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años por el abastecimiento inadecuado; es debido a la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua”. con el 90% de nivel de confianza y el 10% de error de muestreo
2. El costo del servicio del agua en la aldea se ha incrementado a través del tiempo.
3. Los habitantes no están de acuerdo con el costo actual del servicio del agua.
4. El costo actual del servicio de agua es de 10 quetzales por tonel, los toneles tienen una capacidad de 208 lts lo cual da una relación de 48 quetzales por metro cubico, un precio demasiado elevado.
5. Los habitantes manifiestan estar de acuerdo con adquirir un mejor servicio de agua a menor costo, para satisfacer sus necesidades básicas y mejorar su calidad de vida.
6. Los habitantes de la aldea desconocen o no están enterados de las formas o alternativas que existen para mejorar la calidad de agua y disminuir sus costos de adquisición.
7. Los técnicos no cuentan con el diseño ni la idea de implementar el proyecto de agua potable que beneficie a la aldea.
8. Los técnicos no tienen contemplado dentro de su planificación el proyecto de agua potable para la aldea, no ven la necesidad que hay en el sector y el crecimiento que ha tenido la población en los últimos años.

9. Los técnicos conocen los motivos por los cuales no se ha implementado el sistema de captación, distribución, y potabilización del agua en la aldea.
10. Los técnicos afirman que el COCODE de la aldea no ha manifestado la necesidad de contar con el sistema de agua potable para la aldea.

IV.2. Recomendaciones

1. Implementar el sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.
2. Mantener con el sistema implementado, el costo bajo en el servicio del agua.
3. Disminuir el costo en el servicio del agua.
4. Mejorar el costo del servicio del agua.
5. Construir un sistema de distribución de agua para los pobladores, ya que esto disminuiría el costo con el cual obtienen el agua actualmente.
6. Dar a conocer a los habitantes las alternativas para disminuir los costos en el servicio del agua.
7. Planificar por parte de los técnicos de la municipalidad el proyecto de agua potable para la aldea.
8. Contemplar dentro de la planificación de la municipalidad de Sayaxché, la implementación del proyecto de agua potable.
9. Revisar las necesidades y los motivos por los cuales no se ha implementado el sistema de captación, distribución y potabilización de agua e implementarlo.
10. Concientizar a las autoridades sobre la necesidad de los habitantes de contar con el sistema de agua potable.

Bibliografía

1. (2015). LEY DE AGUAS EN GUATEMALA. ECONOMIA AMBIENTAL.
2. CARE-AVINA. (2012). Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable, módulo 5. Ecuador: Fundacion Avina.
3. Castañeda, N. P. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Medellín: Universidad de Antioquia.
4. Cruz, F. J. (2011). Abastecimiento de aguas. España: Universidad Politecnica de Cartagena.
5. GEA, G. e. (2011). Política nacional del agua de Guatemala y su estrategia. Guatemala: Morán E. y Moralez M.
6. IDROVO, C. (2009-2010). Agua Potable, Planta de Tratamiento. Ecuador: Universidad de Cuenca.
7. Jong-wook, L. (1 de Noviembre de 2004). Organización mundial de la salud. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/
8. Lentini, E. (2010). Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
9. MARN, M. d. (s.f.). Manual de Educación Ambiental Sobre el recurso Hídrico en Guatemala. Guatemala.

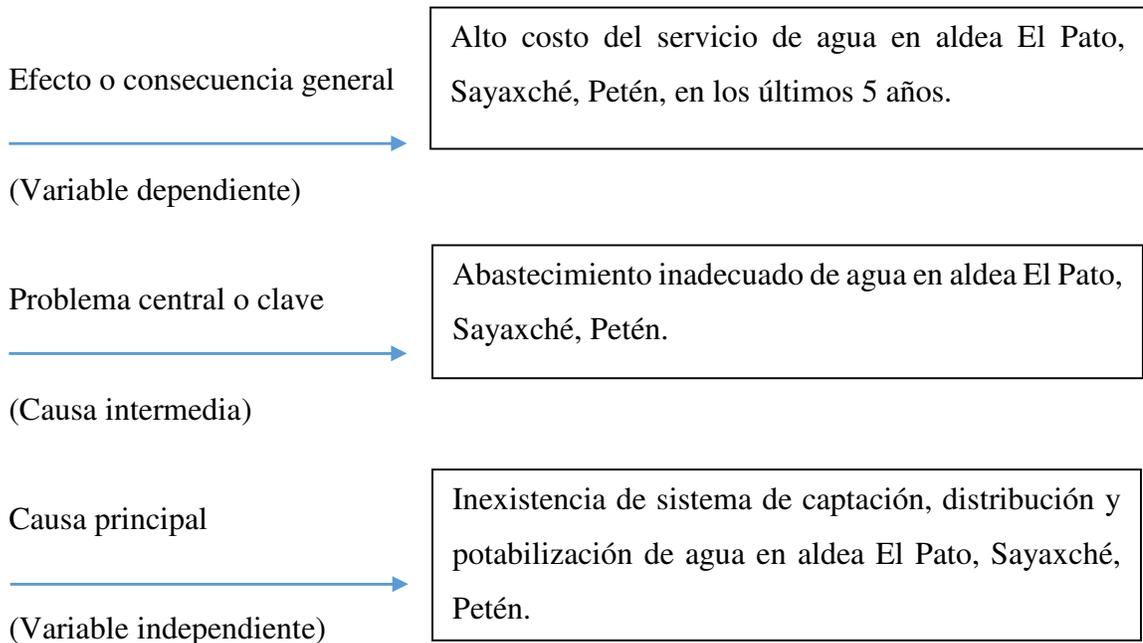
10. Morado, H. E. (2015). DISEÑO DE UN SISTEMA COMPACTO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA GRANJA LA FORTALEZA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MELGAR-TOLIMA. Bogota: Universidad libre- facultad de ingeniería.
11. Orellana, I. J. (2005). Conduccion de las aguas. Ingeniería sanitaria-UTN-FRRO.
12. Ovalle, E. A. (2009). Proyecto de Investigación en Recursos Hídricos . Guatemala.
13. Ramirez, M. F. (2011). Geopolitica de los recursos estrategicos: conflictos por agua en américa latina. Santo Tomás.
14. Tejada, I. S. (s.f.). Guía de Normas y Estándares Técnicos Aplicados a Agua y Saneamiento. Guatemala: Fondo para el logro de los ODM.
15. Universidad Rafael Landivar, f. d. (2005). Situacion del recurso Hidrico en Guatemala. Guatemala: URL/FCAA/IARNA & IIA.
16. Valencia, J. A. (2000). Teoria y Practica de la Purificacion del Agua. Santa fé de Bogota Colombia: McGraw-Hill.

ANEXOS

Anexo1. Árbol de problemas e hipótesis y Árbol de objetivos

Árbol de problemas.

Tópico: Abastecimiento inadecuado de agua.

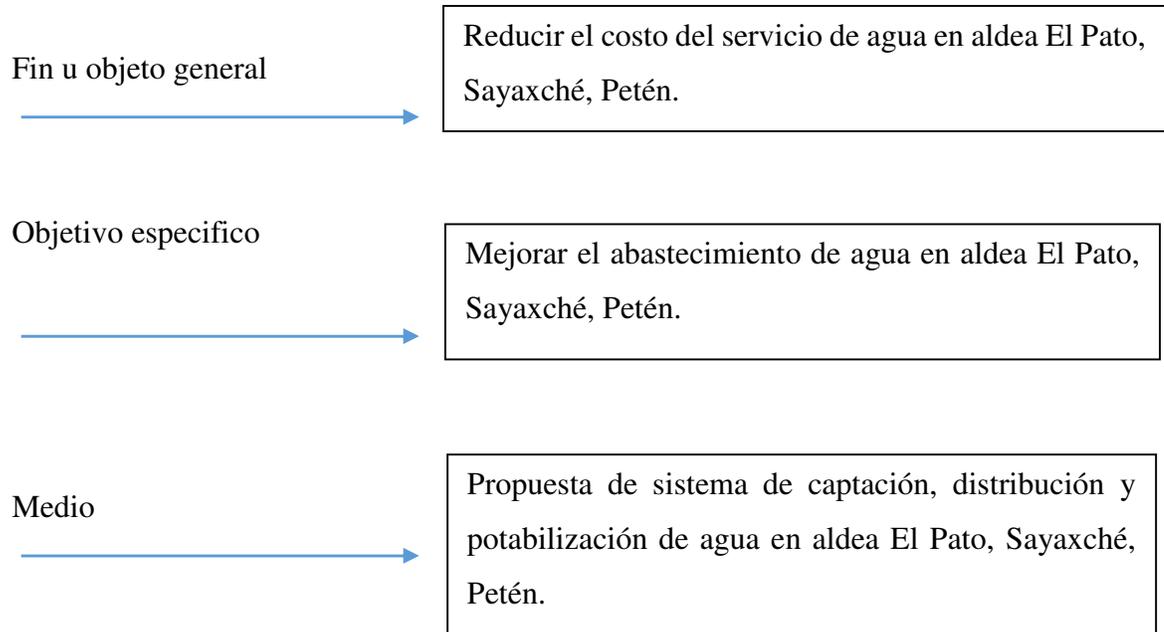


Hipótesis:

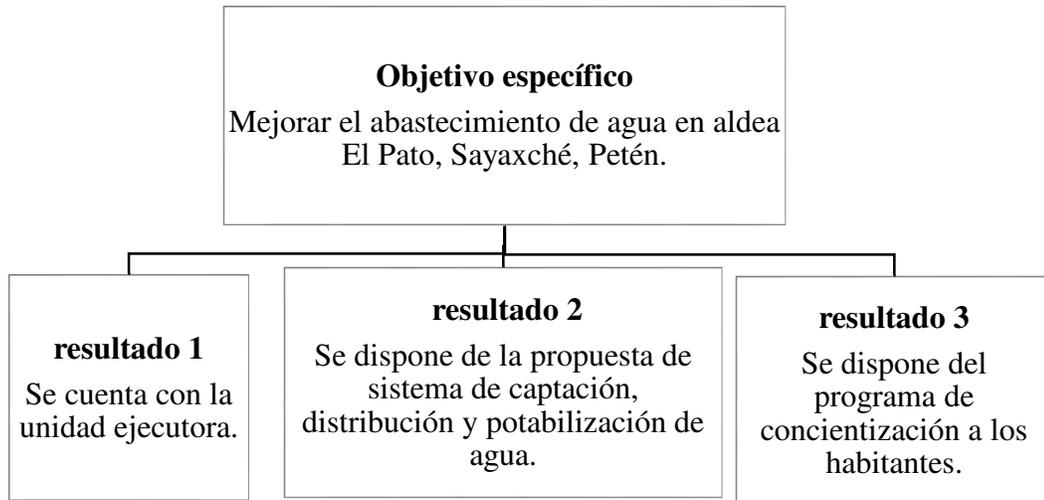
“El alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años por el abastecimiento inadecuado; es debido a la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua”.

¿Es la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua por el abastecimiento inadecuado; la causante del alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años?

Árbol de objetivos



Anexo 2. Diagrama del medio de solución de la problemática.



Anexo 3. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años.”**.

Esta boleta está dirigida a los habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Peten; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera que el costo del servicio de agua en la aldea ha incrementado?
Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

2. ¿Está de acuerdo con el costo actual del servicio de agua?
Sí _____ No _____

3. ¿Cuál es el costo actual del servicio de agua?
 - 3.1. 5 Q/tonel _____
 - 3.2. 10 Q/tonel _____
 - 3.3. 15 Q/tonel _____
 - 3.4. Especifique _____

4. ¿Estaría de acuerdo en adquirir un mejor servicio de agua a menor costo?

Sí _____ No _____

5. ¿Conoce alguna alternativa para disminuir los costos del servicio de agua?

Sí _____ No _____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.”**.

Esta boleta censal está dirigida a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Sayaxché Peten.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Cuentan con algún proyecto de agua potable para aldea El Pato?

Sí _____ No _____

2. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación el proyecto de agua potable para la aldea?

Sí _____ No _____

3. ¿Conoce los motivos de la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en la aldea?

Sí _____ No _____

4. ¿Ha solicitado el COCODE de la aldea el sistema de agua potable?

Sí _____ No _____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 5. Boleta de diagnóstico de la problemática.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable intermedia

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar el problema central siguiente: **“Abastecimiento inadecuado de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.”**.

Esta boleta está dirigida a los habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Peten; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera que el sistema de abastecimiento de agua es el adecuado?
Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____
2. ¿Ha padecido alguna enfermedad por consumir agua del abastecimiento actual?
Sí _____ No _____
3. ¿Considera que la falta de apoyo del alcalde afecta al abastecimiento de agua?
Sí _____ No _____
4. ¿Considera que el equipo que se utiliza para trasladar el agua, cumple con los estándares de higiene?
Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 6. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo de la muestra.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Población finita cualitativa

Variable dependiente e intermedia.

A continuación, se describe el anexo metodológico para el cálculo de la muestra al 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el método aleatorio de población finita cualitativa; que fue dirigida a los habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, carentes del suministro de agua potable.

La fórmula utilizada para el cálculo de la muestra con los parámetros arriba indicados es la siguiente:

$$n = \frac{N Z^2 pq}{Nd^2 + Z^2 pq}$$

De donde:

Z = Valor tabulado = 1.645

p = Probabilidad de éxito = 0.5

q = Probabilidad de fracaso = 0.5

d = error de muestreo = 0.1

n = tamaño de la muestra = 65

N = Población = 1,453

Se aclara que se utilizó el 50% del valor p, debido a que no se contaban con investigaciones previas al respecto; lo que supone es la máxima variación en las combinaciones de (p)(q).

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Este coeficiente es un indicador estadístico que nos indica el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta para proyectar dichas variables. En este caso el coeficiente de correlación es igual a 0.979298, lo que indica que el comportamiento de estas variables obedece a la ecuación de la línea recta; cuya fórmula implicada es la siguiente: $y = a + bx$.

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de $+ - 0.80$ a $+ - 1$.

A continuación, se presentan los cálculos y fórmula utilizada para obtener dicho coeficiente.

Cálculo de coeficiente de correlación.

AÑO	X (años)	Y (Costo en Q/M³)	XY	X²	Y²
2015	1	32	32	1	1024
2016	2	35	70	4	1225
2017	3	40	120	9	1600
2018	4	42	168	16	1764
2019	5	50	250	25	2500
Totales	15	199	640	55	8113

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	640
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	8113
$\sum Y=$	199
$n\sum XY=$	3200
$\sum X*\sum Y=$	2985
numerador=	215
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	40565
$(\sum Y)^2=$	39601
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	964
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-$	
$(\sum Y)^2)=$	48200
Denominador:	219.544984
r=	0.979298165

FORMULA:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Comentario: el resultado del coeficiente de correlación es de 0.979 el cual está dentro del rango aceptable ya que se encuentra dentro del rango establecido que es de 0.8 a 1, afirmándose la existencia de relación estrecha entre las variables.

Anexo 8. Anexo metodológico de la proyección

Para proyectar el impacto que se genera por la problemática estudiada, se procedió a utilizar la proyección lineal.

Previo a ello se procedió a determinar el comportamiento de la variable tiempo, respecto a los casos sujetos de estudio en el tiempo, conforme a una serie histórica dada, la que se encuentra dentro de los parámetros aceptables para considerarse como un comportamiento lineal, que se resume con la ecuación siguiente: $y=a+bx$

Para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de $+ - 0.80$ a $+ - 1$; cuyo cálculo es parte integrante de este documento.

A continuación, se presentan los cálculos y la tabla de análisis de varianza para proyectar los datos correspondientes.

Proyección lineal

Ecuación de la línea recta $y = a + bx$

AÑO	X (años)	Y (Costo en Q/M³)	XY	X²	Y²
2015	1	32	32	1	1024
2016	2	35	70	4	1225
2017	3	40	120	9	1600
2018	4	42	168	16	1764
2019	5	50	250	25	2500
Totales	15	199	640	55	8113

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	640
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	8113
$\sum Y=$	199
$n\sum XY=$	3200
$\sum X*\sum Y=$	2985
Numerador de b:	215
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	4.3
Numerador de a:	
$\sum Y=$	199
b * $\sum X =$	64.5
Numerador de a:	134.5
a=	26.9

FÓRMULAS:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

FÓRMULAS:

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Y=	26.9	+	4.3	X	
Y (2020)=	4.3	+	4.3		6
Y (2020)=	52.7				

Y=	26.9	+	4.3	X	
Y (2021)=	77.6	+	77.6		7
Y (2021)=	57				

Y=	26.9	+	4.3	X	
Y (2022)=	77.6	+	77.6		8
Y (2022)=	61.3				

Y=	26.9	+	4.3	X	
Y (2023)=	77.6	+	77.6		9
Y (2023)=	65.6				

Y=	26.9	+	4.3	X	
Y (2024)=	77.6	+	77.6		10
Y (2024)=	69.9				

Y=	a	+	b	X	Costo en Q/M³
Y (2020) =	26.9	+	4.3	6	52.70
Y (2021) =	26.9	+	4.3	7	57
Y (2022) =	26.9	+	4.3	8	61.3
Y (2023) =	26.9	+	4.3	9	65.6
Y (2024) =	26.9	+	4.3	10	69.9

Cálculos proyección proyecto.

Para el cálculo de la proyección con proyecto, se usó el siguiente cuadro en el cual se le asigna un valor porcentual a cada actividad de los resultados, el valor porcentual es a criterio del investigador, tomando en cuenta como las actividades resolverán la problemática.

resultado	años					Solución
	6 (2020)	7 (2021)	8 (2022)	9 (2023)	10 (2024)	
Resultado 1 (se cuenta con la unidad ejecutora.)						
Localización de la unidad ejecutora	1%	0%	0%	0%	0%	
Contratación de personal técnico	2%	1%	2%	1%	1%	
Relacionamiento de la oficina de planificación.	2%	0%	4%	0%	0%	
Resultado 2 (Se dispone de la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua.)						
Levantamiento Topográfico.	4%	1%	0%	0%	0%	
Etapas de diseño de red de agua potable.	3%	2%	0%	0%	0%	
Diseño del equipo de bombeo.	2%	1%	0%	0%	0%	
Diseño de torre para tinacos.	2%	1%	1%	0%	0%	
Instalación de red hidráulica	0%	1%	4%	4%	3%	
Habilitación de caseta de bombeo	0%	2%	2%	0%	0%	
Instalación de tubería de conducción	0%	1%	1%	0%	0%	
Construcción de torre para tinacos.	0%	2%	3%	2%	1%	
Conexiones prediales	0%	1%	2%	3%	3%	
Pruebas hidráulicas	0%	1%	0%	0%	4%	
Resultado 3 (Se dispone del programa de concientización a los habitantes.)						
Programa de capacitación	1%	1%	3%	0%	0%	
Métodos	1%	1%	3%	3%	0%	
Técnicas	1%	1%	3%	3%	1%	
Campaña de capacitación	1%	1%	4%	1%	0%	
Total	20%	18%	32%	17%	13%	100%

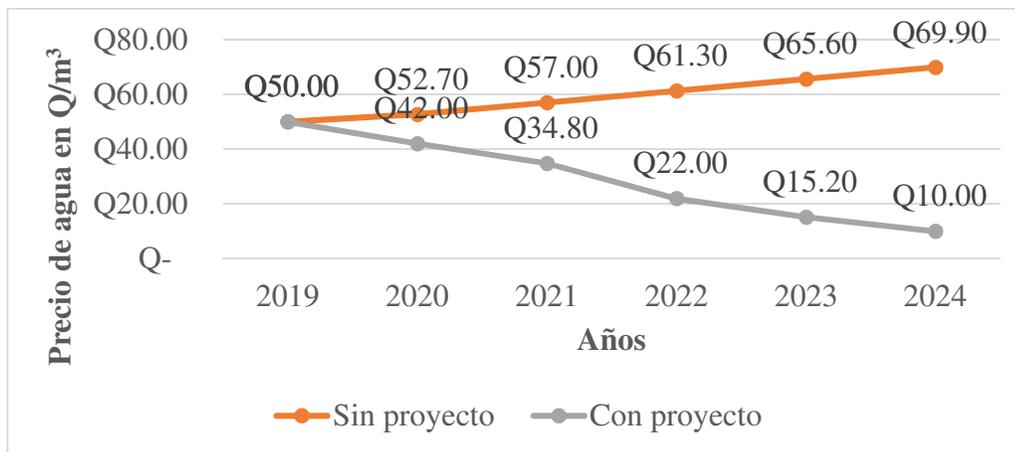
Fuente: Hoenes, V. A., noviembre de 2019

En el siguiente cuadro, se detalla cuanto se pretende intervenir con la ejecución del proyecto, en el costo del agua sin proyecto, y que porcentaje se intervendrá en cada año con el desarrollo de las actividades de los tres resultados.

Secuencial	Año	Proyección sin proyecto	Porcentaje propuesto	Intervención	Proyección con proyecto
5	2019	Q 50.00			Q 50.00
6	2020	Q 52.70	20.00%	Q 8.00	Q 42.00
7	2021	Q 57.00	18.00%	Q 7.20	Q 34.80
8	2022	Q 61.30	32.00%	Q 12.80	Q 22.00
9	2023	Q 65.60	17.00%	Q 6.80	Q 15.20
10	2024	Q 69.90	13.00%	Q 5.20	Q 10.00
		Q/m³	100.00%	Q 40.00	

Fuente: Hoenes, V. A., diciembre de 2019.

Gráfica comparativa con y sin proyecto



Fuente: Hoenes, V. A., diciembre de 2019.

Cuadro comparativo con y sin proyecto

Años	Costo de agua en Q/m ³ (sin proyecto)	Precio de agua en Q/m ³ (con proyecto)
2020	52.70	42
2021	57	34.80
2022	61.30	22
2023	65.60	15.20
2024	69.90	10

Fuente: Hoenes, V. A., noviembre de 2019.

Comentario: Se evidencia en el cuadro y gráfica anterior el aumento en el costo del agua sin la implementación del proyecto, manifestándose la necesidad de la implementación de la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en el área afectada.

Con la implementación del proyecto se logrará reducir los costos para la obtención del agua y lograr un costo en el agua de 10 quetzales por m³ un precio accesible para todos los habitantes de la aldea.

Anexo 9. Diagnóstico de la problemática.

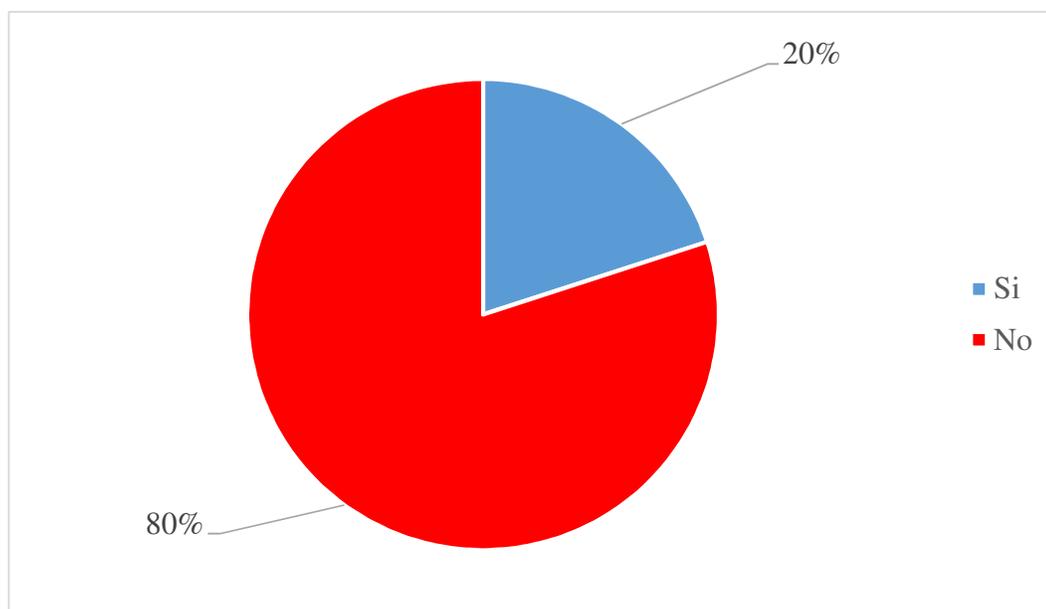
Cuadros y gráficas para la comprobación del problema Central.

Habitantes que consideran que el abastecimiento de agua es el adecuado.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	13	20
No	52	80
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Habitantes que consideran que el abastecimiento de agua es el adecuado.



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

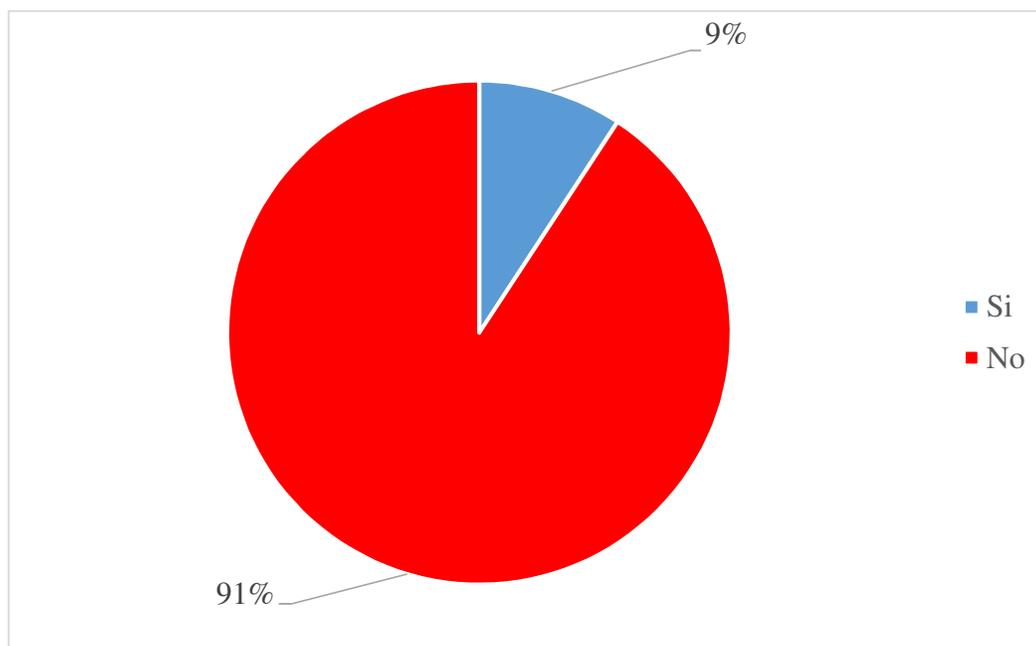
Análisis: Como se observa en el cuadro y la gráfica anterior, más de 3/4 de los habitantes de la aldea consideran que el abastecimiento de agua es inadecuado ya que es trasladada en pipas oxidadas, de modo que se ayuda a comprobar el problema central.

Habitantes que han padecido alguna enfermedad por consumir agua del abastecimiento actual.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	6	9
No	59	91
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Habitantes que han padecido alguna enfermedad por consumir agua del abastecimiento actual.



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

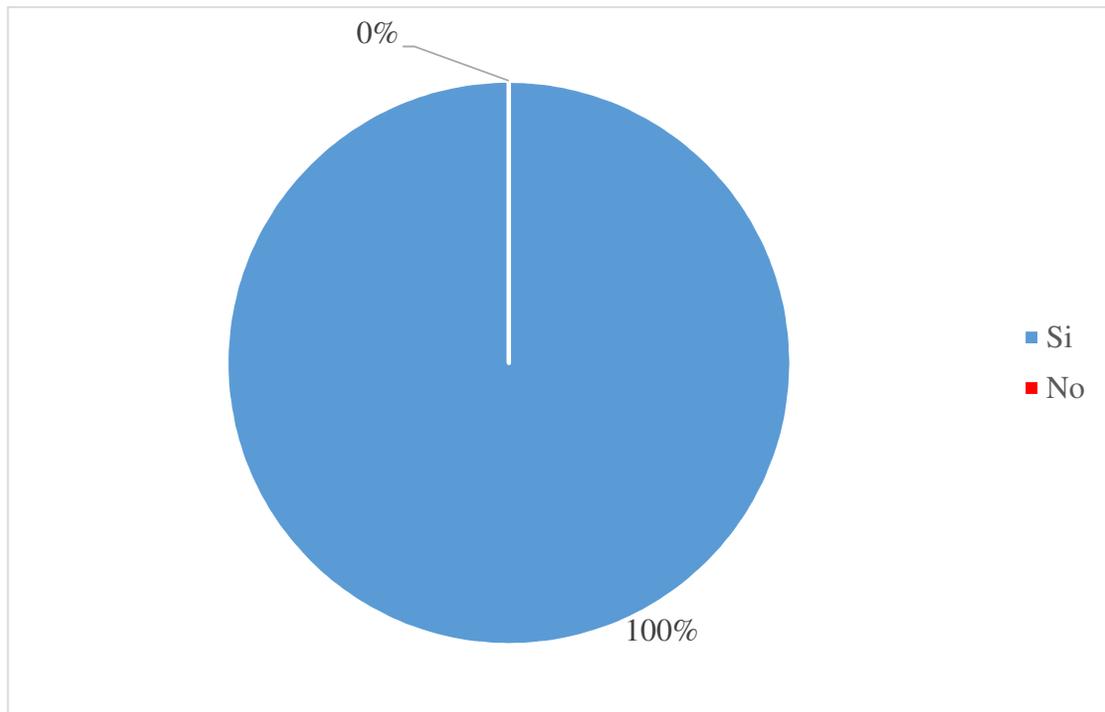
Análisis: En el cuadro y la gráfica anterior se evidencia que casi todos los pobladores no han padecido algún tipo de enfermedad por utilizar el agua del abastecimiento actual, sin embargo, hay un pequeño número de habitantes que, si se han enfermado por consumir agua del actual abastecimiento, por ende, se ayuda a comprobar el problema central.

Habitantes que consideran que la falta de apoyo del alcalde afecta al abastecimiento de agua.

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	65	100
No	0	0
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Habitantes que consideran que la falta de apoyo del alcalde afecta al abastecimiento de agua



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

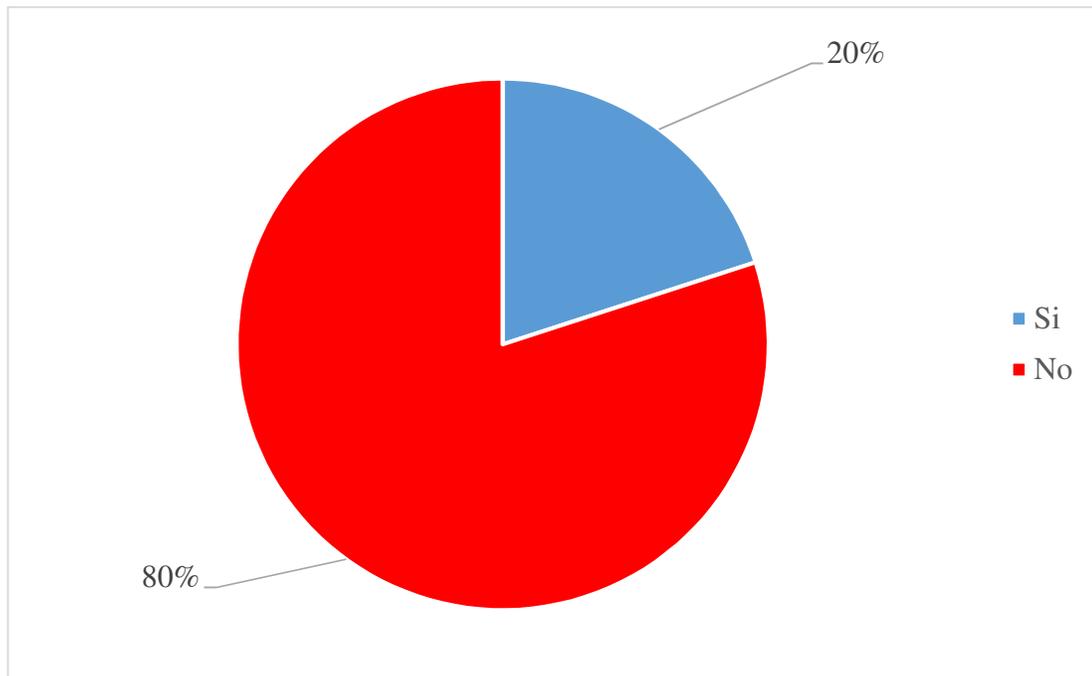
Análisis: Todos habitantes consideran que el abastecimiento inadecuado de agua es debido a la falta de apoyo del alcalde en función del municipio de Sayaxché, de modo que se ayuda a comprobar el problema central.

Habitantes que consideran que el equipo que se utiliza para trasladar el agua, cumple con los estándares de higiene

Respuestas	Cantidad de habitantes	Valor relativo (%)
Si	13	20
No	52	80
Totales	65	100

Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Habitantes que consideran que el equipo que se utiliza para trasladar el agua, cumple con los estándares de higiene



Fuente: Habitantes de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, agosto de 2019.

Análisis: Más de $\frac{3}{4}$ de los habitantes consideran que el equipo con el que actualmente se traslada el agua no es el adecuado ya que no cumple con los estándares de higiene, porque el agua es trasladada en pipas oxidadas y esto produce contaminación al agua, por lo que se ayuda a comprobar el problema central.

Víctor Alejandro Hoenes

TOMO II

PROPUESTA DE SISTEMA DE CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y
POTABILIZACIÓN DE AGUA EN ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ, PETÉN.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, diciembre de 2020

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el título universitario de Licenciatura en Ingeniería Civil con énfasis en construcciones rurales.

PRÓLOGO

El programa de graduación de la Universidad Rural de Guatemala en cumplimiento a lo que estipula para obtener el título de Ingeniero Civil, en el grado académico de licenciado, se elaboró la propuesta denominada: Propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

La propuesta presentada tiene como finalidad implementar el sistema de captación, distribución y potabilización de agua para que los habitantes de aldea El Pato, puedan contar con agua potable ya que esto vendrá a mejorar sus condiciones de vida.

Se desarrolla la propuesta de un sistema de captación, distribución y potabilización de agua, producto de la investigación realizada en la aldea.

En la investigación se determinó que existe la carencia de agua potable, y las ofertas que tienen los habitantes para abastecerse del recurso agua, tienen un costo muy alto, el cual no todos los habitantes tienen la capacidad de pagar.

PRESENTACIÓN

La investigación realizada tiene por objeto determinar los problemas que los habitantes de la aldea tienen para obtener agua potable, así como también cual es el costo que deben de pagar para la obtención de agua potable, una vez determinados estos aspectos se tiene por objeto implementar la propuesta del sistema de captación, distribución y potabilización del agua en la aldea, ya que con esto se reducirán los costos para la obtención del agua como también los habitantes contarán con agua de mejor calidad y esto mejorará sus condiciones de vida.

Por medio del diagnóstico realizado en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, previo a la investigación se identificó que los habitantes del lugar no cuentan con algún abastecimiento de agua potable, por medio del cual se procedió a analizar alternativas para contrarrestar esta problemática, la investigación se realizó de febrero 2019 hasta septiembre de 2020, con los habitantes de aldea El Pato.

La propuesta incluye la toma directa del agua, la conducción, desinfección y distribución a las viviendas de los habitantes por medio de una conexión predial, esto beneficiaría a cada habitante ya que todos tendrían la oportunidad de poder contar con el recurso agua, y así se solucionaría la problemática encontrada mediante la investigación que se realizó en la aldea.

ÍNDICE	pág.
I. RESUMEN.....	1
II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	8
ANEXOS	

I. RESUMEN

El no contar con un sistema de abastecimiento de agua potable en aldea el Pato Sayaxché Petén, conlleva a un alto costo para la obtención del agua potable en los últimos cinco años, esto llevo a la investigación y al desarrollo de la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua.

Desde el inicio se utiliza el marco lógico para la obtención del árbol de problemas y el árbol de objetivos, de esta forma se definieron los objetivos de la investigación. Se elaboró la metodología y el uso de técnicas que conllevaron a la comprobación de la hipótesis planteada, para soporte a la metodología se estableció el marco teórico, que contiene información referencial, así mismo la comprobación de la hipótesis de la investigación y los medios de solución.

La investigación realizada documenta la información que permite conocer la problemática y los medios de solución, específicamente en el abastecimiento de agua potable.

Para comprobar la hipótesis planteada, se realizó una encuesta a los habitantes de la aldea para la comprobación del efecto y el problema central, también se realizó un censo a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad (Sayaxché Petén) para comprobar la causa, el historial numérico fue interpretado por medio del coeficiente de correlación y ecuación lineal, para conocer la relación existente entre las variables dependiente e independiente.

Planteamiento del problema: Debido al constante crecimiento de los habitantes de la aldea, se recurre a la necesidad de contar con agua para suplir sus necesidades, en la aldea no se cuenta con ningún abastecimiento de agua potable, los habitantes deben de bajar al rio y transportar el agua en recipientes hacia sus viviendas, algo que es

complicado y consume mucho tiempo, o pueden decidirse por la otra opción la cual es la compra del agua que realiza una empresa particular que les vende el agua que traslada por medio de pipas, pero venden el agua a un costo muy elevado que la mayoría de los habitantes no pueden pagar y otros se ven obligados a pagar por ser la única opción del traslado de agua directamente hacia sus viviendas.

Los altos costos para la obtención de agua tienen un gran impacto en las familias, debido a la necesidad de contar con agua para satisfacer sus necesidades; un escenario que demanda la implementación de alternativas o soluciones.

Esto es provocado por la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

Hipótesis causal: “El alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años por el abastecimiento inadecuado; es debido a la inexistencia del sistema de captación, distribución y potabilización de agua”.

Hipótesis interrogante: ¿Es la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua por el abastecimiento inadecuado; la causante del alto costo del servicio de agua en la aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años?

Objetivos

Objetivo general: Reducir el costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

Objetivo específico: Mejorar el abastecimiento de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

Justificación: El alto costo del servicio de agua en aldea el Pato, Sayaxché, Petén, se debe a que no se cuenta con un abastecimiento adecuado de agua potable, esto es

debido a la inexistencia del sistema de captación, distribución y potabilización del agua, el incremento en los costos para la obtención de agua es preocupante ya que el único abastecimiento que hay actualmente es por medio de pipas y este tiene un costo de Q 10.00 por tonel, el cual es un costo muy elevado que no todos los habitantes pueden pagar, además de que el agua que les venden no pasa por ningún tratamiento que la convierta en agua potable, es distribuida como agua cruda, que tiene un costo muy elevado.

La propuesta del sistema de captación, distribución y potabilización del agua para la aldea, busca beneficiar a los habitantes hombres, mujeres y niños ya que con esto se lograría tener agua de buena calidad y se aprovecharía la fuente que es el río la pasión, con esto se ahorrarían costos en la obtención del agua y se mejoraría la calidad de vida de los habitantes.

Si la propuesta del sistema de captación, distribución y potabilización del agua para la aldea no se realiza, los habitantes continuarían con el pago de un costo muy alto para obtener agua que no recibe ningún tratamiento, que llegaría a costar en 2024, Q69.90/m³, y no se mejoraría su calidad de vida.

Metodología

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se exponen a continuación:

Métodos

Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis

Método deductivo: El método deductivo es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de principios. El método fue utilizado en la formulación de la hipótesis; primero se identificó la problemática existente en aldea el Pato, Sayaxché, Petén, sobre el abastecimiento inadecuado de

agua, después se generó la causa inmediata, así como el efecto que ocasiono el problema.

Método analítico: Es un método que se basa en la experimentación y la lógica empírica, con este método se pudo identificar e interpretar los datos obtenidos de la formulación de la hipótesis, por medio del cual se analizaron las causas del abastecimiento inadecuado de agua y así poder reducir los costos en la obtención de agua en aldea el Pato, Sayaxché, Petén.

Método marco lógico: Se utilizó ya cuando se conocía mejor la problemática, se desarrollaron los objetivos y resultados para conocer hasta donde se puede llegar con el estudio conforme la matriz de la estructura lógica.

Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis

Método inductivo: Se utilizó el método inductivo para obtener los resultados específicos del problema identificado en la aldea, lo que sirve para la elaboración de la comprobación de la hipótesis, conclusiones y recomendaciones.

Método estadístico: El método estadístico permitió determinar mediante las encuestas, la comprobación de la hipótesis y así establecer que “El alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años por el abastecimiento inadecuado; es debido a la inexistencia de sistema de captación, distribución y potabilización de agua”.

Método sintético: Se utilizó la síntesis para obtener las conclusiones, recomendaciones y resultados de la investigación.

Técnicas

Técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis

Lluvia de ideas: Se utilizó esta técnica para enlistar todos los problemas relevantes que se encuentran en la aldea, para que después se pudieran priorizar los más relevantes.

Observación directa: Esta técnica se utilizó con la observación directa a los habitantes de la aldea, para identificar los problemas que generan el alto costo del servicio de agua.

Investigación documental: Se realizó una búsqueda y una revisión bibliográfica de los documentos que tuvieran información similar en relación a la problemática del abastecimiento inadecuado del agua.

Entrevista: Se realizó una entrevista a los habitantes de la aldea, y al departamento de planificación de la municipalidad, de Sayaxché, Petén, con el fin de obtener diferentes perspectivas y así obtener información precisa para la problemática establecida.

Técnicas que se utilizaron para la comprobación de la hipótesis

Censo: Se realizó un censo a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Sayaxché Peten, ya que su población es de 5 la cual es menor a 35 personas, con este censo se ayudó a comprobar la variable independiente.

Encuestas: Se elaboraron tres encuestas a distintas poblaciones: dos encuestas dirigidas a los habitantes de la aldea, para la comprobación de las variables dependiente e intermedia y una encuesta dirigida a los técnicos de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Sayaxché Peten, para la comprobación de la variable independiente.

Técnica de análisis: Se utilizó esta técnica para obtener el análisis de los resultados, las conclusiones y recomendaciones en la tabulación de las encuestas obtenidas de la comprobación de las tres variables.

Calculo del tamaño de la muestra: Por ser una población de 1,453 habitantes, fue necesario realizar un cálculo del tamaño de la muestra con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa, con un resultado representativo de 65 habitantes los cuales fueron encuestados para comprobar el efecto y el problema central.

Coefficiente de correlación: Se realizó la estadística del coeficiente de correlación para conocer si existe relación entre el efecto y la causa, posteriormente la realización de la proyección de la línea recta.

Proyección: Se realizó la proyección en línea recta para obtener una gráfica que ayude a conocer el comportamiento de las variables en los años futuros con y sin proyecto, por ende, se verifica el impacto positivo o negativo que tendrán los habitantes al tener o no la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua.

Propuesta de solución

Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora “Municipalidad de Sayaxché”

Actividad 1. Identificar instituciones u organizaciones presentes en el área de intervención.

Actividad 2. Socialización de la propuesta a instituciones integrantes con la Unidad Ejecutora.

Actividad 3. Unión de instituciones a la unidad ejecutora.

Actividad 4. Planificación y coordinación de las intervenciones de la Unidad Ejecutora.

Actividad 5. Ejecución del proyecto

Actividad 6. Supervisión del proyecto.

Actividad 7. Entrega del proyecto.

Actividad 8. Inauguración.

Resultado 2. Se dispone de la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua.

Actividad 1. Identificación y análisis comparativo.

Actividad 2. Ingeniería del proyecto.

Actividad 3. Diseño de obras complementarias y especiales.

Actividad 4. Sistema de desinfección y saneamiento.

Resultado 3. Se dispone del programa de concientización a los habitantes.

Actividad 1. Elaboración de presentación para el ahorro del consumo de agua.

Actividad 2. Solicitar la asistencia a la capacitación.

Actividad 3. Entrega de folletos informativos.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de la presentación de los resultados, de los análisis de la investigación realizada en aldea El Pato Sayaxché Petén, se pudo llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

II.1. Conclusión.

- Se comprueba la hipótesis: “El alto costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, en los últimos 5 años por el abastecimiento inadecuado; es debido a la inexistencia del sistema de captación, distribución y potabilización de agua”. con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error de muestreo.
-

II.2. Recomendación.

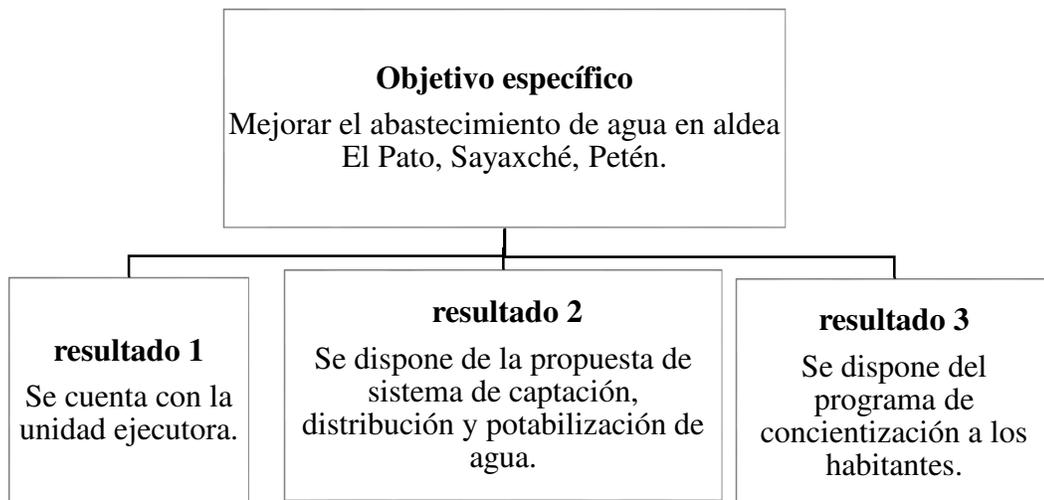
- Implementar el sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

ANEXOS

Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática

A continuación, se describe el diagrama del medio de solución de la problemática, para poder lograr el objetivo específico el cual es mejorar el abastecimiento de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén, para lograr esto se cuentan con tres resultados y cada uno de ellos cuentan con sus actividades en las cuales se detallan los pasos a seguir para lograr el objetivo.

Diagrama del medio de solución de la problemática.



Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora “Municipalidad de Sayaxché”

Actividad 1. Identificar instituciones u organizaciones presentes en el área de intervención.

En este apartado se van a conocer a cada una de las instituciones e organizaciones, que se encuentren en el área y que se encuentren con intervención en la aldea, para que en su momento puedan ser parte de la unidad ejecutora.

Para poder identificar a las instituciones que tienen área de influencia en el lugar, se debe de empezar por el COCODE y el alcalde auxiliar de la aldea, quienes son los

líderes de la aldea, y responsables de la gestión e implementación de cualquier proyecto.

Actividad 2. Socialización de la propuesta a instituciones integrantes con la Unidad Ejecutora.

Citar a cada una de las instituciones y organizaciones que fueron identificadas en la fase anterior, para darles a conocer detalladamente la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea El Pato Sayaxché, Petén.

Se debe de desarrollar todo el proceso, desde la identificación del problema, sus objetivos, la identificación en campo para la comprobación de la hipótesis, las bases teóricas y legales, sus alcances, las conclusiones y recomendaciones pertinentes; la propuesta de solución, costos, el tiempo que conlleva hasta alcanzar el propósito fundamental en beneficio de los habitantes de la aldea.

Con la explicación detalladamente de la propuesta, las organizaciones, instituciones y habitantes de la aldea, podrán conocer todos los detalles de la propuesta para resolver la problemática que existe, como también en que parte pueden intervenir y los aportes que puedan realizar para la implementación de la propuesta.

El procedimiento debe de ser encabezado por el cocode y alcalde auxiliar de la aldea, ya que son ellos los que deberán de transmitir la problemática que tienen todos los habitantes de la aldea, y que así todos los invitados puedan percibir de buena manera la implementación de la propuesta con una visión de beneficio mutuo, dado que la intervención será de mayor impacto con la alianza de varios entes, por medio de la propuesta para la aldea.

Se debe de ser claro y conciso con cada integrante de la unidad, ya que el propósito no es obligarlos a un aporte financiero directo; si no que, con un apoyo técnico,

asesoría y acompañamiento para la gestión del ente que en su momento pueda financiar el plan.

Actividad 3. Unión de instituciones a la unidad ejecutora.

Después de socializar las propuestas a las instituciones privadas y gubernamentales, cada uno de los representantes establecerá la fecha de la próxima reunión para establecer la conformación de la Unidad Ejecutora; es decir la parte para asignar las diferentes actividades o tareas, y si el proyecto se ejecutara como un proyecto tripartito, con el apoyo de la municipalidad de Sayaxche, y el apoyo de una institución privada, los habitantes de la aldea podrán apoyar con la mano de obra no calificada.

Actividad 4. Planificación y coordinación de las intervenciones de la Unidad Ejecutora.

Se deberá de elaborar un documento en el cual se especifique y se plasme la planificación de las actividades que serán propuestas y estipuladas en la propuesta del sistema de captación, distribución y potabilización de agua en aldea el Pato, Sayaxché, Petén, que contiene los objetivos, resultados, actividades e insumos necesarios y el tiempo de su ejecución estipulada en cronogramas de trabajo.

Con esto la unidad ejecutora, se basará en el plan, para la elaboración de planes operativos; así mismo distribuirá responsabilidades, componentes o actividades específicas a cada uno de sus miembros que la integran.

Actividad 5. Ejecución del proyecto

El proyecto será ejecutado por la municipalidad de Sayaxche, específicamente por la dirección municipal de planificación la cual será la encargada de elaborar el presupuesto y realizar la planificación, y poner en licitación el proyecto para asignárselo a un contratista, como también se realizará el cronograma de trabajo.

Actividad 6. Supervisión del proyecto.

La dirección municipal de planificación asignara a un supervisor para que se encargue de la supervisión de la ejecución del proyecto, el cual se encargara de que el contratista cumpla con los tiempos asignados en el cronograma de trabajo, como también que se cumplan las especificaciones técnicas y la calidad de los materiales.

Deberá de elaborar reportes de cada visita y comunicarles a los líderes de la aldea el avance que tiene el proyecto.

Actividad 7. Entrega del proyecto.

Se realizará la entrega del proyecto y la revisión final de la calidad de los trabajos se deberá de realizar un acta de entrega del proyecto a los líderes de la aldea y se realizaran también las respectivas pruebas hidráulicas, para comprobar que todos los ramales cumplan con los requerimientos con los que fueron diseñados.

Actividad 8. Inauguración.

Se hará una actividad al final una convivencia entre las autoridades municipales y líderes de la aldea, para hacerles entrega del proyecto completo, como también todas las recomendaciones para su mantenimiento.

Resultado 2. Se dispone de la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua.

Actividad 1. Identificación y análisis comparativo.

La aldea no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua para cubrir la demanda de este servicio. Por lo que es necesario el diseño y la construcción de un proyecto de sistema de agua potable con una fuente de agua capaz de cubrir la demanda actual y futura.

El número de viviendas actuales a servir es de 290, en las que viven un número aproximado de 1,453 personas, por lo que resulta en una densidad de 5 habitantes por vivienda.

La primera alternativa consiste en un proyecto de agua potable por gravedad. Son los sistemas de abastecimiento de agua en la que esta cae por su propio peso desde una fuente elevada hasta los consumidores situadas más abajo. La energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua en virtud de su altura.

El sistema funcionara por el bombeo desde la captación hacia el tanque elevado que alimentara la red de distribución hacia las viviendas, con la operación solamente de la bomba y válvulas para dar un buen servicio de agua a los habitantes.

Actividad 2. Ingeniería del proyecto.

Actividad 2.1 Estudios básicos.

Se deberá de realizar los siguientes estudios básicos ya que servirán para determinar las bases del diseño para la implementación de la propuesta del sistema de captación, distribución y potabilización de agua.

2.1.1 Topografía.

Para sistemas de agua potable en zonas rurales se deberá de seguir lo establecido en la guía de diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales de UNEPARA.

Se deberá de efectuar el levantamiento topográfico de la línea que une la fuente de abastecimiento de agua seleccionada con el núcleo poblado. Identificar y localizar detalles importantes como: estructuras existentes, pasos de ríos, quebradas y zanjones, caminos, cercos, puntos altos del terreno, entre otros.

El levantamiento del núcleo poblado consistirá en el trazo de líneas principales y ramales secundarios a ser utilizados para la instalación de las tuberías de distribución del agua, con la localización de todas las viviendas, edificios públicos, calles y caminos existentes; así como la identificación de todas las estructuras y sitios importantes.

2.1.2. Fuentes de agua.

a. Tipo de fuente

El tipo de fuente es un río y se considera un tipo de fuente superficial. Es el más recomendado, con la obra de captación e instalación del equipo de bombeo, permitirá el uso del agua para enviarla al tratamiento primario.

b. Aforo

Es la operación para medir un caudal, es decir, el volumen de agua por unidad de tiempo y este se medirá en litros/segundo. Se deberá de utilizar el método volumétrico en la época de estiaje, para asegurar el caudal mínimo de la fuente y suplir la demanda de agua de la población.

2.1.3. Calidad el agua.

En relación a la calidad del agua se deberán de hacer los respectivos análisis físico-químicos y bacteriológicos para ver si se cumple con la norma COGUANOR 29001.

Los límites máximos aceptables y permisibles corresponderán a la norma COGUANOR NTG 29001, los parámetros que deberán de cumplir corresponderán a los establecidos en los incisos, 5.1, 5.2 y 6.

2.1.4. Normas de diseño.

El diseño deberá de realizarse con la experiencia en la formulación de proyectos de agua de los diseñadores de INFOM-UNEPAR. Se debe de utilizar la guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales de UNEPAR, para considerar la naturaleza del proyecto. Además de las normas de diseño de tienen que utilizar las especificaciones de construcción de UNEPAR.

a. Dotación.

La dotación adoptada para el proyecto, de acuerdo a los criterios establecidos en la Guía para el diseño de UNEPAR, es de 60 litros por habitante por día. Se considera esta dotación para optimizar en lo posible el costo del proyecto y la capacidad de producción de la fuente.

b. Periodo de diseño.

Debe de estar propuesto para 22, años y considerar 2 años adicionales para los trámites de obtención del financiamiento y el periodo de la construcción.

c. Población.

La población actual y futura de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, es de 1453 y 2396 habitantes respectivamente siendo estos datos los utilizados para considerarlos en el diseño técnico. Se utilizó una tasa de crecimiento del 2.3% del promedio de los habitantes del censo 2015, y se calculó la población de la siguiente manera:

$$P_f = P_o \cdot (1+i)^t = 1453 * (1+0.023)^{22} = 2396 \text{ habitantes.}$$

Donde:

P_o = población actual

i = tasa de crecimiento anual

t = período de diseño

2.1.5. Diseño hidráulico del sistema de agua.

Para el diseño hidráulico del sistema de agua se fijan los parámetros y variables técnicas. Están establecidas las formulas y especificaciones para considerarlos en el diseño del proyecto. A continuación, se presentan los parámetros básicos de diseño para la aldea.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Gravedad
Viviendas actuales (viv)	290
Densidad de vivienda (hab/viv)	5
Población actual (hab)	1453
Tasa de crecimiento (%)	2.30%
Periodo de diseño (años)	22

Dotación (L/hab/día)	60
Factor máximo diario - FMD	1.2
Factor máximo horario - FMH	2
% para calcular volumen en T.D.	25%
Viviendas futuras (viv)	479
Población futura (hab)	2396
Caudal medio Qm (L/s)	1.59
Caudal máximo diario - CMD (l/s)	1.9
Caudal máximo horario - CMH (l/s)	3.8
Tanque de distribución calculado (m3)	34
Tanque de distribución recomendado (m3)	35

Fuente: Hoenes V., noviembre de 2019.

a. Línea de conducción.

Se debe de diseñar la línea de conducción, y considerar el régimen de conducción forzada para poder transportar el agua al tanque de almacenamiento. Deben de seguirse las recomendaciones de la guía para el diseño de UNEPAR para conducciones forzadas con los siguientes datos básicos del cálculo hidráulico:

- Diámetros mínimos: se sugiere un diámetro mínimo de 38mm (1 ½”). Por razones hidráulicas o económicas, podrán aceptarse diámetros hasta de 19 mm (3/4”).
- Velocidades: se considera la velocidad mínima y máxima de 0.40 y 3.00 metros sobre segundo. Preferiblemente no mayor de 1.50 metros sobre

segundo, y solamente en longitudes cortas de tramos finales se puede permitir hasta un máximo de 5.00 metros sobre segundo.

- **Colocación y anclaje de tubería:** las tuberías deberán enterrarse a una profundidad mínima de 0.60 metros sobre la corona (nivel superior del tubo). Si los terrenos son dedicados a la agricultura, la profundidad mínima será de 0.80 metros.
- Válvulas de aire: se instalarán en los puntos más altos que admitan y expulsen el aire con un diámetro nominal del 12% del diámetro de conducción.
- Válvulas de limpieza: se instalarán en los puntos más bajos. Para conducciones menores de 55 mm (2") el diámetro de purga será igual al de la línea de conducción. Para conducciones mayores de 55 mm (2") el diámetro de purga será de 55 mm (2").

Actividad 3. Diseño de obras complementarias y especiales.

3.1. Captación.

La captación será una toma directa ya que existen pequeñas oscilaciones en los niveles de la superficie libre, se debe de hacer una estación de bombeo fija con toma directa en el río.

3.2 Tanque de almacenamiento.

Se deberá de diseñar un tanque de almacenamiento o distribución, el volumen del tanque de almacenamiento o distribución se debe de calcular de acuerdo a la demanda real de la comunidad. Sin embargo, en el literal 4.4.3 de la guía para el diseño de UNEPAR indica que, al no contar con estudios de dicha demanda en sistemas por

gravedad, se puede adoptar de 25% a 40% del consumo medio diario estimado. Por tanto, el volumen del tanque se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Vol} = 0.25 \times 1.59 \times 86.40 = 34.34 \text{ m}^3$$

El resultado es un volumen aproximado de 35 m³. Se debe de tomar en cuenta que el caudal esta dado en litros sobre segundo, razón por la cual el factor 86.40 que convierte los segundos en día y los litros a metros cúbicos.

Se deberá de hacer el diseño estructural del tanque de almacenamiento.

Actividad 4. Sistema de desinfección y saneamiento.

Con el propósito de proveer agua libre de bacterias, virus y amebas a los usuarios, se debe de incorporar un sistema de desinfección. El cual será a base de cloro.

Para este proyecto se propone utilizar un hipoclorador. Se usará uno solo, que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65% diluido en agua en pequeñas dosis, directamente al caudal de entrada en el tanque de distribución.

Resultado 3. Se dispone del programa de concientización a los habitantes.

Actividad 1. Elaboración de presentación para el ahorro del consumo de agua.

Se debe de elaborar una presentación clara y concisa para los habitantes en cuanto al uso correcto y ahorro del agua, esta debe contener la dotación que se les asigne, como deben de utilizar el agua, como deben desinfectar el agua si deciden almacenarla en toneles.

Actividad 2. Solicitar la asistencia a la capacitación.

Por medio del COCODE y el alcalde auxiliar de la aldea, se debe de convocar a la mayor parte de los habitantes, para explicarles cómo estará operando el sistema los

horarios para abastecerse y como deben de usar correctamente el agua para no desperdiciarla.

Actividad 3. Entrega de folletos informativos.

Se deberá de entregar folletos informativos que contengan de una manera clara y que todos puedan entender la forma correcta de utilizar el agua, y contendrán información de cómo almacenar agua y como desinfectarla.

Anexo 2. Matriz de la Estructura Lógica

COMPONENTES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>Objetivo general: Reducir el costo del servicio de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.</p>	<p>A partir del segundo año de la implementación de la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua, se reduce el costo del servicio en un 80%.</p>	<p>Recibos de agua potable. Reportes de la Oficina de Agua Potable. Entrevistas. Visitas de campo.</p>	<p>La Oficina de Planificación contribuye con la ejecución del proyecto de abastecimiento de agua potable.</p>
<p>Objetivo específico: Mejorar el abastecimiento de agua en aldea El Pato, Sayaxché, Petén.</p>	<p>A partir del segundo año de la implementación de la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua, se mejora el abastecimiento en un 80%.</p>	<p>Encuestas. Informes de supervisión de obra. Fotografías. Visitas de campo. Entrevista.</p>	<p>El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MISPAS ayuda con la asistencia técnica a los operadores del sistema de abastecimiento de agua.</p>
<p>Resultado 1 Se cuenta con la unidad ejecutora.</p>			

<p>Resultado 2</p> <p>Se dispone de la propuesta de sistema de captación, distribución y potabilización de agua.</p>			
<p>Resultado 3</p> <p>Se dispone del programa de concientización a los habitantes.</p>			

Fuente: Hoenes V., noviembre de 2019.

Anexo 3. Presupuesto

El presupuesto del proyecto se detalla de la siguiente manera. Se presenta el resumen del presupuesto de dos maneras, el primero se presenta el presupuesto por renglones de la línea de conducción y succión y toda la línea de distribución y en el segundo se presenta el presupuesto del tanque de almacenamiento, los presupuestos están integrados con base en costos unitarios.

A continuación, se describe el presupuesto por renglones y se incluye un cronograma de ejecución del proyecto:

Anexo 3.1 Presupuesto red de distribución

RESUMEN DE RENGLONES					
REGLON	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
1.1	Trabajos preliminares				
1.1	Replanteo topográfico.	KM	8.50	Q1,237.84	Q10,521.63
				SUB TOTAL	Q10,521.63
1.2	Línea de succión e impulsión.				
1.2.1	Suministro e instalacion de manguera anillada de 4", incluye acoples rapidos valvula de cheque.	U	1.00	Q1,494.38	Q1,494.38
1.2.2	Excavacion, suministro e instalacion y relleno de zanja para tubería de 4"x20' de 160 PSI.	m	465.00	Q102.85	Q47,824.92
				SUB TOTAL	Q49,319.29
1.3	Red de distribución				
1.3.1	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 4"x20' de 160 PSI.	m	285.00	Q100.59	Q28,668.25
1.3.2	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 3" de 160 PSI.	m	1,130.00	Q69.96	Q79,058.73
1.3.3	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 2" 1/2" de 160 PSI.	m	1,595.00	Q61.25	Q97,695.46
1.3.4	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 2" de 160 PSI.	m	935.00	Q47.59	Q44,496.98
1.3.5	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 1" 1/2" de 160 PSI.	m	2,795.00	Q46.23	Q129,222.11
1.3.6	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 1" de 160 PSI.	m	1,300.00	Q29.71	Q38,627.31
1.3.7	Suministro e instalación de accesorios y derivaciones de tubería de 4", 3", 2" 1/2", 2".	Global	1.00	Q4,963.30	Q4,963.30
1.3.8	Suministro e instalación de accesorios y derivaciones de tubería de 1" 1/2", 1".	Global	1.00	Q2,776.52	Q2,776.52
1.3.9	Suministro e instalacion de valvulas de bola para el control de los circuitos.	U	20.00	Q800.00	Q16,000.00
1.3.10	Pruebas de presion en cada ramal	Global	1.00	Q4,000.00	Q4,000.00
				SUB TOTAL	Q445,508.67

2	Conexiones Prediales				
2.1	Conexiones prediales con contador de 1/2", incluye todos sus accesorios y colocacion de chorro de bronce, con niple hg de 24".	U	295.00	Q455.00	Q134,225.00
	SUB TOTAL				Q134,225.00
3	Caja dosificadora de cloro en tabletas				
3.1	Suministro y construccion de caja de mamposteria de concreto e instalacion de tee pvc de 6" para colocacion de pastilla de cloro.	U	1.00	Q4,500.00	Q4,500.00
	SUB TOTAL				Q4,500.00
4	Suministro e instalación de equipo de bombeo				
4.1	Suministro e instalacion de Motobomba Honda WH20X Alta presion de 5 HP.	U	1.00	Q12,000.00	Q12,000.00
	SUB TOTAL				Q12,000.00
	TOTAL				Q 656,074.60

Anexo 3.2 Presupuesto tanque de distribución

RESUMEN DE RENGLONES					
No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
1	Materiales				
1.1	Lamina negra Norma a 36 4'x8'x1/4"	U	34	Q1,260.00	Q42,840.00
1.2	Lamina antideslizante 4'x8'x1/4"	U	4	Q1,500.00	Q6,000.00
1.3	Tubo negro de 6" cedula 40 standard	U	11	Q2,473.11	Q27,204.21
1.4	Tubo de proceso de 1/2"	U	8	Q62.00	Q496.00
1.5	Tubo de proceso de 1"	U	24	Q118.50	Q2,844.00
1.6	Tubo redondo de 4" cedula 40 standard	U	20	Q1,800.00	Q36,000.00
1.7	Tubo conduit galvanizado de 1/2"	U	2	Q70.00	Q140.00
1.8	Foco para trafico aereo	U	1	Q65.00	Q65.00
1.9	Cedazo de 1/16"	Yarda	1	Q40.00	Q40.00
1.1	Perfil tipo "L" de 4" x4" x1/2" Norma A-36	U	39	Q1,333.00	Q51,987.00
1.11	Pemos de 1" 1/2" x 2" 1/2"	U	200	Q26.00	Q5,200.00
1.12	Electrodo 7011 punta café	Lb	20	Q13.00	Q260.00
1.13	Electrodo 7013 punta café	Lb	20	Q11.00	Q220.00
1.14	Pintura anticorrosiva	Gl	40	Q60.00	Q2,400.00
1.15	Cemento gris de 42.5 kg	B1	60	Q82.50	Q4,950.00
1.16	Arena de rio	m3	6	Q110.00	Q660.00
1.17	Piedrin de 1/2"	m3	6	Q185.00	Q1,110.00
1.18	Hierro No. 5 grado 40	qq	4	Q210.00	Q840.00
1.19	Hierro No. 4 grado 40	qq	7	Q200.00	Q1,400.00
1.2	Hierro No. 3 grado 40	qq	4	Q222.00	Q888.00
1.21	Alambre de amarre calibre 16	lb	50	Q4.00	Q200.00
1.22	Pino rustico	Pie-tab	100	Q4.00	Q400.00
1.23	Clavo de 2"	lb	3	Q3.30	Q9.90
				SUB TOTAL MATERIALES	Q186,154.11

2	Mano de obra				
2.1	Excavacion para zapatas tipo-1	m3	45.00	Q25.00	Q1,125.00
2.2	Armado y centrado de zapatas tipo-1	U	4.00	Q40.00	Q160.00
2.3	Aramdo de cimiento	ml	70.00	Q10.00	Q700.00
2.4	Armado y centrado de pedestales y canastas.	U	4.00	Q40.00	Q160.00
2.5	Fabricacion y colocacion de tacos de concreto	U	50.00	Q0.50	Q25.00
2.6	Fundicion de zapatas	m3	0.90	Q20.00	Q18.00
2.7	Fundicion de cimiento corrido	ml	70.00	Q10.00	Q700.00
2.8	Armado de formaleta para pedestales	ml	4.20	Q12.00	Q50.40
2.9	Fundicion de pedestales	m3	0.52	Q50.00	Q26.00
2.1	Desenconfado de formaletas	ml	4.20	Q4.00	Q16.80
2.11	Relleno	m3	35.00	Q8.00	Q280.00
2.12	Acarreo de material sobrante	m3	10.00	Q7.00	Q70.00
2.13	Trabajos de herreria: fabricacion de torre metalica incluyendo todos los detalles que se indican en los planos.	global	1.00	Q38,000.00	Q38,000.00
				SUB TOTAL	Q41,331.20
				TOTAL	Q 227,485.31

Anexo 3.3 Resumen Presupuesto

Red de distribución, equipo de bombeo y pruebas hidráulicas.	Q. 656,074.60
Construcción de tanque de almacenamiento.	Q. 227,485.31
Sub-total	Q. 883, 559.91
Imprevistos 15%	Q.132,533.99
Costo total	Q1,016,093.897

Anexo 4. Estudio técnico

Anexo 4.1 Memoria de cálculo

1. Diseño del sistema de agua potable, aldea El Pato, Sayaxché, Petén.

La necesidad de un proyecto de agua potable para la aldea, es de suma urgencia, para lo cual ya se cuenta con una fuente que proporciona un caudal suficiente para cubrir la demanda de los habitantes actuales y la población futura, para un periodo de vida útil del proyecto de 20 años.

El proyecto consiste en la instalación de una motobomba cerca del río para una toma directa, la cual se ubicara en una caseta de bombeo, se construirá un tanque elevado de distribución, la red de distribución tendrá una longitud a lo largo de toda la aldea, cubriendo todas las viviendas de esta, con tuberías de 4", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", y ¾" , la resistencia de la tubería será dependiendo la ubicación y condiciones del terreno donde se localice cada vivienda.

Esta distribución poblacional, se encontrará esquematizada en el plano de densidad de vivienda.

Se conducirá un caudal total que cubrirá la demanda de las viviendas de la comunidad. Se construirán conexiones prediales, las cuales consisten en un grifo instalado fuera de la vivienda, pero dentro del predio o lote que la ocupa. Este tipo de servicio es el más recomendado desde el punto de vista de higiene y salud para el área rural, tomando en cuenta a la vez razones económicas.

1.1 Fuentes de agua.

1.2.1. Tipo de fuente.

El tipo de fuente es un río definido, y es una fuente superficial. Es la más recomendada y con la obra de captación, permitirá captar el agua de la fuente a utilizar.

1.2.2. Aforo

Es la operación de medir un caudal, es decir, el volumen de agua por unidad de tiempo y este se m³/segundo. Se utilizó el método sección velocidad realizado en la época de estiaje, para asegurar el caudal mínimo de la fuente y suplir la demanda de la población.

La fuente de agua propuesta muestra un caudal de aforo de 43.62 m³/s en época de verano.

1.3. Normas de diseño.

El diseño se realizó con la experiencia en la formulación de proyectos de agua de los diseñadores de INFOM-UNEPAR. Se utilizó la Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales de UNEPAR, para considerar la naturaleza del proyecto. Además de las normas de diseño, se utilizaron las especificaciones de construcción de UNEPAR.

1.4. Dotación.

Dotación adoptada para el proyecto, de acuerdo a los criterios establecidos en la Guía para el diseño de UNEPAR, es de 60 litros por habitante por día. Se consideró esta dotación para optimizar en lo posible el costo del proyecto y la capacidad de la producción de la fuente.

1.5. Periodo de diseño.

Esta propuesta para 22 años, considerando 2 años adicionales para los tramites de obtención del financiamiento y el periodo de inicio de la construcción.

1.6. Población.

La población actual y futura de aldea El Pato, Sayaxché, Petén, es de 1453 y 2396 habitantes respectivamente siendo estos datos los utilizados para considerarlos en el diseño técnico. Se utilizó una tasa de crecimiento del 2.3% del promedio de los habitantes del censo 2015, y se calculó la población de la siguiente manera:

$$Pf = Po. (1+i)t = 1453 * (1+0.023)22 = 2396 \text{ habitantes.}$$

Donde:

Po = población actual

i = tasa de crecimiento anual

t = período de diseño

1.7. Caudales de diseño.

1.7.1. Caudal medio diario.

Considerando la dotación y la población futura, se determinó el caudal medio de la siguiente manera:

$$QM = \frac{\text{dotación} * \text{población futura}}{86400} = \frac{60 * 2396}{86400} = 1.66 \text{ l/s}$$

Resultado: un caudal medio QM de 1.66 litros por segundo.

1.7.2 Caudal máximo diario.

Se consideró un factor día máximo de 1.2 por ser una población mayor de 1,000 habitantes, se determinó el caudal de conducción de la siguiente manera:

$$QMD = 1.2 * QM = 1.2 * 1.66 = 1.99 \text{ l/s.}$$

Resultado: un caudal día máximo QMD de 1.99 litros por segundo.

1.7.3 Caudal máximo horario.

Considerando un factor de día máximo de 2 por ser una población mayor de 1,000 habitantes, se determinó el caudal de conducción de la siguiente manera:

$$QMH = QM * FMH = 1.66 * 2 = 3.32 \text{ l/s}$$

Resultado: un caudal máximo horario QMH de 3.32 litros por segundo.

1.8. Captación

El nivel de la corriente de agua es apreciable por lo que se basta con realizar un pozo al margen, dándole entrada por encima del nivel de máximas avenidas, bien mediante una simple tapa.

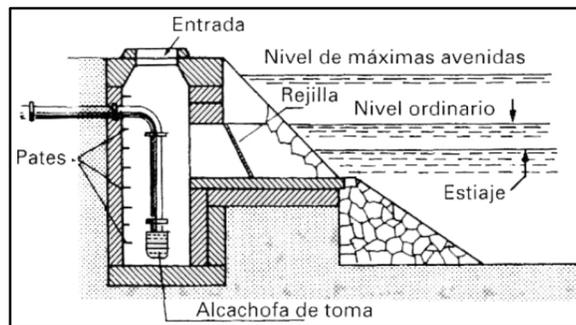


Figura No.1. Toma directa de agua.

1.9. Tanque de elevado de distribución.

1.9.1. Volumen de almacenamiento.

Según la guía de normas sanitarias para el Diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano se debe de considerar para su diseño el 25% a 40% del caudal medio diario al no contar con la demanda real de la comunidad, según la formula general:

$$Vol = \frac{(\% \times Qm \times 86400)}{1000}$$

$$Vol = \frac{(.25 \times 1.66 \times 86400)}{1000}$$

Volumen del tanque = 35.85 m³

Volumen del tanque recomendado= 40 m³

1.9.2. Diseño de tanque elevado.

Para el diseño del tanque de almacenamiento o distribución, se deben de tener presentes los elementos de su funcionalidad, que se rigen básicamente por: tener la capacidad de regular las variaciones horarias del consumo o demanda, regular las presiones en la red de distribución evitando el bombeo directo de la misma y atender emergencias.

La altura a la que se diseñará el tanque será de 15 metros, dentro de esto se tiene previsto que se cumpla con las normas que exigen claramente que la presión mínima en la red de distribución debe de ser de 10 metros columna de agua para el caso más desfavorable, y de 60 metros columna de agua para el caso en el que se tenga la presión máxima.

El tanque será construido de estructura metálica a base de columnas y rigidizantes.

Volumen del tanque: como se calculó anteriormente el volumen para el tanque será de 40 metros cúbicos.

Partes del tanque elevado: el tanque será de forma cilíndrica para que trabaje de mejor forma, apoyándose al terreno por medio de una torre de soporte de altura previamente establecida, la cual descansara a la vez en su cimentación.

Cubierta del tanque: Puede diseñarse de forma plana o de forma cónica, su función es cubrir el tanque de la intemperie, en esta se encuentra el acceso al interior y además deberá de contar con un área de ventilación.

Para este caso se diseñará una cubierta cónica, la cual tendrá una altura de 1/5 del diámetro del depósito.

Cuerpo del tanque:

Las paredes del cilindro y el fondo soportaran la presión ejercida por el agua, y se construirá utilizando lamina negra Norma A-36.

1.9.2.1 Dimensión del tanque

Cuerpo del tanque:

Se ha tomado un diámetro de 4 metros como base para el pre-dimensionamiento del tanque, obteniendo la altura de este de la siguiente manera:

$$\text{Vol} = \Pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$\text{Se despeja } h: h = \frac{\text{Vol}}{(\Pi \cdot r^2)}$$

El radio del tanque es de 2 metros y el volumen del cilindro es de 40 metros cúbicos se tiene:

$$h = \frac{40}{(\Pi \cdot 2^2)} = 3.18 \text{ metros de altura.}$$

Entonces si se toma $h = 3.00$ se obtiene un volumen de: 37.69 metros cúbicos.

Fondo del tanque:

El fondo del tanque tendrá forma de cono invertido para soportar mayores presiones.

La altura del cono será la mitad del diámetro del tanque, pudiendo variar este valor.

$$Vol = \Pi \cdot r^2 \cdot \frac{h}{3} \qquad Vol = \Pi \cdot r^2 \cdot \frac{2}{3}$$

Altura del cono (h) = 2 metros de donde:

Volumen del cono = 8.38 metros cúbicos.

Sumando el volumen del cilindro y el volumen del fondo se obtiene el volumen total necesario:

Volumen total = volumen del cilindro + volumen del cono.

Volumen total = 37.69 + 8.38 = 46.07 metros cúbicos.

Por lo tanto, el dimensionamiento del tanque cumple con la demanda exigida por el volumen necesario del tanque de distribución, la cual es de 40 metros cúbicos.

Torre de soporte:

El tanque elevado se apoyará sobre el terreno por medio de una torre, esta deberá de ser construida generalmente por 4 columnas con una ligera inclinación y una serie de elementos rigidizantes diseñados a compresión y tensión llamados breysas.

Las columnas tendrán una inclinación sobre el eje vertical del 25% de la altura del tanque como se detallará a continuación:

$$L = h * \%$$

De donde:

L= distancia de inclinación con respecto al eje horizontal.

h = altura total del tanque en metros.

% = porcentaje de inclinación de las columnas de la torre.

$$L = 15 * 25\% = 3.75 \text{ metros.}$$

Por medio del teorema de Pitágoras, se tiene que la base del tanque será de 8.13 metros (ver el plano para las dimensiones del tanque).

Para la separación entre arriostres deberá de considerarse que el primero debe encontrarse a una altura sobre el nivel del suelo de 0.50 a 1.00 metros, dividiendo posteriormente el resto de la altura para obtener la distancia entre arriostres, según especificaciones técnicas del American Institute Of Steel Construccion (A.I.S.C.), para un tanque de 14 a 18 metros de altura se determinará una distancia de 3.25 a 4.50 metros entre arriostres.

Para el diseño se tomará la primera ubicación del arriostre a 0.60 metros y luego se colocarán a 3.60 metros cada uno (ver plano de dimensionamiento del tanque).

Cimentación del tanque.

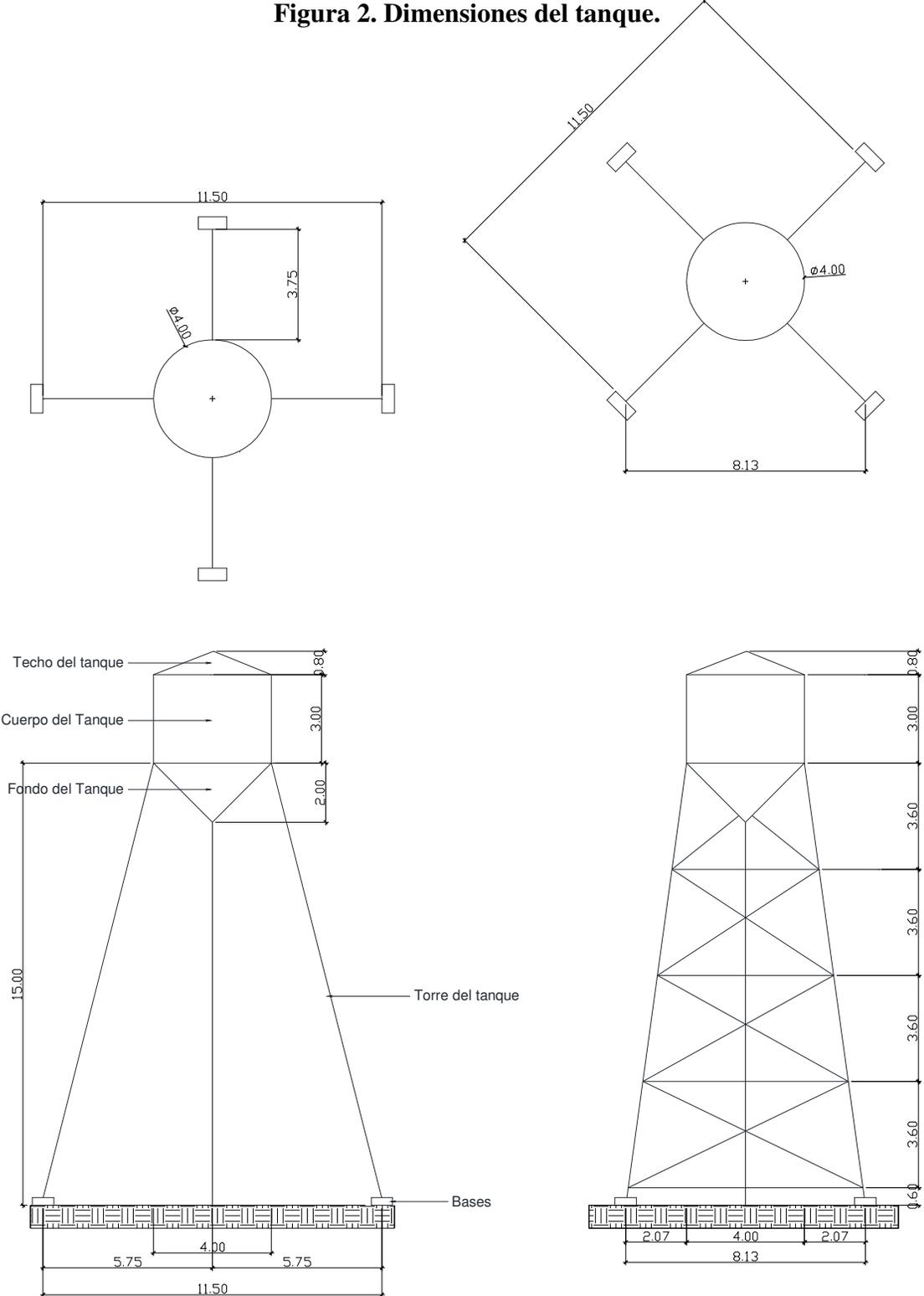
La cimentación del tanque estará constituida por un sistema de zapatas reforzadas en ambos sentidos, así también como la colocación de un cimientto corrido para lograr obtener una buena base para el tanque.

Las columnas del tanque irán colocadas sobre unos pedestales de concreto y estos a su vez sobre zapatas, conectadas mediante un sistema de cimientto corrido que permita distribuir mejor las cargas hacia el terreno.

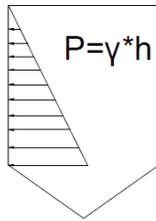
Las fuerzas que actúan directamente sobre la cimentación son:

- Carga muerta: Peso propio de la estructura del tanque.
- Carga viva: Peso total del agua tomando en cuenta como caso critico cuando el tanque se encuentre completamente lleno.
- Cargas provocadas por viento y sismo.

Figura 2. Dimensiones del tanque.



1.9.2.2 Diseño estructural del tanque y cimentación.



La carga ejercida sobre las paredes del tanque se puede obtener mediante la fórmula:

$T = (P \cdot r)$; $T = \gamma \cdot h \cdot r$; donde:

- T = carga ejercida en las paredes.
- P = Carga ejercida por el agua en kg/m
- r = radio del tanque en metros.
- h = altura del tanque en metros.
- γ = Peso específico del agua (1,000 kg/m³)

Se obtiene la carga ejercida, la cual es igual a:

$$P = (1000 \cdot 3 \cdot 2) = 6,000 \text{ kg/m}$$

Se tomará una franja unitaria de 1 metro en el perímetro del tanque:

$$P = 6,000 \text{ kg}$$

Para calcular el espesor de la lámina a utilizar para el tanque, se tomará un grado de acero de 36,000 lb/pulg².

Entonces:

$$F_y \text{ (resistencia del acero)} = 36,000 \text{ lb/pulg}^2 = 2,536.37 \text{ kg/cm}^2.$$

Calculando el esfuerzo de trabajo a tensión (F_s).

$$F_s = 0.45F_y = 0.45 (2,536.37) = 1,141.37 \text{ kg/cm}^2.$$

Calculando el área de acero (A_s):

$$A_s = \frac{P}{F_s} = \frac{6000}{1141.37} = 5.25 \text{ cm}^2$$

Se toma una franja unitaria de 1 metro de altura, se obtiene el espesor (t) del tanque:

$$\text{Área} = 1 \text{ m} \cdot t$$

$$t = 5.25/100 = 0.0525 \text{ cm}.$$

Se propone la utilización de una lámina negra norma ASTM A36, la cual se utiliza para la fabricación de tanques, silos, plataformas, gradas, obras civiles en general.

Se propone una lámina negra de un espesor mínimo de ¼ de pulgada, para las paredes del tanque, (cada plancha de la lámina será de 4'8" * 1/4").

Torre de soporte:

La carga ejercida sobre las torres de soporte serán las siguientes:

Carga viva (peso del agua):

$$P_w = [\left(\Pi * r^2 * h\right) * \gamma] + \left[\left(\Pi * r^2 * \frac{H}{3}\right) * \gamma\right]$$

De donde:

P_w = carga ejercida por el agua en todo el tanque.

Π = constante para el cálculo del área de un círculo.

r = radio del tanque en metros.

h = altura del tanque en metros.

H = altura del cono en metros.

γ = peso específico del agua (1,000 kg/m³)

Se obtiene la carga ejercida, igual a:

$$P_w = [\left(\Pi * 2^2 * 3\right) * 1000] + \left[\left(\Pi * 2^2 * \frac{2}{3}\right) * 1000\right]$$

$$P_w = 46,076.69 \text{ Kg}$$

Carga de soldadura: la carga para soldadura (f), se encuentra en función del peso total del agua dividido entre el perímetro del cilindro, lo cual da un valor de:

$$f = \frac{P_w}{2 * \Pi * r} ; f = \frac{46,076.69}{2 * \Pi * 2} = 3,666.66 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} ; 205.32 \text{ Lb/plg}^2$$

Se compara este valor con la resistencia aproximada que resiste la soldadura según el American Institute Of Steel Construction (A.I.S.C), la cual es de $2,000 \text{ Lb/plg}^2$ se encuentra dentro de los límites aceptables de diseño de soldaduras.

Carga Muerta.

Se tomarán como referencia las siguientes abreviaturas y algunas constantes como:

PE (peso específico del acero) = $490 \text{ lb/pie}^3 = 7,859.45 \text{ kg/m}^3$

t (espesor lamina de acero) = 0.00635 metros (1/4 pulgada)

Pi= Π constante para el cálculo del área de un círculo.

d = diámetro del cilindro en metros.

h = altura del cilindro en metros.

Ac = área del cilindro en metros cuadrados.

As = área del cono superior en metros.

Ai = área del cono inferior en metros cuadrados.

hs = altura del cono superior en metros.

hi = altura del cono inferior en metros.

r = radio del cilindro y de los conos en metros.

$$Ac = \Pi * \varnothing * h = \Pi * 4 * 3 = 37.69 \text{ m}^2$$

$$As = \Pi * r * (r^2 + hs^2)^{1/2} = \Pi * 2 * (2^2 + 0.8^2)^{1/2} = 13.53 \text{ m}^2$$

$$Ai = \Pi * r * (r^2 + hi^2)^{1/2} = \Pi * 2 * (2^2 + 2^2)^{1/2} = 17.77 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso acero} = (Ac + As + Ai) * t * P.E.$$

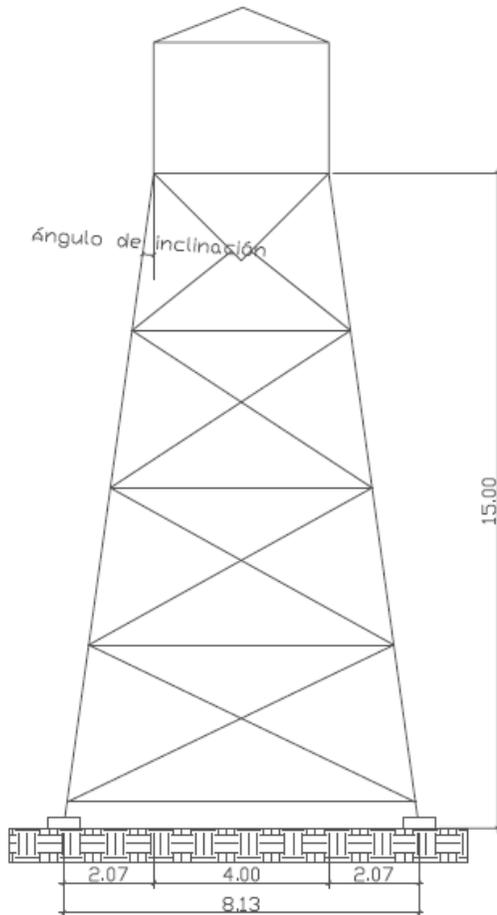
$$\text{Peso acero} = (37.69 + 13.53 + 17.77) * 0.00635 * 7,859.45 = 3,443.12 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = \text{peso del agua} + \text{peso del acero}$$

$$\text{Peso total} = 46,076.69 \text{ kg} + 3,443.12 \text{ kg} = 49,519.80 \text{ kg}$$

Para determinar la carga que actúa en cada columna se igualara el resultado obtenido a un número entero el cual será el inmediato superior la cual será de 50,000 kg. Como se tienen cuatro columnas cada columna tendrá una carga de 12,500 kg o 12.5 toneladas.

Como las columnas se encuentran con cierta inclinación, estas estarán en función de una carga resultante, la cual se calcula dividiendo el valor total de carga dentro del ángulo de inclinación de cada columna. Los ángulos de inclinación de las columnas se calculan de la siguiente manera:



$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{2.065}{15}\right) = 7.84^\circ$$

Entonces la carga resultante Pr será de:

$$Pr = \frac{12.5}{\cos 7.84} = 12.62 \text{ Toneladas.}$$

Figura 3. Angulo de inclinación de columnas.

1.9.3. Fuerzas laterales.

Debido a que el tanque tiene una altura relativamente corta y las cantidades de peso no son muy elevadas, se recomienda para el cálculo de la fuerza de sismo se tomara un valor del 20% de la carga total aplicada sobre el tanque.

Fuerza de sismo (Fs) = 20% de la carga total aplicada sobre el tanque.

$$F_s = 0.20 * 50 \text{ Ton} = 10 \text{ Ton.}$$

Esta fuerza actuara en dos sentidos como se muestra en la figura:

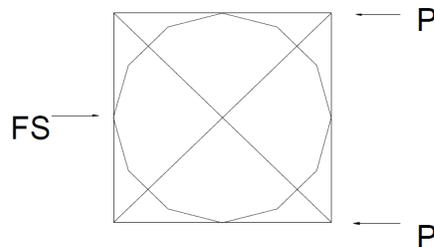


Figura 4. Fuerza de sismo 1.

Entonces sumando fuerzas en el sentido horizontal:

$$F_s = 2P \text{ despejando; } P = F_s/2 = 10/2 = 5 \text{ Ton.}$$

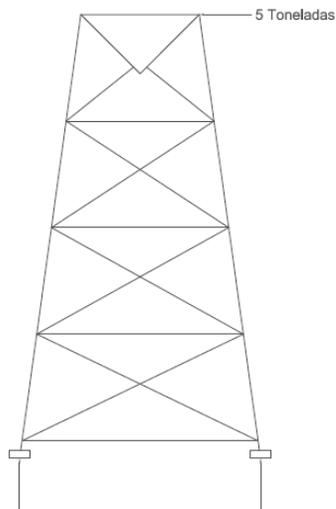


Figura 5. Fuerzas de sismo 2.

Momento de sismo (MS) = Carga P * Altura del tanque.

Sumatoria de momentos en el punto C sera igual a cero y seran positivos en el sentido antihorario.

$$\Sigma Ma = 0$$

$$(5 * 15 \text{ m}) - T (8.13 \text{ m}) = 0; \text{ Donde } T = 9.22 \text{ ton.} \downarrow$$

Cargas finales.

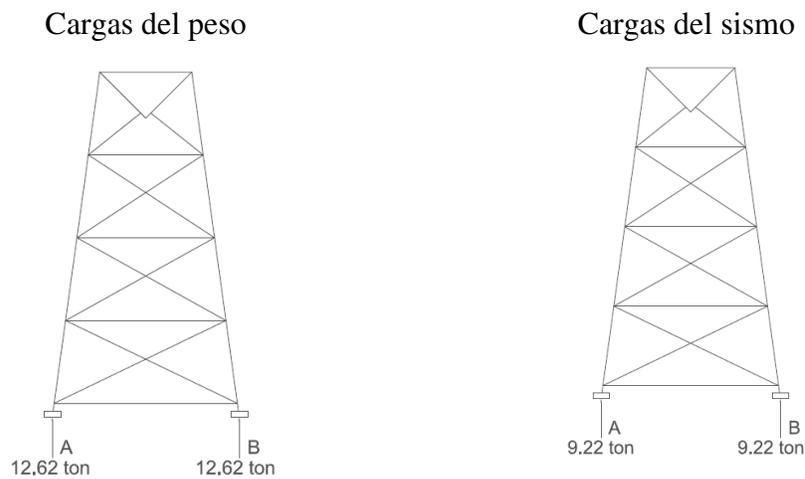


Figura 6. Cargas finales.

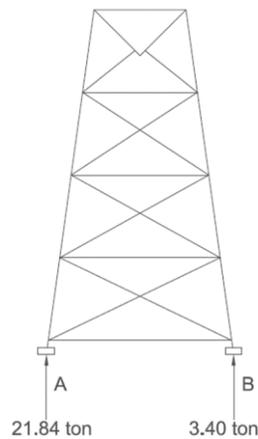
Sumatoria de fuerzas :

$$\Sigma Fa = 0 \text{ hacia arriba positivo.}$$

$$12.62 + 9.22 = 21.84 \text{ toneladas.}$$

$$\Sigma Fb = 0 \text{ hacia arriba positivo.}$$

$$12.62 - 9.22 = 3.40 \text{ toneladas.}$$



Columnas del tanque:

Para las columnas del tanque se propone utilizar tubo redondo, ya que mediante este se logra una excelente resistencia a la torsión, una misma rigidez en todas las direcciones del tubo y por ultimo su precio es accesible a los compradores, y el tipo de tubería es el más utilizado para este tipo de estructuras.

El manual AISC contiene las dimensiones de estas secciones y este también las clasifica en standard, extra fuerte y doble extra fuerte, dependiendo del tipo de uso que se le dé a la estructura.

Para el diseño de las columnas se deberá de seguir los siguientes pasos como lo demanda el AISC:

1. Se deberá suponer una sección tentativa, luego se anotarán todos los datos que aparecen en las tablas del manual AISC.
2. Por medio de la fórmula siguiente se debe calcular la relación de esbeltez Kl/r ; siendo l la longitud de la columna y el valor de K será igual a uno.
3. Se calculará un F_a (esfuerzo unitario permisible) mediante las tablas de AISC.
4. Una vez encontrado el F_a éste se deberá multiplicar por el área de la sección transversal; esta operación dará la carga permisible sobre la sección de la columna de una forma directa.
5. Por último, se debe comparar la carga permisible encontrada anteriormente y la carga de diseño, de donde se deberá obtener un valor mayor de carga permisible que de la carga de diseño, y en el caso de no cumplir esta relación, se deberá proponer una sección más grande y seguir las mismas indicaciones que se plantearon anteriormente.

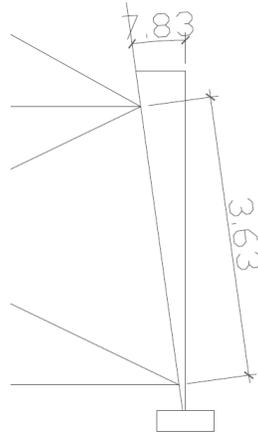


Figura 7. Longitud de las columnas.

Diseño de columnas según American Institute of Steel Construction (AISC).

Tubo redondo de 6 pulgadas cedula 40

Carga de diseño = 21.84 toneladas

Área del tubo = 5.58 pulgadas cuadradas

Radio de giro = 2.25 pulgadas.

Peso por pie lineal = 20 libras.

Longitud de la columna = 3.63 metros = 142.91 pulgadas

1. Se calcula la relación de esbeltez: $= k * l/r$

El valor de k se toma dependiendo de las restricciones que se tengan en los apoyos en este caso se tomara $k = 1$

$$= k * l/r; \text{ donde } k= 1; = 1 * 142.91 / 2.25 = 63.52$$

2. Se calcula el esfuerzo de Euler: $Fe = \frac{EI^2 * E}{(K * \frac{l}{r})^2}$

Para calcular el esfuerzo de Euler se toma la relación de esbeltez.

$$Fe = \frac{EI^2 * 2,039,000}{(63.52)^2} = 4987.65 \text{ kg/cm}^2$$

3. Se calcula $\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{3515}{4987.65}} = 0.839 < 1.5$$

4. La sección no está sometida a pandeo por torsión. El esfuerzo crítico nominal se determina por $F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) f_y$.

$$F_{cr} = (0.658^{(0.839)^2}) 3515 = 2618 \text{ kg/cm}^2$$

5. Calcular la resistencia nominal P_n .

$$P_n = A_g * F_{cr}$$

Donde:

A_g = área de la sección en cm^2

F_{cr} = Esfuerzo crítico nominal kg/cm^2

$$P_n = 35.99 \text{ cm}^2 * 2618 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 94,222 \text{ kg} = 94.22 \text{ ton.}$$

6. El diseño se elaborara de acuerdo a las especificaciones AISC-ASD 2010 la resistencia nominal por compresión será afectada por el factor de resistencia Ω_c , y será comparada con la carga actuante de diseño P_a la cual será menor que este estado límite, cabe mencionar que las combinaciones de carga que se desarrollan en esta especificación no son afectadas por ningún factor de carga y son tomadas tal y como son obtenidas por el análisis de carga y de acuerdo al destino de la edificación.

$$\Omega_c = 1.67$$

$$P_a \leq \frac{P_n}{1.67}$$

$$\frac{94.22}{1.67} = 56.41 \text{ ton}$$

7. Comparación final.

Carga permisible > Carga de diseño

56.41 ton > 21.84 ton.

Si verifica por lo tanto se propone la utilización del tubo redondo de 6 pulgadas, cedula 40 standard.

Tensores del tanque.

La pieza que se utilizara sujeta a tensión es un problema sencillo en el diseño, como en este caso no existe peligro de pandeo debido a la rigidez del metal, los cálculos se reducen a la simple división de carga (T) entre el esfuerzo de trabajo a tensión del acero (Fs), lo que da el área neta de la sección transversal que se debe de utilizar, luego se selecciona la sección que tenga dicha área.

La pieza a utilizar depende del tipo de su conexión en el extremo que, de cualquier otro factor existente, pudiéndose utilizar cualquier otro tipo de perfil que se estime conveniente.

Para los tensores de este tanque se propone un perfil tipo “L” cuyos datos se encuentran en el American Institute of Steel Construction (AISC).

Datos generales para el diseño: (según tablas del AISC)

Carga de diseño = 5 toneladas

Dimensiones = 4*4 pulgadas

Espesor = ½ pulgada

Área = 3.75 pulg² = 24.19 cm²

Peso por pie lineal = 12.80 Libras

Radio de giro en “X” y en “Y” = 1.22 pulgadas

F_s = Esfuerzo de trabajo a tensión = 1.14137 Toneladas/cm²

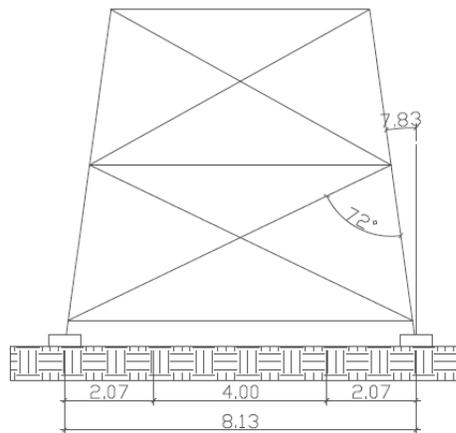


Figura 8. Tensores del tanque.

$$T = \frac{P}{\cos 72.08^\circ} = \frac{5 \text{ ton}}{\cos 72.08^\circ} = 16.25 \text{ toneladas}$$

$$\text{Area} = \frac{T}{F_s} = \frac{16.25 \text{ ton}}{1.14136 \text{ ton/cm}^2} = 14.23 \text{ cm}^2$$

Comparación final:

Área de perfil > Área requerida

24.19 cm² > 14.23 cm²

Si verifica por lo tanto se propone utilizar un perfil tipo “L” de 4*4*1/2 pulgadas, norma A-36.

Piezas horizontales del tanque:

Tienen la función de contrarrestar la acción de la fuerza sísmica. La pieza escogida deberá ser analizada por esfuerzos a compresión y flexión, aplicando la fórmula de combinación de esfuerzos.

A continuación, se detallan los pasos a seguir, los cuales se deben de cumplir para obtener buenos resultados en el diseño del tanque.

1. Se deberá de suponer una sección tentativa y anotar los datos generales presentados por el manual AISC.
2. Se debe calcular la relación de esbeltez Kl/r , siendo l la longitud del elemento y el valor $K = 1$ para este tipo de diseño.
3. Se calcula el esfuerzo unitario permisible F_a mediante la relación de esbeltez en las tablas del AISC.
4. El esfuerzo de trabajo encontrado se multiplica por el área de la sección propuesta, brindando la carga permisible sobre el elemento.
5. Se comparará la carga permisible encontrada anteriormente con la carga de diseño, de esta comparación la carga permisible deberá ser mayor que la carga de diseño, si no cumpliera se deberá proponer una nueva sección, y seguir el mismo procedimiento.
6. Luego de la comparación de cargas y que ésta haya cumplido el requisito de ser la permisible mayor que la de diseño se procede a aplicar la fórmula de esfuerzos combinados, y ésta deberá dar un valor menor o igual a uno.

Datos generales para el diseño: (según tablas del AISC)

Carga de diseño = 5 toneladas.

Tubo redondo = 4.00 pulgadas cédula 40 Standard.

A = Área = 4.14 pulg² = 28.64 cm²

P = carga puntual (1 persona) = 200 libras

W = Peso por pie lineal = 15 libras

Radio de giro = 1.48 pulgadas

Diámetro externo = 4.50 pulgadas

C= Distancia al centroide = 2.25 pulgadas

L= Longitud 1er arriostre = 8.13 m = 813 cm

Momento de inercia = 9.12 pulgadas⁴

Fb = esfuerzo de trabajo a flexión = 0.5 * Fy
= 0.5*3515 kg/cm² = 1,757 kg/cm²

Fa = esfuerzo unitario permisible

Fs = esfuerzo de trabajo a tensión.

Se calcula la relación de esbeltez.

= k * l/r; donde k= 1; = 1 * 813 / 1.48 = 216.27

Se calcula el esfuerzo de Euler. $Fe = \frac{\pi^2 * E}{(K * \frac{l}{r})^2}$

Para calcular el esfuerzo de Euler se toma la relación de esbeltez.

$$Fe = \frac{\pi^2 * 2,039,000}{(216.27)^2} = 430.25 \text{ kg/cm}^2$$

Se calcula $\lambda_c = \sqrt{\frac{Fy}{Fe}}$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{1,757}{430.25}} = 2.02 > 1.5$$

La sección fallará elásticamente por lo cual se deberá de calcular el esfuerzo critico nominal con la siguiente formula:

$$F_{cr} = \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) F_y = \left(\frac{0.877}{2.02^2} \right) * 1,757 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 377.63 \text{ kg/cm}^2$$

Calcular la resistencia nominal P_n .

$$P_n = A_g * F_{cr}$$

Donde:

A_g = área de la sección en cm^2

F_{cr} = Esfuerzo critico nominal kg/cm^2

$$P_n = 28.64 \text{ cm}^2 * 377.63 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 10,815 \text{ kg} = 10.64 \text{ ton.}$$

El diseño se elaborará de acuerdo a las especificaciones AISC-ASD 2010 la resistencia nominal por compresión será afectada por el factor de resistencia Ω_c , y será comparada con la carga actuante de diseño P_a la cual será menor que este estado límite, cabe mencionar que las combinaciones de carga que se desarrollan en esta especificación no son afectadas por ningún factor de carga y son tomadas tal y como son obtenidas por el análisis de carga y de acuerdo al destino de la edificación.

$\Omega_c = 1.67$

$$P_a \leq \frac{P_n}{1.67}$$

$$= \frac{10.64}{1.67} = 6.37 \text{ ton}$$

Comparación final:

Carga permisible > carga de diseño

6.37 ton > 5 ton

Ahora se determina el momento actuante (Ma):

$$Ma = \left(\frac{P * l}{4}\right) + \left(\frac{W * y^2}{8}\right) = \left(\frac{200 * 26.67}{4}\right) + \left(\frac{15 * 26.67^2}{8}\right)$$

$$Ma = 2667.17 \text{ Lb-pie} = 14.55 \text{ ton-pulg}$$

Ahora se aplica la fórmula de esfuerzos combinados.

$$-\frac{\frac{P}{A}}{Fa} \pm \frac{\frac{Ma * c}{I}}{Fb} \leq 1 = -\frac{\frac{5}{4.14}}{2.39} \pm \frac{\frac{14.55 * 2.25}{9.12}}{11.15} \leq 1$$

Si verifica por lo tanto se propone la utilización del tubo redondo de 4 pulgadas, cedula 40 standard.

Colocación de pernos y aplicación de soldadura.

La soldadura resiste aproximadamente 2,000 libras por pulgada cuadrada, para calcular la longitud de soldadura de un miembro, se debe de relacionar esta resistencia con la carga actuante en el miembro y la longitud total del mismo, disponible para la soldadura.

La resistencia del acero en corte es de 10,000 libras por pulgada cuadrada, para calcular la cantidad de pernos de determinado diámetro en una unión, los cálculos se reducen a la simple división de la carga actuante en el miembro y la resistencia máxima del acero en cortante.

Longitud de soldadura:

Carga critica = T = 16.25 Toneladas.

Longitud de soldadura = L

Resistencia de soldadura = Rs = 2000 lb/plg = 0.91 ton/plg

$$L = \frac{T}{Rs} = \frac{16.25 \text{ ton}}{0.91 \text{ ton/plg}} = 17.85 \text{ plg}$$

Dimensionamiento de pernos:

A= área neta necesaria.

F_c = esfuerzo de corte = 10,000 lb/plg² = 4.55 ton/plg²

$$\text{Área} = \frac{T}{F_c} = \frac{16.25 \text{ ton}}{4.55 \text{ ton/plg}^2} = 3.57 \text{ plg}^2$$

Según las tablas del AISC para un perno de 1 pulgada le corresponde un área de 0.78 pulgadas cuadradas, por lo tanto, se usarán 8 pernos en cada unión, para cubrir un área de 6.24 pulgadas cuadradas.

Placa base para las columnas del tanque:

Es muy importante que la base de la columna y la placa estén en contacto absoluto para evitar la falla por Punzonamiento en el concreto. La columna se fija a la placa por medio de soldadura y a la vez se fijan a la cimentación usando tornillos de anclaje.

El área de la placa base se encuentra, dividiendo la carga de la columna entre el esfuerzo unitario de compresión permisible (F_p) del concreto, que puede ser 0.25 f'_c cuando toda el área está cubierta por la placa e igual a 0.375 f'_c , cuando el área de la placa es un tercio del área del concreto.

Para un tipo de concreto usado comúnmente de $f'_c = 3,000$ lb/plg² (210 kg/cm²), el esfuerzo permisible (F_p) puede ser de 750 o 1,125 lb/plg², dependiendo del área a cubrir de la placa.

El espesor de la placa se determina suponiendo que se comporta como un voladizo invertido, cuyo momento máximo se localiza en el borde de la columna.

Sección de la placa:

$F_p = 0.25 * 3,000 \text{ lb/plg}^2 = 750 \text{ lb/plg}^2 = 0.341 \text{ ton/plg}^2$

Pt = carga total = peso total del tanque lleno (Cr) + peso total de la torre.

Peso =	Longitud total del elemento * Peso por pie lineal	
W columnas =	199.48 pies * 20 lb/pie =	3,989.60 lb
W piezas Horiz. =	394 pies * 15 lb/pie =	5,910 lb
W tensores =	735.40 pies * 12.80 lb/pie =	9,413.12 lb
Peso total de la torre =		19312.72 lb = 8.76 ton

Carga total (Pt) = Cr + Peso total de la torre = 50 ton + 8.76 toneladas = 58.76 toneladas.

Área de la placa (A):

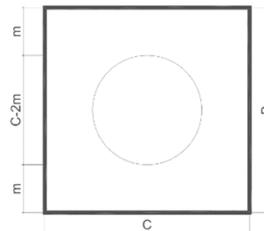
$$A = \frac{Pt}{Fp} = \frac{58.76 \text{ ton}}{0.341 \text{ ton/plg}^2} = 172.32 \text{ plg}^2$$

$$\text{Lado de la placa} = \sqrt{142.99} = 13.13 \text{ plg}$$

Se propone una placa de:

15 pulgadas de ancho (B)

15 pulgadas de largo (C)



Espesor de placa:

Fb = Esfuerzo de trabajo a flexión = 0.5 * Fy (Según AISC)

$$= 0.5 * 3515 \text{ kg/cm}^2 = 1,757 \text{ kg/cm}^2 = 24938 \text{ lb/plg}^2 = 11.31 \text{ ton/plg}^2$$

t = espesor de la placa

p = carga sobre la placa

m = proyección fuera de la columna

$$P = \frac{Pt}{(B * C)} = P = \frac{58.76}{(15 * 15)} = 0.26 \text{ ton/plg}^2$$

$$t = \frac{\sqrt{(3 * p * m)}}{Fb} = \frac{\sqrt{(3 * 0.26 * 2^2)}}{11.31} = 0.16 \text{ plg}$$

Se propone la utilización de una placa cuadrada de 15 * 15 pulgadas, con un espesor de ½ pulgada.

Pedestal para la cimentación.

Los pedestales funcionan como elementos de transición entre columnas metálicas y las zapatas, las razones más comunes para el uso de pedestales son las siguientes:

Se busca distribuir la carga en la parte superior de la zapata; esto puede aliviar la intensidad de la presión de apoyo directa en la zapata, o simplemente puede permitir una zapata más delgada con menos refuerzo.

Permitirá que la columna termine en una elevación más alta y no permitir el contacto de esta con el suelo y evitar la corrosión además en casos donde se tienen que colocar zapatas a profundidades más bajas es aún más importante.

Dimensión del pedestal:

Se propone una sección de 50*50 cm, para poder determinar la altura se tomará el criterio de $h = (3 * a)$ de donde h = altura del pedestal y a = ancho de la sección propuesta para el pedestal, entonces $h = 3 * a = 3 * 50 = 150$ cm de altura, se tomará 150 cm de altura para el pedestal.

Refuerzo para el pedestal:

Se buscará determinar la relación de esbeltez para saber qué tipo de columna se diseñará, ya sea corta, intermedia o larga, el American Concrete Institute (A.C.I) capítulo 6.2.5 señala los siguientes parámetros:

Si:

Esbeltez	21	Columna corta.
Esbeltez	21 y 100	Columna intermedia.
Esbeltez	100	Columna larga.

Para calcular la esbeltez de una columna, se debe de aplicar la siguiente formula:

$$k = \frac{l}{r}$$

k = Factor de pandeo, se tomará iguala 1 por la magnitud tan pequeña del elemento que se diseñará.

L = longitud de las columnas.

r = radio de giro de la sección.

Para determinar el radio de giro el ACI en el capítulo 6.2.5.1 especifica:

$r = 0.3 * b$ para columnas cuadradas o rectangulares.

$r = 0.25 * d$ para columnas circulares donde d= diámetro.

Entonces la relación de esbeltez para este caso quedará:

$$Esbeltez = 1 * \frac{1.50}{(0.3*0.50)} = 10$$

Entonces se considera como una columna corta.

Cuando se determina el tipo de columna a diseñar, el ACI en el capítulo 22.4.2.3 señala la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia ultima, tomando en cuenta que se despreciara el momento causado por la componente horizontal de la carga total

de la columna debido a que el ángulo de inclinación de la columna transmisora de la fuerza es muy pequeño.

$$P_u = \phi (0.85 f'_c (A_g - A_s) + (F_y A_s))$$

Donde:

P_u = Resistencia última de la columna.

A_g = área de la sección de la columna en cm^2

A_s = Área de acero en cm^2

f'_c = resistencia nominal del concreto 210 kg/cm^2

F_y = resistencia a fluencia del acero 2818.19 kg/cm^2

Entonces el A_s se tomará como el acero mínimo, para el cual el ACI especifica un 1% del área de la sección.

$$P_u = 0.75 (0.85 * 210 (2500 - 25) + (2818.19 * 25))$$

$$P_u = 384,181.68 \text{ kg} = 846,975.62 \text{ Lb} = 384.18 \text{ ton}$$

Comparando:

$$P_u \text{ columna propuesta} > P_u \text{ total de cada columna}$$

$$384.18 \text{ ton} > 48.76 \text{ ton}$$

Para el refuerzo a corte, el ACI señala un espaciamiento mínimo menor o igual a la mitad del diámetro efectivo y un recubrimiento mínimo de 2.5 cm de cada lado.

$$\text{Espaciamiento: } S = \frac{d}{2}$$

$$d = \text{lado de la sección} - (2 * 2.5) = (50) - 5 = 45 \text{ cm}$$

$$\text{Espaciamiento} = S = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Entonces el armado será de 4 varillas de 3/4 pulgada + 8 varillas de 5/8 pulgada dando un área de acero de $= 27.16 \text{ cm}^2 > A_s \text{ min}$, y estribos No 3 a cada 20 cm.

Viga de amarre:

Para evitar un corrimiento entre las zapatas se hace necesaria la colocación de una viga de amarre con un simple armado de 4 varillas No. 6 + 8 varillas No. 5 y estribos No. 3 a cada 20 cm.

Zapatas:

El diseño de una zapata se basa en las siguientes consideraciones:

- Las fuerzas laterales siguiendo un criterio más conservador en el diseño, podrán reducirse a una fuerza concentrada FS aplicada a una altura H, esta fuerza concentrada dará lugar a un momento flector respecto de la base, que producirá esfuerzos de tensión sobre las columnas del lado en que se considere que actuó la fuerza lateral y a compresión sobre las columnas opuestas.
- Para el cálculo de la estabilidad, se obtendrá primero el momento de volteo respecto a la base de apoyo.

$$M.V = FS * H$$

$$M.e = PT * L$$

- Donde:

M.V = momento de volteo

Me = momento estabilizante

Fs = fuerza de sismo

H = altura desde la base del pedestal de la zapata hasta la mitad del deposito

PT = peso total de la estructura

L = separación entre dos columnas consecutivas

- Al tener las fuerzas laterales actuando, dan origen al momento de volteo, este momento provoca el desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte a una distancia X_u .

$$X_u = \frac{M.V}{PT}$$

- La estabilidad del conjunto estará asegurada, cuando se cumpla la siguiente condición:

$$X_u \leq \frac{l}{6}$$

- Donde l es el diámetro a centro de columnas y también cuando la relación entre el momento estabilizante y el de volteo sea mayor o igual que 1.50.

$$C.E = \frac{Me}{M.V.}$$

Donde C.E = coeficiente de estabilidad mayor a 1.50

- Presión máxima de apoyo. La suma de la carga impuesta sobre la zapata y el peso de la misma no debe de exceder el límite para la presión de apoyo sobre el material sustentante. El área total requerida en la planta de la zapata se determina sobre esta base.
- Control de asentamiento. Cuando las zapatas descansan sobre un suelo altamente compresible, puede ser necesario seleccionar las áreas de zapatas que garanticen un asentamiento uniforme de todas las columnas.
- Tamaño de la columna. Cuanto más grande sea la columna, tanto menores serán los esfuerzos cortantes, de flexión y de adherencia en la zapata.

- Límite de los esfuerzos cortantes para el concreto. Para zapatas de planta cuadrada, esto constituye la única condición crítica de esfuerzo para el concreto. Para reducir la cantidad requerida de esfuerzo, el peralte de la zapata se establece generalmente muy arriba del que se requiere por flexión para el concreto.
- Esfuerzo de flexión y límites de las longitudes de desarrollo para las varillas. Esto se considera con base en el momento desarrollado en la parte volada de la zapata en la cara de la columna.

PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA.

Peso del pedestal = volumen * peso del concreto = $(0.50 * 0.50 * 1.50) * (2400 \text{ kg/m}^3)$

Peso del pedestal = 900.00 kg = 0.90 ton

Peso total (PT) = Peso del depósito + Peso de la torre + Peso de pedestales

Peso total (PT) = (50 ton) + (8.16 ton) + (0.90 ton)

Peso total (PT) = 59.06 ton.

VERIFICANDO EL VOLTEO

La carga de sismo ultima se tomará como $FS = 10\% * PT$

$FS = 10\% * 59.06 \text{ ton} = 5.90 \text{ ton}$

$H = \text{altura del tanque} + \text{altura del pedestal} + \text{altura a la mitad del tanque}$

$H = (15 \text{ m}) + (1.50 \text{ m}) + (1.5 \text{ m}) = 18 \text{ metros.}$

$M.V = FS * H$

$M.V = (5.90 \text{ ton} * 18 \text{ m}) = 106.20 \text{ ton-m}$

$Me = PT * \text{Longitud entre columnas}$

$Me = (58.90 \text{ ton} * 8.13 \text{ m}) = 478.86 \text{ ton-m}$

$$C.E = \frac{Me}{M.V} \quad C.E = \frac{478.86}{106.20} \geq 1.5 \quad \text{Si verifica}$$

$$X_u = M.V / PT$$

$$X_u = \frac{106.20}{58.90} = 1.80$$

$$\frac{L}{6} = \frac{11.50}{6} = 1.92 \text{ m}$$

$$X_u \leq L/6 \quad \text{Si verifica}$$

Calculo de cargas

Datos:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 2818.19 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Valor soporte del suelo } V_s = 10 \text{ ton/m}^2$$

(El tipo de suelo es un predominante arcilloso sus valores fluctúan entre los 1.00 kg/cm²)

$$\text{Sección de la columna} = 0.5 \text{ m} * 0.5 \text{ m}$$

La carga viva CV será el peso del contenido del tanque lleno el cual es de 50 ton, y la carga muerta Cm, la constituye el peso del acero del depósito, el peso de las columnas, el peso de los tensores, el peso de los elementos horizontales y el peso de los pedestales, como se indica a continuación:

$$\text{Peso del acero del depósito} = 2.7 \text{ ton}$$

$$\text{Peso de la torre} = 8.16 \text{ ton}$$

$$\text{Peso de los pedestales} = 0.90 \text{ ton}$$

$$\text{Carga muerta total} = 11.76 \text{ ton} / 4 \text{ columnas} = 2.94 \text{ ton}$$

Dimensionamiento de la zapata:

$$\text{Área de la zapata} = 1.20 \frac{PT}{V_s}$$

De donde:

$$P_t = \text{Carga de trabajo} = (CM + CV)$$

1.20 = Porcentaje de incremento por flexión.

V_s = valor soporte del suelo.

$$\text{Área de la zapata} = 1.20 \frac{15.44 \text{ ton}}{10 \text{ ton/m}^2}$$

$$\text{Área requerida de la zapata} = 1.85 \text{ m}^2$$

Entonces para determinar el lado:

$$\text{Área de la zapata} = \text{Lado al cuadrado}$$

De donde

$$B = \sqrt{1.85 \text{ m}^2} = 1.36 \text{ m}, \text{ se propone una zapata de } 2.50 \text{ m}$$

CARGA DE DISEÑO

$$P_b = \frac{P_u}{\text{Área zapata}}$$

De donde:

P_b = carga de diseño

$$P_u = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$P_u = 1.40 (2.94 \text{ ton}) + 1.7 (12.50 \text{ ton}) = 25.366 \text{ ton}$$

Entonces:

$$P_b = \frac{25.366 \text{ ton}}{6.25 \text{ m}^2} = 4.05 \text{ ton/m}^2$$

VERIFICANDO EL CORTE POR FLEXION

$$V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_u = P_b * \text{área}$$

De donde:

V_c = resistencia ultima al corte del concreto

V_u = esfuerzo de corte actuante

Se deberá de verificar que $V_c > V_u$

$$V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 250 * \frac{d}{1000}$$

$$V_u = 4.05 * \left(2.50 * \left(\frac{2.50 - .50}{2} \right) - \frac{d}{1000} \right)$$

El valor “d” se establece por pruebas en estas fórmulas, hasta que se cumpla la condición de que $v_c > v_u$

Calculo del peralte 1

d (centímetros)	V_c	V_u
16	26.11	10.06

Entonces se utilizará $d = 16$ cm.

VERIFICANDO EL CORTE POR PUNZONAMIENTO.

$$V_c = 0.85 * 1.06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_u = P_d * (\text{área zapata} - \text{área Punzonamiento})$$

De donde:

V_c = resistencia ultima del concreto a corte.

V_u = Esfuerzo de corte actuante.

b_o = perímetro punzonante

$$b_o = 4 * (\text{lado de la columna} + d)$$

$$\text{Área punzonamiento} = (\text{lado columna} + \frac{d}{2})^2$$

Se debe verificar que $V_c > V_u$

$$V_c = 0.85 * 1.06 * \sqrt{210} * (4 * (50 + d)) * \frac{d}{1000}$$

$$V_u = 4.05 * ((2.50)^2 - (0.50 + \frac{d}{100})^2)$$

El valor “d” se establece por pruebas con estas fórmulas, hasta cumplir la condición donde $V_c > V_u$

d (centímetros)	Vc	Vu
16	55.15	23.54

Entonces se utilizará $d = 16$ cm

$$\text{Luego: } t = d + \frac{\phi}{2} + r$$

Dónde: t = altura de la zapata

ϕ = diámetro de la varilla propuesta (1/2”)

r = recubrimiento.

Entonces:

$$t = 16 + \frac{1.27}{2} + 7.5 = 24.135 \text{ cm} \qquad \qquad \qquad \mathbf{t = 25 \text{ cm}}$$

Corrección de d:

$$d = (25) - \left(\frac{1.27}{2}\right) - (7.5) = 16.87 \text{ cm}$$

ARMADO FINAL DE LA ZAPATA

Este se tomará a rostro para diseñar el refuerzo.

$$M = Pd * \frac{l^2}{2}$$

De donde:

Pd = carga de diseño

l = Distancia de extremo de la zapata hasta el rostro de la columna

$$M = 4.05 * \frac{1^2}{2} = 2.025 \text{ ton-m} = 2025 \text{ kg-m}$$

Con este momento se obtiene el área de acero requerida A_s , de la siguiente formula:

A_s = Área de acero requerida

$$A_s = (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \left(\frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}\right) * \frac{0.85 f'c}{F_y}}$$

$$A_s = \left((250 * 17) - \sqrt{(250 * 17)^2 - \left(\frac{2025 * 250}{0.003825 * 210}\right)} \right) * \frac{0.85 * 210}{2810}$$
$$= 4.75 \text{ cm}^2$$

Se verifica el A_s min y el A_s max:

$$A_{smin} = \frac{14.10}{2810} * 250 * 17 = 21.32 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.50 * 0.03694 * 250 * 17 = 78.49 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero mínimo es mayor que el acero requerido, se utilizará el acero mínimo para realizar el armado de las zapatas.

(20) Varillas No 4 = $20 * 1.27 \text{ cms}^2 = 25.40 \text{ cm}^2$ (En ambos sentidos)

Con este acero propuesto se cumple con el área de acero requerido para el diseño de las zapatas.

Se calcula el espaciamiento “S” para lo que se propone una utilización de la varilla No. 4 de ½”.

$$S = \frac{1.27 * 250}{9.80} = 32.39 = @ 12 \text{ cm}$$

Se calcula el refuerzo por temperatura

$$A_{st} = 0.002 * 250 * 17 = 8.50 \text{ cm}^2 \leq 7 \text{ varillas No. 4}$$

1.10 Diseño hidráulico del sistema de agua.

Para el diseño hidráulico del sistema de agua se fijan los parámetros y variables técnicas. Están establecidas las formulas y especificaciones para considerarlos en el diseño del proyecto. A continuación, se presentan los parámetros básicos de diseño para la aldea:

DESCRIPCION	VALOR
Tipo de sistema	Gravedad
Viviendas actuales (viv)	290
Densidad de vivienda (hab/viv)	5
Población actual (hab)	1453
Tasa de crecimiento (%)	2.30%
Periodo de diseño (años)	22
Dotación (L/hab/dia)	60
Factor máximo diario - FMD	1.2
Factor máximo horario - FMH	2
% para calcular volumen en T.D.	25%
Viviendas futuras (viv)	479
Población futura (hab)	2396
Caudal medio Qm (L/s)	1.66
Caudal máximo diario - QMD (l/s)	1.99
Caudal máximo horario - QMH (l/s)	3.32
Tanque de distribución calculado (m3)	35.85
Tanque de distribución recomendado (m3)	40

Fuente: Elaboración propia.

La red de distribución del presente sistema, será en base al método de ramales abiertos, debido a que las viviendas se encuentran dispersas. Los criterios básicos para el diseño serán los siguientes:

1. Se tomará como base el caudal medio diario de la red de distribución calculado en el inciso 1.7.1.
2. En base al caudal medio diario se calculó el caudal máximo horario (QMH) y con este se diseñará la red.
3. Los factores básicos a tomar en cuenta serán los siguientes:
 - En cada nudo del sistema, el caudal de entrada es igual al caudal de salida.
 - La presión mínima y máxima dentro de la red deberá de ser de 10 metros columna de agua (m.c.a) y de 40 metros columna de agua (m.c.a), respectivamente.
 - Caudal de distribución = variable dependiendo de cada ramal a analizar.
 - Factor hora máxima 2.00
 - Diámetros de tubería: 4", 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4".

Diseño de la red de distribución:

Según el cálculo anterior se tiene un caudal máximo horario (QMH) entonces:

$$\text{Caudal unitario por vivienda} = \frac{QMH}{\text{No. de viviendas}} = \frac{3.32}{290}$$

Caudal unitario por vivienda = 0.01145 lts/seg/vivienda

TRAMO DE 0-1:

Datos básicos para el diseño:

$$\text{Caudal de distribución} = 3.32 \text{ lts/seg}$$

$$\text{Caudal unitario por viviendas del tramo} = 3.32 \text{ lts/seg}$$

No se tiene ninguna vivienda en este tramo, pero luego de este se encuentra toda la red de distribución por lo cual se analiza como si existieran todas las viviendas.

$$\text{Caudal instantáneo} = k \sqrt{n - 1}$$

donde $k = 0.15$ para menos de 55 viviendas

$$k = 0.20 \text{ para más de 55 viviendas}$$

$$\text{Caudal instantáneo} = 0.20 \sqrt{290 - 1} = 3.40 \text{ lts/seg}$$

Entonces el tramo se diseñará con:

$$\text{Longitud} = 34.13 \text{ metros}$$

$$Q \text{ diseño para este tramo} = 3.32 \text{ lts/seg}$$

C (coeficiente de Hazen Williams) = 150 para PVC

H_f (perdidas propuestas según topografía) = cota de terreno inicial – cota de terreno final.

$$H_f = 137.31 - 135.25 = 2.06 \text{ m}$$

- Cálculo del diámetro:

Ahora utilizando la fórmula de Hazen-Williams:

$$D = \sqrt[4.87]{\frac{1743.811141 * Q_{\text{tramo}}^{1.852} * \text{Longitud}}{C^{1.852} * H_f}}$$

$$D = \sqrt[4.87]{\frac{1743.811141 * 3.32^{1.852} * 34}{150^{1.852} * 2.06}} = 1.93 \text{ pulgadas}$$

D = 1.93 pulgadas por ser el tramo de salida hacia toda la red se utilizará tubería de 4 pulgadas, para brindar una buena distribución en todo el sistema.

- Cálculo de la pérdida de carga:

Ahora se calculan las pérdidas reales mediante:

$$H_f = \frac{1743.811141 * Q_{tramo}^{1.852} * Longitud}{C^{1.852} * \phi^{4.87}}$$

$$H_f = \frac{1743.811141 * 3.32^{1.852} * 34}{150^{1.852} * 4^{4.87}} = 0.0599 \text{ metros.}$$

- Cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} * \phi^2}$$

El caudal está dado en litros sobre segundo y el diámetro en pulgadas.

Para poder obtener la velocidad en metro sobre segundo, se utiliza las conversiones necesarias y da como resultado lo siguiente:

$$V = \frac{1.973 * Q}{\phi^2} = \frac{1.973 * 3.32}{4^2} = 0.409 \text{ m/s}$$

- Determinación de la piezométrica:

Cota piezométrica (CP) = cota piezométrica anterior - Hf

$$CP = 152.32 - 0.0599 = 152.26 \text{ m}$$

- Determinación de la presión dinámica y estática:

Presión dinámica (CD) = cota piezométrica – cota del terreno

$$CD = 152.26 - 135.25 = 17.01 \text{ m}$$

Presión estática (CE) = Cota de salida – cota de terreno

$$CE = 152.32 - 135.25 = 17.07 \text{ m}$$

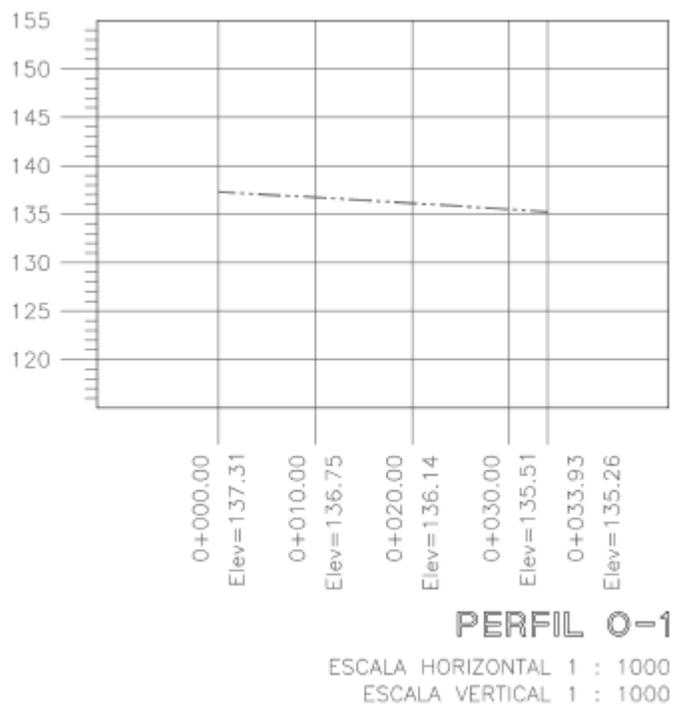


Figura 8. Perfil de terreno E-0 a E-1.

Red de Distribución.

NUDOS		Longitud (m)	Diametro (plg)	Caudal (lts/seg)	Presion (PSI)	Velocidad (m/s)	Perdidas (m)	Piezometrica		Cota de terreno		Presion Dinamica	Presion Estatica
DE	A							Inicio	Final	Inicio	Final		
	0								152.32		137.31	15.01	
0	1	34	4	3.32	160	0.41	0.060	152.32	152.26	137.31	135.25	17.01	17.07
1	2	13.262	1.5	0.72	160	0.63	0.16	152.26	152.10	135.25	136.74	15.36	15.52
2	3	151.55	1.5	0.72	160	0.63	1.86	152.10	150.23	136.74	138.08	12.15	14.02
3	4	97.51	1.5	0.6	160	0.53	0.86	150.23	149.38	138.08	136.29	13.09	13.94
3	5	205.33	1.5	0.6	160	0.53	1.80	149.38	147.58	138.08	122.59	24.99	26.79
5	6	97.25	1	0.45	160	0.89	3.61	147.58	143.97	122.59	122.5	21.47	25.08
1	7	110.87	4	3.28	160	0.40	0.19	152.26	152.07	135.28	133.43	18.64	18.83
7	8	271.06	2.5	0.79	160	0.25	0.33	152.07	151.74	133.43	135.99	15.75	16.08
8	9	149.28	1	0.21	160	0.41	1.35	151.74	150.39	135.99	131.18	19.21	20.56
8	10	56.33	2	0.56	160	0.28	0.11	150.39	150.28	135.99	134.43	15.85	15.96
10	11	151.22	1.5	0.33	160	0.29	0.44	150.28	149.85	134.43	140	9.85	10.28
10	12	118.14	1.5	0.42	160	0.37	0.54	149.85	149.31	134.43	131.45	17.86	18.40
12	13	90.68	1	0.26	160	0.51	1.22	149.31	148.09	131.45	138.74	9.35	10.57
7	14	110.09	4	3.28	160	0.40	0.19	152.07	151.88	134.43	135.22	16.66	16.85
14	15	71.18	2.5	1.07	160	0.34	0.15	151.88	151.73	135.22	137.51	14.22	14.37
15	16	186.12	2.5	1.07	160	0.34	0.40	151.73	151.33	137.51	132.01	19.32	19.72
16	17	295.55	2.5	1.07	160	0.34	0.63	151.33	150.70	132.01	122.12	28.58	29.21
15	18	132.67	1.5	0.47	160	0.41	0.74	151.73	150.99	137.51	138.64	12.35	13.09
16	19	179.98	1.5	0.64	160	0.56	1.78	151.33	149.55	132.01	132.50	17.05	18.83
17	20	155.3	1	0.30	160	0.59	2.72	150.70	147.99	122.12	125.10	22.89	25.60
1	21	28.67	4	3.12	160	0.38	0.04	152.26	152.22	135.28	134.67	17.55	17.59
21	22	173.25	2.5	1.15	160	0.36	0.42	152.22	151.79	134.67	128.68	23.11	23.54
22	23	294.61	1.5	0.56	160	0.49	2.27	151.79	149.52	128.68	121.8	27.72	29.99
23	24	64.32	1	0.30	160	0.59	1.13	149.52	148.39	121.8	124.8	23.59	24.72
23	25	62.18	1	0.26	160	0.51	0.83	149.52	148.69	121.8	120	28.69	29.52
22	26	163.26	2.5	0.95	160	0.30	0.28	151.79	151.51	128.68	124.95	26.56	26.84
21	27	197.87	3	3.12	160	0.68	1.26	152.22	150.96	134.67	135	15.96	17.22
27	28	113	3	2.36	160	0.52	0.43	150.96	150.53	135	133.8	16.73	17.16
28	29	198.42	1.5	0.67	160	0.59	2.13	150.53	148.40	133.8	137.47	10.93	13.06

28	30	108.67	2.5	1.99	160	0.63	0.73	150.53	149.80	133.8	130	19.80	20.53
30	31	223.43	1	0.37	160	0.73	5.77	149.80	144.04	130	129.05	14.99	20.75
30	32	106.04	1.5	0.54	160	0.47	0.77	149.80	149.04	130	130	19.04	19.80
32	33	91.36	1.5	0.5	160	0.44	0.57	149.04	148.46	130	130	18.46	19.04
33	34	215.35	1	0.42	160	0.83	7.03	148.46	141.44	130	122.66	18.78	25.80
27	35	7.55	3	2.7	160	0.59	0.04	150.96	150.92	135	135	15.92	15.96
35	26	196.76	2	0.96	160	0.47	1.01	150.92	149.91	135	124.95	24.96	25.97
35	36	93.74	3	2.7	160	0.59	0.46	150.92	150.47	135	128.21	22.26	22.71
36	37	113.31	1.5	0.47	160	0.41	0.63	150.47	149.83	128.21	120.11	29.72	30.36
36	38	199.98	1.5	0.72	160	0.63	2.46	150.47	148.01	128.21	122.95	25.06	27.52
36	39	105.2	3	2.49	160	0.55	0.44	150.47	150.03	128.21	126.2	23.83	24.27
39	40	105.15	3	2.38	160	0.52	0.40	150.03	149.62	126.2	124.07	25.55	25.96
40	41	112.91	3	2.32	160	0.51	0.41	149.62	149.21	124.07	125.71	23.50	23.91
41	42	90.24	3	2.12	160	0.46	0.28	149.21	148.93	125.71	127.82	21.11	21.39
42	43	300	3	2.09	160	0.46	0.91	148.93	148.02	127.82	125	23.02	23.93
43	44	65.72	1	0.34	160	0.67	1.45	148.02	146.57	125	125	21.57	23.02
39	45	87.6	1	0.40	160	0.79	2.61	150.03	147.41	126.2	120	27.41	30.03
40	46	85.37	1	0.42	160	0.83	2.79	149.62	146.84	124.07	120	26.84	29.62
42	47	94.16	1.5	0.65	160	0.57	0.96	148.93	147.97	127.82	122.14	25.83	26.79
43	48	110.45	2.5	1.77	160	0.56	0.60	148.02	147.42	125	122.72	24.70	25.30
48	49	151.89	1.5	0.78	160	0.68	2.17	147.42	145.26	122.72	121.31	23.95	26.11
48	50	101.32	2	0.99	160	0.49	0.55	147.42	146.87	122.72	120	26.87	27.42
50	51	312.75	2	0.99	160	0.49	1.71	146.87	145.16	120	120	25.16	26.87
33	42	95.05	2	1.59	160	0.78	1.25	148.46	147.22	130	127.82	19.40	20.64
14	52	92	2.5	1.52	160	0.48	0.37	151.88	151.51	135.22	140	11.51	11.88
52	53	20	2.5	1.52	160	0.48	0.08	151.51	151.42	140	140	11.42	11.51
53	54	100	2.5	1.52	160	0.48	0.41	151.42	151.02	140	140	11.02	11.42
53	55	172.25	2	0.98	160	0.48	0.92	151.42	150.50	140	140	10.50	11.42
52	56	492	1.5	0.86	160	0.75	8.40	151.51	143.10	140	125.75	17.35	25.76

2. Diseño de la bomba.

Datos generales para el diseño de la bomba:

$P_f = 1628$ (Se realiza un nuevo cálculo de población futura ya que el tiempo de vida útil de la bomba es de 5 años.)

Dotación = 60 lts/hab/viv

FMD (Factor máximo diario) = 1.20

Horas de bombeo = 10 horas

Nivel estático = 17.45 m

Altura del tanque elevado = 15 metros

Caudal de producción del río = 43.62 m³/seg

Caudal medio de diseño de bomba $Q_m = 1.13$ l/seg

(Se hace necesario el cálculo de un nuevo caudal medio, ya que ha variado la población futura, porque la bomba se diseña únicamente para cinco años).

Caudal de conducción hacia el tanque (Q_c) = FMD * Q_m

$$Q_c = 1.20 * 1.13 \text{ l/seg} = 1.36 \text{ lts/seg}$$

Caudal de bombeo (Q_b) = (24 horas/horas de bombeo) * Q_c

$$Q_b = (24/10) * 1.36 = 3.26 \text{ lts/seg}$$

2.1 Diseño de la línea de impulsión.

Diámetro de la tubería de impulsión

$$\varnothing = 1.8675 * \sqrt{3.26}$$

$$\varnothing = 3.37 \text{ pulg.} = \mathbf{4 \text{ Pulgadas.}}$$

Velocidad total a conducir:

$$Vel = \left(1.974 * \frac{Qb}{\varnothing^2} \right) = \left(1.974 * \frac{3.26}{4^2} \right)$$

$$Vel = 0.40 \text{ m/seg}$$

Carga dinámica total (CDT):

Nivel estático = 17.45 metros

Altura del tanque = 18.00 metros

Perdidas por fricción (hf) en tubería de succión

$$Hf = \frac{1743.811141 * 3.26^{1.852} * 12}{150^{1.852} * 4^{4.87}} = 0.020 \text{ m}$$

Perdidas por fricción (hf) en tubería de impulsión

$$Hf = \frac{1743.811141 * 3.26^{1.852} * 464.38}{150^{1.852} * 4^{4.87}} = 0.79 \text{ m}$$

Perdidas por velocidad (hv) en tubería

Vel = velocidad

g = gravedad

$$hv = \frac{vel^2}{2g} = \frac{0.40^2}{2 * 9.81} = 0.0082 \text{ m}$$

Perdidas menores (hm) en tubería

$$hm = \frac{k * vel^2}{2 g} = \frac{8.20 * 0.40^2}{2 * 9.81} = 0.067 m$$

Donde k = 8.20

Entonces la carga dinámica total (CDT) = 36.34 metros.

La potencia de la bomba estará dada por:

$$Pot = \frac{(CDT * Qb)}{76 * \xi} = \frac{(36.34 * 3.26)}{76 * 0.70}$$

ξ = Eficiencia de la bomba (se asume una eficiencia de la bomba del 70%)

Pot = 2.22 Caballos de fuerza.

Potencia de la bomba a utilizar = 5 HP

3. Desinfección del sistema.

Con el propósito de obtener agua libre de bacterias, virus y amebas a los usuarios se debe incorporar un sistema de desinfección. En nuestro medio se aplica el cloro, tanto en el área rural como en la urbana, ya sea como gas o compuestos clorados.

Para este proyecto se propone utilizar un hipoclorador. Se usará uno solo, que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65% diluido en agua en pequeñas dosis, directamente al caudal de entrada en el tanque de distribución.

La dosis de cloro necesario para aplicar la solución a la entrada del tanque, es decir, el flujo de cloro (Fc) en gramos/hora se calcula de la siguiente manera:

$$Fc = Qb * Dc * 0.06 * = 195.6 \text{ lts/min} * 5 * 0.06 = 58.68 \text{ gr/h}$$

Donde:

Fc = flujo de cloro

Qe = caudal de agua en la entrada del tanque en litros/minuto

Dc = demanda de cloro en mg/litro (se estima una demanda de cloro de 0.5 mg/litro)

Para la calibración del hipoclorador al clorador se extrapola el flujo de cloro y se determina el flujo de solución (Sc). Regularmente este flujo es muy pequeño y debe obtenerse mediante la calibración de la válvula de compuerta que se coloca en el ingreso del mismo. Por tanto, se debe calcular el tiempo necesario para llenar un recipiente de un litro mediante la siguiente formula:

$$t = \frac{60}{Sc} = \frac{60}{19.6} = 3.06 \text{ segundos}$$

El resultado anterior indica la cantidad de tiempo necesario en que deberá de llenarse completamente un recipiente de un litro. El flujo de cloro del hipoclorito es de 58.68 gr/h, entonces la cantidad de tabletas (Ct) que consumirá en un mes será de:

$$Ct = 58.68 * 24 \frac{hr}{1 \text{ dia}} * 30 \frac{dia}{mes} * \frac{1}{300} \frac{tab}{gr} = 140 \text{ tableta/mes}$$

4. Operación y mantenimiento.

El proyecto se desarrollará en aldea El Pato Sayaxche Peten, casi todos los proyectos de agua duran poco tiempo por descuidos en la operación y mantenimiento del sistema, pero también se debe al desconocimiento por parte del comité de agua o poco apoyo de la población beneficiada, ya que no cuentan con un financiamiento para la sostenibilidad del mismo.

Se pretende formar un comité de agua y brindarles los conocimientos básicos para que entre los habitantes de la aldea exista la capacidad para un mantenimiento adecuado y que este tenga la vida útil para la cual fue diseñado.

4.1 Programa de mantenimiento

El siguiente programa de mantenimiento tiene como objetivo proporcionar los conocimientos básicos para la operación y mantenimiento de un sistema de agua para lograr la prolongación de la vida útil del proyecto.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE				
Frecuencia	Operación	Mantenimiento	Responsable	Actividad
Caseta de bombeo				
Mensual		x	Operario	Limpieza de la tubería de succión y revisión de desperfectos y fugas.
Bi-mensual		x	Operario	Revisión y limpieza de la válvula de cheque.
Línea de conducción				
Quincenal		x	Operario	Revisión de las válvulas para verificar el estado y posibles fugas.
Mensual		x	Operario	Limpieza de las cajas de las válvulas.
Sistema de desinfección				
Dos veces por semana		x	Operario	Revisar la existencia de cloro para su respectiva operación.
Diario	x		Operario	Revisar válvulas e instalación del hipoclorador para detectar fugas.
Quincenal	x		Operario	Revisión del dosificador para determinar si esta la dosificación establecida.
Tanque de almacenamiento				
Semestral		x	Cuadrilla	Lavado del tanque para eliminar suciedad y sedimentos
Eventual	x		Cuadrilla	Operar válvulas de entrada y salida por lavado de tanques, reparaciones u otros.
Semestral		x	Cuadrilla	Revisar la estructura del tanque y cajas para detectar posibles daños.
Semestral	x		Técnico	Toma de muestras para análisis de la calidad de agua.
Red de distribución				
Quincenal	x		Cuadrilla	Recorrido de calles para determinar posibles fugas en las tuberías.
Mensual	x		Técnico	Toma de cloro residual en los puntos mas lejanos de la red.
Mensual	x		Lector	Lectura de medidores y detección de conexiones ilícitas.
Mensual	x	x	Lector	Reportar contadores que estén en mal estado y realizar las reparaciones.

2.1 Costos de operación y mantenimiento

Por el tamaño y las características del proyecto, se definió que el personal necesario para la operación y el mantenimiento del sistema será de un operario, el cual recibirá el salario mínimo para poder operar y mantener el sistema.

El costo de materiales y equipo corresponde a la compra de herramienta y equipo para los sistemas de cloración, tuberías, válvulas y accesorios de mantenimiento preventivo.

2.2 Tarifa o cuota mensual.

Se estableció la cantidad de ingresos que, sumados con otros, permitan al comité local responsable de la actividad, cumplir eficientemente las labores del suministro del servicio.

El cálculo de la tarifa dependerá mucho de la política de servicio, y se debe de alcanzar la contribución positiva de la comunidad como respuesta al beneficio que reciban, y de cual dependerá que los habitantes acepten con agrado o rechacen las tarifas establecidas.

2.2.1 Estructura de la tarifa

Los proyectos de agua son en su mayoría ejecutados por las municipalidades, o también se buscan donaciones de empresas privadas que tengan sus áreas de influencia cerca de la comunidad, o por organizaciones internacionales, sin imponer a los beneficiarios la amortización de los costos de inversión. Por lo cual se considera en la estructura de la tarifa, que solo los costos de administración, operación y mantenimiento son los que se deben de considerar para que el proyecto sea sostenible.

A continuación, se presenta la estructura que se utilizó para el cálculo de la tarifa:

DATOS DEL PROYECTO				
1	Dotacion	l/hab/dia	60	
2	Caudal maximo diario	l/s	1.99	
3	Consumo basico mensual	m3/mes	2615.4	Dotacion/hab/dia*No. Habitantes * 30 dias / 1000
4	Numero actual de conexiones	No	290	
5	Long. Linea de Conduccion	Km	0.5	
6	Long. Linea de distribucion	Km	8.5	
7	Costo del proyecto de agua potable	Q		
DATOS ECONOMICOS				
8	Inflacion Anual	%	0	
9	Salario minimo dia	Q/dia	Q 90.16	
10	Costo del hipoclorito de calcio (65%)	Q/kg	Q 25.04	
11	Viaticos	Q/dia	Q 100.00	
A. COSTOS A CUBRIR				
Operación				
	Salario del operador (No. Dias)	30	Q 2,704.80	
	Hipoclorito de calcio (Kg)	10	Q 250.40	
	Combustible regular (Gl)	180	Q 3,960.00	
	Sub-total		Q 6,915.20	
Mantenimiento				
	Mantenimiento del sistema	0.002	Q 220.00	
	Sub-total		Q 220.00	
Administracion				
	Papelería	Q 1.00	Q 290.00	(Q.1.00 / conexión) estimado
	Viaticos	Q 2.00	Q 200.00	(No dias de viaticos por tramites administrativos * Q. 100.00 /dia)
	Sub-total		Q 490.00	
TOTAL COSTOS			Q 7,625.20	
B. ESTIMACION TARIFA				
	Tarifa Basica calculada	Q/mes	Q 27.00	Total costos / No. Conexiones
	Consumo normal mensual /vivienda	9	m3/mes	
	Tarifa adoptada por Conexión Actual	Q	27.00	
	Tarifa Basica Unitaria	Q 3.00	al mes	Tarifa adoptada / consumo total m3 por conexión / (hasta 12 m3 consumo)
	Costo unitario m3 adicional	Q 3.60	Q/m3	Incremento del 20% del costo unitario del m3

CRONOGRAMA DE EJECUCION											
No.	REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	Monto	%
1	Replanteo topográfico.	KM	8.50	Q10,521.63						Q10,521.63	1.19%
2	Suministro e instalacion de manguera anillada de 4", incluye acoples rapidos valvula de cheque.	U	1.00	Q1,494.38						Q1,494.38	0.17%
3	Excavacion, suministro e instalacion y relleno de zanja para tubería de 4"x20' de 160 PSI.	m	465.00	Q47,824.92						Q47,824.92	5.41%
4	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 4"x20' de 160 PSI.	m	285.00		Q14,334.13	Q14,334.13				Q28,668.25	3.24%
5	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 3" de 160 PSI.	m	1,130.00			Q39,529.37	Q39,529.37			Q79,058.73	8.95%
6	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 2" 1/2" de 160 PSI.	m	1,595.00			Q48,847.73	Q48,847.73			Q97,695.46	11.06%
7	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 2" de 160 PSI.	m	935.00				Q44,496.98			Q44,496.98	5.04%
8	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 1" 1/2" de 160 PSI.	m	2,795.00				Q64,611.06	Q64,611.06		Q129,222.11	14.63%
9	Excavación, suministro e instalación y relleno de zanja para tubería de 1" de 160 PSI.	m	1,300.00				Q19,313.65	Q19,313.65		Q38,627.31	4.37%
10	Suministro e instalación de accesorios y derivaciones de tubería de 4", 3", 2" 1/2", 2".	Global	1.00	Q1,654.43	Q1,654.43	Q1,654.43				Q4,963.30	0.56%
11	Suministro e instalación de accesorios y derivaciones de tubería de 1" 1/2", 1".	Global	1.00			Q925.51	Q925.51	Q925.51		Q2,776.52	0.31%

12	Suministro e instalacion de valvulas de bola para el control de los circuitos.	U	20.00	Q8,000.00	Q8,000.00					Q16,000.00	1.81%
13	Pruebas de presion en cada ramal	Global	1.00						Q4,000.00	Q4,000.00	0.45%
14	Conexiones prediales con contador de 1/2", incluye todos sus accesorios y colocacion de chorro de bronce, con niple hg de 24".	U	295.00					Q67,112.50	Q67,112.50	Q134,225.00	15.19%
15	Caja dosificadora de cloro en tabletas	U	1.00					Q2,250.00	Q2,250.00	Q4,500.00	0.51%
16	Suministro e instalacion de Motobomba Honda WH20X Alta presion de 5 HP.	U	1.00	Q12,000.00						Q12,000.00	1.36%
17	Construccion de tanque elevado de distribucion de agua potable.	U	1.00			Q75,828.44	Q75,828.44	Q75,828.44		Q227,485.31	25.75%
MONTO POR MES				Q81,495.36	Q23,988.56	Q181,119.60	Q293,552.73	Q230,041.15	Q73,362.50	Q883,559.91	100%
% DE EJECUCION POR MES				9.22%	2.71%	20.50%	33.22%	26.04%	8.30%		

Bibliografía

1. Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano. (2011). Guatemala: Instituto de Fomento Municipal.
2. Diseño y selección de bombas. (1997). México. Ing. Jaime Aguilar Reyes.
3. Diseño de sistema de agua potable para la aldea el paraíso y escuela para párvulos de la aldea ciudad pedro de Alvarado, del municipio de Moyuta, departamento de Jutiapa. Christian Emilio Tejeda Reyes Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería, Año 2005 Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Captzín Chiquito, Municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango. José Andrés Lam González, Trabajo de graduación (2011), Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Requisitos de Reglamento para Concreto estructural. (2014). Farmington Hills: American Concrete Institute.
6. American Institute of Steel Construction. Manual para arquitectos, Ingenieros y Constructores de edificios y otras estructuras de acero (A.I.S.C.).

Anexo 4.2 Planos

Planta General	1
Red De Distribución Hidráulica	2
Perfiles De Terreno	3-20
Tanque de Distribución	21-23



SIMBOLOGÍA GENERAL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
T.D.	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	VIVIENDAS O FINCAS
01	NÚMERO DE NODO

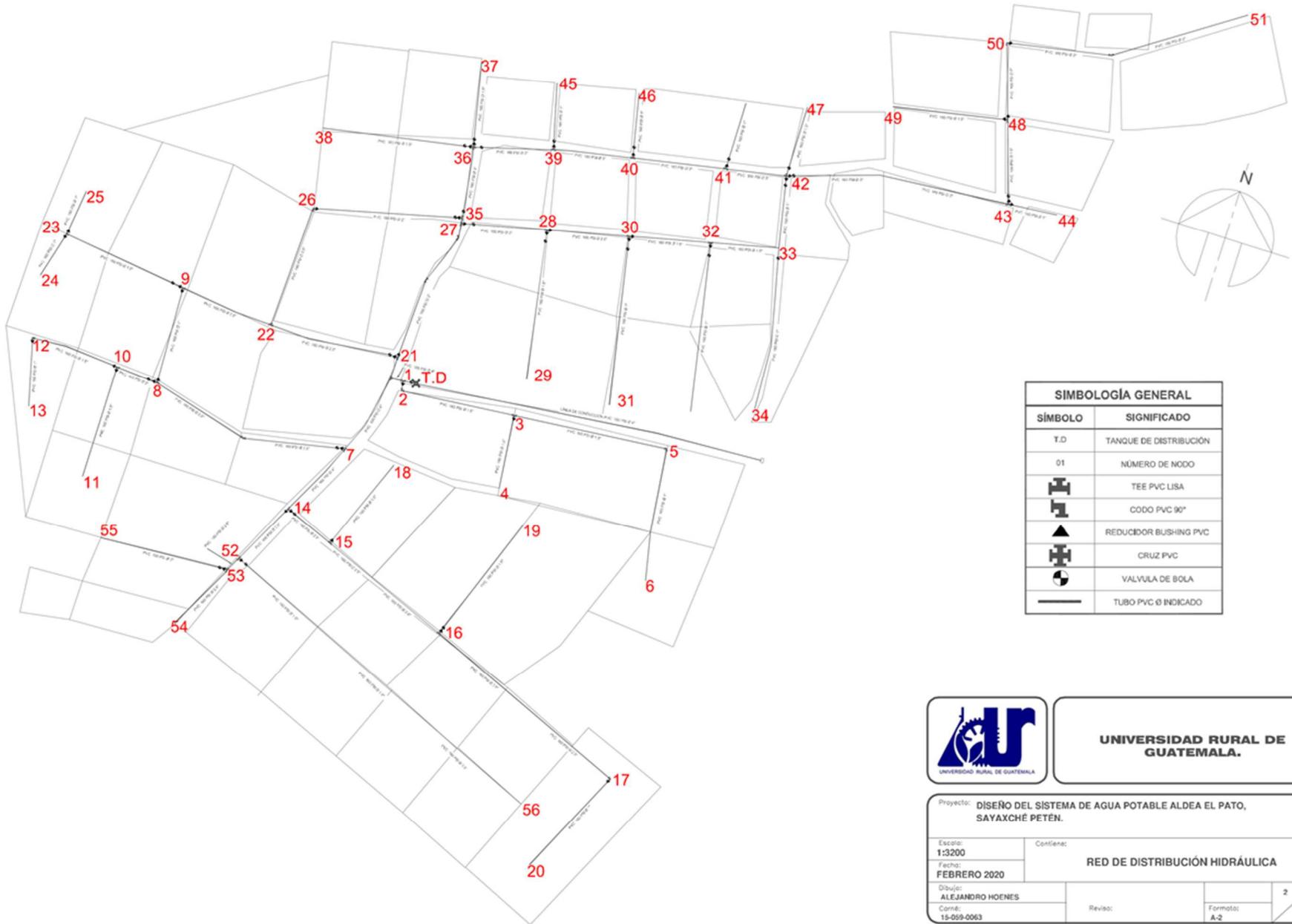


UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETÉN.**

Escala: **1:3200** Contiene: **PLANTA GENERAL DEL PROYECTO.**
 Fecha: **FEBRERO 2020**

Dibujó: **ALEJANDRO HOENES** Revisó: _____
 Corrió: **15-009-0063** Formato: **A-2**

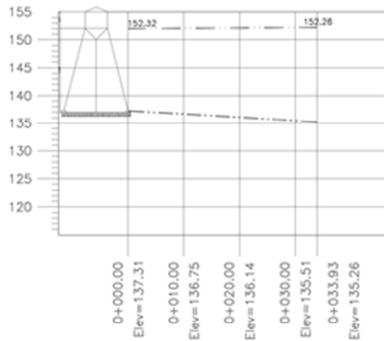


SIMBOLOGÍA GENERAL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
T.D	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
01	NÚMERO DE NODO
	TEE PVC LISA
	CODO PVC 90°
	REDUCIDOR BUSHING PVC
	CRUZ PVC
	VALVULA DE BOLA
	TUBO PVC Ø INDICADO



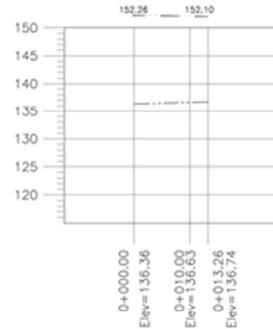
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETEN.	
Escala: 1:3200	Contiene: RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA
Fecha: FEBRERO 2020	
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó: _____
Corné: 15-059-0063	Formato: A-2
	2 / 23



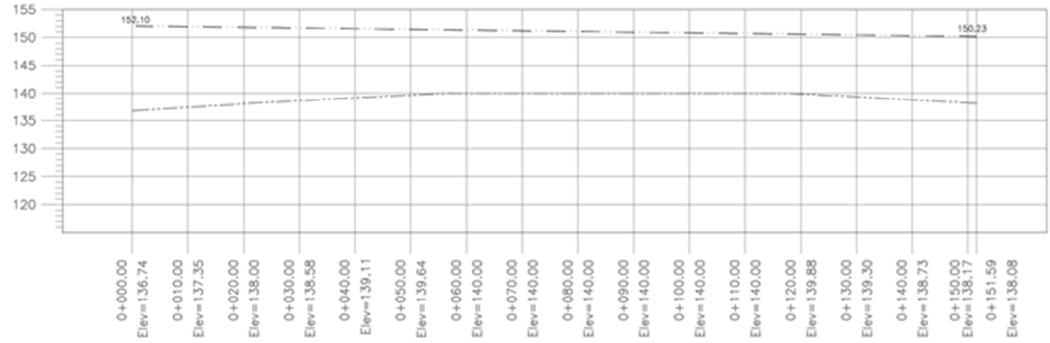
PERFIL 0-1

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



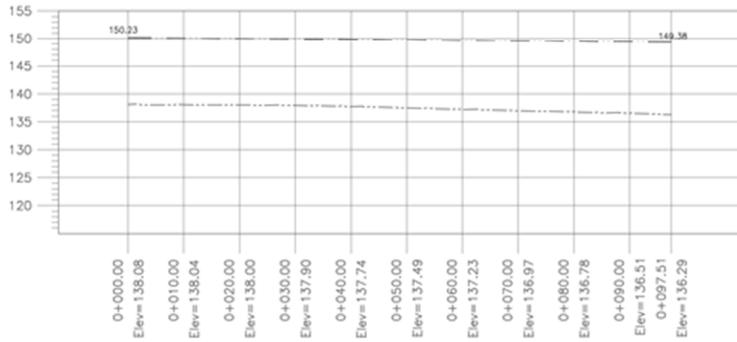
PERFIL 1-2

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



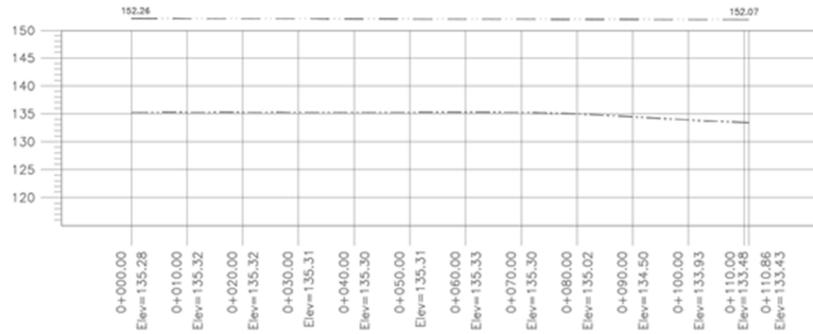
PERFIL 2-3

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 3-4

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



1-7

: 1000
: 1000



**UNIVERSIDAD RURAL DE
GUATEMALA.**

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO,
SAYAXCHÉ PETÉN.**

Escala:

1:500

Contiene:

PERFILES DE TERRENO

Fecha:

FEBRERO 2020

Dibujó:

ALEJANDRO HOENES

Revisó:

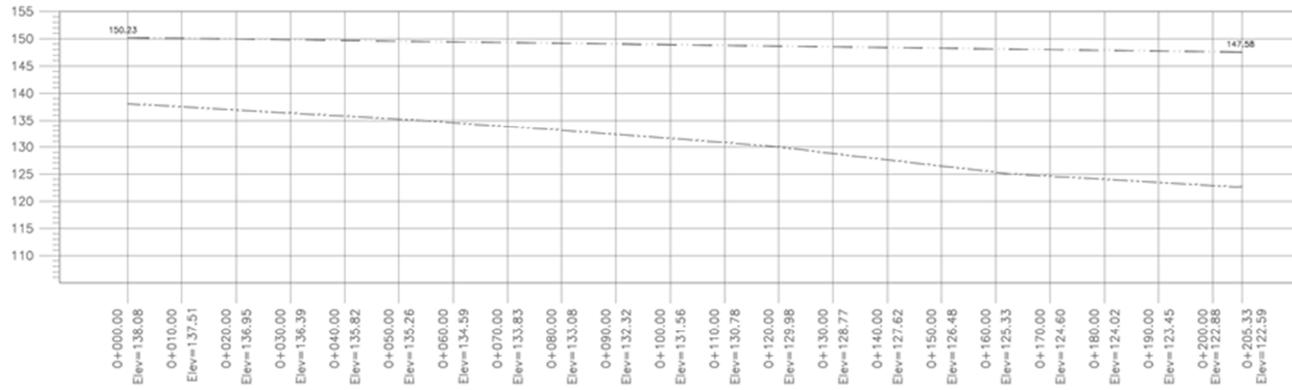
Formato:

A-2

3

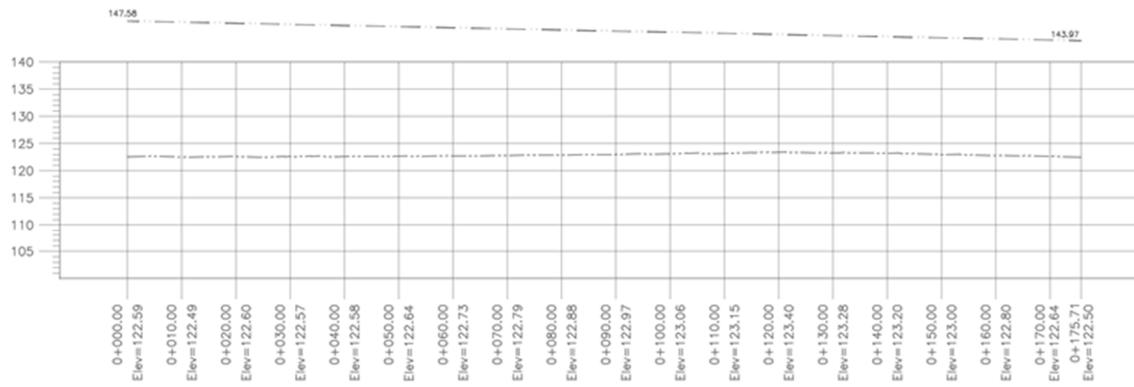
Código:
15-059-0063

23



PERFIL 3-5

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



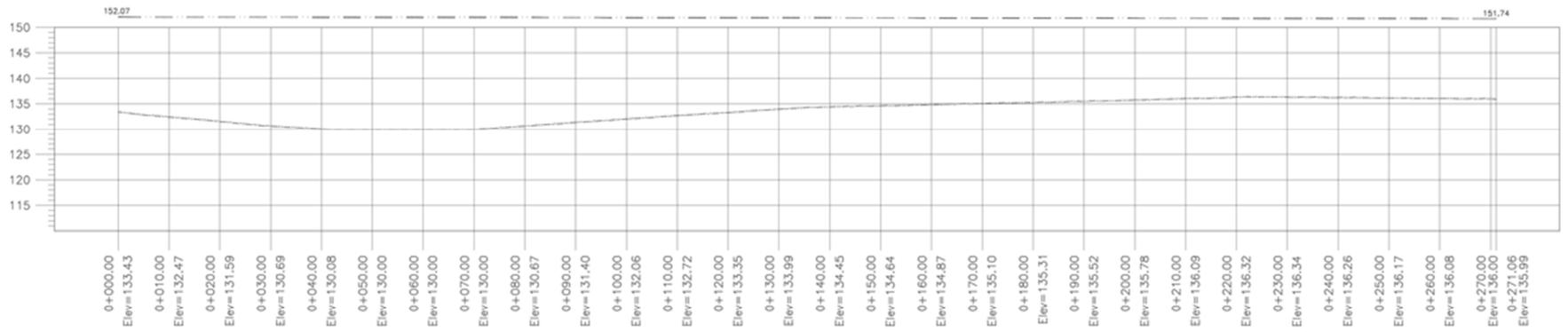
PERFIL 5-6

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



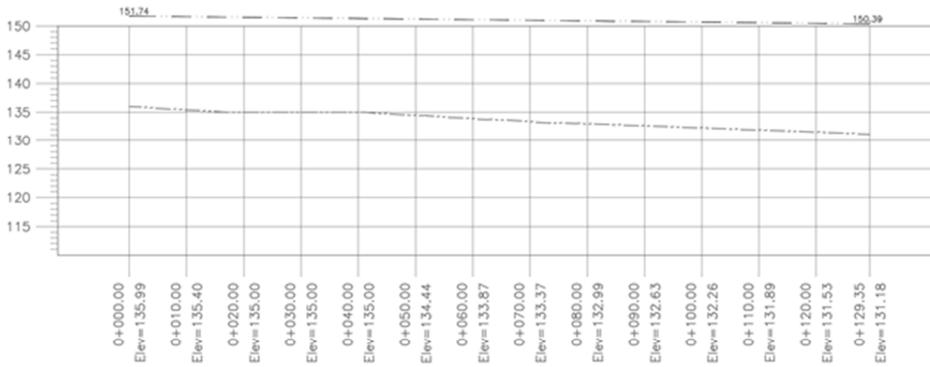
**UNIVERSIDAD RURAL DE
GUATEMALA.**

Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETÉN.	
Escala: 1:500	Contiene: PERFILES DE TERRENO
Fecha: FEBRERO 2020	
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó:
Carné: 15-059-0063	Formato: A-2
4 / 23	



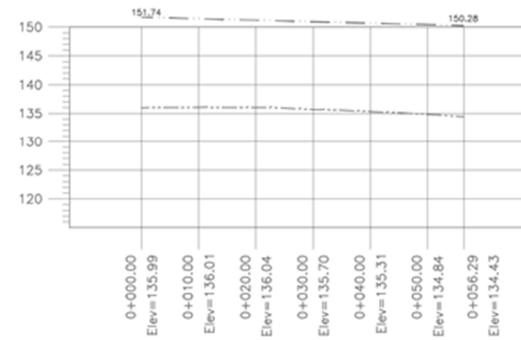
PERFIL 7-8

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



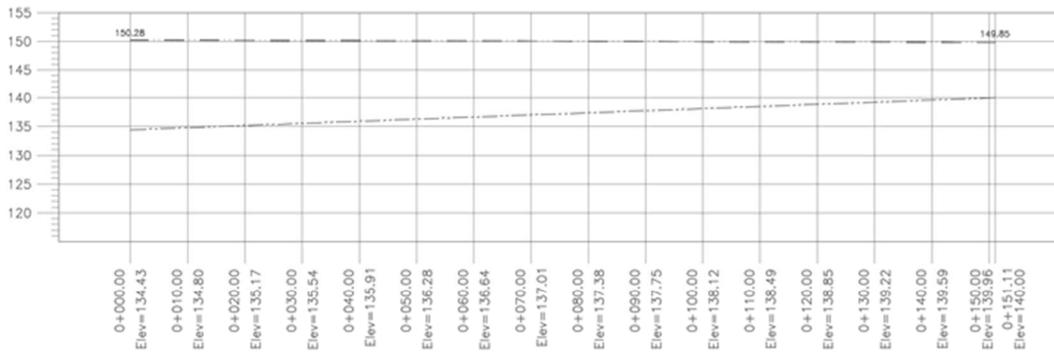
PERFIL 8-9

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 8-10

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 10-11

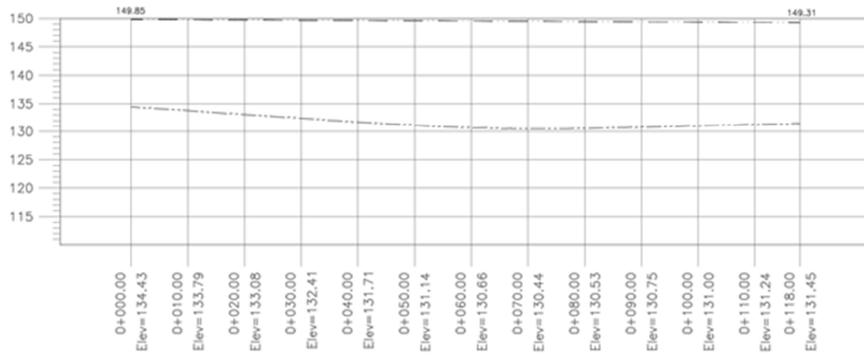
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



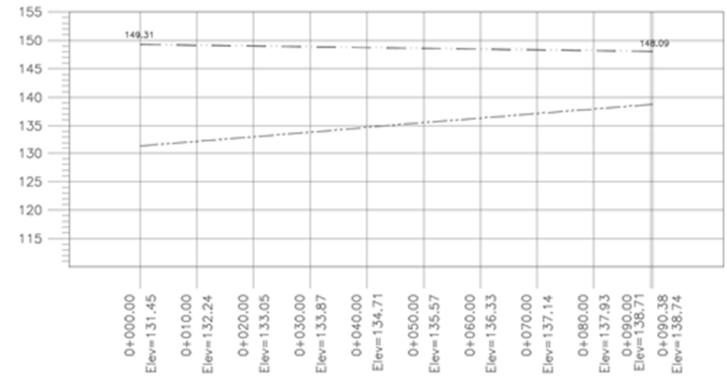
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETEN.**

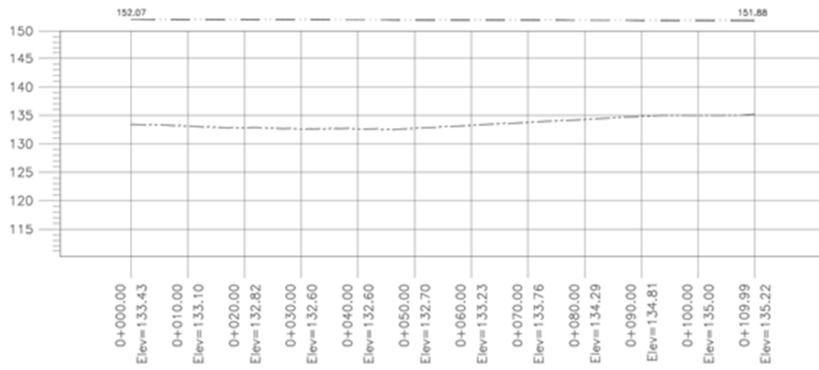
Escala: 1:600	Contiene: PERFILES DE TERRENO
Fecha: FEBRERO 2020	
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó:
Código: 15-059-0063	Formato: A-2
5 23	



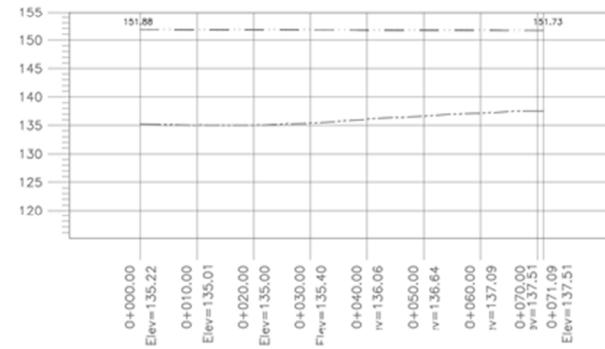
PERFIL 10-12
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 12-13
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 7-14
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000

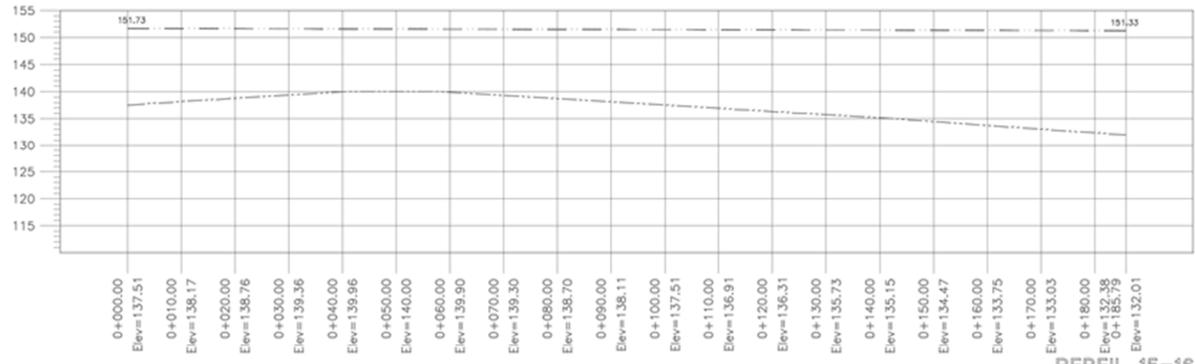


14-15
 1 : 1000

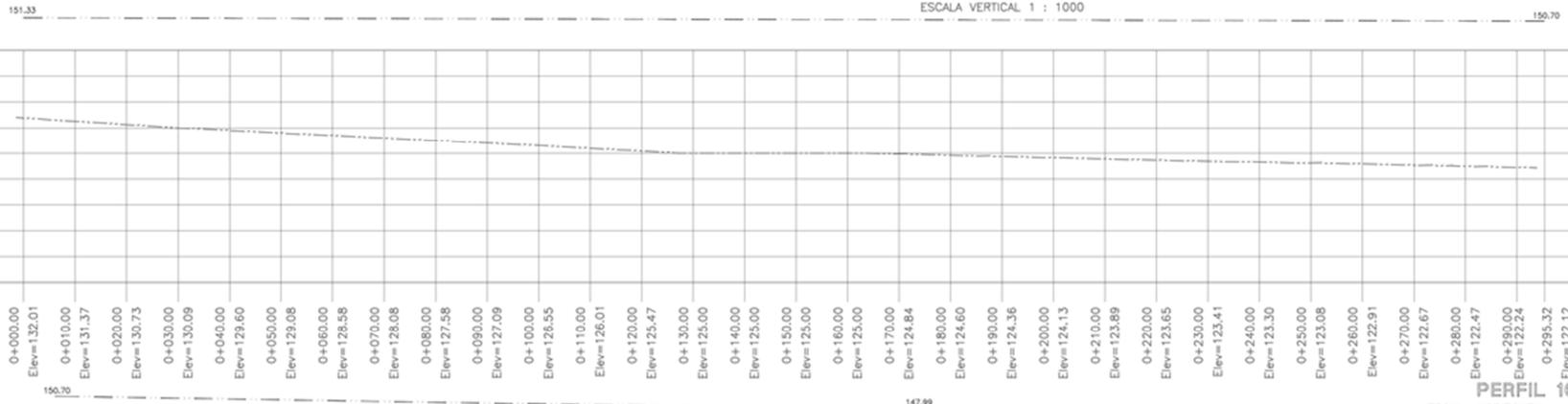


UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

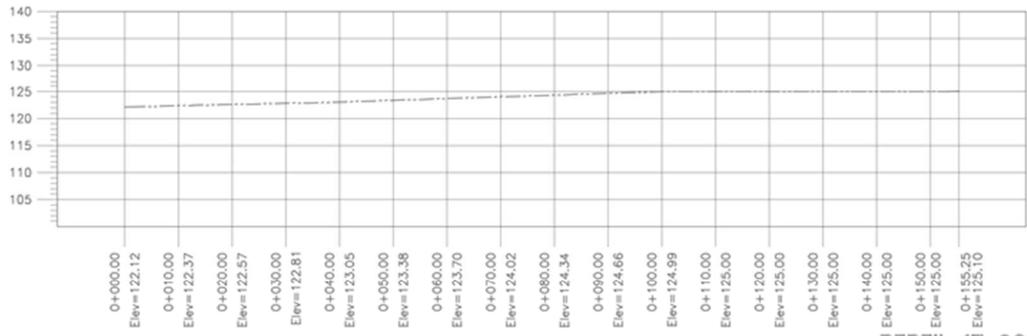
Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHE PETEN.			
Escala: 1:600	Contiene: PERFILES DE TERRENO		
Fecha: FEBRERO 2020			
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó:	Formato: A-2	6
Codig: 15-009-0063			23



PERFIL 15-16
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 16-17
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000

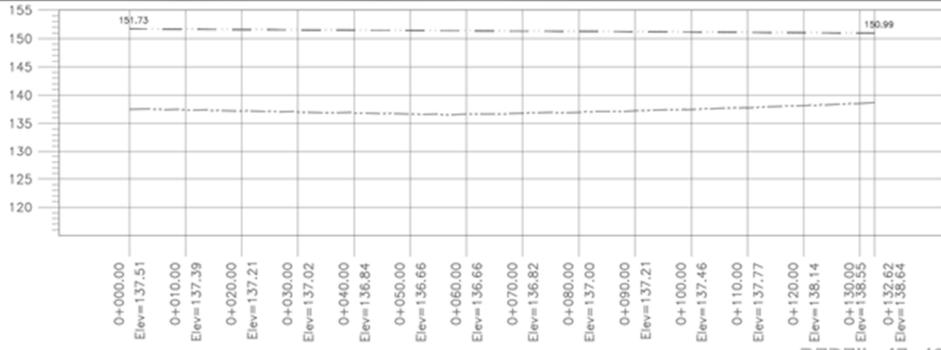


PERFIL 17-20
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



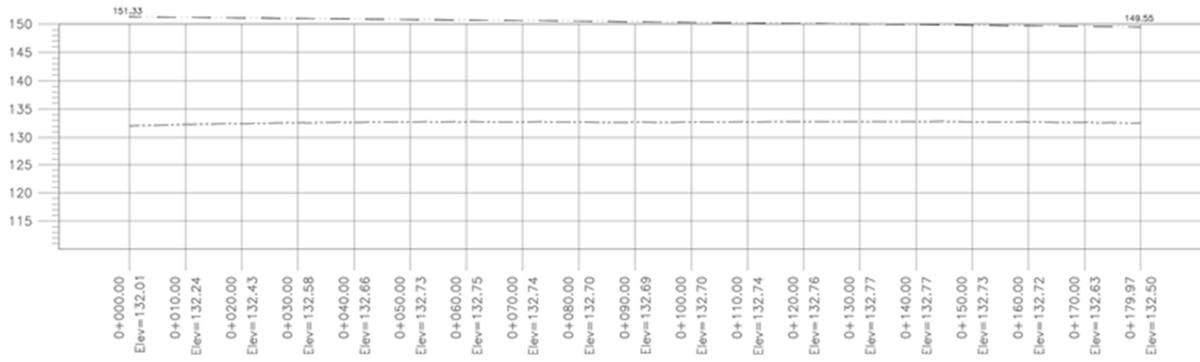
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETEN.	
Escala: 1:500	Contiene:
Fecha: FEBRERO 2020	PERFILES DE TERRENO
Diseño: ALEJANDRO HOENES	Revisó:
Corné: 15-009-0063	Formato: A-2
7 / 23	



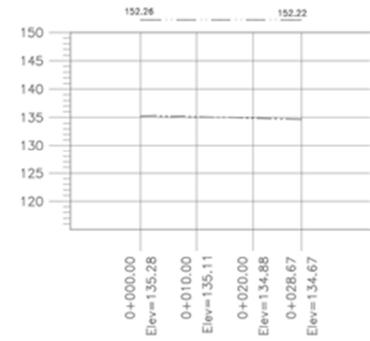
PERFIL 15-19

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



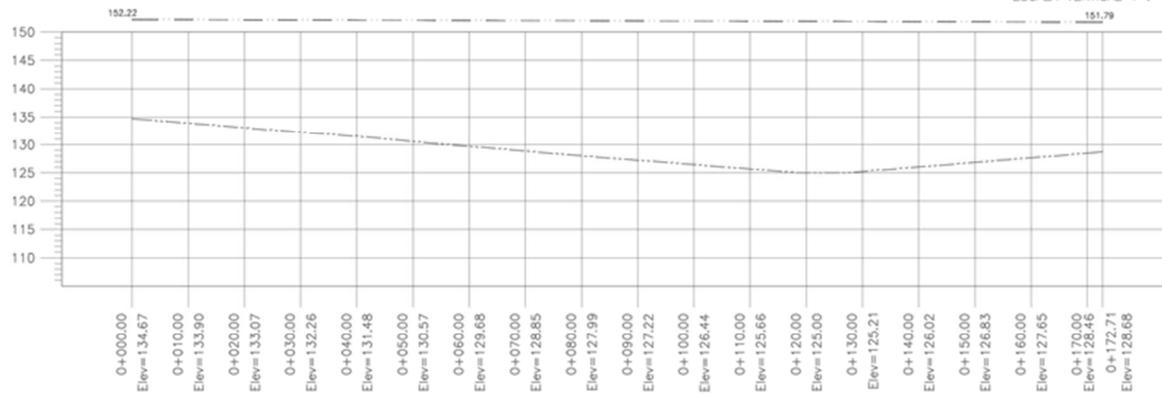
PERFIL 16-19

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 1-21

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 21-22

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



**UNIVERSIDAD RURAL DE
GUATEMALA.**

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO,
SAYAXCHÉ PETÉN.**

Escala:
1:600
Fecha:
FEBRERO 2020

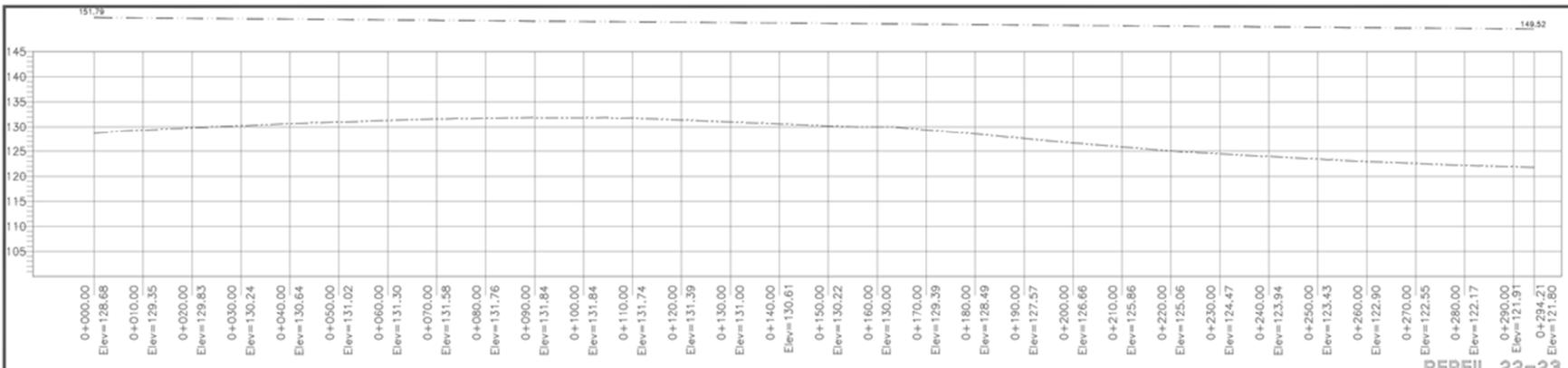
Contiene:
PERFILES DE TERRENO

Dibujó:
ALEJANDRO HOENES
Cada:
15-009-0063

Revisó:

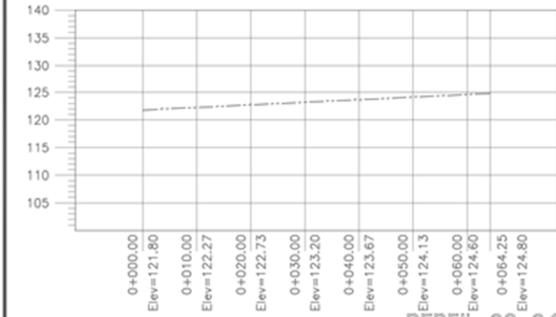
Formato:
A-2

8
23



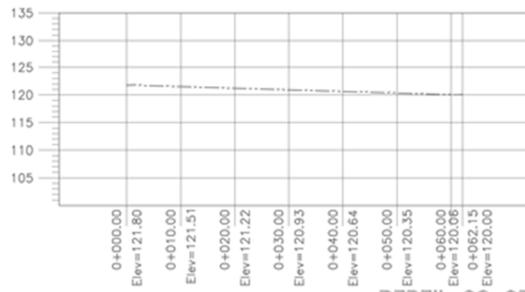
PERFIL 22-23

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



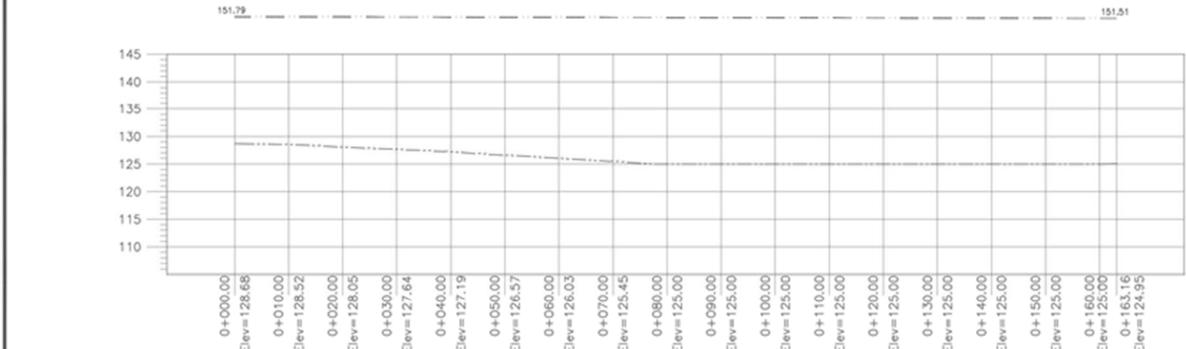
PERFIL 23-24

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 23-25

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



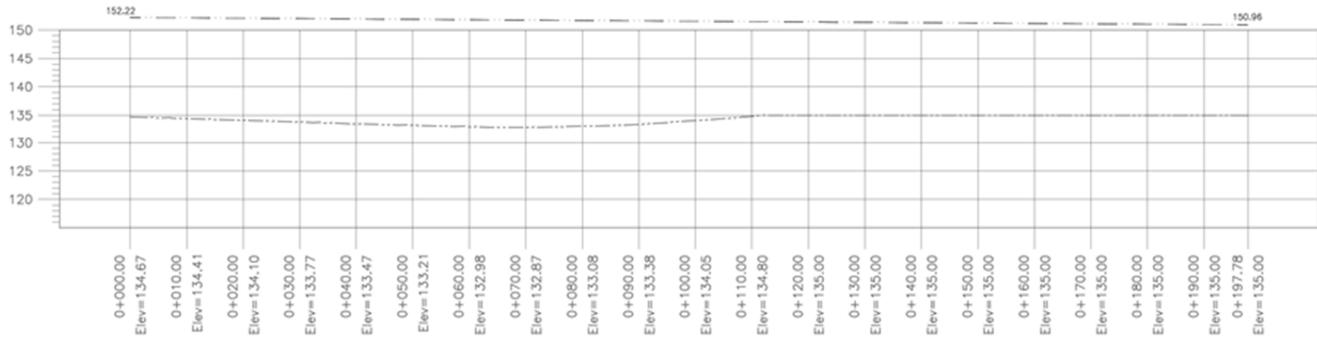
PERFIL 24-26

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



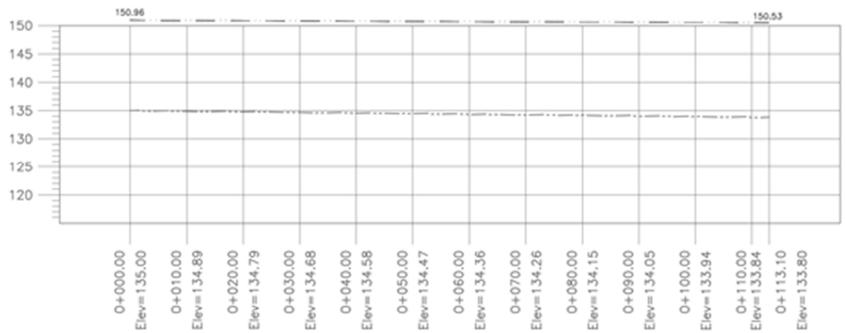
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETÉN.	
Escala: 1:500	Contiene: PERFILES DE TERRENO
Fecha: FEBRERO 2020	
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó:
Cada: 15-059-0063	Formato: A-2
	9
	23



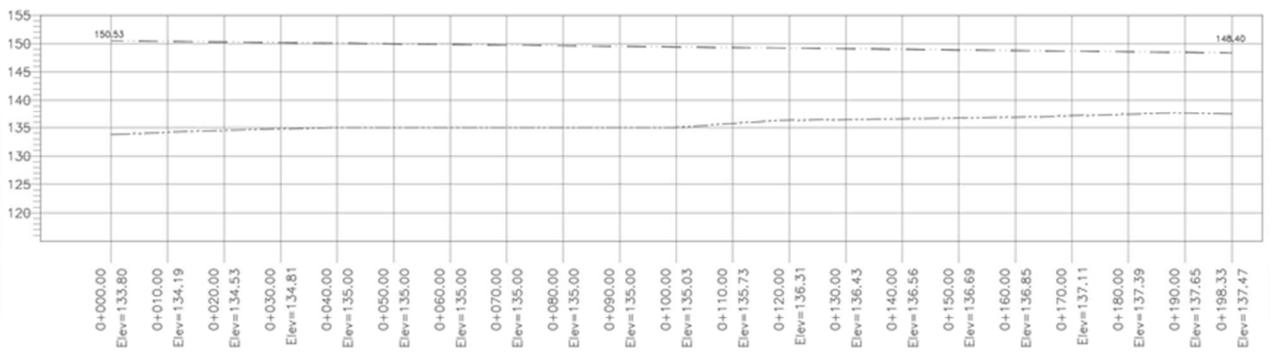
PERFIL 21-27

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 27-28

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



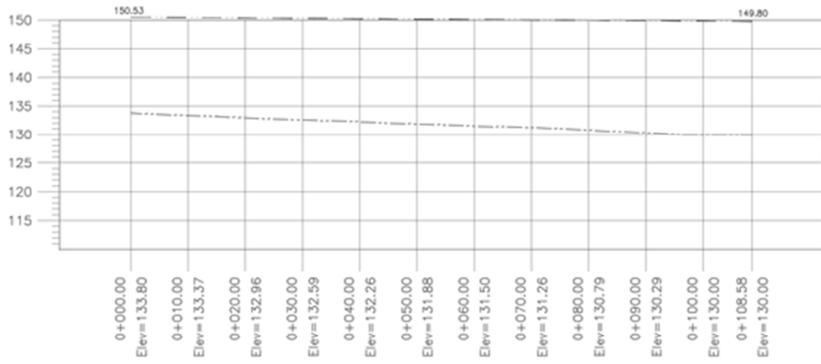
PERFIL 28-29

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000

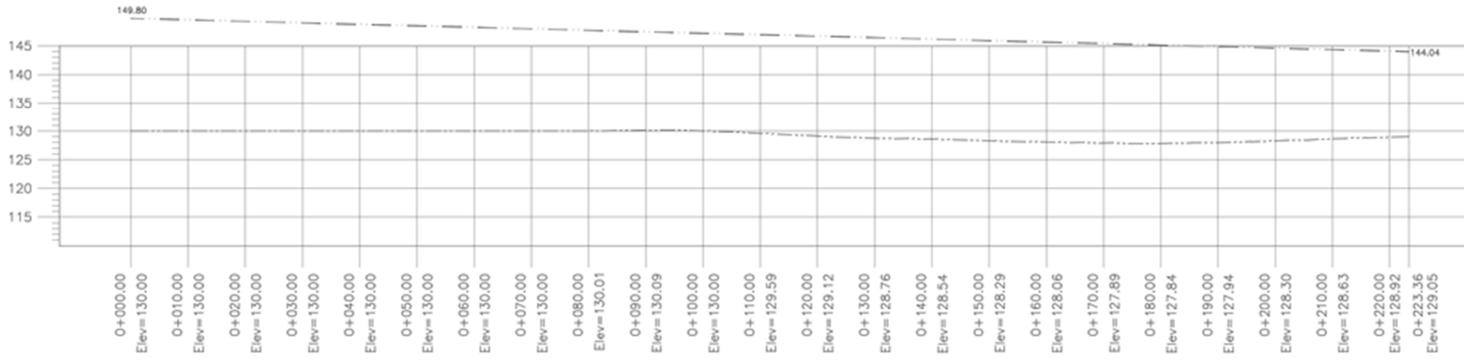


UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

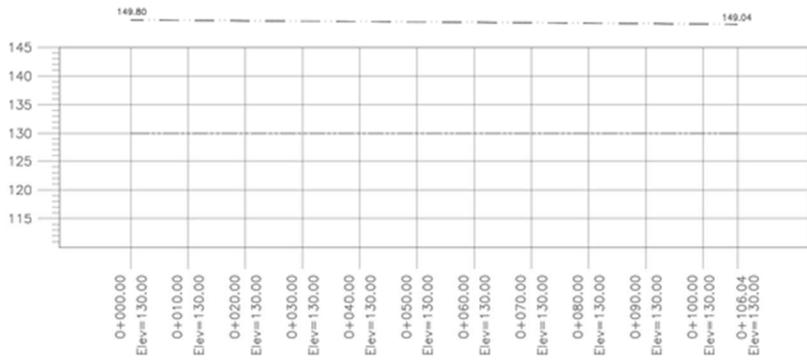
Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETÉN.	
Escala: 1:500	Contiene:
Fecha: FEBRERO 2020	PERFILES DE TERRENO
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó:
Cada: 15-059-0063	Formato: A-2
	10 / 23



PERFIL 28-30
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 30-31
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 30-32
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



**UNIVERSIDAD RURAL DE
 GUATEMALA.**

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO,
 SAYAXCHE PETEN.**

Escala:
1:500

Contiene:

PERFILES DE TERRENO

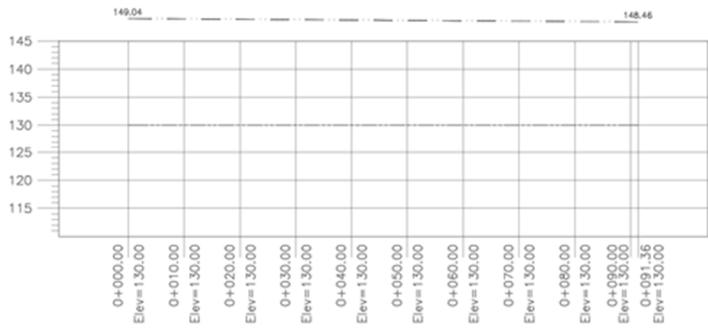
Fecha:
FEBRERO 2020

Dibujo:
ALEJANDRO HOENES

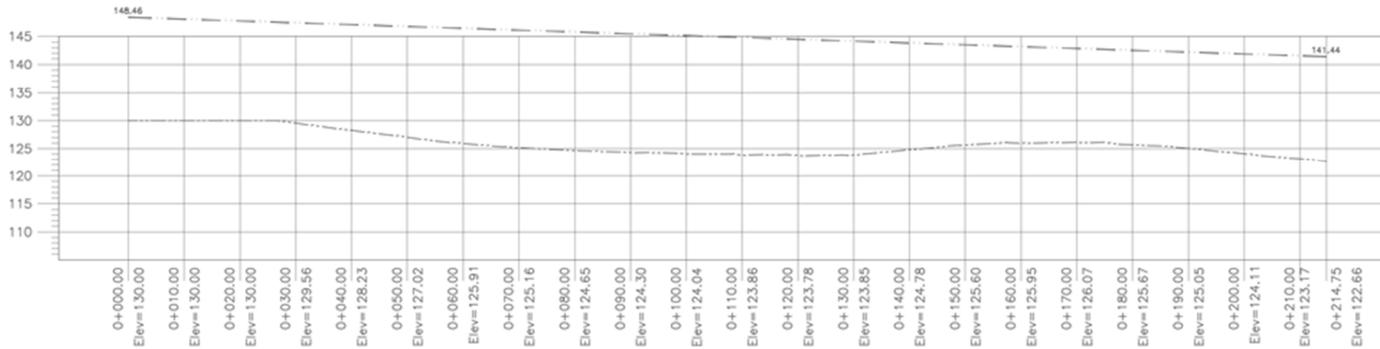
Cópiel:
15-019-0053

Revisó:

Formato:
A-2



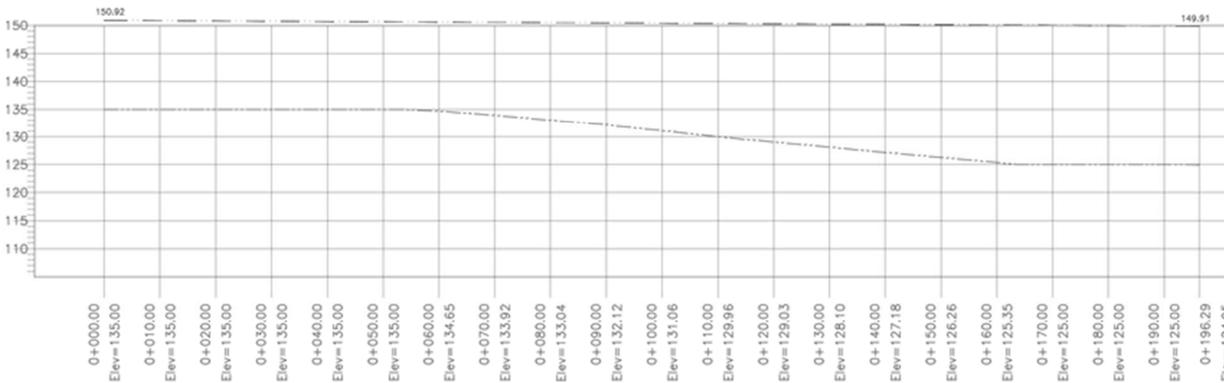
PERFIL 32-33
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 33-34
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 27-35
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



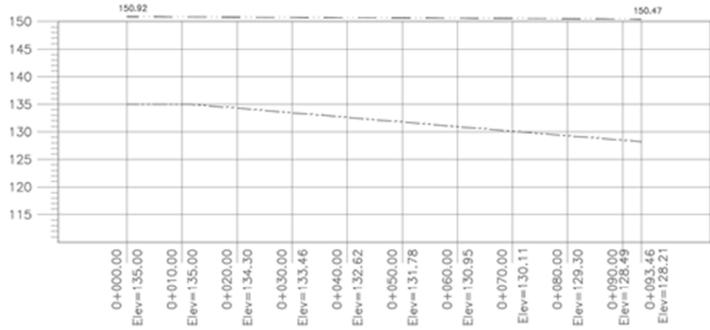
PERFIL 35-36
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



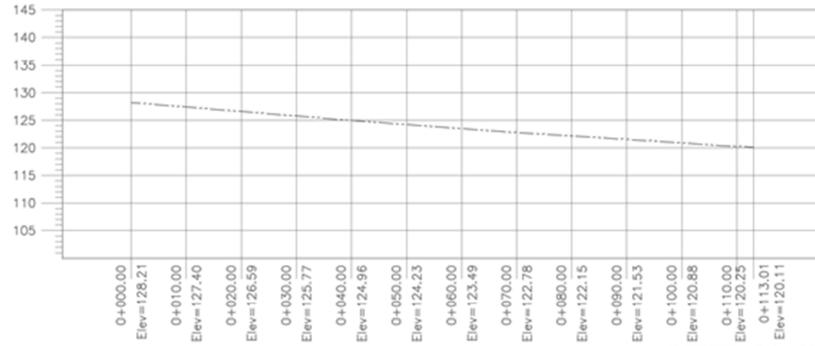
**UNIVERSIDAD RURAL DE
 GUATEMALA.**

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO,
 SAYAXCHÉ PETÉN.**

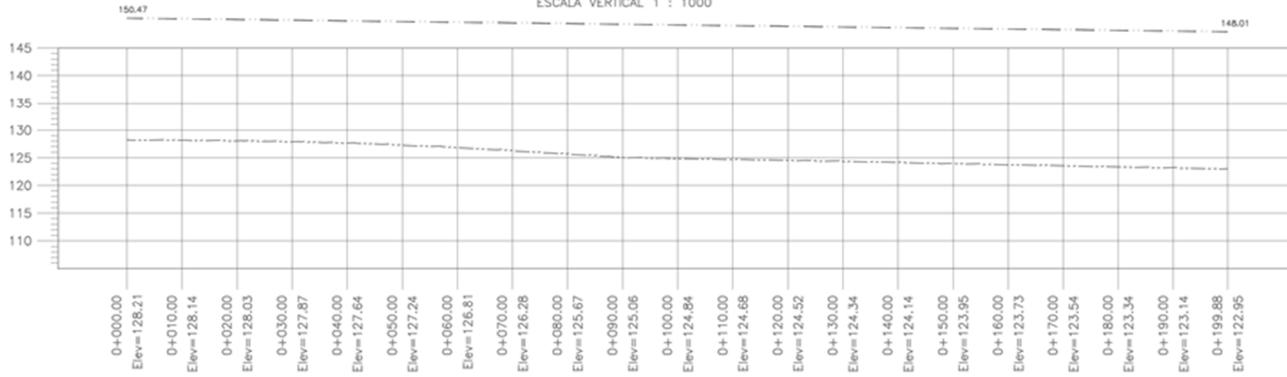
Escala: 1:500	Contiene: PERFILES DE TERRENO
Fecha: FEBRERO 2020	
Dibujo: ALEJANDRO HOENES	
Comité: 18-069-0063	Revisó:
	Formato: A-2
	12 23



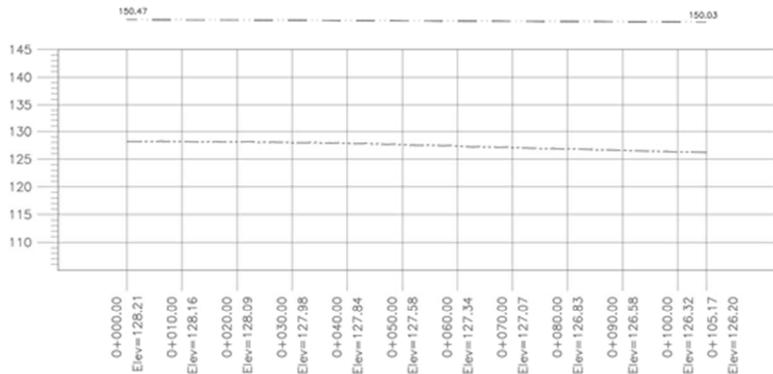
PERFIL 35-36
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 36-37
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 36-38
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 36-39
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETÉN.**

Escala: **1:500**

Contiene:

PERFILES DE TERRENO

Fecha: **FEBRERO 2020**

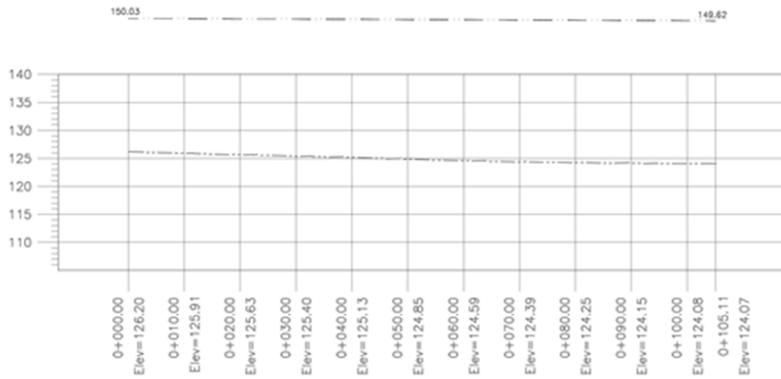
Dibujó: **ALEJANDRO HOENES**

Revisó:

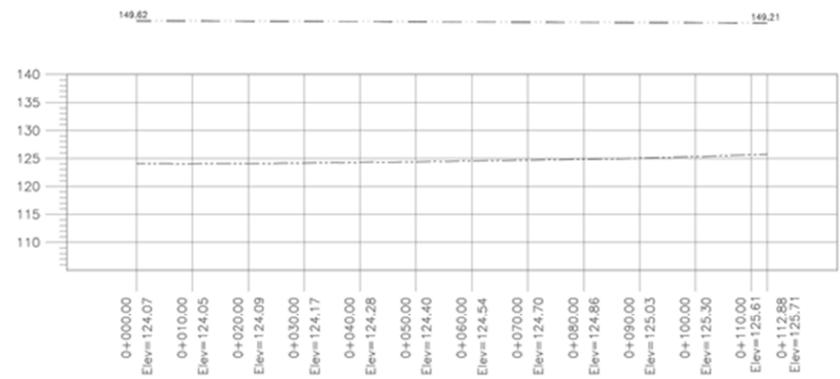
Formato:

Código: **15-059-0063**

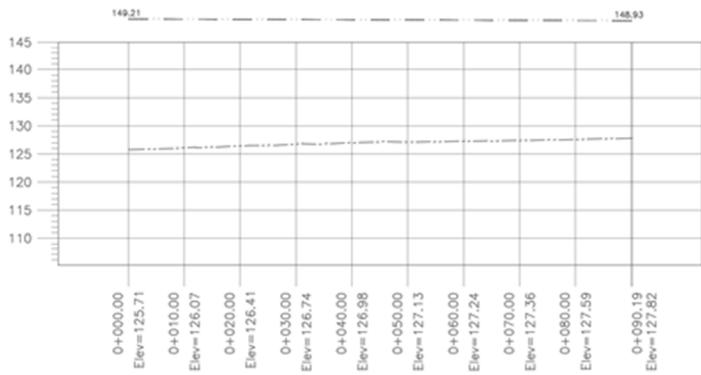
A-2



PERFIL 39-40
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 40-41
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000

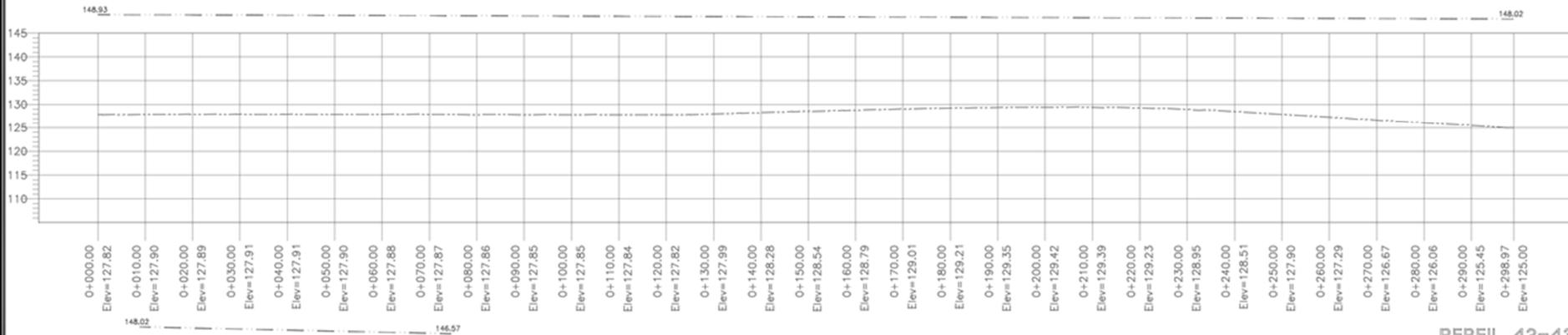


PERFIL 41-42
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000

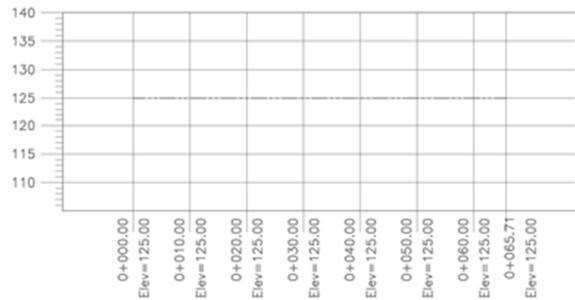


**UNIVERSIDAD RURAL DE
 GUATEMALA.**

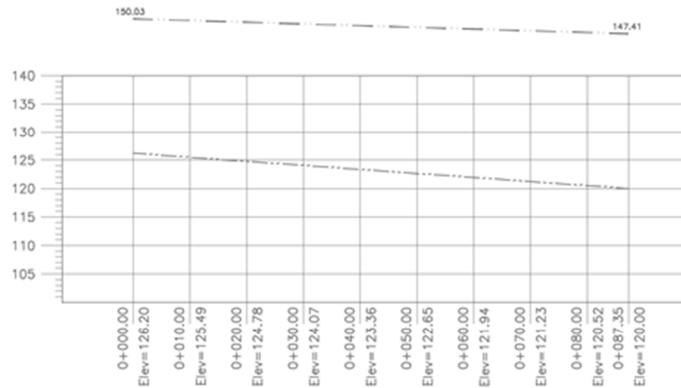
Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETEN.			
Escala: 1:500	Contiene: PERFILES DE TERRENO		
Fecha: FEBRERO 2020			
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó:	Formato: A-2	14
Código: 15-059-0063			23



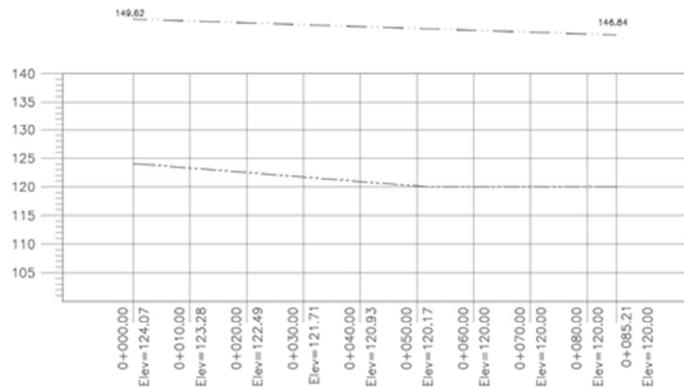
PERFIL 42-43
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 43-44
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 39-45
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 40-46
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



**UNIVERSIDAD RURAL DE
 GUATEMALA.**

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO,
 SAYAXCHÉ PETÉN.**

Escala:

1:600

Contiene:

PERFILES DE TERRENO

Fecha:

FEBRERO 2020

Dibujó:

ALEJANDRO HOENES

Revisó:

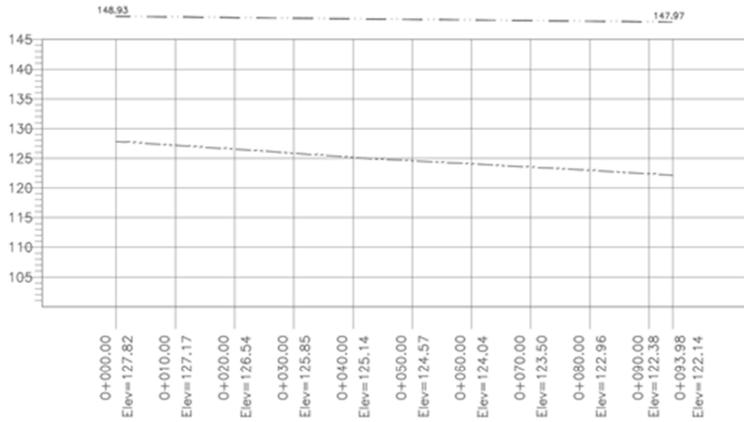
Formato:

A-2

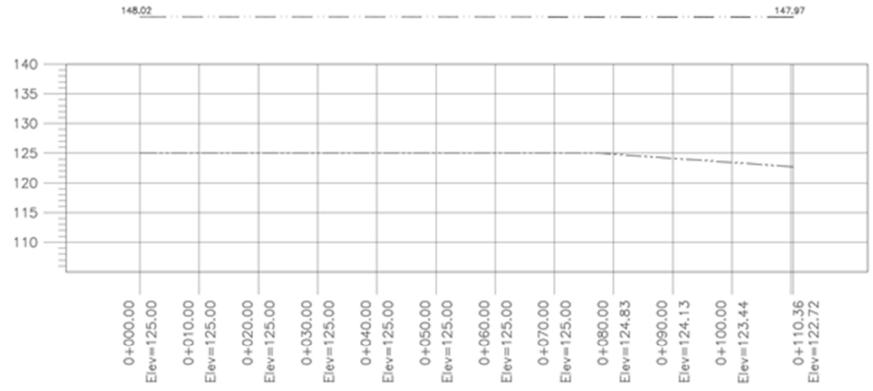
15

23

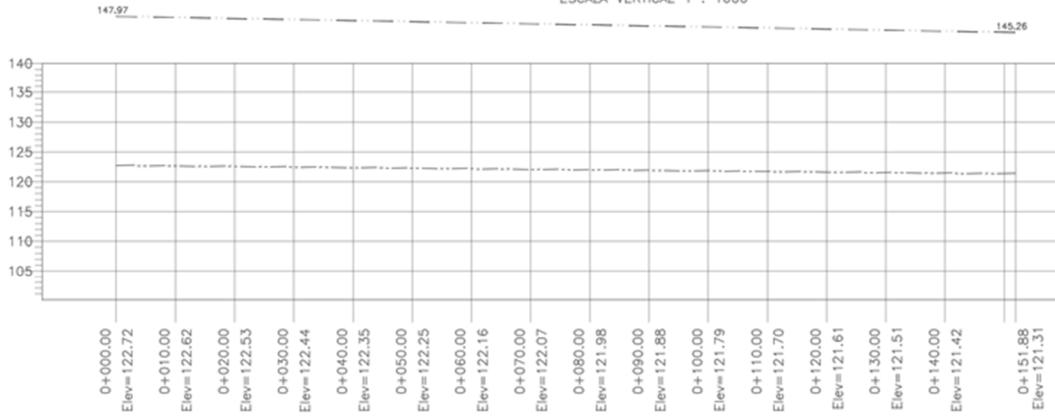
Cornel:
15-019-0063



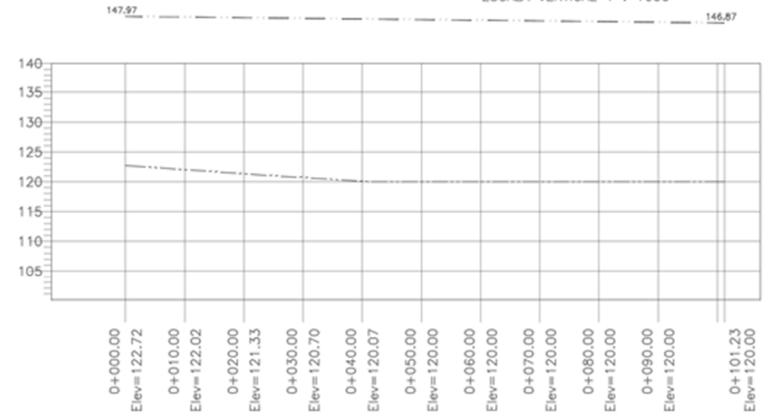
PERFIL 42-47
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 43-48
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 48-49
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 48-50
 A HORIZONTAL 1 : 1000



**UNIVERSIDAD RURAL DE
 GUATEMALA.**

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO,
 SAYAXCHÉ PETÉN.**

Escala:
1:500

Contiene:

Fecha:
FEBRERO 2020

PERFILES DE TERRENO

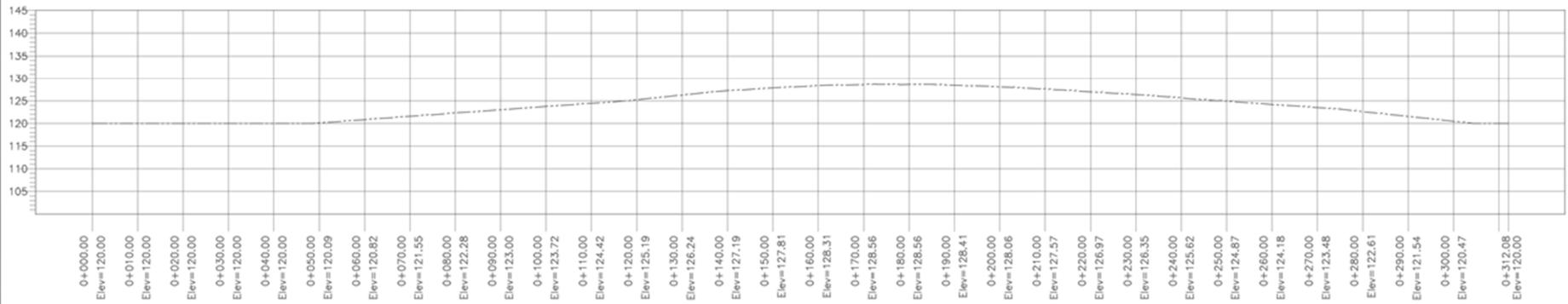
Dibujó:
ALEJANDRO HOENES

Revisó:

Corró:
15-099-0063

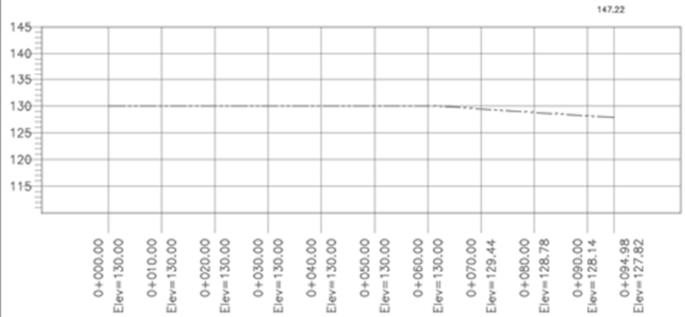
Formato:
A-2

16
 23



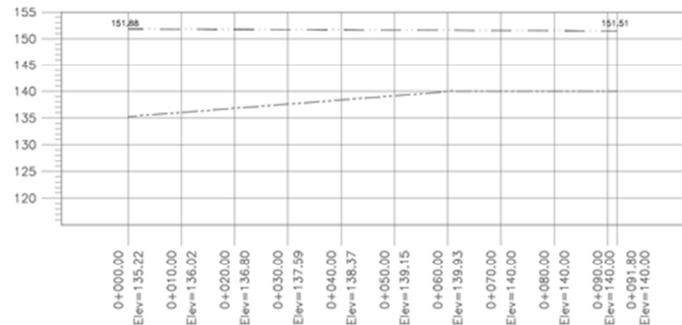
PERFIL 50-51

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



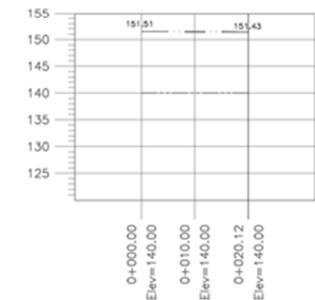
PERFIL 33-42

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



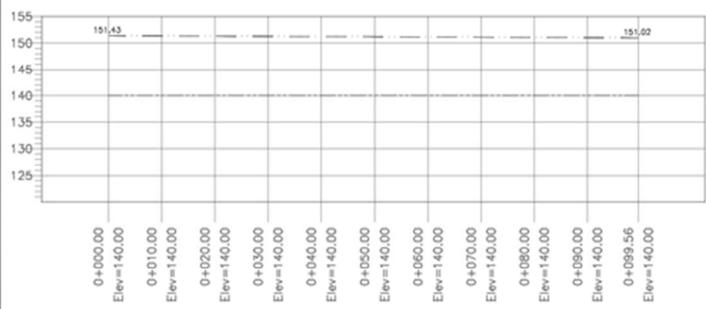
PERFIL 14-52

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 52-53

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



PERFIL 53-54

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETEN.**

Escala:

1:600

Contiene:

PERFILES DE TERRENO

Fecha:

FEBRERO 2020

Dibujó:

ALEJANDRO HOENES

Revisó:

Carné:

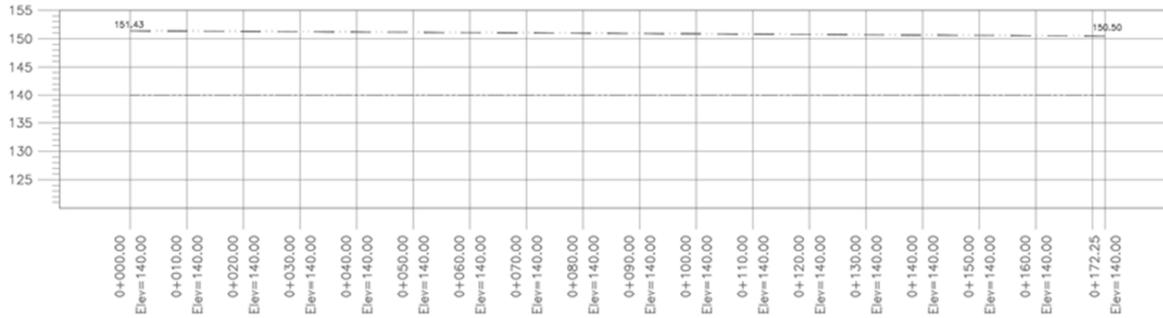
15-069-0063

Formato:

A-2

17

23

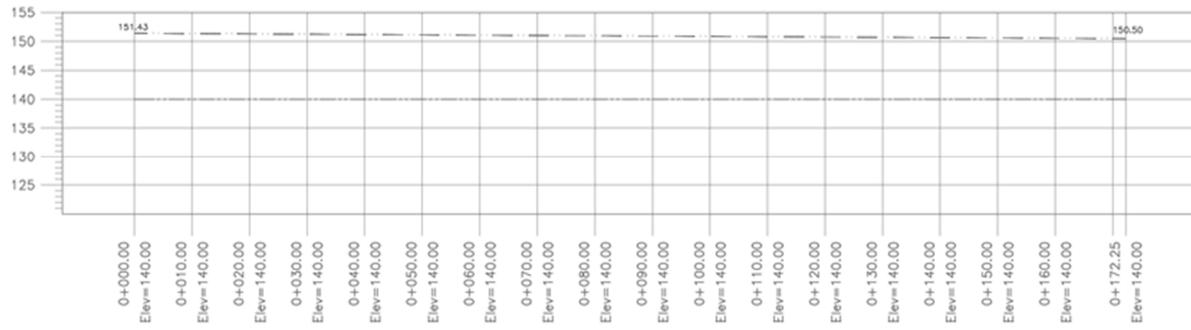


PERFIL 53-55
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



**UNIVERSIDAD RURAL DE
 GUATEMALA.**

Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETÉN.			
Escala: 1:600	Contiene: PERFILES DE TERRENO		
Fecha: FEBRERO 2020			
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó:	Formato: A-2	18
Corné: 15-059-0063			23

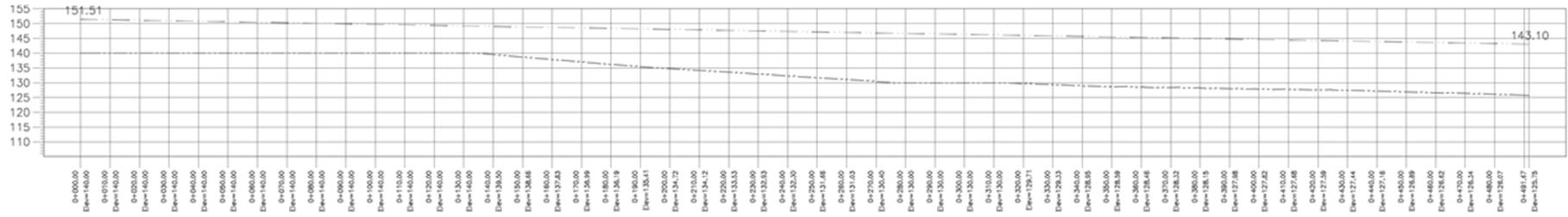


PERFIL 53-55
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



**UNIVERSIDAD RURAL DE
 GUATEMALA.**

Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETEN.			
Escala: 1:600	Contiene: PERFILES DE TERRENO		
Fecha: FEBRERO 2020			
Dibujo: ALEJANDRO HOENES	Revisó:	Formato: A-2	19 23
Corné: 15-059-0063			

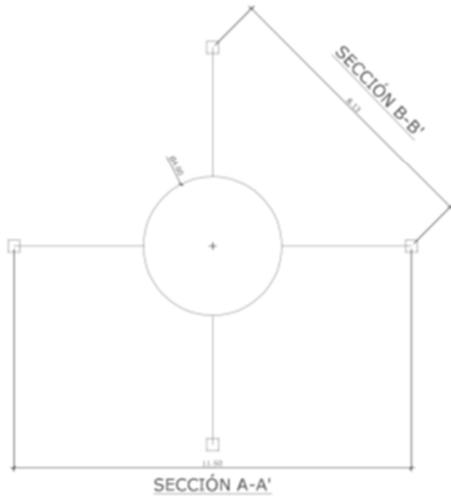


PERFIL 52-58
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000

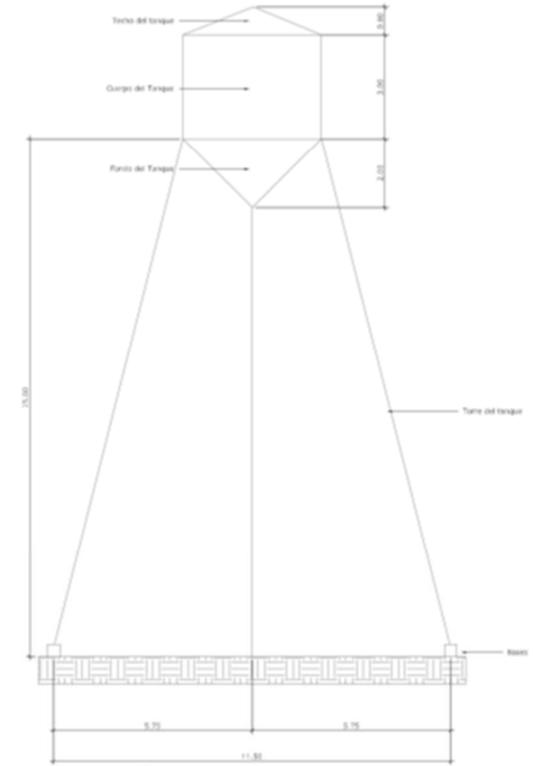
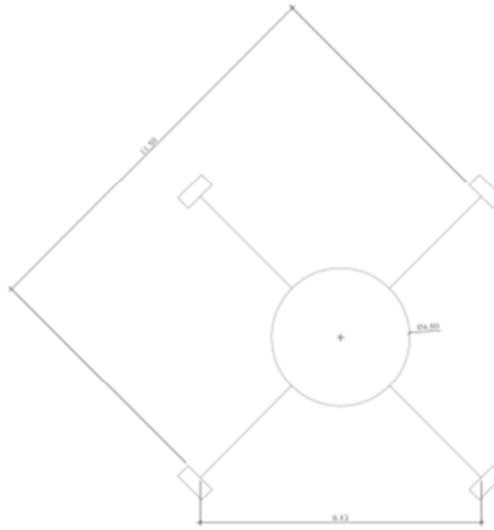


**UNIVERSIDAD RURAL DE
 GUATEMALA.**

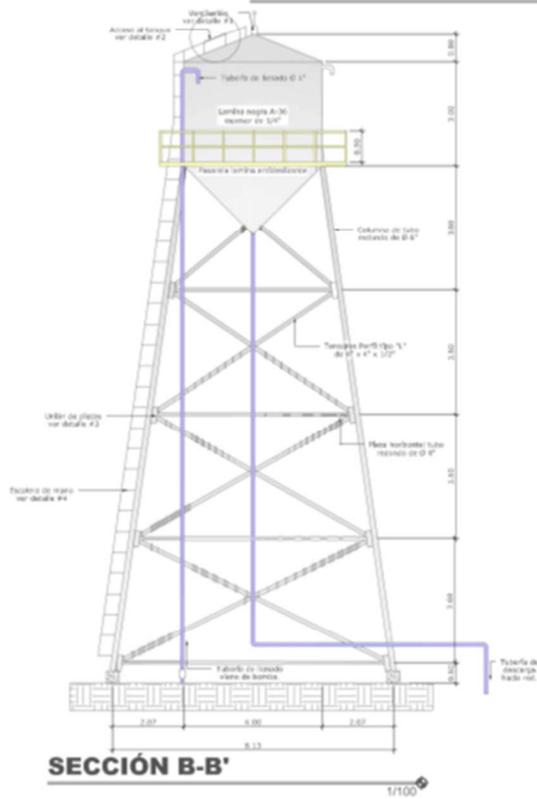
Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETEN.			
Escala: 1:1000	Contiene: PERFILES DE TERRENO		
Fecha: FEBRERO 2020			
Dibujó: ALEJANDRO HOENES	Revisó:	Formato: A-2	20
Carné: 15-059-0063			23



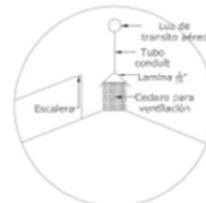
PLANTA



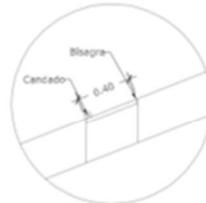
SECCIÓN A-A'



SECCIÓN B-B'



Detalle No. 1



Detalle No. 2



**UNIVERSIDAD RURAL DE
GUATEMALA.**

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO,
SAYAXCHÉ PETÉN.**

Escala:
1:1000

Contiene:

TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

Fecha:
FEBRERO 2020

Dibujó:
ALEJANDRO HOENES

Correó:
15-059-0063

Revisó:

Formuló:
A-2

21

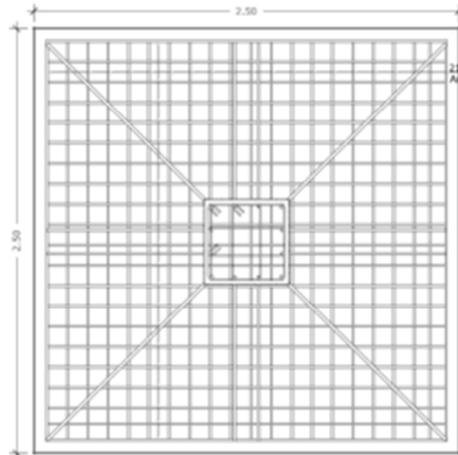
23



Detalle No. 3

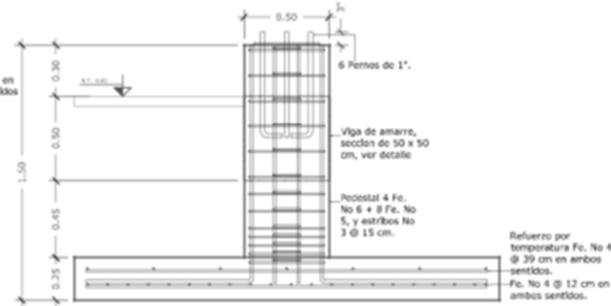


Detalle No. 4

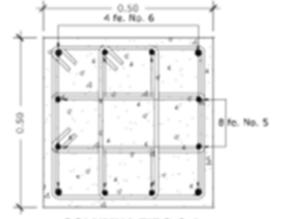


PLANTA ZAPATA

ESCALA 1:20
21 fe. LONGITUDINAL No. 4 @ 12 cm EN AMBOS SENTIDOS SECCION DE 2.50 X 2.50 X 0.25 ACERO GRADO 40 CONCRETO 3,000 PSI RECURRIMIENTO 7 CMS



ELEVACION DE ZAPATA + COLUMNA

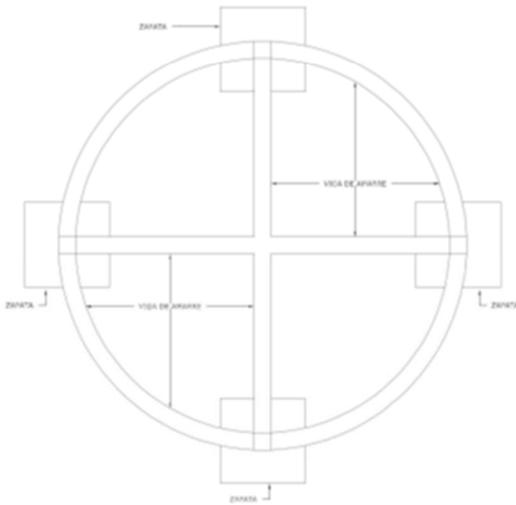


COLUMNA TIPO C-1

ESCALA 1:10
4 fe. LONGITUDINAL No. 6 + 8 fe. LONGITUDINAL No. 5. ESTRIBOS No. 3 @ 15 cm SECCION DE 50 X 50 CM ACERO GRADO 40 CONCRETO 3,000 PSI RECURRIMIENTO 1 PLG

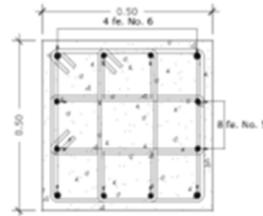


DETALLE ANCLAJE DE COLUMNA



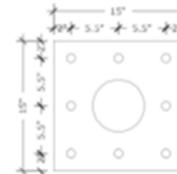
CIMENTACION DEL TANQUE

1/100

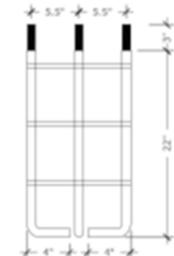


VIGA DE AMARRE

ESCALA 1:10
4 fe. LONGITUDINAL No. 6 + 8 fe. LONGITUDINAL No. 5. ESTRIBOS No. 3 @ 15 cm SECCION DE 50 X 50 CM ACERO GRADO 40 CONCRETO 3,000 PSI RECURRIMIENTO 1 PLG



PLACA BASE



DETALLE CANASTA



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETÉN.**

Escala:

1:1000

Contiene:

DETALLES TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

Fecha:

FEBRERO 2020

Dibujó:

ALEJANDRO HOENES

Revisó:

Formato:

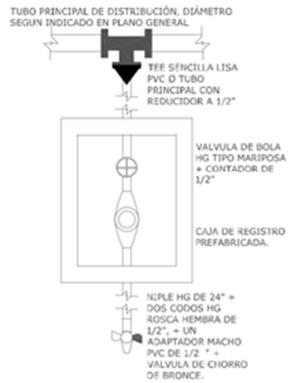
A-2

22

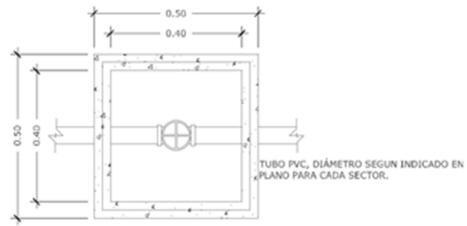
23

Código:

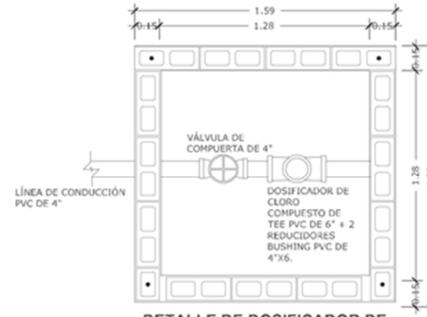
15-059-0063



DETALLE CONEXIÓN DOMICILIAR.



DETALLE VÁLVULAS DE BOLA PARA CADA RAMAL.



DETALLE DE DOSIFICADOR DE CLORO ENTRADA AL TANQUE



ELEVACION DE DOSIFICADOR DE CLORO ENTRADA AL TANQUE

DOSIFICADOR DE CLORO COMPUESTO DE TEE PVC DE 6" + 2 REDUCIDORES BUSHING PVC DE 4"x6.



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA.

Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA EL PATO, SAYAXCHÉ PETÉN.

Escala: 1:1000
Fecha: FEBRERO 2020
Contiene: **DETALLES TANQUE DE DISTRIBUCIÓN**

Dibujo: ALEJANDRO HOENES
Corte: 15-059-0063

Revisó:

Formato: A-2

23

23