

Elmer Obdulio García Ramírez

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE DE
HIDROELÉCTRICA EL CÓBANO, ALDEA LA UNIÓN GUANAGAZAPA,
ESCUINTLA.



Asesor General: Lic. M.Sc Daniel Humberto González Pereira

Universidad Rural de Guatemala.
Facultad de Ingeniería

Guatemala, febrero 2019.

Informe final de graduación.

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE DE
HIDROELÉCTRICA EL CÓBANO, ALDEA LA UNIÓN GUANAGAZAPA,
ESCUINTLA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Elmer Obdulio García Ramírez.

En el acto de investidura previo a su graduación de Ingeniero Civil, con Énfasis en
Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado.

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, febrero de 2019.

Informe final de graduación.

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE DE
HIDROELÉCTRICA EL CÓBANO, ALDEA LA UNIÓN GUANAGAZAPA,
ESCUINTLA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, febrero 2019.

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el título universitario de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado.

Índice general

No.	Contenido	Página
	Prólogo	
	Presentación	
I.	INTRODUCCIÓN.....	01
I.1	Planteamiento del problema.....	02
I.2	Hipótesis.....	03
I.3	Objetivos.....	03
I.3.1	Objetivo general.....	03
I.3.2	Objetivo específico.....	04
I.4	Justificación.....	04
I.5	Metodología.....	04
I.5.1	Métodos.....	05
I.5.2	Técnicas.....	07
II.	MARCO TEÓRICO.....	08
II.1	Aspectos conceptuales.....	09
III.	PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	58
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
IV.1.1	Conclusiones.....	65
IV.1.2	Recomendaciones.....	66
	Bibliografía	
	Anexos	

Índice de cuadros

No.	Contenido	Página
1	Reducción de la capacidad de almacenamiento de agua ha afectado a la generación de energía eléctrica en la planta de Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres.....	59
2	Acumulación de sedimentación que afecta la capacidad de almacenamiento de agua en el embalse.....	60
3	Acumulación de sedimentación en el embalse afecta la generación de energía eléctrica en la Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla.....	61
4	Al bajar el nivel de almacenamiento de agua en el embalse reduce el ingreso económico de la planta.....	62
5	Al bajar el nivel de almacenamiento de agua en el embalse afecte el cumplimiento de los contratos de la Hidroeléctrica El Cóbano....	63
6	Por la falta de un plan para mantenimiento preventivo en embalse reduce la capacidad de operación en la Hidroeléctrica El Cóbano...	64

Índice de gráficas

No.	Contenido	Página
1	Reducción de la capacidad de almacenamiento de agua ha afectado a la generación de energía eléctrica en la planta de Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres.....	59
2	Acumulación de sedimentación que afecta la capacidad de almacenamiento de agua en el embalse.....	60
3	Acumulación de sedimentación en el embalse afecta la generación de energía eléctrica en la Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla	61
4	Al bajar el nivel de almacenamiento de agua en el embalse reduce el ingreso económico de la planta.....	62
5	Al bajar el nivel de almacenamiento de agua en el embalse afecte el cumplimiento de los contratos de la Hidroeléctrica El Cóbano....	63
6	Por la falta de un plan para mantenimiento preventivo en embalse reduce la capacidad de operación en la Hidroeléctrica El Cóbano...	64

Prólogo

Esta investigación es un requisito previo a optar el título universitario de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado, de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

El estudio: “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, se llevó a cabo para proponer las posibles soluciones a la problemática de la hidroeléctrica.

Los resultados del presente estudio pueden aplicarse en otras hidroeléctricas en donde tengan el mismo problema. También puede utilizarse como consulta académica de estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Rural de Guatemala y de otras. Así mismo sirve para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos durante su carrera profesional.

Con el fin de solucionar la problemática planteada se presenta como aporte a dicha solución, tres resultados que son: a) Se cuenta con una unidad ejecutora, b) Se cuenta con un plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, c) Capacitación.

Presentación

El estudio de esta investigación: Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, fue realizada durante los meses de febrero del año dos mil dieciocho, al mes de abril del dos mil diecinueve, como requisito previo a optar el título universitario de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de licenciado de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

Se determinó que el problema central son las fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, lo que ocasiona reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica, en los últimos cinco semestres.

Como resultado de la investigación surgió una propuesta para solucionar el problema, formada por tres resultados que son: a) Se cuenta con una Unidad Ejecutora, b) Se cuenta con un Plan de mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, c) Capacitación.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se elaboró como uno de los requisitos establecidos por la Universidad Rural de Guatemala, previo a obtener el título universitario de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado, que es llevar a cabo una investigación, por lo tanto, se optó el estudio de. “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”.

El estudio identifica la problemática existente, la cual consiste en las fugas y sedimentación de embalse de hidroeléctrica.

Los resultados del presente estudio pueden aplicarse en otras hidroeléctricas que tengan la misma problemática. También pueden utilizarse como consulta académica de estudiantes de Ingeniería de las diferentes universidades del país. Así mismo sirve para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos durante su carrera profesional.

El estudio fue realizado durante los meses de febrero del año dos mil dieciocho, al mes de abril del dos mil diecinueve.

Al terminar el trabajo de graduación, se comprobó la hipótesis: “La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, por fugas y sedimentación de embalse, es debido a la falta un plan para mantenimiento preventivo. El informe está integrado de la siguiente forma: Prólogo y Presentación.

Luego los siguientes capítulos:

I: Compuesto por: Introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivo general y objetivos específicos, justificación, metodología conformado por métodos y técnicas tanto para la formulación como para la comprobación de la hipótesis.

II: Compuesto por: Marco teórico, que comprende de aspectos conceptuales y legales.

III: Compuesto por. Presentación, y análisis de resultados, formado por cuadros y gráficas de los resultados obtenidos de las encuestas relacionados a la variable dependiente “Y” e independiente “X” con su respectivo análisis.

IV: Compuesto por: Conclusiones y recomendaciones, luego bibliografía y anexos principales.

La propuesta la conforman tres resultados que son los siguientes:

Resultado uno: Se cuenta con una Unidad Ejecutora. Resultado dos: Se cuenta con un “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”. Resultado tres: Capacitación. Los tres resultados juntos forman la propuesta para proporcionar una solución integral al problema.

1.1. Planteamiento del problema

Para el año 2020 se ha logrado determinar que siempre existirán fugas y sedimentación en el embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, si no se aplica la propuesta.

El problema principal de la investigación son las fugas y sedimentación. El efecto es la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse en

los últimos cinco semestres, y su causa principal es la falta de un plan para mantenimiento preventivo.

Al solucionar el problema con esta propuesta, la Hidroeléctrica El Cóbano tendrá menos perdida financiera.

1.2. Hipótesis

A través del Marco Lógico, se elaboró el árbol de problemas, y se determinó la variable Dependiente. Reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres. Además la variable Independiente. Falta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse de hidroeléctrica.

Con estas variables se elaboró la hipótesis es la siguiente “La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, por fugas y sedimentación, se debe a la falta de un plan para mantenimiento preventivo.

1.3. Objetivos

Con el propósito de poder darle solución a la problemática estudiada y contribuir a la solución de los problemas encontrados, se diseñaron los siguientes objetivos.

1.3.1. Objetivo general

Evitar la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.

1.3.2. Objetivo específico

Evitar las fugas y sedimentación de embalse Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.

1.4. Justificación

El desarrollo de la presente investigación y estudio que se realizó, refleja la necesidad de implementar medidas sobre la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, ante la falta de un plan para mantenimiento preventivo.

La presente investigación se fundamentó en fuentes de información primaria que ofrecen datos reales y serios; así mismo de otras fuentes constituyentes, el trabajo de campo que se desarrolló con las personas que se encuentran dentro de la Hidroeléctrica, sin dejar de tomar en cuenta la documentación existente sobre el tema.

Como aproximación y solución del problema expuesto, se hace necesario realizar un “Plan para mantenimiento preventivo de embalse en la Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”.

Si se aplica la propuesta se evitara la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida. Por lo contrario, si no se aplica la propuesta continuara la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida, ya que no hay un plan para mantenimiento preventivo.

1.5. Metodología

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma así:

Para poder comprobar la hipótesis planteada. “La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, por fugas y sedimentación se debe a la falta de un plan para mantenimiento preventivo”, se realizó la siguiente metodología.

1.5.1. Métodos

Se dividen en utilizados para la formulación de la hipótesis y para la comprobación de la hipótesis.

La metodología utilizada para la elaboración de la hipótesis y su comprobación se compone de métodos y técnicas.

1.5.1.1. Métodos utilizados en la formulación de la hipótesis

Los métodos utilizados en la formulación de la hipótesis fueron: El método deductivo y el método del marco lógico.

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales del área del embalse de Hidroeléctrica El Cóbano.

a) Método deductivo

Este se utilizó para identificar la problemática, que inicia con la observación de fugas y sedimentación y de esta manera definir la investigación planteada en la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla.

b) Método del marco lógico o la estructura lógica

Es una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos,

la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas.

El método del marco lógico o la estructura lógica, sirvió para la estructura y elaboración de los árboles de problemas y objetivos, para establecer los resultados deseados y esperados dentro de la investigación, así mismo para fijar y establecer los insumos y tiempos por cada resultado. También para comprobar la hipótesis.

1.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis

Los métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis fueron los siguientes: Inductivo, de síntesis y estadístico.

a) Método inductivo

Se estudian los fenómenos particulares, que darán soluciones generales.

Con este método se obtuvieron los resultados de la problemática, se utilizó para realizar encuestas y para diseñar conclusiones, de esta forma poder llegar a la hipótesis planteada.

b) Método de síntesis

Una vez interpretada la información, se utilizó la síntesis para obtener conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; la que sirvió para hacer congruente la totalidad de la investigación.

c) Método estadístico

Con este método se determinaron los parámetros necesarios, que ayudaron a la comprobación de la hipótesis.

Haciendo uso de este método, se tabularon los resultados de la encuesta, en los cuadros y gráficas, para comprobar la variable “Y” y la variable “X”, así mismo para comprobar el problema.

1.5.2. Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis fueron las siguientes:

1.5.2.1. Técnicas empleadas para la formulación de la hipótesis

Las técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis son las herramientas que se detallan a continuación:

a) Lluvia de ideas

Se utilizó esta técnica para recopilar ideas de la problemática de todos los trabajadores de la Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla.

b) Observación directa.

Por medio de esta técnica se observa el problema directo que se encontraba en la hidroeléctrica y se recolectó dicha información.

c) Investigación documental.

Se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de obtener un historial que permitiera justificar el estudio mediante una proyección y correlación acerca de la problemática.

1.5.2.2. Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis

Las técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis son las herramientas que se detallan a continuación

a) Cuestionario

Se elaboró un cuestionario para investigar el efecto (variable dependiente “Y”) y otro cuestionario para investigar la causa (variable independiente “X”), y para el problema, se distribuyó el mismo a la muestra.

b) Entrevista.

Para la entrevista se diseñaron boletas de investigación, para comprobar la variable dependiente “X” (Causa) e independiente “Y” (Efecto) de la hipótesis, esto fue realizado con el mismo personal que labora dentro de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla.

c) Análisis

Esta técnica se aplicó al interpretar los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, “Y” y “X”, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis.

II. MARCO TEÓRICO

El Marco Teórico está compuesto por diferentes definiciones de conceptos que se emplearon en la elaboración de los resultados de esta investigación; En su elaboración fue necesario acudir a la recopilación de datos e información documental de otros actores, los cuales se citan respectivamente.

Los aspectos conceptuales incluyen toda la teoría que se ha escrito anteriormente sobre el tema y los legales, son un conjunto de leyes y trámites burocráticos, que se deben de cumplir.

2.1. Aspectos conceptuales

Los aspectos doctrinarios incluyen los aspectos legales. Comprenden: Central hidroeléctrica, mantenimiento, sedimentación en embalse, cuenca, embalse, Leyes Nacionales, Leyes Internacionales.

2.1.1. Central hidroeléctrica

Es una infraestructura que utiliza la energía hidráulica para generar energía eléctrica y su funcionamiento está basado en un salto de agua donde la energía potencial del agua almacenada en un embalse se transforma en energía cinética para mover el rotor de un generador, posteriormente transformarse en energía eléctrica.

Son más rentables en comparación con otro tipo de hidroeléctricas ya que aunque los costos iniciales de construcción son muy elevados, una vez funcionando, los gastos de mantenimiento y explotación son relativamente bajos, mientras que las condiciones pluviométricas sean favorables.

Criollo y Quezada (2011) afirman: “Las centrales hidroeléctricas son aquellas que transforman la energía cinética del agua en energía mecánica que se utiliza en un

generador para obtener la energía eléctrica. Las centrales hidroeléctricas son las más utilizadas para la obtención de energía eléctrica debido a su alta eficiencia” (p 27).

2.1.1.1. Características de una central hidroeléctrica

Existen dos características importantes de una hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son:

1) La potencia: Está en función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas abajo de la central, y del caudal máximo turbinado además de las características de las turbinas y de los generadores usados en la transformación.

2) La energía: Está garantizada en un lapso de tiempo determinado, generalmente un año que está en función del volumen útil del embalse, y de la potencia instalada.

2.1.1.2. Tipos de centrales hidroeléctricas

Existen varios tipos de centrales hidroeléctricas que dependerán de la potencia con la que cuenten y la cantidad de energía eléctrica que puedan generar.

Redondo (2018) indica: Los tipos de centrales hidroeléctricas pueden ser.

a) Centrales hidroeléctricas de gran potencia – Son las centrales hidroeléctricas que cuentan con más de 10MW

b) Mini centrales hidroeléctricas – Son las centrales hidroeléctricas que cuentan con una potencia entre 1MW y 10MW

c) Micro centrales hidroeléctricas – Son las centrales hidroeléctricas que cuentan con una potencia menor de 1MW.

2.1.1.2.1. Centrales hidroeléctricas de agua fluyente

Son las que utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica, operan de forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua al no disponer de un embalse tienen el inconveniente de que en época de sequía no genera energía.

Es aquel aprovechamiento en el que se desvía parte del agua del río mediante una toma, y a través de canales o conducciones se lleva hasta la central donde será turbinada. Una vez obtenida la energía eléctrica el agua desviada es devuelta nuevamente al cauce del río (Castro, 2006, p. 27).

Criollo y Quezada (2011) afirman: “En estas centrales, el agua a turbinar se capta del cauce del río por medio de una obra de toma, y una vez turbinada se devuelve al río en un punto distinto al de captación” (p. 33).

Figura 1

Esquema de una central de agua fluyente



Fuente: EVE mini hidráulica en el país Vasco, Bilbao, Noviembre 1995, citado por Criollo, Quezada

Según Criollo y Quezada: (2011, p. 34).

Los elementos principales de estas centrales son:

- 1) Azud
- 2) Toma de agua
- 3) Canal de derivación
- 4) Cámara de carga
- 5) Tubería forzada
- 6) Edificio con su equipamiento electromecánico
- 7) Canal de salida

2.1.1.2.2. Centrales hidroeléctricas de embalses

Son las que utilizan de un embalse para reservar el agua y se va graduando la misma que pasa por la turbina, el nivel del agua conseguirá entonces un punto cercano al extremo superior de la presa, a media altura así mismo aprovechar el volumen del embalse a cota superior se encuentra la toma de agua y en la base inferior aguas debajo de la presa la casa de máquinas que aloja a la turbina y generador.

Son las que utilizan un embalse para almacenar agua e ir graduando el caudal que pasa por la turbina. Redondo (2018) afirma:

En este caso, una presa es la que forma una acumulación de agua artificial, donde llega a haber una cantidad amplia de agua que se eleva sobre las turbinas. Con tal cantidad, se puede controlar la cantidad de agua que pasa por ellas y la cantidad de energía que se produce.

2.1.1.2.3. Centrales hidroeléctricas a pie de presa

Son aquellas en las que existe la posibilidad de construir un embalse en el cuenca del río para almacenar las aportaciones de este, además del agua procedente de las lluvias, la característica principal de este tipo de central es que cuentan con la capacidad de regulación de los caudales de ingreso a la turbina en los momentos que sean de mayor interés. La capacidad de controlar el volumen de producción se aumenta en general para suministrar energía durante las horas en las que el precio del mercado esté más alto, o poder realizar importantes labores de mantenimiento sin perder el recurso hídrico.

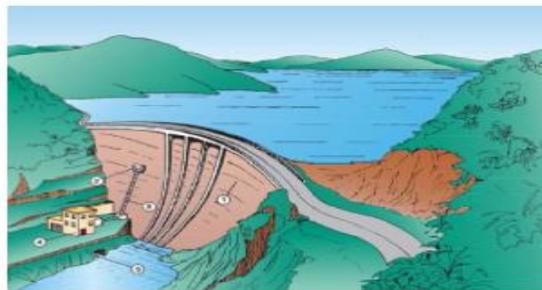
Castro (2006, p. 29) afirma:

Es aquel aprovechamiento en el que existe la posibilidad de construir un embalse en el cauce del río para almacenar las aportaciones de éste, además del agua procedente de las lluvias y del deshielo. La característica principal de este tipo de instalaciones es que cuentan con la capacidad de regulación de los caudales de salida del agua, que será turbinada en los momentos que se precise. Esta capacidad de controlar el volumen de producción se emplea en general para proporcionar energía durante las horas punta de consumo.

Criollo, Quezada: Estas centrales son con regulación y el agua a turbinar se almacena mediante una presa.

Figura 2

Esquema de una central a pie de presa



Fuente: EVE mini hidráulica en el país Vasco, Bilbao, Noviembre 1995, citado por Criollo, Quezada

Según Criollo y Quezada: (2011, p. 35).

Los elementos principales de estas centrales hidroeléctricas son:

- 1) Presa
- 2) Toma de agua
- 3) Tubería forzada
- 4) Edificio con su equipamiento electromecánico
- 5) Canal de salida

2.1.1.3. Casa de máquinas

Conocida también como sala de turbinas o central, es donde se ubican las máquinas y los elementos de regulación y comando, está construida de manera compacta y la entrada de agua a la turbina se obtiene por medio de una cámara construida en la presa que hace girar las turbinas que impulsan a los generadores eléctricos.

En la casa de máquinas de una hidroeléctrica se instalan grupos eléctricos para la producción de energía eléctrica, también la maquinaria auxiliar necesaria para su respectivo funcionamiento, las disposiciones adoptadas para las casas de máquinas son variadísimas y dependen de las circunstancias y condiciones del aprovechamiento hidroeléctrico.

Criollo y Quezada (2011). Es una estructura que aloja los equipos electromecánicos que convierten la energía cinética del agua en energía eléctrica entre los equipos que están instalados en la casa de máquinas. Se mencionan a continuación.

- a) Empalme entre la tubería de presión y válvula de entrada.
- b) Válvula dedicada a controlar el flujo de agua hacia la turbina.

- c) Turbina, es la que transforma la energía cinética del agua en energía mecánica.
- d) Generador transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
- e) Subestación eleva el voltaje de salida del generador para facilitar el transporte de la energía hacia los centros de consumo.

2.1.1.4. Turbinas más utilizadas en Guatemala

En Guatemala las más utilizadas son la turbina pelton, posteriormente la turbina Francis y por ultimo las turbinas Kaplan, que aunque son eficientes como las anteriores no han sido muy utilizadas, detalladas a continuación.

2.1.1.4.1. Turbinas Pelton

Según Alcántara (2009, p. 16).

Por su funcionamiento, pertenece a la clase de turbinas de acción y por su línea de fuerza tangencial, al radio del rodete. Su estructura general es un rodete circular con cangilones dispuestos alrededor de la circunferencia; el rodete es impulsado por uno o varios chorros de agua que son generados por inyectores y dirigidos directamente al cangilón, el cual, por su forma, absorbe toda la energía cinética que imprimen los inyectores y el caracol al agua, provocando que este gire. Como en cualquier turbina el eje de ésta se acopla directamente al eje del generador haciendo el trabajo de girar, lo que provocará un campo magnético síncrono que imprimirá del motor al generador lo que se traduce en generación de energía eléctrica alterna. A este tipo de turbina, se le conoce también como turbinas de presión, ya que ésta es constante en la zona del rodete, además cuenta con la particularidad de ser de chorro libre.

2.1.1.4.2. Turbinas Francis

Según Alcántara (2009, p. 24).

El diseño creado por James Francis (1815-1892), pertenece al grupo de las turbinas de reacción y de flujo mixto. Conocidas también como turbinas de sobrepresión, debido a que la presión en la zona del rodete es variable o de admisión total, pues éste se encuentra sometido a la influencia directa del agua en toda su periferia; su incidencia del agua en el rodete es radial-axial, se le considera como turbina centrípeta por su diseño de rodete, que básicamente es una circunferencia con paletas dispuesta radialmente, con forma alabeada.

La turbina Francis tiene la peculiaridad de diseñarse para un amplio rango de saltos y caudales que van, para hacer mención, de los diez hasta los varios cientos de metros de salto; la alta eficiencia de esta máquina ha provocado un incremento en su uso para la generación eléctrica en el mundo.

2.1.1.4.3. Turbinas Kaplan

Según Alcántara (2009, p. 31).

Desarrollada por el austriaco Víctor Kaplan, en el año 1912, es una turbina del tipo hélice y, al igual que la turbina Francis, está dentro del grupo de turbinas de reacción y de admisión total con flujo axial. Realizando una comparación entre la turbina Francis y este tipo de turbinas, se puede observar que ambas poseen buenos rendimientos, sin embargo, las turbinas Kaplan son menos voluminosas que las Francis, aquellas se emplean para saltos de pequeñas alturas, menores a 50 m, y caudales mayores a 15 m³/s; es una turbina rápida que puede llegar a desarrollar altas velocidades específicas, conservando buenos límites de variación de caudal. Por su diseño se montan verticalmente, pero tienen la suficiente versatilidad para poder instalarlas de forma horizontal o inclinada, éste tipo de turbinas son más utilizadas para la generación mareomotriz, por ello solo se hace mención básica de su funcionamiento.

2.1.1.5. Líneas de transmisión

Son las que se utilizan para transportar o guiar la energía eléctrica a grandes distancias a niveles de voltaje superiores a los 34.500v. Estas constituyen la unión entre las centrales generadoras y las redes de distribución, para la conducción de estas líneas se utilizan conductores metálicos desnudos que se tienen mediante cableado de hilos metálicos (alambres) alrededor de un hilo central.

Pérez (2005) afirma:

Es el conjunto de dispositivos que sirven para transportar la energía eléctrica desde una fuente de generación (en este caso una hidroeléctrica) a los centros de consumo (las cargas u hogares), buscando siempre maximizar la eficiencia, haciendo las pérdidas por calor o por radiaciones lo más pequeñas posibles. (p. 32)

Hidroeléctrica El Cóbano cuenta con dos (2) unidades de generación con potencia de 5.5 MW, con voltaje de generación de 6.3 KV.

La potencia eléctrica máxima a entregar al Sistema Nacional Interconectado será de 10 MW.

Una subestación de transformación que entre otros elementos incluyen un transformador de potencia de 12.5 MVA con relación de transformación de 6.3/13.8 KV.

Una línea de 2.8 Km de longitud, conductor ACSR 477, doble conductor por fase, operando a un voltaje de 13.8 KV.

Un transformador de potencia de 16/20/1 MVA con relación de transformación de 13.8/230 KV, conexión YNyn0+d. El proyecto se conecta en la barra de 230 KV de la subestación Aguacapa 230 KV.

2.1.2. Mantenimiento

Son actividades que tienen como propósito conservar o reactivar un equipo para que cumpla sus funciones. Ramazzini (2016) afirma: “El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de seguridad integral” (p. 31). El mantenimiento debe contemplar la fase de prevención y la fase de corrección de las deficiencias observadas.

2.1.2.1 Tipos de mantenimiento

Existen cuatro tipos de mantenimiento, el predictivo, preventivo, correctivo y proactivo, tienen particularidades diferentes pero con el mismo objetivo del mantenimiento.

2.1.2.1.1. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica para predecir el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda sustituirse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. Ramazzini (2016) indica: Es un conjunto de actividades que nos ayudan a determinar con antelación el estado de los equipos, este nos proporciona elementos para analizar y así implementar acciones para minimizar alguna falla potencial de manera planificada y precisa.

El mantenimiento predictivo se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca, se trata lograr adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas, para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos (Pérez 2013).

Muñoz y Montalbán (s. f) afirma:

Por su parte, el objeto del mantenimiento predictivo persigue, con la medida de determinados parámetros, prever con antelación suficiente, la presentación de una posible avería, poniendo los medios adecuados para evitarla. No tiene por qué suponer necesariamente intervención correctora o de sustitución de algún componente, sino que puede limitarse a intensificar ciertos trabajos de mantenimiento preventivo o la toma de datos de los equipos medida de temperaturas y alineación de ejes.

2.1.2.1.2. Mantenimiento preventivo

Dicho mantenimiento está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un incidente o rotura por algún deterioro. “Su finalidad es la de preservar las condiciones normales de operación o prevenir o corregir con base a reparaciones menores fallas detectadas en el mantenimiento predictivo, requieren que la unidad este fuera de servicio y para su reparación no se requiere más de una jornada de trabajo” (Ramazzini,2016, p. 32).

Gómez y Méndez (2011) afirma: “Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados” (p. 5).

El mantenimiento preventivo se debe a intervenciones planificadas orientadas a prevenir el fallo de un equipo o estructura antes de su ocurrencia, para proyectar esta actividad resulta de utilidad el seguimiento e interpretación de las variables auscultadas en la presa (deformaciones, filtraciones, subpresión).

Muñoz y Montalbán (s. f). Es un conjunto de operaciones que se ejecutan de forma sistemática y con determinada periodicidad, y todas aquellas que no tienen un carácter urgente y que son susceptibles de incorporarse a los trabajos programados permanentes. Se pretende asegurar el funcionamiento correcto de los elementos y minimizar las averías y los funcionamientos así como garantizar la fiabilidad de la información, estos trabajos son continuos y se llevan a cabo con independencia de que se produzca o no, una avería en cualquiera de los elementos del conjunto.

2.1.2.1.3. Mantenimiento correctivo

Es parte del mantenimiento de conservación el cual se divide en inmediato y diferido, el mantenimiento inmediato es el que se realiza inmediatamente después de la falla. Ramazzini (2016) afirma:

Es una forma de mantenimiento del método que se realiza después de un fallo o problema surge en un sistema, con el objetivo de restablecer la operatividad del sistema. En algunos casos, puede ser imposible de predecir o prevenir un fracaso, lo que hace el mantenimiento correctivo la única opción. En otros casos, un método de mantenimiento deficiente puede exigir la reparación como consecuencia de la falta de mantenimiento preventivo, y en algunas situaciones la gente puede optar por centrarse en correctivas, en lugar de preventivo, reparaciones, como parte de una estrategia de mantenimiento. (p. 33)

El mantenimiento correctivo se encarga de la reparación propiamente, eliminando las causas que han producido la falla, suelen tener un almacén de recambio sin control de algunas cosas hay demasiado y de otras quizás de más influencia no hay piezas por lo tanto es caro y con alto riesgo de falla. Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar ni rebajar costos (Pérez, 2013).

Muñoz y Montalbán (s. f). Es un conjunto de operaciones que son necesarias para conservar la operatividad del sistema frente a situaciones de cronología impredecible o circunstancias imprevistas que por su naturaleza, no es posible una programación previa y que al menos, incluyen los trabajos de diagnóstico y reparación de determinadas averías, reposiciones y actualizaciones de equipos de infraestructura.

2.1.2.1.4. Mantenimiento proactivo

Este tipo de mantenimiento utiliza las acciones correctivas de acuerdo con la criticidad encontrada y con sus efectos potenciales en los sistemas desarrolla acciones predictivas y preventivas de mantenimiento para detectar y analizar las causas de falla. A su vez estas acciones incluyen una modificación de los equipos para prevenir o eliminar los problemas una vez ocurra (Pérez, 2013).

2.1.3. Sedimentación en embalse

Es el proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita, un tipo común de sedimentación sucede cuando el material sólido, transportado por una corriente de agua se deposita en el fondo de un río, embalse o canal artificial. Toda corriente de agua, determinada por su caudal, tirante de agua, velocidad y forma de la sección tiene una capacidad de transportar material sólido en suspensión y otras moléculas en disolución.

El cambio de alguna de estas características de la corriente puede hacer que el material transportado se deposite o precipite; o el material existente en el fondo o márgenes del cauce sea erosionado. Morán (2010) afirma: “Cuando se construye una presa atravesando un río para formar un embalse, la velocidad del flujo entrante al mismo es reducida o prácticamente eliminada. La mayor parte de todo el sedimento en suspensión, se deposita en el embalse” (p. 9).

Según Perea (2013, p. 11).

La cantidad de sedimento que ingresa a un embalse puede estimarse a partir de diferentes procedimientos, tales como a) la medición directa dentro del embalse (batimetrías) cuya periodicidad depende de las características hidrológicas, geológicas y operativas del embalse, b) el aforo del transporte de sedimento en las corrientes de entrada (en suspensión y de fondo) con la posibilidad de su compatibilización con ecuaciones existentes para cuantificar sedimento transportado c) el empleo de modelos hidrológicos predictivos de erosión a nivel de cuenca que permiten evaluar el impacto de cambios futuros en las cuencas aportantes o en las corrientes.

Se refiere al material sólido como arcilla, limo o grava, que arrastra un río a través de su corriente natural, las corrientes naturales de agua tienen la capacidad de transportar material sólido en suspensión y de generar sedimentos por sus propias características (caudal, tirante de agua, velocidad y de forma de la sección) o a través de la erosión de los cauces (Chira, 2016).

Así mismo en problemas de ingeniería el origen de los sedimentos puede dividirse en tres grupos:

- 1) Sedimentos que se originan en la superficie de la cuenca.
- 2) Sedimentos provenientes del fondo y orillas de los ríos.
- 3) Sedimentos que provienen de los desechos industriales y urbanos.

2.1.3.1. Proceso de sedimentación en un embalse

La sedimentación es el proceso por el cual los materiales son transportados por distintos agentes (escorrentía, glaciares, viento) y procedentes de la erosión y meteorización de las rocas son depositados, pasando a ser sedimentos.

“Los sedimentos que entran al embalse, depositan a medida que la velocidad del flujo disminuye. La porción más gruesa de la carga de sedimento se deposita generalmente en un delta en el extremo aguas arriba del embalse y la parte más fina se deposita en las zonas más cercanas a la presa” (Verduzco, 2016, p. 14).

En algunos casos los sedimentos pueden fluir al embalse en forma de una corriente de densidad. Este fenómeno puede ocurrir cuando la concentración de sedimento en el río que entra al embalse es mucho mayor que la del agua en el embalse y/o hay una diferencia significativa de temperaturas entre el flujo del río que entra y el embalse. Bajo tales circunstancias la corriente de densidad puede fluir bajo el agua almacenada en el embalse hacia la presa. Si no se permite que la corriente de densidad fluya a través de las compuertas localizadas en los niveles más bajos de la cortina, una técnica conocida como desfogue de la corriente de densidad, esta se arremolinará en la presa y el flujo resultante se mezclará con el agua más clara del embalse. El sedimento mezclado con el agua clara se depositará con el tiempo (Verduzco, 2016, p. 14).

2.1.3.1.1. Sedimento que ingresa a un embalse

Perea (2013). El total de sedimento que ingresa a un embalse puede considerarse a partir de diferentes procedimientos tales como:

- a) La medición directa dentro del embalse (batimetrías) cuya periodicidad depende de las características hidrológicas, geológicas y operativas del embalse.
- b) El aforo del transporte de sedimento en las corrientes de entrada (en suspensión de fondo) con la posibilidad de su compatibilización con ecuaciones existentes para cuantificar sedimento transportado.

El flujo de sedimento que llega a un embalse, es función de factores como la cantidad de intensidad de la lluvia, el tipo de suelo y formación geológica, la cobertura y uso del suelo, la topografía, la red de drenaje (densidad, forma, tamaño, pendiente, alineamiento), la escorrentía, la mineralogía y granulometría del sedimento y las características hidráulicas de los canales.

Quando existen en un punto determinado de un río y en un período de tiempo dado mediciones de caudal y del sedimento en suspensión, es posible emplear la denominada curva de transporte (curvas caudal líquido-concentración de sedimentos en suspensión) con el fin de estimar el sedimento transportado en los períodos en donde solo se poseen registros continuos de caudal, generalmente empleándose una relación del tipo potencial. (Perea, 2013, p. 11)

2.1.3.2. Depósitos de sedimentos en embalse

2.1.3.2.1. Importancia de los patrones de deposición

La deposición de sedimentos es el principal problema que afecta la vida útil de los embalses. Se requiere conocimiento tanto de la tasa de deposición como del patrón de deposición para predecir el tipo de afectaciones que ocurrirán; el periodo de tiempo en el que ocurrirán y las estrategias de mitigación que se puedan practicar. Los patrones de deposición también reflejan los procesos de transporte en el embalse y pueden proveer información sobre la entrega de sedimentos y los procesos de distribución que pueden no ser comprobables mediante otra información. (Verduzco, 2016, p. 14)

2.1.3.2.2. Patrones generales de deposición.

Verduzco (2016) indica: “En embalses con fluctuaciones en el nivel de la superficie libre, o que son vaciados periódicamente, los sedimentos previamente depositados pueden removilizarse mediante procesos como la erosión por la corriente, fallo de taludes o la acción de las olas. Se añaden complicaciones cuando hay entradas significantes de sedimentos provenientes de tributarios” (p 15).

Según Verduzco (2016, p 15). Los clasifica mediante tres procesos:

- 1) Transporte de material grueso como transporte de fondo en la llanura del delta.
- 2) Transporte de finos mediante corrientes de densidad.
- 3) Transporte de finos como un flujo no estratificado.

Verduzco (2016) continua: “El patrón de sedimentación resultante refleja cada una de éstos procesos. La interpretación de los patrones de sedimentación puede ayudar a determinar los patrones de transporte que están activos, especialmente en el caso de las corrientes de densidad que transportan suficientes sedimentos a la cortina para producir un depósito distintivo en forma de cuña”.

2.1.3.2.3. Consecuencias de la sedimentación

2.1.3.2.3.1. Consecuencias aguas arriba

Un mayor rango de consecuencias puede suceder aguas arriba de las presas debido a la captación de sedimentos, estos pueden ser:

1) Pérdida de almacenamiento

La degradación del sedimento en el embalse reducirá y eventualmente eliminara la capacidad de almacenamiento útil, volviendo a un embalse inútil tanto para el abastecimiento de agua como para el control de inundaciones, si la capacidad de los vertederos se basa en la capacidad de amortiguamiento de avenidas dentro del embalse, la sedimentación se vuelve insegura a la presa cuando esta capacidad se pierde (Verduzco, 2016).

2) Deposición del delta

Verduzco (2016). La creación de los deltas no sólo agota la capacidad de almacenamiento de los embalses, sino que también puede provocar la sobreelevación del fondo extendiéndose varios kilómetros aguas arriba de la formación del embalse. La sobreelevación del fondo puede aumentar la inundación de infraestructura.

2.1.3.2.3.2. Consecuencias aguas abajo

Los tramos aguas abajo de la presa sufren impactos ambientales debido a la reducción del flujo y a la alteración del ciclo hidrológico; a la reducción de la carga de sedimentos, la dinámica alterada de los nutrientes, cambios en la temperatura, y al obstáculo que representa la presa a la migración de especies. Debido a que los materiales orgánicos, nutrientes y contaminantes, como los pesticidas, tienden a ser asociados con sedimentos finos, la presa puede controlar la movilidad de estos importantes materiales ecológicos a través del sistema fluvial. (Verduzco, 2016, p. 23)

2.1.3.2.4. Alternativas disponibles para el manejo de sedimentos

Es posible maniobrar exitosamente el sedimento del embalse al usar una o más de las técnicas conocidas a continuación:

Verduzco (2016) Indica:

1. Reducción de la entrada de sedimento

a) Manejo de cuencas

b) Estructuras check aguas arriba

c) Bypass entre embalses

2. Manejo de sedimentos dentro del embalse

a) Reglas de operación

b) Dragado estratégico

3. Evacuación de sedimentos del embalse

a) Flushing

b) Sluicing

c) Desfogue de corriente de densidad

d) Remoción mecánica (dragado, excavación en seco, hidrosucción)

4. Reemplazo de la capacidad perdida

a) Incrementar la altura de la presa

b) Construcción de una nueva presa

A. Manejo de cuencas

El manejo de cuencas ha resultado efectivo para reducir la erosión del suelo en sitios donde se ha llevado a cabo apropiadamente y como también se ha podido observar, una forma efectiva de reducir las tasas de sedimentación en los embalses.

B. Estructuras check aguas arriba

Estas estructuras se encuentran delimitadas en uno o más tributarios aguas arriba del embalse y los sedimentos se deben mover periódicamente, la factibilidad de acceso para remover el sedimento de una presa de escombros y el reusó potencial del sedimento, hacen la aplicación de esta opción potencialmente factible.

C. Bypass entre embalses

El bypass se encarga de desviar las avenidas cargadas de sedimentos alrededor de la presa y aplicar un bypass a un embalse mediante el uso de estructuras de transporte es con frecuencia factible sólo cuando existen condiciones hidrológicas y morfológicas favorables.

D. Flushing

Es la extracción o limpieza del sedimento depositado en embalses mediante el uso de las descargas de fondo de las presa, así como del uso de niveles bajos del agua de modo que las velocidades del flujo en el embalse se incrementen.

El método de flushing básicamente consiste en restituir las condiciones originales del río y para ello es necesario abrir las compuertas de fondo y dejar pasar el agua y que arrastren los sedimentos depositados.

Verduzco (2016) afirma: “El flushing es una técnica mediante la cual la velocidad del flujo en un embalse se incrementa a una magnitud que permita que el sedimento depositado sea re-movilizado y transportado a través de las obras de toma en los niveles bajos de la presa” (p 28).

Existen dos formas de abordar el flushing: flushing de vaciado total y flushing de vaciado parcial.

a) Flushing de vaciado total

Este tipo de flushing sucede cuando el embalse se vacía durante las épocas de avenidas resultando en la creación de condiciones similares a las del flujo de un río dentro del embalse, haciendo esto el sedimento que ha sido depositado se vuelve a movilizar y se transporta aguas debajo de la presa a través de las compuertas de fondo.

b) Flushing de vaciado parcial

El flushing parcial ocurre cuando el nivel en el embalse se baja sólo de manera parcial. En este caso la capacidad de transporte de sedimentos en el embalse aumenta, pero usualmente sólo lo suficiente para permitir que el sedimento dentro del embalse sea relocalizado de zonas aguas arriba del embalse a zonas más cercanas a la cortina.

Si esto se realiza, de antemano se deben completar los estudios para asegurar que las estructuras de toma y otras instalaciones auxiliares no sean afectadas. El flushing con vaciado parcial puede usarse para despejar la capacidad útil y mover el sedimento a posiciones más favorables para un flushing de vaciado completo a futuro. (Verduzco, 2016, p. 28)

A. Sluicing

Es una forma operacional en que una porción sustancial de la carga de sedimento entrante se pasa a través del embalse y la presa antes de que las partículas de sedimento se asienten, reduciendo entonces la eficiencia de las trampas de sedimento en el embalse.

B. Desfogue de corriente de densidad

Verduzco (2016). Las corrientes de densidad pueden desplegarse bajo condiciones excepcionales, ocasionando que se transporte más sedimento hacia la presa de lo que indican las relaciones para suspensión en flujo turbulento. Dichas corrientes ocurren porque la densidad del agua cargada de sedimento que entra al embalse es mayor que la densidad del agua almacenada en el embalse.

C. Remoción mecánica

La remoción mecánica del sedimento depositado en embalses se lleva a cabo usando técnicas de dragado convencional, excavación en seco e hidrosucción.

D. Dragado

Es la operación que consiste en la limpieza y el ahondamiento de un cuerpo de agua, a partir de la remoción de rocas y sedimentos dicha operación se lleva a cabo con el propósito de incrementar la capacidad de transporte de agua, con el que se evitan las inundaciones aguas abajo.

El dragado, es una actividad altamente especializada la cual es usada principalmente para despejar canales de navegación en puertos, ríos y estuarios. Sin embargo esta tecnología es usada también en embalses.

Es frecuentemente usado para recuperar el almacenamiento perdido. Sin embargo, el costo del dragado hidráulico convencional es con frecuencia mucho mayor que el costo de remplazar el embalse y generalmente no es económicamente viable para remover todo el sedimento del embalse por sí mismo. Con contratos grandes, el costo del dragado puede aproximarse al costo de construir una nueva presa (Verduzco, 2016).

Cuberos (2016) indica: Existen dos modalidades de dragados

1). Dragado convencional

Se utilizan las mismas dragas usadas para hacer canalizaciones, mejorar los causes de los ríos, entre otros.

2). Dragado hidráulico

Es la que aprovecha la energía que proporciona la altura de aguas disponible en el embalse, en este caso las tuberías actúan como un sifón.

A. Excavación de los sedimentos

Cuberos (2016). La excavación establece un método que al igual que el dragado, permite la extracción mecánica de los sedimentos que se encuentran acumulados en los embalses, mediante el uso de maquinaria especializada para la extracción de los sedimentos y su posterior transporte a una zona de descarga. La excavación puede hacerse con draglines o equipos de movimiento de tierra, sin embargo el dragado se realiza utilizando equipos flotantes.

B. Excavación en seco

La excavación en seco (también conocida como trucking) requiere bajar el nivel del embalse durante la época de estiaje cuando el río puede ser controlado adecuadamente sin interferir con los trabajos de excavación. El sedimento es excavado y transportado para su disposición usando equipo tradicional de movimiento de tierras. Los costos de excavación y transporte son altos y tal trabajo es generalmente usado para pequeños embalses. (Verduzco, 2016, p. 30)

2.1.4. Cuenca

Es el área terrestre en donde fluye el agua de las precipitaciones y el deshielo y su final desagüe en los diferentes sistemas fluviales, desde irrigaciones superficiales hasta subterráneos y desde ríos pequeños hasta ríos más grandes.

Vázquez et al. (2016) afirman:

Desde el punto de vista hidrológico, una cuenca hidrográfica es definida como el área geográfica natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (*Divortium Aquarum*), que capta las precipitaciones y drena el agua de escorrentía hacia un colector común, denominado río principal. Rodas (2014). Son partes geográficas cuyos límites se forman en las partes altas de las montañas, conocidas también como parte agua, y finalizan en donde el agua producto de las precipitaciones fluye por el cauce principal hasta desembocar en el cuerpo receptor, o en un caso muy particular, al pasar la estación de aforo o punto en estudio.

2.1.3.1. Tipos de cuencas

Las cuencas se especifican de acuerdo a su forma de drenaje, en tres principales tipos que son: endorreica, exorreica y arreica.

2.1.3.1.1. Cuenca endorreica

Son aquellas cuencas que no llegan al mar, es una cuenca de drenaje cerrada que contiene agua y que no permite a otros cuerpos de agua, como los ríos y los océanos convergen en lagos o pantanos, permanentes o estacionales, que se equilibran por evaporación cualquier lluvia o precipitación que caiga en una cuenca endorreica persiste allí, abandonando el sistema únicamente por infiltración o evaporación lo cual contribuye a la concentración de sales.

La cuenca endorreica, es aquel tipo de cuenca donde su cualidad principal es que no posee desagüe natural hacia el mar, lo que significa que toda precipitación que se produzca dentro de ella, será llevada hacia el lago principal en donde persistirá y se drenará únicamente mediante infiltración y evaporación (Rodas, 2014).

2.1.3.1.2. Cuenca exorreica

Son aquellas cuencas que si llegan al mar y por lo tanto no quedan encerradas entre los diferentes conjuntos de montañas son sistemas abiertos de circulación de agua por las superficies de tierra cuyos ríos principales de recolección y desagüe terminan desembocando en el mar, es decir, fuera del territorio.

Rodas (2014). Cuenca exorreica, es aquel tipo de cuenca cuya característica principal es que desemboca en el mar o en el océano mediante de su cauce principal. Todos los ríos de orden inferior se unen al cauce principal contribuyendo la precipitación recolectada para ser conducida hacia el mar.

2.1.3.1.3. Cuenca arreica

Son aquellas cuencas cuyas aguas no desembocan ni en mares, ni en lagos, pues terminan evaporándose o se infiltran en el suelo hasta desaparecer por lo habitual estas cuencas se presentan en zonas donde los climas son áridos o desérticos.

Rodas (2014) continua: “Es un tipo de cuenca en donde la precipitación recolectada jamás desemboca en ningún arrollo, río, lago u océano. Generalmente se ubican en zonas en donde la temperatura es elevada y por consiguiente, el agua tiende a ser evaporada antes de poder llegar a un cauce mayor” (p. 3).

2.1.3.2. Parámetros geomorfológicos de cuencas

Córdova (2016). Es parte fundamental en el estudio de la respuesta a la precipitación de entrada, ocurre diversos procesos que alteran el escurrimiento en su salida. En estos procesos intervienen la geomorfología de la cuenca en la que la climatología es el factor más importante, el tipo y uso del suelo, la cobertura vegetal o nivel de urbanización.

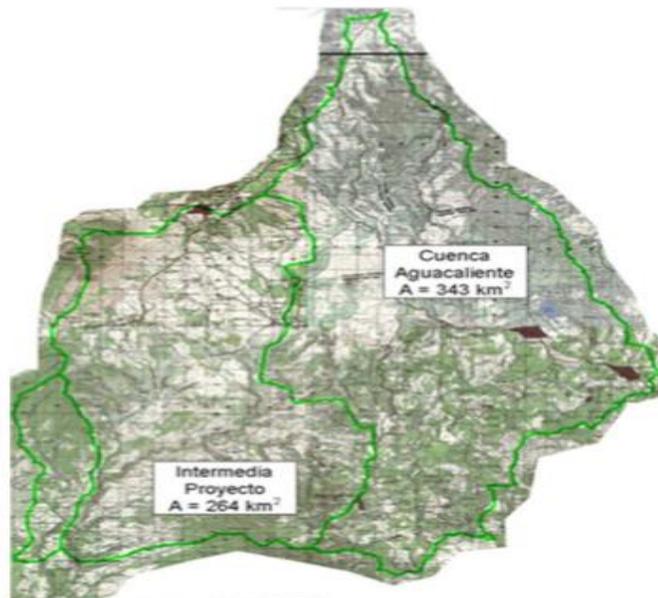
Existen parámetros calculables que consideran la importancia de estos procesos para establecer comparaciones y establecer cuencas afines de una forma preliminar.

2.1.3.2.1. Área de la cuenca

Es la superficie del terreno en las aguas de las precipitaciones que concurren a un mismo punto de evacuación a través de causas secundarios o quebradas que se unen a un cauce principal, Dolores y Gabriel (2018) afirman: “Que el área de una cuenca se define como el total de la superficie proyectada sobre un plano horizontal, que contribuye con el flujo superficial a un segmento de cauce de orden dado, incluyendo todos los tributarios de orden menor” (p. 8).

Rodas (2014) indica. "Tiende a expresarse en unidades de kilómetros cuadrados, está definida por su contorno, el cual inicia en los parte aguas en las montañas más altas y finaliza en la estación de aforo o la desembocadura" (p. 6).

Figura 3
Cuenca río María Linda



Fuente: Cuenca río María Linda

2.1.3.2.2. Perímetro de la cuenca

Es la longitud de la línea divisoria de aguas y conforma el contorno del área de la cuenca, "Es un parámetro importante que en conjunto con el área, brinda una idea de la forma de la cuenca. Para llevar a cabo la medición en el caso de que la divisoria siga una línea sinuosa –quebrada–, se puede seguir un criterio que no altere los resultados" (Rodas, 2014, p. 7). Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

"Se refiere al borde de la cuenca proyectada en un plano horizontal, es de forma muy irregular y se obtiene después de delimitar la cuenca" (Villón, 2002, p. 32).

Figura 4

Perímetro de la cuenca



Fuente: villón, 2012, p. 32

2.1.3.2.3. Longitud del cauce central

Es la distancia horizontal desde la salida de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto de aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de entorno de la cuenca. Cahuana y Yugar (2009) afirman. “La longitud de la cuenca (L_c), es la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta” (p. 23).

2.1.3.2.4. Ancho de la cuenca

“El ancho de cuenca se define como el cociente entre el Área (A) y la Longitud de la cuenca (L), obtenida en kilómetros” (Dolores y Gabriel, p. 9).

“Es la longitud perpendicular a la longitud del eje mayor de la cuenca y para su estimación se miden las longitudes perpendiculares representativas de cada parte de la cuenca, tomando como referencia la recta que se ha trazado para la longitud del eje mayor” (Breña y Jacobo, 2006, p. 28).

2.1.3.2.5 Factor de forma

Es la correlación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca, esencialmente los factores geológicos que son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

“Es uno de los parámetros que explica la elongación de una cuenca. Se expresa como la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma. El parámetro está definido por la siguiente expresión” (Córdova, 2016, p. 3).

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Ff = Factor de forma

A = Área de la cuenca en km²

L = Longitud de la cuenca en Km

Córdova (2016). Es un parámetro adimensional y la longitud de la cuenca puede considerarse en los siguientes tres criterios:

- a) La longitud del cauce principal considerando su sinuosidad.
- b) La longitud del cauce principal considerando el eje del mismo.
- c) La distancia en línea recta entre el punto de control de la cuenca y el punto más alejado de este.

Forma en la que puede adoptar una cuenca según rangos aproximados del factor de forma.

Tabla 1

Rangos aproximados del factor de forma

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Pérez 1979, citado por Córdova.

2.1.3.2.6. Coeficiente de compacidad o índice de gravelius

Este coeficiente relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de una cuenca teórica circular de igual área; estima por tanto la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca, longitud que abarca desde la salida hasta el punto topográficamente más alejado de ésta.

2.1.3.2.7. Razón de elongación

Es la relación entre el diámetro de un círculo con similar área que de la cuenca y la longitud máxima de la misma.

2.1.3.3. Hidrología

Se refiere al estudio del movimiento, distribución y calidad del agua en todas las zonas de la tierra, y se dedica tanto al ciclo hidrológico como a los recursos de agua. Los hidrólogos trabajan en ciencias ambientales o geológicas, geografía física e ingeniería civil y ambiental los dominios de la hidrología incluyen la hidrometeorología

logía, la hidrología superficial, la hidrogeología, la administración de drenaje y la calidad del agua

2.1.3.3.1. Sub- cuenca de influencia

El río Aguacapa María Linda se forma en el altiplano en jurisdicción del municipio de Villa Canales, al sur de la población de Don Justo, los accidentes geográficos más importantes que ocurren en la cuenca del río María Linda son su origen en el altiplano, el volcán de pacaya, localizado al occidente de la cuenca y la pequeña cordillera formada por los cerros la Gavia, Cujalito, Miramundo y las tres Cruces localizada al sur oriente de la cuenca. Es importante mencionar el lago de Amatitlán localizado al noroeste de la cuenca y que podría explicar en parte el alto rendimiento específico de esta parte de la cuenca.

2.1.3.3.2. Datos meteorológicos

Dentro de la cuenca del río María Linda, aguas arriba del sitio de la toma, se encuentran algunas estaciones meteorológicas que cuentan con registros relativamente largos de precipitación (mayores de 20 años). Las estaciones meteorológicas que se encuentran en el área del proyecto, que cuentan con registros de alrededor de 10 años y que se encuentran funcionando en la actualidad.

Figura 5

Estaciones meteorológicas



Fuente: Estaciones meteorológicas (INDE).

2.1.3.3.3. Datos hidrométricos

En la cuenca del río María Linda existe información hidrométrica que ha sido recopilada por el INDE y el INSIVUMEH. Las estaciones se encuentran localizadas aguas abajo y aguas arriba del sitio del proyecto hidroeléctrico, por lo que es necesario realizar algunas interpolaciones para el cálculo de los caudales disponibles en el sitio de la toma.

Figura 6

Estaciones hidrométricas



Fuente: Estaciones hidrométricas (INDE).

Tabla 2

Estaciones hidrométricas que se consideraron para el presente estudio.

CLAVE	ESTACIÓN	RÍO	COORDENADAS		AREA	PROPIEDAD	PERIODO DE RECORD
			LAT.	LONG.			
50201	Guacamayas	María Linda	14°08'45"	90°37'57"	692	INSIVUMEH	1968-1980
180801	Agua Caliente	Aguacapa	14°17'28"	90°30'29"	343	INDE	1962-2004
180802	Las Lomas	Aguacapa	14°18'18"	90°28'18"	321	INDE	1971-2002
180803	Agua Tibia	Agua Tibia	14°17'30"	90°30'27"	14	INDE	1971-2004

Fuente: Estaciones hidrométricas (INDE).

2.1.2.4. Embalse

Se denomina embalse a la acumulación de agua producida por la construcción de una presa sobre el lecho de un río, la cual cierra parcialmente su cauce.

Sandoval (2018) afirma:

Un embalse se forma como resultado de la construcción de una represa que cierra el cauce de un río y almacena un cierto volumen de agua para satisfacer las demandas de este recurso. El volumen que almacena depende de la altura de la presa y de la forma geométrica, definida por la topografía de la zona inundada, a la que también se le denomina “vaso”. (p. 18)

Tabla 3
Clasificación de los embalse según su tamaño

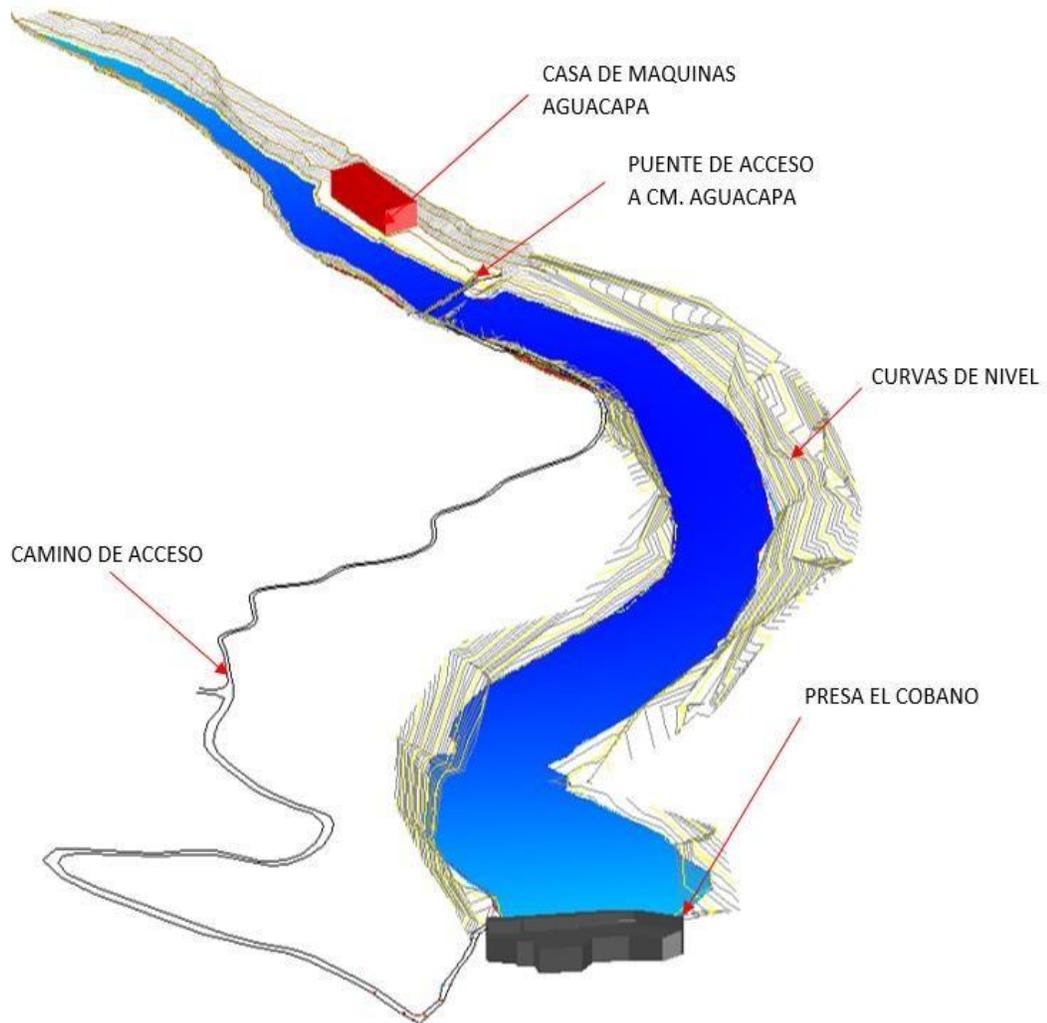
CATEGORIA	VOLUMEN (hm³)	AREA (km²)
MICRO	< 1	< 1
MINI	1 a 10	1 a 2
PEQUEÑO	10 a 100	2 a 20
MEDIANO	100 a 1000	20 a 100
GRANDE	1000 a 10000	100 a 500
MUY GRANDE	10000 a 50000	500 a 5000
MEGA	> 50000	> 5000

Fuente: Zhelezniakov (1984), citado por Sandoval.

El embalse de Hidroeléctrica El Cóbano se localiza aguas abajo de la casa de máquinas de la planta Aguacapa, embalsando el caudal proveniente del cauce del río María Linda y la turbinada por Aguacapa. La capacidad del embalse en la cota normal de operación 141.30 m.s.n.m. es de unos 877,000 m³.

Figura 7

Esquema isométrico del embalse.



ISOMETRICO DE EMBALSE HIDROELECTRICA EL COBANO

Fuente: Esquema isométrico del embalse (INGESA).

Imagen 1

Embalse de Hidroeléctrica El Cóbano



Fuente: Elaboración propia

Los embalses se construyen para:

- 1) Para regular el caudal de un río o arroyo, almacenado el agua de los periodos húmedos para utilizarlos durante los periodos más secos.
- 2) Para la generación de energía eléctrica.
- 3) Para riego de cultivos.
- 4) Para uso industrial.

2.1.2.4.1. Tipos de embalses

Tomando en consideración el periodo de almacenaje y el grado de regulación que ofrezcan los embalses, el que depende tanto de su capacidad volumétrica como del caudal que reciben estos durante la temporada húmeda, así como de las exigencias de demanda a que se encuentran sometidos los mismos, es

posible efectuar una clasificación más de los diversos tipos de embalses (Nomberto y Silva, 2015, p. 12).

2.1.2.4.2. Embalses estacionales

Los embalses estacionales tienen la capacidad de almacenar agua durante la estación lluviosa, para tratar de regularla en forma eficiente y de acuerdo con la demanda, durante el periodo seco o de caudal mínimo (Nomberto y Silva, 2015).

2.1.2.4.3. Embalses horarios

Nomberto y Silva (2015). Los embalses horarios tienen una capacidad de almacenamiento respectivamente baja y generalmente su vaciado se efectúa en términos de horas, condición que justifica su nombre. El llenado de este tipo de embalses se puede llevar a cabo tanto en un lapso de horas como de días, dependiendo del caudal que afluya al mismo, una de sus funciones principales es suplir las variaciones instantáneas de demanda.

2.1.2.4.4. Embalses de almacenamiento y regulación

Son los embalses que se utilizan para almacenar los recursos hídricos y posteriormente utilizarlos cuando sean necesarios generalmente se utilizan para regar o para abastecimiento a poblaciones (para beber, ducharse, llenar piscinas). También puede ser la industria quien utilice el agua.

2.1.2.4.5. Embalses de producción hidroeléctrica

Su objetivo fundamental es crear un salto de agua y utilizar esa energía para producir electricidad, dentro de estos podemos diferenciar también a los embalses reversibles, que son aquellos en los que se dispone de una balsa en la parte baja de la presa que permite almacenar el agua turbinada por la central hidroeléctrica de tal manera que en situaciones de energía más barata o de excedente de energía en la red se eleva el agua de nuevo al embalse para turbinarse en periodos de mayor demanda.

2.1.2.4.6. Niveles característicos de un embalse

En un embalse siempre es necesario definir los niveles de agua vinculados a sus dimensiones de operación, pudiendo variar de acuerdo a la función que presta el embalse.

a). Nivel mínimo

Es el nivel mínimo que puede alcanzar el embalse, coincide con el nivel mínimo de la toma situada en la menor cota, es el nivel por debajo del cual las estructuras asociadas al embalse y la presa no operan u operan en forma inadecuada.

b). Nivel mínimo operacional

Es el nivel por debajo del cual las estructuras asociadas al embalse y la presa no operan u operan en forma inadecuada.

Alcántara (2009) afirma:

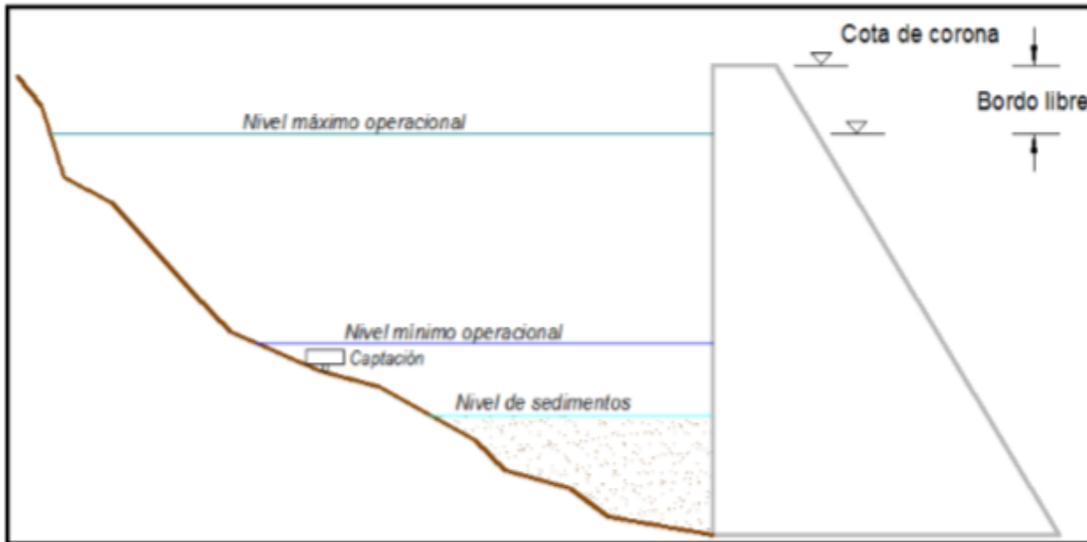
Es aquel en el que las estructuras dependen de la presa, en algunos casos las turbinas no operan en forma adecuada. En las Centrales hidroeléctricas, a los sistemas automatizados de protección de equipo se les llaman nivel de disparo, y esto sucede al censar un nivel que puede provocar cavitación y dañar las superficies de contacto con el agua (rodete, agujas o paletas) ya que la tubería no está completamente llena y lleva burbujas de aire en ella. (p. 53)

c). Nivel máximo operacional

Al alcanzar a este nivel se empieza a verter agua con el objetivo de mantener el nivel pero sin causar daños aguas abajo (Celi y Vélez, 2013).

Figura 8

Esquema de niveles de un embalse



Fuente: Celi y Vélez, 2013, p. 18

d). Nivel del vertedero

Si la presa es de un solo vertedero libre, el nivel de la solera coincide con el nivel máximo operacional, si el vertedero está equipado con compuertas, el nivel de la solera es inferior al máximo operacional.

2.1.2.4.7. Volúmenes característicos de un embalse

Los volúmenes característicos de los embalses están asociados a los niveles del embalse.

a). Volumen muerto

Se define como el volumen almacenado hasta alcanzar el nivel mínimo de operación como también está asociado al volumen de sedimentos.

b). Volumen útil de almacenamiento

Es comprendido entre el nivel mínimo y el nivel máximo operacional. Celi y Vélez (2013) refiere. Cuando el volumen útil almacenado es mínimo que el volumen requerido entonces el embalse no está en capacidad de suministrar la demanda durante todo el período y se presentan fallas en el suministro con el consiguiente racionamiento.

Es la cota utilizable, o la diferencia entre la cota superior y la inferior por el área que abarca la superficie del espejo del agua del embalse (Alcántara, 2009).

c). Volumen de laminación

Es el volumen comprendido entre el nivel máximo operacional y el nivel máximo normal, este volumen como su nombre lo dice se utiliza para reducir el caudal vertido en las avenidas y así limitar los daños aguas abajo de la presa.

2.1.2.4.8. Caudales característicos de un embalse

a). Caudal firme

Es el caudal máximo que se puede retirar del embalse en un periodo crítico, si el embalse ha sido dimensionado para compensar los caudales a lo largo de un año hidrológico, generalmente se considera como periodo crítico al año hidrológico en el cual se ha registrado el volumen aportado mínimo.

b). Caudal regularizado

Celi y Vélez (2013) afirma: “Es el caudal que se puede retirar del embalse durante todo el año hidrológico asociado a una probabilidad” (p 19).

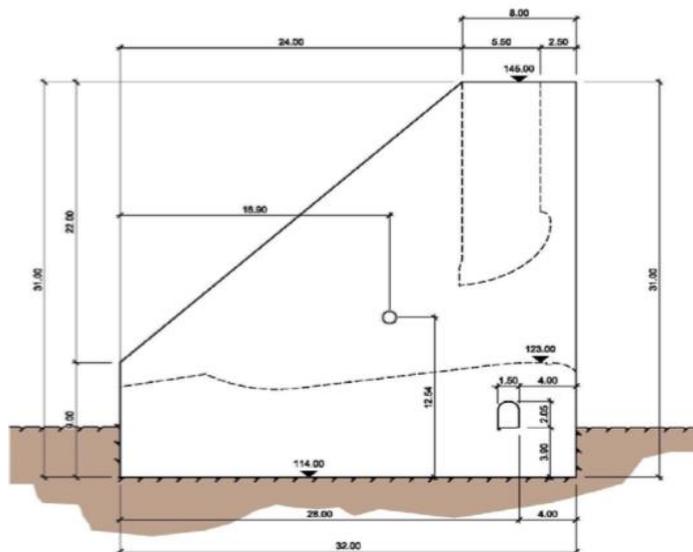
2.1.2.5. Presa

Es una barrera fabricada con piedra, hormigón o materiales sueltos, que se construye habitualmente en una cerrada o desfiladero sobre un río o arrollo con la finalidad de embalsar el agua en el cauce fluvial para su posterior aprovechamiento en abastecimiento o regadío para elevar su nivel, con el objetivo de derivarla a canalizaciones de riego para laminación de avenidas y evitar inundaciones aguas debajo de la presa.

La presa de Hidroeléctrica El Cóbano se compone de 11 bloques de concreto armado y concreto masivo, tiene una longitud de aproximadamente 154 mts, la altura máxima se alcanza en los bloques 4 y 5 siendo esta de unos 31 mts. La longitud en la sección transversal varía de acuerdo a la altura de cada bloque siendo esta variación desde 4 mts para el bloque 1 y llegando hasta 31 mts en los bloques 4 y 5, la cota superior de la presa es la 145 m.s.n.m.

Imagen 2

Sección acotada de presa



Fuente: Elaboración propia

2.1.2.5.1. Tipos de presa

Existen diferentes tipos de presas que responden a las diversas posibilidades de cumplir la doble exigencia de resistir el empuje del agua y evacuarla cuando sea preciso y pueden clasificarse de acuerdo a su estructura, por los materiales con los que está constituida y además por su uso las más comunes son de gravedad, de bóveda y de contrafuerte.

a). Presas de gravedad

Son todas aquellas en las que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua y el empuje del embalse es transmitido hacia el suelo, por lo que este debe de ser muy estable capaz de resistir, el peso de la presa y del embalse constituye las represas de mayor durabilidad y que menor mantenimiento requieren.

Las presa de gravedad, son de hormigón de corte transversal triangular, de base ancha con tendencia a estrecharse en la parte superior. Se llaman de gravedad porque su propio peso las hace estables, transmiten el esfuerzo hacia el suelo por medio del diseño triangular tipo rectángulo de la estructura y el tipo de construcción es duradero y de poco mantenimiento (Alcántara, 2009).

b). Presas de arco o de bóveda

Este tipo de presas resisten por su forma, el arco resulta ser antifunicular de la carga radial repartida uniformemente, es decir un arco sometido a este tipo de cargas trabaja únicamente a axial. Dicho arco transmite esos esfuerzos de compresión a los estribos de la cerrad, por lo que estos deben tener gran resistencia.

Alcántara (2009). Indica que es una presa en la que su convexidad del arco o la corona están del lado del embalse, el peso del volumen del agua se transmite hacia los extremos en donde el soporte es más estable.

Y esta curvatura es lo relevante del diseño porque la convexidad transmite el esfuerzo de compresión hacia los puntos de apoyo en los extremos de la cuenca, los que deben de ser muy duros y fuertes este diseño se usa en valles o cañones estrechos y es muy eficiente y de bajo costo aunque de gran complejidad para el constructor por las formas poco usuales del diseño.

c). Presas de contrafuerte

Las presas con contrafuerte siempre poseen un mecanismo resistente similar al de las presas de gravedad, se trata de presas en las que la cabeza esta inclinada y apoyadas sobre unos elementos más largos denominados colas que se colocan aguas abajo sujetando la cabeza a lo largo del cuerpo de la presa.

Alcántara (2009) afirma:

Son muy simples, están diseñadas con una pared que ataja el agua; de sección pequeña pero reforzada por columnas o contrafuertes de forma triangular parecidas a las presas de gravedad; sin embargo, aquí las columnas son soportes de peso del agua; el espaciamiento entre columnas o contrafuertes se da en función de las proporciones de la pared y, para ampliar la separación, puede ser del tipo arco o bóveda. Los contrafuertes son los encargados de dar soporte y, además, de transmitir el peso del volumen de agua al suelo, este tipo de presa tiene la característica de reducir el volumen de hormigón a utilizar pero no por ello economiza el diseño. Es muy utilizada en terrenos con poca estabilidad. (p. 57)

2.1.2.5.2. Sellos hidráulicos y prevención de fallos en las juntas

Las dos funciones principales de una junta hidráulica son minimizar o prevenir la fuga de fluido, así como proteger de suciedad y residuos. Si una junta no se ajusta a los requisitos funcionales o se instala y mantiene incorrectamente, puede fallar y causar pérdidas de fluido y también ocasionar graves costes. Para funcionar correctamente, las juntas tienen que soportar temperaturas extremas, altas presiones, elementos químicos y contaminantes. Los elementos de sellado pueden estar compuestos de diversos materiales, por lo que la elección de la junta correcta no es una labor trivial; hace falta plantearse y conocer no solo la máquina o el equipo para el que se utilizará el sello, sino también los posibles efectos del entorno en la junta (Shop, 2018, s.p).

a). Como prevenir fallos en el sellado de juntas hidráulicas

Un fallo en el sellado conduce a complicaciones en el equipo y costes de detención de las maquinas. Y mientras las juntas resultan duraderas si se utilizan correctamente, mal utilizadas pueden causar serios problemas.

2.1.2.6. Ley general de la electricidad. Decreto No. 93-96

Artículo 1. “La presente ley norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, de acuerdo con los siguientes principios y enunciados.

a) Es libre la generación de electricidad y no se requiere para ello autorización o condición previa por parte del Estado, más que las reconocidas por la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes del país.

b) Es libre el transporte de electricidad, cuando para ello no sea necesario utilizar bienes de dominio público; también es libre el servicio de distribución privada de electricidad.

c) En los términos a que se refiere esta ley, el transporte de electricidad que implique la utilización de bienes de dominio público y el servicio de distribución final de electricidad, estarán sujetos a autorización.

d) Son libres los precios por la prestación del servicio de electricidad, con la excepción de los servicios de transporte y distribución sujetos a autorización. Las transferencias de energía entre generadores, comercializadores, importadores y exportadores, que resulten de la operación del mercado mayorista, estarán sujetos a regulación en los términos a que se refiere la presente ley” (Ley General de la Electricidad).

Artículo 2. “Las normas de la presente ley son aplicables a todas las personas que desarrollen las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, sean estas individuales o jurídicas, con participación privada, mixta o estatal, independientemente de su grado de autonomía y régimen de constitución” (Ley General de la Electricidad).

Artículo 4. “Se crea la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, en adelante la Comisión, como un órgano técnico del Ministerio. La Comisión tendrá independencia funcional para el ejercicio de sus atribuciones y de las siguientes funciones:

- a) Cumplir y hacer cumplir la presente ley y sus reglamentos, en materia de su competencia, e imponer las sanciones a los infractores.
- b) Velar por el cumplimiento de las obligaciones de los adjudicatarios y concesionarios, proteger los derechos de los usuarios y prevenir conductas atentatorias contra la libre competencia, así como prácticas abusivas o discriminatorias.
- c) Definir las tarifas de transmisión y distribución, sujetas a regulación de acuerdo a la presente ley, así como la metodología para el cálculo de las mismas.
- d) Dirimir las controversias que surjan entre los agentes del subsector eléctrico, actuando como árbitro entre las partes cuando éstas no hayan llegado a un acuerdo.
- e) Emitir las normas técnicas relativas al subsector eléctrico y fiscalizar su cumplimiento en congruencia con prácticas internacionales aceptadas.
- f) Emitir las disposiciones y normativas para garantizar el libre acceso y uso de las líneas de transmisión y redes de distribución, de acuerdo a lo dispuesto en esta ley y su reglamento” (Ley General de la Electricidad).

Artículo 6. “Para los efectos de esta ley se establecen las siguientes definiciones que serán aplicables a los servicios, actividades y personas que desarrollen las actividades de producción o generación, transporte o transmisión, distribución y comercialización de electricidad” (Ley General de la Electricidad).

Artículo 44. “La administración del mercado mayorista estará a cargo de un ente privado, sin fines de lucro, denominado administrador del mercado mayorista, cuyas funciones son:

a) La coordinación de la operación de centrales generadoras, interconexiones internacionales y líneas de transporte al mínimo de costo para el conjunto de operaciones del mercado mayorista, en un marco de libre contratación de energía eléctrica entre generadores, comercializadores, incluidos importadores y exportadores, grandes usuarios y distribuidores.

b) Establecer precios de mercado de corto plazo para las transferencias de potencia y energía entre generadores, comercializadores, distribuidores, importadores y exportadores, cuando ellas no correspondan a contratos de largo plazo libremente pactados.

c) Garantizar la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica.

Los agentes del mercado mayorista, operarán sus instalaciones de acuerdo a las disposiciones que emita el administrador del Mercado Mayorista.

El funcionamiento del Mercado Mayorista se normará de conformidad con esta ley y su reglamento.

La conformación mecanismos de financiamiento y el funcionamiento del administrador del mercado mayorista se normará de conformidad con esta ley y su reglamento, y su propio reglamento específico” (Ley General de la Electricidad).

2.1.2.6.1. Reglamento de la Ley general de la electricidad. Acuerdo Gubernativo No. 68-2007.

Artículo 4. “Solicitud de Autorizaciones. (Reformado por el artículo 2). La solicitud para la obtención de las autorizaciones definitivas para plantas de generación hidroeléctrica y geotérmica, transporte y distribución, será presentada por el interesado al Ministerio, en original y copia, utilizando formularios que para el efecto preparará el Ministerio, conteniendo por lo menos la siguiente información.

a) Identificación del peticionario.

Para las personas naturales: consignar datos personales del solicitante.

Para las personas jurídicas: consignar los datos de identificación del representante legal, nombre, razón social o denominación de la entidad solicitante, domicilio y fotocopia legalizada de la escritura de constitución social y sus modificaciones, si las hubiera. En caso de uniones transitorias, estos datos se deberán presentar para todos los integrantes.

b) Domicilio y lugar para recibir notificaciones.

Los requisitos deben ser cumplidos tanto por personas naturales como jurídicas.

c) Descripción y planos generales del proyecto, cuando correspondiera a autorizaciones para la realización de nuevas obras. Los planos se deberán realizar en la escala y el nivel de detalle que determine el Ministerio.

d) Calendario de ejecución de las obras, cuando correspondiere.

e) Presupuesto del proyecto, cuando correspondiere.

f) Ubicación en un mapa en escala que determine el Ministerio del área afectada por las obras.

g) Especificación de los bienes de dominio público y particulares que se utilizarán, con la individualización de aquellos con cuyos propietarios el interesado no ha llegado a un acuerdo directo de compra o de servidumbre para su utilización, para cuyo efecto el interesado deberá indicar la dirección o el lugar en donde puede notificar o citar en forma personal a tales propietarios o a sus representantes legales.

h) En el caso de autorizaciones de servicio de distribución final, delimitación de la zona en la que se solicita autorización y definición del área obligatoria de servicio en correspondencia con las instalaciones existentes y/o nuevas, identificadas en la solicitud.

i) Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental, aprobado por la entidad ambiental correspondiente.

j) Para el caso de nuevas instalaciones de transmisión o generación con capacidad mayor a cinco (5) megavatios, estudios eléctricos que muestren el impacto sobre el Sistema de Transmisión de la obra propuesta, de conformidad con lo establecido en las Normas de Estudios de Acceso al Sistema de Transporte (NEAST), elaboradas por la Comisión. Para aquellas con capacidad menor o igual a cinco (5) megavatios, únicamente los estudios eléctricos de flujo de carga.

k) Planes de Seguridad para las instalaciones de acuerdo a las Normas sobre cada tema específico, que emita la Comisión.

l) Para centrales hidroeléctricas o geotérmicas, planes de exploración, desarrollo y explotación del recurso” (Reglamento de la Ley general de la electricidad).

Artículo 10. “Transporte de Energía Eléctrica. Se requerirá autorización de transporte de energía eléctrica cuando en el trazado de líneas de transporte y subestaciones de transformación de electricidad, se deba hacer uso total o parcial de bienes de dominio público o se deba imponer servidumbres a particulares. Este requisito subsiste aunque el uso de bienes de dominio público o la imposición forzosa de servidumbres a particulares se efectúe sólo en una fracción del trazado de las obras.

El cruce de calles, caminos y carreteras no se considerará para estos efectos uso de bienes de dominio público. Estas autorizaciones serán otorgadas por Acuerdo Ministerial, no es necesario para este tipo de autorizaciones realizar el concurso público entre eventuales interesados” (Reglamento de la Ley general de la electricidad).

Artículo 14. “Centrales hidroeléctricas. Se requerirá de autorización para la utilización de recursos hidráulicos que se ocupen para generación de electricidad, cuando la potencia de la central exceda 5 Megavatios (MW).

Cualquiera sea la potencia, cuando para la construcción de la central se requieran de obras de embalse que puedan afectar el régimen hidrológico de un río o la seguridad de personas y bienes ubicados aguas abajo, se requerirá que la construcción y operación de las instalaciones se adecue a lo que establezca la Comisión al respecto, para garantizar la protección de las personas, sus derechos y bienes, la Comisión elaborará las Normas de Seguridad de Presas, las cuales incluirán todos los aspectos de diseño, auscultación, operación de presas, así como las medidas de seguridad operativa y planes de emergencia que resulten necesarias para cumplir estos objetivos”

La autorización faculta a su titular para utilizar bienes de dominio público en el desarrollo de las obras comprendidas en la que zona en que desarrollará sus

actividades, previo permiso de la autoridad competente. La autorización definitiva del uso de los recursos hidráulicos requiere que el solicitante presente todos los estudios de impacto ambiental, seguridad de las instalaciones, planes de emergencia que sean establecidos por la Comisión en las Normas de Seguridad de Presas, así como en otras Leyes o disposiciones que regulen estos aspectos.

Cuando las características del curso de agua lo requieran, o cuando haya varias presas en el mismo río, o haya uso no energético del agua, el Ministerio incluirá las reglas de manejo del agua específicas para cada caso. La obligación de respetar estas normas deberá establecerse en el contrato de autorización, su incumplimiento implica la rescisión del mismo” (Reglamento de la Ley general de la electricidad).

2.1.2.6.2. Normas de Seguridad de Presas. Resolución CNEE- 283-2016

Artículo 3. “Los objetivos de las Normas de Seguridad de Presas son.

a) Proveer los fundamentos para regular la seguridad de las presas dedicadas a la generación de energía eléctrica en Guatemala, para garantizar la protección de las personas, sus derechos y bienes.

b) Definir los requerimientos y procedimientos para evaluar de forma consistente y adecuada la seguridad de las presas dedicadas a la generación de energía eléctrica en Guatemala, por medio de Inspecciones, exámenes, manuales y planes para el manejo de emergencias” (Normas de Seguridad de Presas).

Artículo 4. “Las presentes normas son de aplicación obligatoria para el responsable de la presa en todas las fases de una planta de generación hidroeléctrica o generador distribuido renovable hidroeléctrico.

La obligación del cumplimiento de las NSP puede iniciar en dos momentos, con la publicación del Acuerdo Ministerial de autorización de uso de bienes de dominio

público y aprovechamiento del recurso hidráulico y cuando no exista acuerdo antes de la etapa de construcción para las presas de un generador distribuido renovable hidroeléctrico que cumplan con los parámetros físicos indicados en el siguiente párrafo.

Las NSP aplican para las presas con una altura mínima de dos punto cinco metros (2.5 m) y cuya capacidad de almacenaje de agua mínima es de treinta mil metros cúbicos (30,000 m³) y que están conectadas al sistema nacional interconectado. Para casos especiales donde no se cumpla con las condiciones anteriores pero que pueda representar un riesgo para bienes o personas, la CNEE resolverá sobre la aplicación de las NSP.

Las tareas asociadas a la seguridad de las presas comienzan en el momento de la construcción no obstante se deben prever los criterios y parámetros desde la fase de diseño de la presa y las obras hidráulicas. La aplicación de la NSP continúa durante el primer llenado, la operación, la explotación y finaliza cuando llega el momento de la puesta fuera de servicio de las presas y embalses, así como sus estructuras accesorias.

Los embalses y presas utilizados para otro fin que no sea la producción de energía eléctrica no estarán regulados por estas normas, en este caso aplicará la legislación específica que corresponda, el responsable de la presa será el único responsable por los daños y pérdidas a personas y bienes que pudieran derivarse de la operación o falta de mantenimiento de la presa, por lo que para poder responder ante cualquier contingencia, podrá contratar un seguro de responsabilidad civil acorde al riesgo asociado a la consecuencia de falla en la presa, derivado a que es su estricta responsabilidad el cumplimiento de las presentes normas, así como velar por la buena conservación y funcionamiento de la presa” (Normas de Seguridad de Presas).

2.1.2.7. Ley de Concesiones Eléctricas. Decreto Ley N° 25844.

Artículo 1. “Las disposiciones de la presente ley norman lo referente a las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica. El Ministerio de Energía y Minas y el OSINERG en representación del estado son los encargados de velar por el cumplimiento de la presente ley, quienes podrán delegar en parte las funciones conferidas.1 Las actividades de generación, transmisión y distribución podrán ser desarrolladas por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras. Las personas jurídicas deberán estar constituidas con arreglo a las leyes peruanas” (Ley de Concesiones Eléctricas).

Artículo 2. “Constituyen servicios públicos de electricidad:

- a) El suministro regular de energía eléctrica para uso colectivo o destinado al uso colectivo, hasta los límites de potencia fijados por el reglamento.
- b) La transmisión y distribución de electricidad. El servicio público de electricidad es de utilidad pública” (Ley de Concesiones Eléctricas).

Artículo 3. “Se requiere concesión para el desarrollo de cada una de las siguientes actividades:

- a) La generación de energía eléctrica que utilice recursos hidráulicos y geotérmicos, cuando la potencia instalada sea superior a 20 MW.
- b) La transmisión de energía eléctrica, cuando las instalaciones afecten bienes del Estado y/o requieran la imposición de servidumbre por parte de éste.
- c) La distribución de energía eléctrica con carácter de Servicio Público de electricidad, cuando la demanda supere los 500 KW” (Ley de Concesiones Eléctricas).

III. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

Se presenta a continuación los cuadros y las gráficas obtenidas en el trabajo de campo realizado por el investigador; las que se clasifican de la manera siguiente:

Del cuadro y gráfica del 1 al 5, se refiere a la comprobación de la variable dependiente; del cuadro y gráfica 6 y para comprobar la variable independiente o causa principal.

Se hace la observación que con el cuadro y gráfica 1 se comprueba la variable dependiente; y, con el cuadro y gráfica 6 se comprueba la variable independiente, contenidas en la hipótesis de trabajo formulada.

CUADROS Y GRÁFICAS PARA LA COMPROBACIÓN DEL EFECTO

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

Cuadro 1

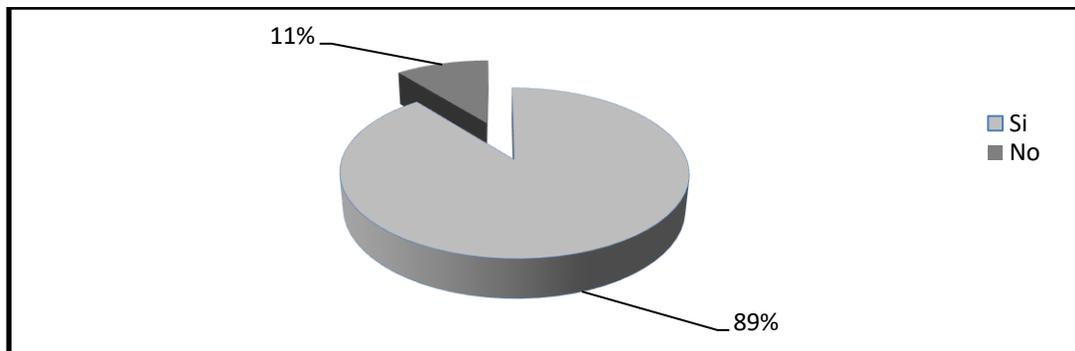
Reducción de la capacidad de almacenamiento de agua ha afectado a la generación de energía eléctrica en la planta de Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	25	89
No	3	11
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Gráfica 1

Reducción de la capacidad de almacenamiento de agua ha afectado a la generación de energía eléctrica en la planta de Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres.



Fuente: Investigación propia dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de ocho décimos (89 %) de los encuestados consideran que existe reducción de la capacidad de almacenamiento de agua en la hidroeléctrica en los últimos cinco semestres. A diferencia de más de un décimo (11 %) de los encuestados que consideran que la reducción de almacenamiento de agua ha sido estable, con esto se comprueba la variable dependiente.

Cuadro 2

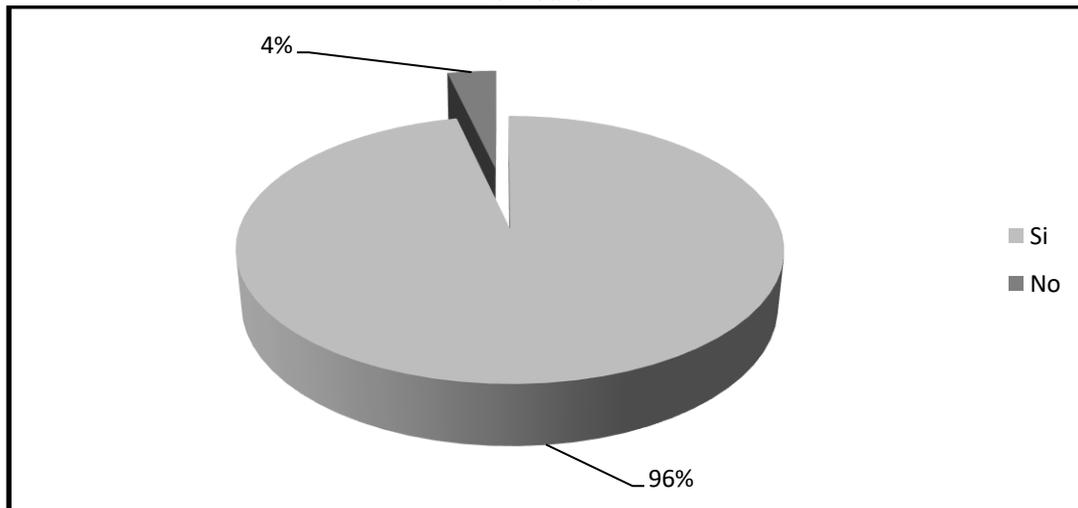
Acumulación de sedimentación afecta la capacidad de almacenamiento de agua en el embalse.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	27	96
No	1	4
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Gráfica 2

Acumulación de sedimentación afecta la capacidad de almacenamiento de agua en el embalse.



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de nueve décimos (96 %) de los encuestados consideran que la acumulación de sedimentación afecta la capacidad de almacenamiento de agua en el embalse. A diferencia de menos de un décimo (4 %) de los encuestados que consideran que la sedimentación no afecta la capacidad de almacenamiento de agua en el embalse, con esto se comprueba la variable dependiente.

Cuadro 3

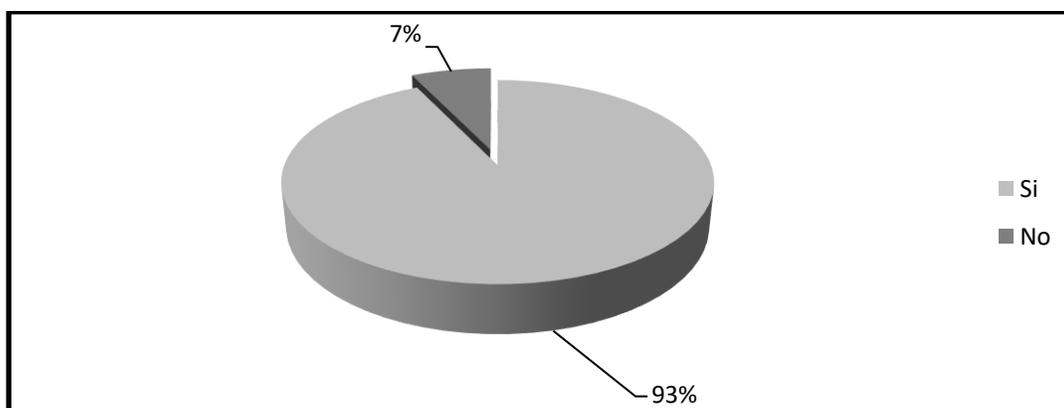
Acumulación de sedimentación en el embalse afecta la generación de energía eléctrica en la Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	26	93
No	2	7
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Gráfica 3

Acumulación de sedimentación en el embalse afecta la generación de energía eléctrica en la Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla.



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de nueve décimos (93 %) de los encuestados consideran que la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse afecte la generación de energía eléctrica, a diferencia de menos de un décimo (7 %) de los encuestados que consideran que no afecta la generación de energía eléctrica, con esto se comprueba la variable dependiente.

Cuadro 4

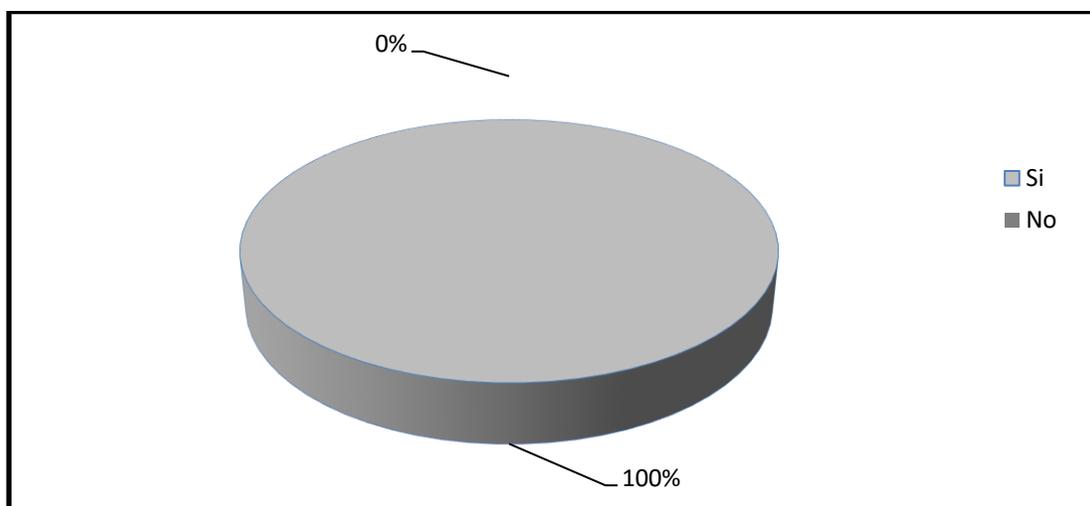
Al bajar el nivel de almacenamiento de agua en el embalse reduce el ingreso económico de la planta.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	28	100
No	0	-
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Gráfica 4

Al bajar el nivel de almacenamiento de agua en el embalse reduce el ingreso económico de la planta.



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que el total (100 %) de los encuestados consideran que al bajar el nivel de almacenamiento de agua en el embalse reduce el ingreso económico de la planta, con esto se comprueba la variable dependiente.

Cuadro 5

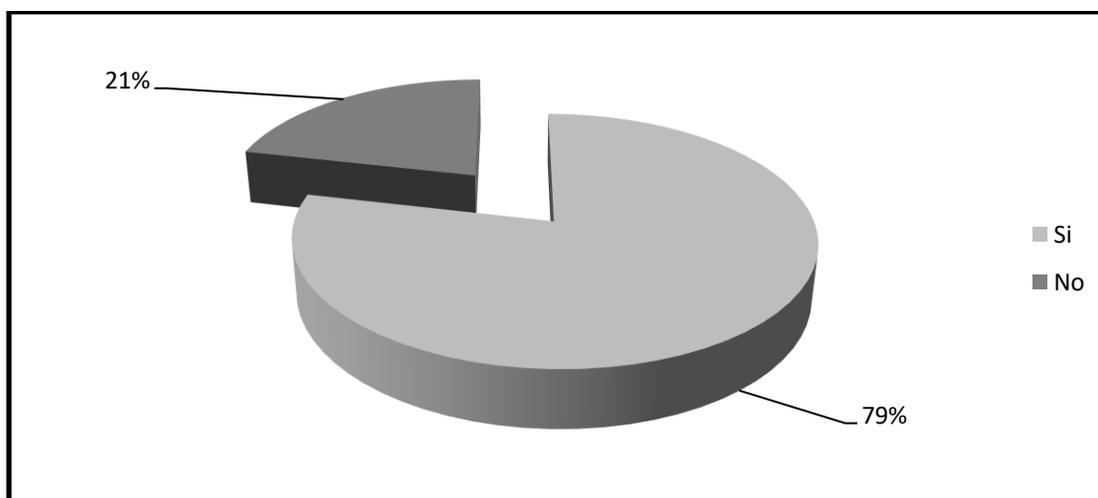
Al bajar el almacenamiento de agua en el embalse afecte el cumplimiento de los contratos de la Hidroeléctrica El Cóbano.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	22	79
No	6	21
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Gráfica 5

Al bajar el almacenamiento de agua en el embalse afecte el cumplimiento de los contratos de la Hidroeléctrica El Cóbano.



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de siete décimos (79 %) de los encuestados consideran que al bajar el almacenamiento de agua en el embalse afecte el cumplimiento de los contratos de la Hidroeléctrica El Cóbano, a diferencia de más de dos décimos (21 %) de los encuestados que consideran que no afecta el cumplimiento de los contratos, con esto se comprueba la variable dependiente.

CUADROS Y GRÁFICAS PARA LA COMPROBACIÓN DE LA CAUSA O

VARIABLE INDEPENDIENTE (X)

Cuadro 6

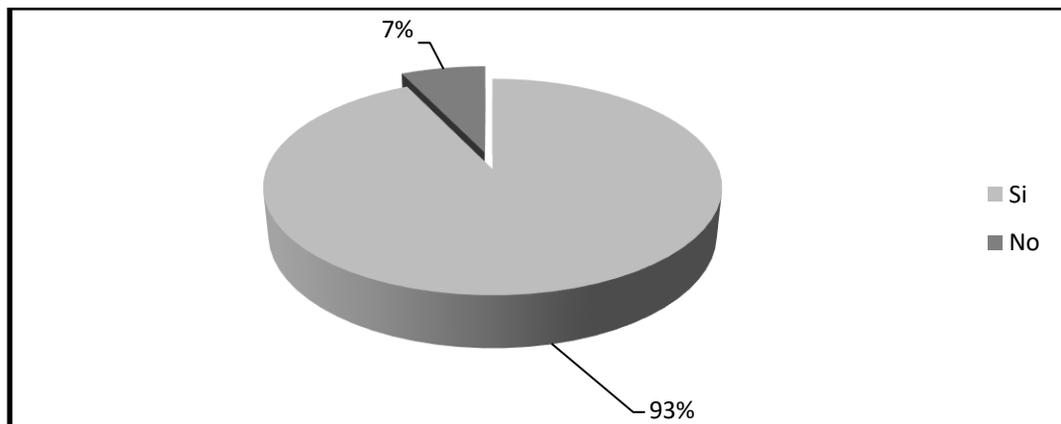
Por la falta de un plan para mantenimiento preventivo en embalse reduce la capacidad de operación en la Hidroeléctrica El Cóbano.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	26	93
No	2	7
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Gráfica 6

Por la falta de un plan para mantenimiento preventivo en embalse reduce la capacidad de operación en la Hidroeléctrica El Cóbano.



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de nueve décimos (93 %) de los encuestados consideran que por la falta de un plan para mantenimiento preventivo en embalse reduce la capacidad de operación en la Hidroeléctrica El Cóbano, a diferencia de menos de un décimo (7 %) de los encuestados que consideran que no reduce la capacidad de operación, con esto se comprueba la variable independiente.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones permitieron hacer una síntesis de la problemática de esta investigación, de los medios que se utilizarán para solucionarla y de los resultados que se esperan al instrumentarse la propuesta. Las cuales se presentan a continuación:

IV. 1. Conclusiones

1. Con un nivel de confianza del 90 % y con un margen de error del 10 % se comprueba la hipótesis: “La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, por fugas y sedimentación de embalse es debido a la falta de un plan para el mantenimiento preventivo”.
2. Existe reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano.
3. Existen fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.
4. Fugas y sedimentación de embalse de hidroeléctrica afecta los ingresos económicos de la empresa.
5. Existe acumulación de sedimentación que afecta la capacidad de almacenamiento en el embalse.

IV. 2. Recomendaciones

1. Operativizar la propuesta de la investigación: “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”.
2. Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano.
3. Evitar fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.
4. Evitar fugas y sedimentación que afecta los ingresos económicos de la empresa.
5. Evitar acumulación de sedimentación que afecte la capacidad de almacenamiento en el embalse.

Bibliografía

1. Alcántara, D. (2009). *Modelo del comportamiento de presas en cascada y visualización por software* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
2. Cahuana, A, y Yugar, W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología civ-233* ((tesis de pregrado). Universidad Mayor De San Simón.
3. Celi, M, y Vélez, M. (2013). *Análisis de escenarios y estudio de un balance hídrico con aplicación al embalse macul 1 empleando el programa -hec-ressim* (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca.
4. Chira, L. (2016). *Metodología de diseño del sistema de purga de embalses en base a estudios de modelación hidráulica* (tesis de pregrado) en ingeniería civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.
5. Córdova, M. (30 de abril de 2016). *Parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas*. Recuperado de http://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26
6. Criollo, X, y Quezada, C. (2011). *Diseño de una mini central de energía hidroeléctrica en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de cuenca* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca.
7. Cuberos, A. (2016). *Aplicación de matriz de decisión de embalses colmatados en Venezuela estudio de tres casos* (tesis de pregrado). Universidad Católica Andrés Bello.

8. Dolores, M, y Gabriel, J. (2018). *Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
9. Gómez, G, y Méndez, G. (2011). *Propuesta para la gestión de mantenimiento de la central Hidroeléctrica Ocaña* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana.
10. Jom, S. (2010). *Medición batimétrica para determinar el volumen de material sedimentado acumulado durante el tiempo de servicio del embalse pueblo viejo, de la central hidroeléctrica chixoy* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3193_C.pdf
11. Muñoz, J y Montalbán, F. (s.f). *La conservación y el mantenimiento de presas en la confederación hidrográfica del segura*. Recuperado de https://www.spancold.org/wp-content/uploads/2017/08/VIIIJEP_086.pdf
12. Perea, I. (2013). *Modelación del delta de sedimento en un embalse que presenta rápidas fluctuaciones de nivel* (tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia.
13. Pérez, E. (2015). *Impacto de las autorizaciones definitivas para la instalación de centrales Hidroeléctricas otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas y su incidencia en los planes de expansión de la generación eléctrica en Guatemala* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3264/1/Erick%20Armando%20Perez%20Gamez.pdf>

14. Pérez, J. y Gardey, A. (2011-2014). *Definición de hidroeléctrica*. Recuperado de <https://definicion.de/hidroelectrica/>
15. Pérez, R. (2013). *Propuesta para la implementación del plan de mantenimiento proactivo en una central Hidroeléctrica* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
16. Ramazzini, L. (2016). *Diseño de la investigación: programa de mantenimiento de instrumentación eléctrica, basado en iso 9001:2008 de planta hidroeléctrica santa teresa, con potencia de 16.2 mw* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
17. Redondo, J. (24 de enero de 2018). *Centrales hidroeléctricas – que son, tipos y funcionamiento de las centrales en España*. Recuperado de <https://erenovable.com/centrales-hidroelectricas/>
18. Rodas, F. (2014). *Planificación de la cuenca hidrográfica como generadora de desarrollo en la República de Guatemala* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
19. Sandoval, W. (2018). *Presas y embalses*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/326560488_Capitulo_1_Presas_y_Embalses.
20. Shop, S. (2018). *Sellos hidráulicos y prevención de fallos en las juntas*. Recuperado de <https://www.seals-shop.com/eu/es/prevenir-fallos-sistemas-hidraulicos>

21. Verduzco, M. (2016). *Manejo sustentable de sedimentos en embalses* (tesis de posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9905/tesis.pdf?sequence=1>

Leyes

22. Ley general de la electricidad. Decreto No. 93-96.

23. Reglamento de la Ley general de la electricidad. Acuerdo Gubernativo No. 68-2007.

24. Normas de Seguridad de Presas. Resolución CNEE- 283-2016.

25. Ley de Concesiones Eléctricas. Decreto Ley N° 25844.

Anexos

Índice de anexos

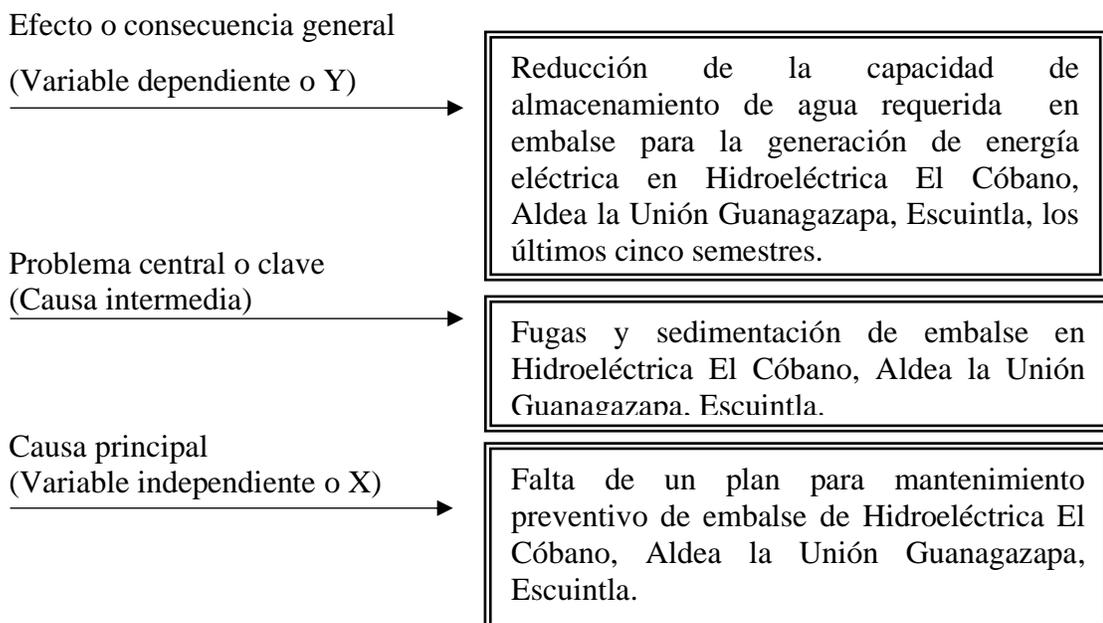
No.	Contenido	Página
01	Árbol de problemas e hipótesis y Árbol de objetivos.....	1
02	Medios para solucionar la problemática.....	3
03	Boleta de investigación para comprobación del efecto general.....	4
04	Boleta de investigación para comprobación de la causa.....	6
05	Boleta de diagnóstico de la problemática.....	7
06	Metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.....	9
07	Metodológico de la proyección lineal.....	10

Anexo 1. Árbol de problemas e hipótesis y Árbol de objetivos

1.1. Árbol de problemas e hipótesis

Tópico: Fugas y sedimentación de embalse.

De acuerdo a la investigación realizada en Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa Escuintla, y con la ayuda del método científico y del marco lógico fue posible identificar el siguiente problema, así como causa y efecto.



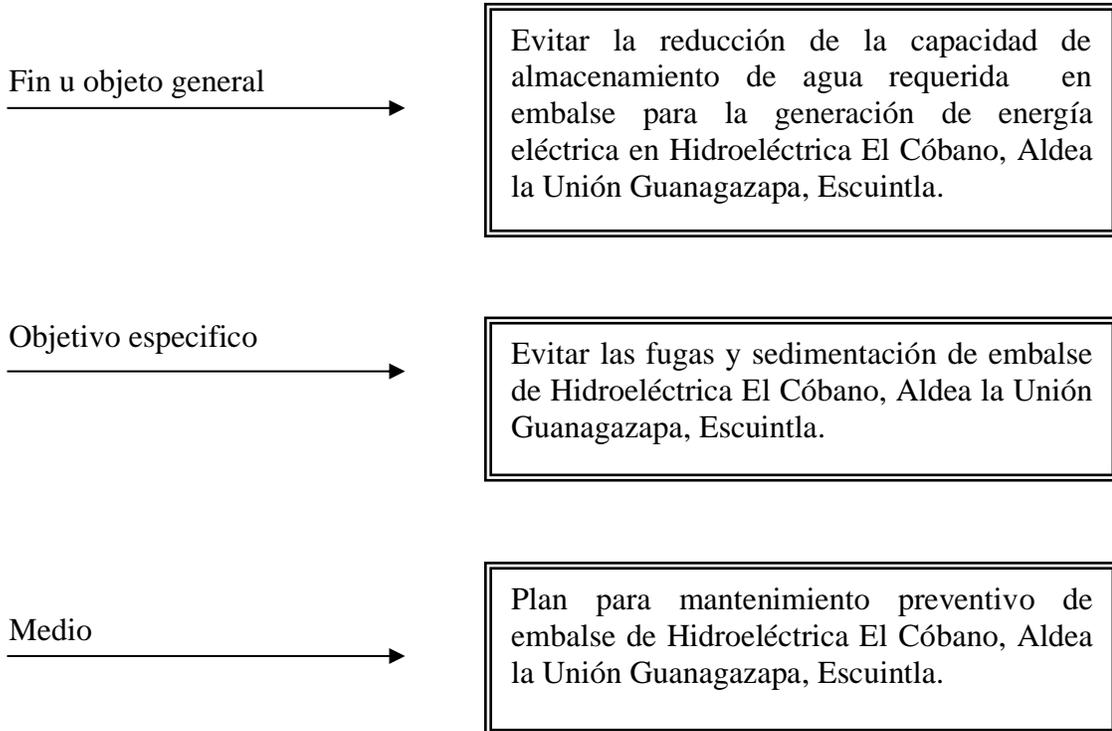
Hipótesis:

“La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, por fugas y sedimentación de embalse es debido a la falta de un plan para el mantenimiento preventivo“.

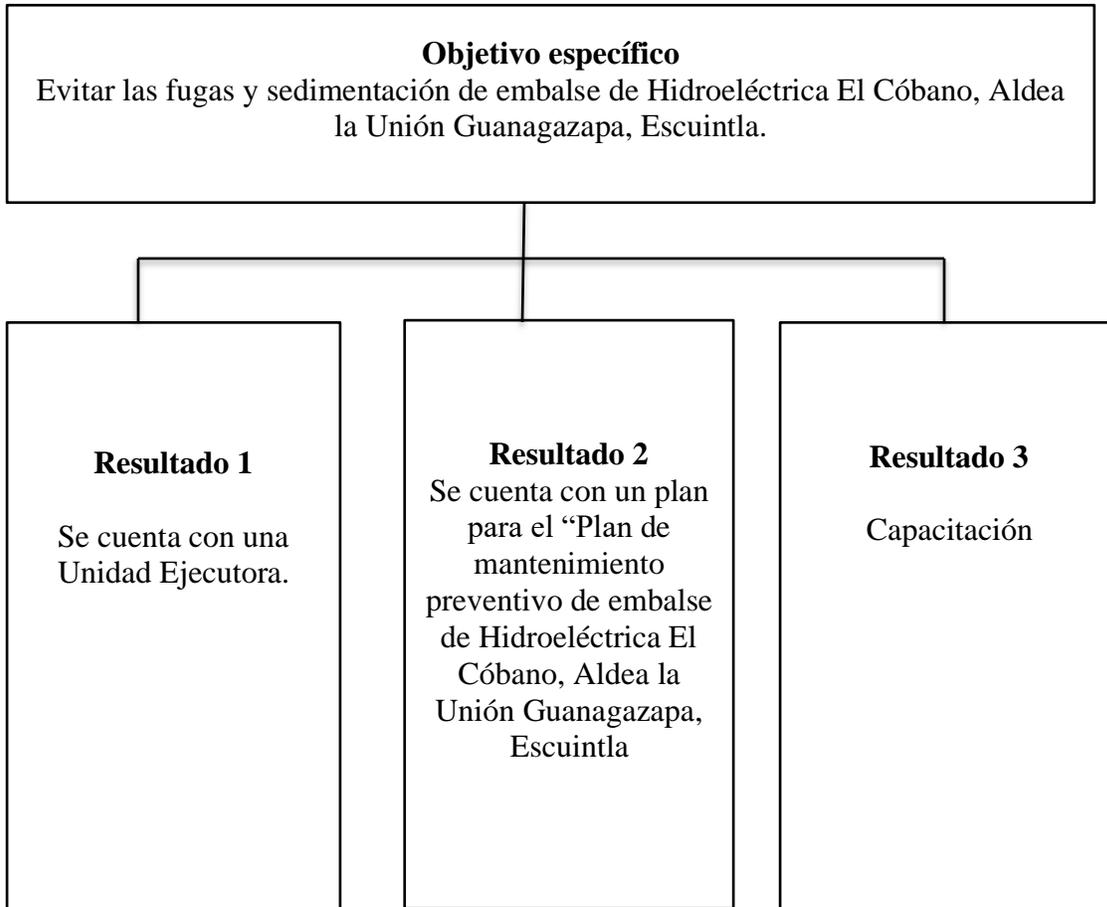
¿Es la falta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano y las fugas y sedimentación, las causas de la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, los últimos cinco semestres.

Anexo 1.2. Árbol de objetivos

De acuerdo con la problemática, causa y efecto planteados en el árbol de problemas, fue posible la determinación y diagramación de los objetivos del trabajo de graduación.



Anexo 2. Medios para solucionar la problemática



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

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene como finalidad comprobar la variable dependiente: “Reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres”.

Esta boleta se aplicará al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, mediante el tamaño de una muestra calculada al 90 % del nivel de confianza y el 10 % de error de muestreo con el método aleatorio simple cualitativo de población finita.

Indicaciones: 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 usted que hay reducción de la capacidad de almacenamiento de agua ha afectado a la generación de energía eléctrica en la planta de Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres?

Sí _____

No _____

¿Por qué? _____

2. ¿Considera usted que la acumulación de sedimentación afecta la reducción de almacenamiento de agua en el embalse.

Sí _____ Especifique _____

No _____ Especifique _____

3. ¿Considera usted que la acumulación de sedimentación en el embalse afecta la generación de energía eléctrica en la Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla?

?

Sí _____

No _____

¿Cómo? _____

4. ¿Cree usted que al bajar el nivel de almacenamiento de agua en el embalse reduce el ingreso económico de la planta?

Sí _____

No _____

¿Por qué? _____

5. ¿Considera usted que al bajar el almacenamiento de agua en el embalse afecte el cumplimiento de los contratos de la Hidroeléctrica El Cóbano?

Sí _____

No _____

¿Por qué? _____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

Anexo 4. Boleta de investigación para comprobación de la causa

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de investigación

Variable Independiente:

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene como finalidad comprobar la variable independiente: “Falta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla”

Esta boleta se aplicará al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, Guanagazapa, Escuintla, mediante un censo.

Indicaciones: 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. ¿Sabe usted que por la falta de un plan para mantenimiento preventivo en embalse reduce la capacidad de operación en la Hidroeléctrica El Cóbano?

Sí _____

No _____

¿Por qué? _____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

Anexo 5. Boleta de diagnóstico de la problemática

Universidad Rural de Guatemala

Boleta de investigación

Programa de Gradación

Problema central

Objetivo: Esta boleta tiene por objeto elaborar el diagnóstico del problema central siguiente; fugas y sedimentación de embalse de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla.

Esta boleta se aplicará a los empleados de la Hidroeléctrica El Cóbano con el método aleatorio simple, de población infinita cualitativa y un censo para los últimos. Se tomó la decisión de considerar infinita la población ya que es difícil de localizar.

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 usted que existe fugas y sedimentación en el embalse?

Sí _____

No _____

¿Por qué? _____

2. ¿Considera usted que las fugas y sedimentación en el embalse se debe a la falta de un plan para mantenimiento preventivo?

Sí _____

No _____

¿Por qué? _____

3. ¿Cree usted que las fugas y sedimentación en el embalse de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla, afecta los ingresos económicos de la empresa?

Sí _____

No _____

¿Por qué? _____

4. ¿Considera usted que las fugas y sedimentación en el embalse afecta los ingresos económicos de los trabajadores?

Sí _____

No _____

¿Por qué? _____

Observaciones: _____

Lugar y fecha: _____

Anexo 6. 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 grafico de las mismas, para trazar la ruta para proyectar dichas variables. En este caso el coeficiente de correlación es igual a 1, lo que indica que el comportamiento de estas variables obedece a la ecuación de la línea recta; cuya fórmula simplificada es la siguiente: $y = a + bx$.

Los datos utilizados en las variables X y Y, representan la condición actual e histórica del efecto.

AÑO	X (Semestres)	Y (Efecto) Reducción de agua en embalse (m3).	XY	X ²	Y ²
2er semestre 2016	1	326	326	1	106276
1er semestre 2017	2	4100	8200	4	16810000
2er semestre 2017	3	8420	25260	9	70896400
1er semestre 2018	4	11340	45360	16	128595600
2er semestre 2018	5	14215	71075	25	202066225
Totales	15	38401	150221	55	418474501

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	150221
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	418474501
$\sum Y=$	38401
$n\sum XY=$	751105
$\sum X*\sum Y=$	576015
NUMERADOR=	175090

FORMULA:

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

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	2092372505
$(\sum Y)^2=$	1474636801
$n\sum X^2 - (\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2 - (\sum Y)^2=$	617735704
$(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)=$	30886785200
Denominador:	175746.3661
r=	0.996265265

Análisis:

El resultado del cálculo de correlación dio un valor 1; y por estar dentro del rango ≥ 0.80 y ≤ 1 , se pudo verificar la relación que existe entre las dos variable y su comportamiento lineal.

Anexo 7. Metodológico comentado sobre el cálculo de la proyección

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

Previo a ello se procedió determinar el comportamiento de la variable tiempo respecto a casos sujetos de estudio en el tiempo con forme 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 $y = a + bx$

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables el coeficiente de correlación debe oscilar de ≥ 0.80 y ≤ 1 ; cuyo cálculo es parte integrante de este documento.

A continuación se presenta los cálculos y tabla de análisis de varianza para proyectar los datos correspondientes.

Proyección lineal $Y = a + bx$

y = a + bx					
Proyección de la reducción de la capacidad de almacenamkento de agua requerida en embalse					
AÑO	X (Semestres)	Y (efecto)	XY	X ²	Y ²
2er semestre 2016	1	326	326	1	106276
1er semestre 2017	2	4100	8200	4	16810000
2er semestre 2017	3	8420	25260	9	70896400
1er semestre 2018	4	11340	45360	16	128595600
2er semestre 2018	5	14215	71075	25	202066225
Totales	15	38401	150221	55	418474501

n=	5
$\sum X =$	15
$\sum XY =$	150221
$\sum X^2 =$	55
$\sum Y^2 =$	418474501.00
$\sum Y =$	38401
$n \sum XY =$	751105
$\sum X * \sum Y =$	576015
NUMERADOR de b	175090
Denominador de b:	
$n \sum X^2 =$	275
$(\sum X)^2 =$	225
$n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	3501.8
Numerador de a:	
$\sum Y =$	38401
$b * \sum X =$	52527
Numerador de a:	-14126
a=	-2825.2

FORMULAS:

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

FORMULAS:

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

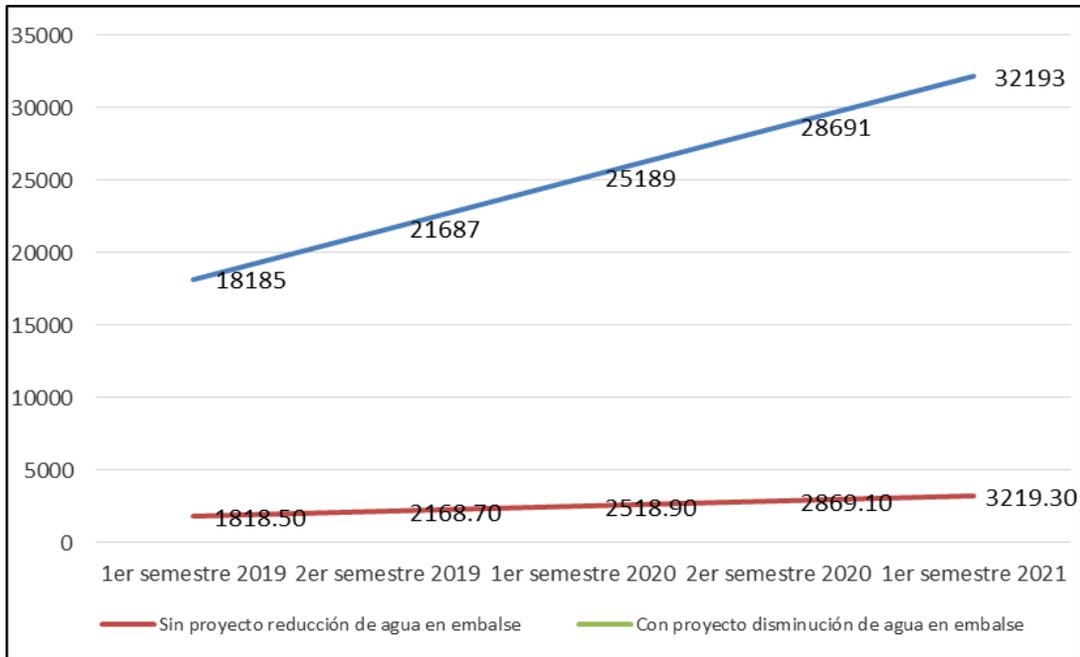
Ecuación de la recta $y = a + (bx)$

ECUACION DE LA RECTA $Y = a + (b * X)$				
Y=	a	+	(b	* X)
Y=	-2825.2	+	3501.8	X
Y=	-2825.2	+	3501.8	10
Y=	32192.8			

Año	Proyección de reducción de agua en embalse
1er semestre 2019	18185
2er semestre 2019	21687
1er semestre 2020	25189
2er semestre 2020	28691
1er semestre 2021	32193

Análisis comparativo con y sin proyecto

Año	Sin proyecto reducción de agua en embalse	Con proyecto disminución de agua en embalse	Diferencial
1er semestre 2019	18185	1818.50	16367
2er semestre 2019	21687	2168.70	19518
1er semestre 2020	25189	2518.90	22670
2er semestre 2020	28691	2869.10	25822
1er semestre 2021	32193	3219.30	28974
Sumatoria			113351



Análisis: De no operativizar la “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, y la capacidad de almacenamiento de agua requerida en el embalse seguirá disminuyendo semestre a semestre y dentro de cinco semestres habrá 32193 m³, de lo contrario con proyecto únicamente existirán 3219.30 m³. Con proyecto se reduce el 90 % del efecto.

Anexo 8. Diagnóstico de la problemática

CUADROS Y GRÁFICAS PARA LA COMPROBACIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL

Cuadro. 1

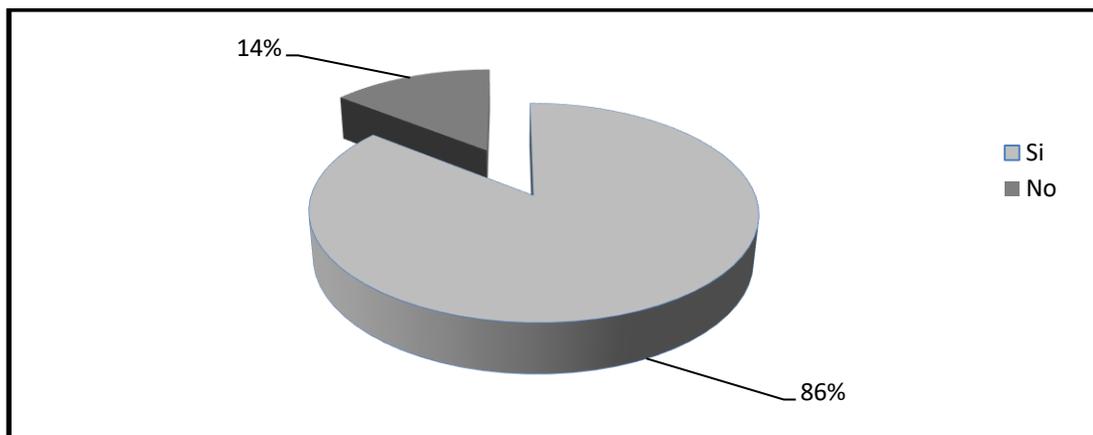
Existen fugas y sedimentación en el embalse

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	24	86
No	4	14
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Gráfica 1

Existen fugas y sedimentación en el embalse



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de ocho décimos (86 %) de los encuestados consideran que existen fugas y sedimentación en el embalse, a diferencia de más de un décimo (14 %) de los encuestados que consideran que no existen fugas y sedimentación, con esto se comprueba la existencia del problema.

Cuadro 2

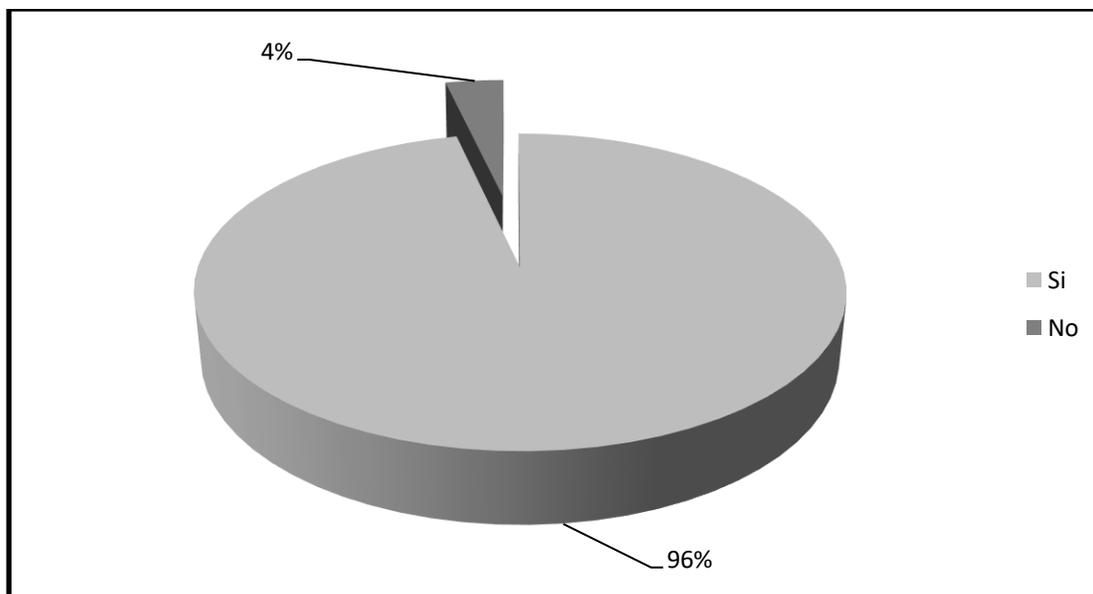
Fugas y sedimentación en el embalse se debe a la falta de un plan para mantenimiento preventivo.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	27	96
No	1	4
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Gráfica 2

Fugas y sedimentación en el embalse se debe a la falta de un plan para mantenimiento preventivo.



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de nueve décimos (96 %) de los encuestados consideran que las fugas y sedimentación en el embalse se debe a la falta de un plan para mantenimiento preventivo, a diferencia de menos de un décimo (4 %) de los encuestados que consideran que no se debe a la falta de un plan, con esto se comprueba la existencia del problema.

Cuadro 3

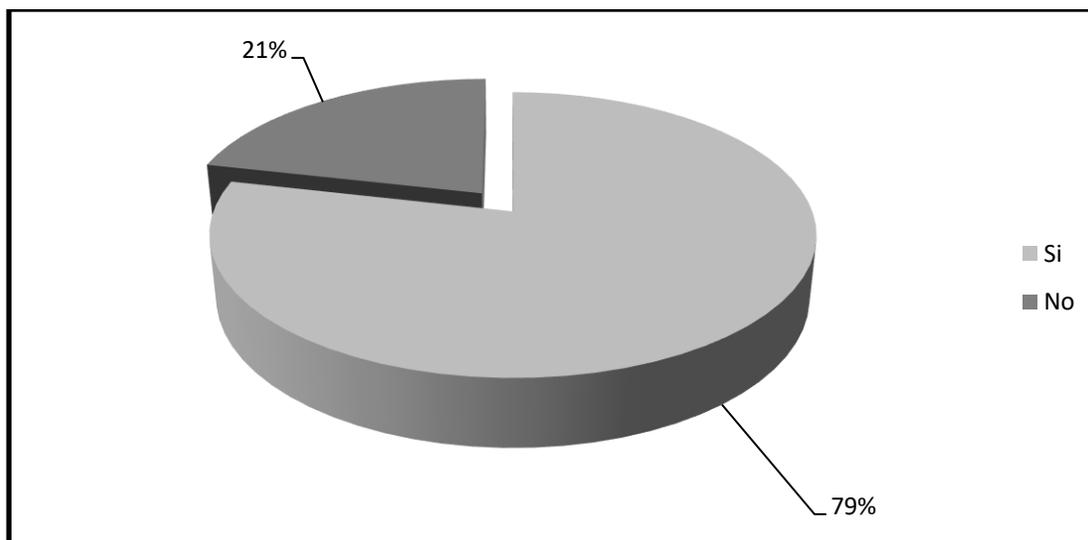
Fugas y sedimentación en el embalse de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa Escuintla, afecta los ingresos económicos de la empresa.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	22	79
No	6	21
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018

Gráfica 3

Fugas y sedimentación en el embalse de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa Escuintla, afecta los ingresos económicos de la empresa.



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de siete décimos (79 %) de los encuestados consideran que las fugas y sedimentación en el embalse de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla, afecta los ingresos económicos de la empresa, a diferencia de menos de tres décimos (21 %) de los encuestados que consideran que no afecta los ingresos económicos de la empresa, con esto se comprueba la existencia del problema.

Cuadro 4

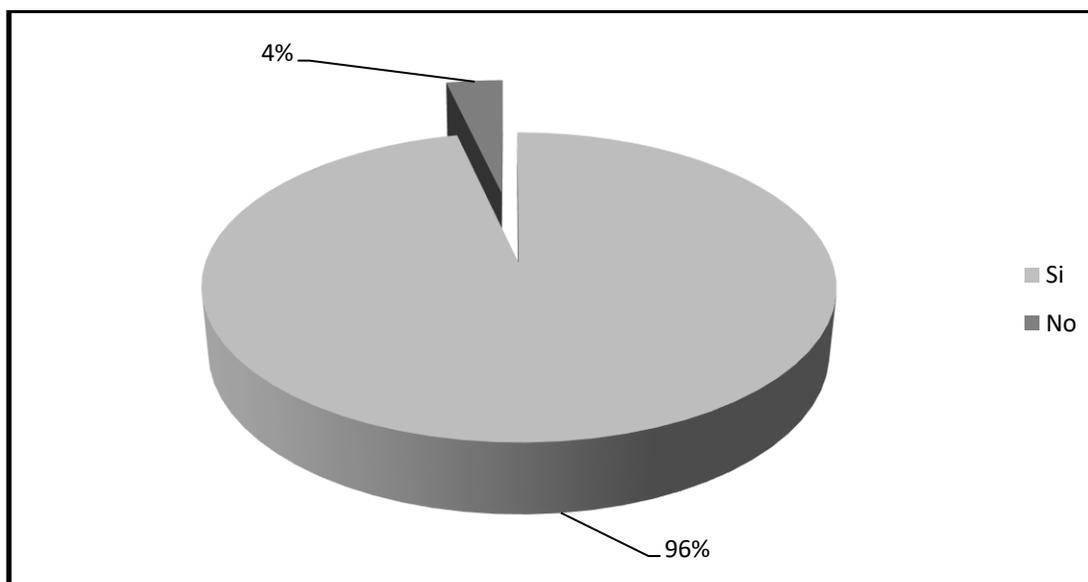
Fugas y sedimentación en el embalse afecta los ingresos económicos de los trabajadores.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	27	96
No	1	4
Totales	28	100

Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018

Gráfica 4

Fugas y sedimentación en el embalse afecta los ingresos económicos de los trabajadores.



Fuente: Investigación propia, dirigida al personal que labora en Hidroeléctrica El Cóbano, julio 2018.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de nueve décimos (96 %) de los encuestados consideran que las fugas y sedimentación en el embalse afecta los ingresos económicos de los trabajadores, a diferencia de menos de un décimo (4 %) de los encuestados que consideran que no afecta los ingresos económicos de los trabajadores, con esto se comprueba la existencia del problema.

TOMO II

Elmer Obdulio García Ramírez

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE DE
HIDROELÉCTRICA EL CÓBANO, ALDEA LA UNIÓN GUANAGAZAPA,
ESCUINTLA.



Asesor General: Lic. M.Sc Daniel Humberto González Pereira

Universidad Rural de Guatemala.
Facultad de Ingeniería

Guatemala, febrero 2019.

Informe final de graduación.

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE DE
HIDROELÉCTRICA EL CÓBANO, ALDEA LA UNIÓN GUANAGAZAPA,
ESCUINTLA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Elmer Obdulio García Ramírez.

En el acto de investidura previo a su graduación de Ingeniero Civil, con énfasis en
construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, febrero de 2019.

Informe final de graduación.

PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE DE
HIDROELÉCTRICA EL CÓBANO, ALDEA LA UNIÓN GUANAGAZAPA,
ESCUINTLA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, febrero 2019.

Esta tesis fue presentada por el autor, previo a obtener el título universitario de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado.

Índice

No.	Contenido	Página
	Prólogo	
	Presentación	
1	RESUMEN.....	01
2	CONCLUSIÓN.....	07
3	RECOMENDACIÓN.....	07
	Anexos	

Prólogo

Esta investigación es un requisito previo a optar el título universitario de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de Licenciado, de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

El estudio: “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, se llevó a cabo para proponer las posibles soluciones a la problemática de la hidroeléctrica.

Los resultados del presente estudio pueden aplicarse en otras hidroeléctricas en donde tengan el mismo problema. También puede utilizarse como consulta académica de estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Rural de Guatemala y de otras. Así mismo sirve para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos durante su carrera profesional.

Con el fin de solucionar la problemática planteada se presenta como aporte a dicha solución, tres resultados que son: a) Se cuenta con una unidad ejecutora, b) Se cuenta con un plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, c) Capacitación.

Presentación

El estudio de esta investigación: Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, fue realizada durante los meses de febrero del año dos mil dieciocho, al mes de abril del dos mil diecinueve, como requisito previo a optar el título universitario de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales, en el grado académico de licenciado de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

Se determinó que el problema central son las fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, lo que ocasiona reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica, en los últimos cinco semestres.

Como resultado de la investigación surgió una propuesta para solucionar el problema, formada por tres resultados que son: a) Se cuenta con una Unidad Ejecutora, b) Se cuenta con un Plan de mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, c) Capacitación.

1. RESUMEN

El presente trabajo de investigación, “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, es una propuesta de solución a la problemática de fugas y sedimentación de embalse.

El Planteamiento del problema; relata la situación que desde hace cinco semestres ha padecido Hidroeléctrica El Cóbano por fugas y sedimentación de embalse, y el efecto que ha producido es la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse, siendo la causa la falta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse.

La hipótesis de la investigación; “La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, por fugas y sedimentación de embalse es debido a la falta de un plan para el mantenimiento preventivo”, está integrada por una variable independiente o X (causa), por una causa intermedia, y por una variable dependiente o Y (efecto). La hipótesis supone las causas que están provocando el efecto en la población.

Los objetivos de la investigación, indican los resultados que se esperan con la realización de la propuesta en la hidroeléctrica, se describen a continuación:

- El objetivo general busca reducir el efecto, se presenta a continuación: Evitar la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano.

- El objetivo específico busca a solucionar el problema, se presenta a continuación: Evitar las fugas y sedimentación de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.

La investigación se justifica porque en los últimos cinco semestres se ha incrementado la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse y no existe una propuesta de plan para mantenimiento preventivo, para evitar las fugas y sedimentación y evitar la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse.

Si se aplica la propuesta se evitará la Reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano.

Por lo contrario, sino se aplica la propuesta continuaran las pérdidas financieras, ya que no hay un plan para mantenimiento preventivo.

Por lo contrario, si no se aplica la propuesta continuará la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua, ya que no hay un plan para mantenimiento preventivo.

La metodología utilizada reunió un conjunto de métodos y técnicas para la obtención de resultados y la comprobación de las variables dependiente e independiente, así como la formulación y comprobación de la hipótesis.

Para poder comprobar la hipótesis planteada “La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, por fugas y sedimentación de embalse es debido a la falta de un plan para el mantenimiento preventivo”. Se utilizó la siguiente metodología.

Los métodos utilizados en la formulación de la hipótesis fueron: El Método Deductivo y el Método del Marco Lógico.

El primero se utilizó para identificar la problemática a través de la observación del mantenimiento preventivo en la hidroeléctrica y por conocimientos generales de otras hidroeléctricas, de esta manera definir la investigación planteada.

El método del Marco lógico o la Estructura Lógica, sirvió para la elaboración de los árboles de problemas y objetivos, para establecer los resultados deseados y esperados dentro de la investigación, así mismo para fijar y establecer los insumos y tiempos por cada resultado.

Los métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis fueron los siguientes: Inductivo, de Síntesis y Estadístico.

Las técnicas empleadas en la formulación y comprobación de la hipótesis fueron las siguientes: Observación directa, Investigación documental, entrevista, encuesta, determinación de la población a investigar y análisis.

Para la entrevista se diseñaron boletas de investigación, para comprobar la variable dependiente “X” (Causa) e independiente “Y” (Efecto) de la hipótesis, esto fue realizado con el personal de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla.

La técnica de Análisis se aplicó al interpretar los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, “Y” y “X”, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis.

En el capítulo II, Marco Teórico de esta investigación se definen conceptos relacionados al medio de solución de la problemática del trabajo; que son aspectos doctrinarios que incluyen temas de mantenimiento preventivo de embalse. Cada concepto contiene la cita de un autor y una definición propia.

Los anexos son:

Anexo 1. Árbol de problemas e hipótesis y Árbol de objetivos

El diagrama del problema; el efecto (variable o dependiente Y) la causa (variable independiente “X”) y propuesta de solución. Así como la hipótesis identificada u objetivo de la investigación con el diagnóstico esquematizado para su posterior comprobación. En el diagrama de los objetivos del trabajo, de acuerdo con la problemática causa y efecto incluidos en el árbol de problemas, se definió el objetivo general, el objetivo específico y el medio de solución o nombre del trabajo.

Anexo 2. Medios para solucionar la problemática

El que corresponde al objetivo específico “Evitar las fugas y sedimentación de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, esquematizado en tres resultados, que serán desarrollados en su orden.

Anexo 3. Boleta de investigación para comprobar el efecto

Variable dependiente “Y”; Reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, en los últimos cinco semestres. Aplicada al personal de la Hidroeléctrica. Su objetivo es determinar la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres.

Anexo 4. Boleta de investigación para comprobar la causa

Variable independiente “X”: “Falta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, aplicada al personal de la Hidroeléctrica, con el objetivo de comprobar que hace falta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse en la Hidroeléctrica.

Anexo 5. Boleta de diagnóstico del problema

“Fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, aplicada al personal de la Hidroeléctrica; Su objetivo es comprobar que existe fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano.

Anexo 6. Metodológico comentado sobre el cálculo de muestra

Los sujetos de esta investigación y estudio es el personal de la Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla. Para recibir toda la información del personal se tomó una muestra del total de las 47 personas. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó por el método aleatorio de la población finita cualitativa. El tamaño de la muestra es de 28 personas.

Anexo 7. Cálculo del coeficiente de correlación

Indicador estadístico, que indica el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta para proyectar dichas variables. El Coeficiente de correlación debe oscilar de ≥ 0.80 y ≤ 1 .

Anexo 8. Cálculo metodológico de proyección lineal

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

Previo a ello se determinó el comportamiento de la variable tiempo respecto a casos sujetos de estudio, en el tiempo con forme 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 $y = a + bx$. Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables el coeficiente de correlación debe oscilar de ≥ 0.80 y ≤ 1 .

Anexo 9. Diagnóstico de la problemática

A través de la técnica de análisis de las boletas de investigación se comprobó las fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano.

- Propuesta de solución.

El medio para solucionar la problemática es un Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla. Y para cumplir con su objetivo específico “Evitar las fugas y sedimentación en embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, son necesarios tres resultados que se describen a continuación: a) Se cuenta con una Unidad Ejecutora. b) Se cuenta con un “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, c) Capacitación.

Resultado 1: Se cuenta con una Unidad Ejecutora

La unidad ejecutora está formada por Hidroeléctrica El Cóbano, la cual contratara una empresa contratista, esta estará integrada con maquinaria y la ejecución de los mismos será realizada por personal de la misma.

Resultado 2: Se cuenta con un Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.

En este resultado la metodología utilizada consistió en proporcionar conocimientos claves y la correcta aplicación de las herramientas necesarias para la materialización de la propuesta ajustada a las necesidades y requerimientos del embalse.

Resultado 3: Capacitación

Se capacitara al personal de Hidroeléctrica El Cóbano, para que conozcan el mantenimiento preventivo que se le debe de dar al embalse.

2. CONCLUSION

Principal conclusión y recomendación del trabajo:

Con un nivel de confianza del 90 % y con un margen de error del 10 % se comprueba la hipótesis: “La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, por fugas y sedimentación de embalse es debido a la falta de un plan para el mantenimiento preventivo”.

3. RECOMENDACION

Operativizar la propuesta de la investigación: “Plan para mantenimiento preventivo de Embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”.

En la parte de los anexos se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada y que incluye la matriz de la estructura del marco lógico, para evaluar el trabajo después de desarrollar la propuesta.

Anexos

Anexo 1. DESCRIPCION GENERAL DE LA PROPUESTA

1. INTRODUCCIÓN

El problema de la investigación son las fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, lo anterior tiene como efecto la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, los últimos cinco semestres. La causa del problema es la falta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano.

La hipótesis que se comprobó fue: “La reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla en los últimos cinco semestres, por fugas y sedimentación de embalse es debido a la falta de un plan para el mantenimiento preventivo”.

El objetivo general es evitar la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla., el objetivo específico es evitar las fugas y sedimentación de embalse Hidroeléctrica El Cóbano. El medio de solución está formado por tres resultados que son: Se cuenta con una Unidad Ejecutora, se cuenta con un “Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla”, capacitación.

1.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

La propuesta pretende que la Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, cuente con un plan para mantenimiento preventivo de embalse. La misma está integrada por tres resultados, cada uno de ellos compuesto por actividades, con estos se soluciona el problema. Los resultados se desarrollan a continuación:

Resultado 1: Se cuenta con una Unidad Ejecutora

La unidad ejecutora está formada por Hidroeléctrica El Cóbano, la cual contratara una empresa contratista, esta estará integrada con maquinaria y la ejecución de los mismos será realizada por personal de la misma.

La empresa tendrá maquinaria para la limpieza y remoción de sedimentos acumulados de embalse el cóbano de la cuenca del río María Linda, ya que se arrastra gran cantidad de sedimentos procedentes de Hidroeléctrica Poza Verde y Aguacapa por lo que se quiere evitar que se acumule en el embalse y luego se traslade a la rejilla de boca toma para que no causen daños en los componentes mecánicos de las unidades generadoras, y al ocurrir crecidas se corre el riesgo de que el embalse se azolve lo que provocaría que la planta deje de operar o que se reduzca más su capacidad de almacenamiento de agua para generar. Se ha planificado realizar el retiro de sedimento acumulado durante el mantenimiento mayor anual que se realiza en la época de invierno.

La empresa contratista deberá de presentar hoja de vida del personal que ejecutará los trabajos demostrando haber realizado como mínimo dos trabajos de característica similar.

Resultado 2: Se cuenta con un Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.

	<p>PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE DE HIDROELÉCTRICA EL CÓBANO, ALDEA LA UNIÓN GUANAGAZAPA, ESCUINTLA.</p>
---	---

1. INTRODUCCIÓN

La propuesta de diseño para mejorar el método de las fugas y sedimentación de embalse en Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla contemplo una amplia investigación sobre forma, uso, y tipo para determinar un mantenimiento preventivo efectivo adecuado para que haya menos sedimentación que afecte el volumen útil del embalse.

2. OBJETIVO

La propuesta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica El Cóbano , Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, es para evitar la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse y evitar las fugas y sedimentación de embalse.

3. PROPOSITO

Establecer los pasos a seguir para lograr darle un mantenimiento efectivo al embalse y así reducir el arrastre de sedimentación.

4. ALCANCE

La propuesta de un plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica el Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla, garantizará el almacenamiento de agua requerida en el embalse, y la generación de energía de la hidroeléctrica.

5. RESPONSABILIDADES

Personal de la empresa contratista para la realización del servicio.

5.1. Supervisor del proyecto. Ingeniero civil colegiado activo.

- Supervisar los trabajos conforme a lo planificado.

5.2.- Encargado del personal en sitio.

- Velar por el cumplimiento de lo establecido en el mantenimiento programado y dar órdenes a personal involucrado.

5.3. Mecánico, ayudante y soldador.

- Garantizar la atención inmediata y el perfecto funcionamiento de la maquinaria, que siempre deberán de estar presentes durante la limpieza de embalse.

5.4. Guardián.

Garantizar Seguridad y protección a la maquinaria, equipo y materiales.

5.6. Operadores de maquinaria.

Verificar combustible, aceite y lubricantes de la máquina.

5.7 Tomador de tiempo para la maquinaria de la empresa contratista.

Verificar los horómetros de la maquinaria al final de la jornada de trabajo.

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.1. Requerimientos del servicio para dragado en embalse

a) Doscientas cuarenta (240) horas/máquina distribuidas en un mínimo de dos (2) excavadoras, con las siguientes características mínimas: Modelo 2,010, potencia del motor 103 KW, capacidad del cucharón 1m³, longitud del brazo 5.68 metros con horómetro en perfectas condiciones.

b) Ciento veinte (120) horas/máquina distribuidas en un mínimo de dos (2) tractor de oruga con las siguientes características mínimas: Modelo 2,010, potencia del motor 180 HP, 20,000 (kg) de peso y hoja angulable topadora de 3.36 metros de ancho con horómetro en perfectas condiciones.

c) Ciento veinte (120) horas/máquina distribuidas en un mínimo de dos (2) motoniveladoras (patrol) con las siguientes características mínimas: Modelo 2,010, potencia del motor 108 KW (145hp), ancho de la hoja 3.7 metros, velocidad de avance 45 km/h con horómetro en perfectas condiciones.

d) Cuatrocientas ochenta (480) horas/máquina distribuidas en un mínimo de ocho (8) camiones de volteo de 20 toneladas doble eje.

6.2. Metodología de los servicios de limpieza.

a) Las excavadoras serán utilizadas para extraer material que se encuentra azolvado en el embalse de Hidroeléctrica El Cóbano.

b) El tractor de oruga será utilizado para arrimar todo el sedimento depositado en el embalse hacia donde se encontraran las excavadoras o hacia las compuertas de fondo de la presa para desfogar y dejar limpio de todo material acumulado.

c) Las motoniveladoras deberán de ingresar al embalse de regulación diaria y procederá a mover el material en el fondo del embalse con el objetivo de desprender los sedimentos acumulados y dejar limpio el embalse.

d) Los camiones de volteo trasladaran el sedimento extraído, el cual será depositado en el área de la finca de Hidroeléctrica El Cóbano designada para tal uso.

La cantidad de sedimentos acumulados en el embalse dependen de la intensidad del invierno, razón por la cual no se puede saber con exactitud la cantidad de metros cúbicos de sedimentos acumulados.

6.3. Condiciones generales de los servicios a cumplir por la empresa contratista.

a) La empresa contratista está obligada presentarle al supervisor del contrato de Hidroeléctrica El Cóbano, el plan de mantenimiento de la maquinaria requerida previo a ejecutar los trabajos de la limpieza del embalse.

b) Mantener combustible diésel como mínimo cien (150) galones, lubricantes y aceites hidráulicos para los servicios y mantenimiento de la maquinaria, así como repuestos menores que considere necesarios.

6.4. Otras condiciones del servicio que deberá cumplir la empresa contratista.

6.4.1. Seguridad Industrial

Está obligada a proporcionar y cumplir las normas de seguridad para cada una de las actividades a desarrollar e imponer su cumplimiento para evitar riesgos innecesarios y proporcionar en todo momento una seguridad adecuada a sus trabajadores.

6.4.2. Protección

Deberá de dar el equipo de protección personal a los trabajadores para la realización de diferentes tareas, que consistirá como mínimo: Casco de protección, chaleco reflectivo, botas de seguridad y mascarillas. Identificar a todo el personal con camisas o playeras fluorescentes del mismo color.

7. Procedimientos

7.1. Procedimiento para mantenimiento preventivo en embalse.

		PROCEDIMIENTO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO
No.	Procedimiento	Responsable
Paso 1	Batimetría	Ing. civil.
Paso 2	Aperturar compuertas de fondo	Operadores de turno.
Paso 3	Vaciar el embalse	Operadores de turno.
Paso 4	Sacar una parte de sedimentación con compuertas de fondo (flushing)	Operadores de turno.
Paso 5	Limpieza del embalse (con maquinaria)	Empresa contratista
Paso 6	Llenar el embalse	Operadores de turno.
Paso 7	Batimetría	Ing. civil.

Diagrama de proceso

No.	Simbología					Descripción	Procedimientos				
											
	Secuencia						Tiempo en horas				
1						Batimetría	24				
2						Aperturar compuertas de fondo	8				
3						Vaciar el embalse	8				
4						Sacar una parte de sedimentación con compuertas de fondo (flushing)		24			
5						Limpieza del embalse (con maquinaria)			60		
6						Llenar el embalse					24
7						Batimetría	24				
Total							172				

Fuente: Elaborado por los autores

Simbología del proceso

Símbolo	Acción
	Proceso de operación
	Inspección o análisis
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

7.2. Procedimiento para mantenimiento preventivo de obra civil

		PROCEDIMIENTO MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE OBRA CIVIL	
No.	Procedimiento	Responsable	
Paso 1	Limpieza del embalse	Empresa contratista	
Paso 2	Revisión y mantenimiento de filtraciones y fisuras de la presa	Personal de obra civil	
Paso 3	Auscultación de la presa	Personal de obra civil	
Paso 4	Limpieza de rejilla de bocatoma	Personal de obra civil	

Diagrama de proceso

No.	Simbología					Descripción	Procedimientos					
												
	Secuencia						Tiempo en horas					
1						Limpieza del embalse	60					
2						Revisión y mantenimiento de filtraciones y fisuras de la presa		12				
3						Auscultación de la presa		6				
4						Limpieza de rejilla de bocatoma	6					
Total							84					

Fuente: Elaborado por los autores

Simbología del proceso

Símbolo	Acción
	Proceso de operación
	Inspección o análisis
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

7.3. Procedimiento para mantenimiento preventivo mecánico

7.3.1. Procedimiento de mantenimiento preventivo a compuertas

		<p align="center">PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A COMPUERTAS</p>	
No.	Procedimiento	Responsable	
Paso 1	Limpieza	Personal mecánico	
Paso 2	Pintura y engrase	Personal mecánico	
Paso 3	Cambio de sellos (si es necesario)	Personal mecánico	
Paso 4	Revisión de tornillería	Personal mecánico	

Diagrama de proceso

No.	Simbología					Descripción	Procedimientos				
											
	Secuencia						Tiempo en horas				
1						Limpieza	12				
2						Pintura y engrase	22				
3						Cambio de sellos (si es necesario)	-	-	-	-	-
4						Revisión de tornillería		8			
Total							42				

Fuente: Elaborado por los autores

Simbología del proceso

Símbolo	Acción
	Proceso de operación
	Inspección o análisis
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

7.3.2. Procedimiento de mantenimiento preventivo a actuadores oleohidraulicos, mangueras, tubos, panel de control.

		
PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A ACTUADORES OLEOHIDRAULICOS, MANGUERAS, TUBOS, PANEL DE CONTROL		
No.	Procedimiento	Responsable
Paso 1	Limpieza y atascamientos de filtros	Personal mecánico
Paso 2	Reparar fugas	Personal mecánico
Paso 3	Apriete de tornillería	Personal mecánico
Paso 4	Verificar posición de cilindros	Personal mecánico
Paso 5	Verificar acoplamiento motor bomba	Personal mecánico

Diagrama de proceso

No	Simbología					Descripción	Procedimientos				
											
	Secuencia						Tiempo en horas				
1						Limpieza y atascamientos de filtros	10				
2						Reparar fugas	16				
3						Apriete de tornillería	8				
4						Verificar posición de cilindros		4			
5						Verificar acoplamiento motor bomba		3			
Total							41				

Fuente: Elaborado por los autores

Simbología del proceso

Símbolo	Acción
	Proceso de operación
	Inspección o análisis
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

7.3.3. Procedimiento de mantenimiento preventivo a plantas de emergencia

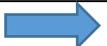
		PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A PLANTAS DE EMERGENCIA	
No.	Procedimiento	Responsable	
Paso 1	Revisión de sistema eléctrico	Personal mecánico	
Paso 2	Cambio de aceite	Personal mecánico	
Paso 3	Cambio de filtros	Personal mecánico	
Paso 4	Depurador	Personal mecánico	

Diagrama de proceso

No	Simbología					Descripción	Procedimientos					
												
	Secuencia						Tiempo en horas					
1						Revisión de sistema eléctrico		4				
2						Cambio de aceite	2					
3						Cambio de filtros	2					
4						Depurador		3				
Total							11					

Fuente: Elaborado por los autores

Simbología del proceso

Símbolo	Acción
	Proceso de operación
	Inspección o análisis
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

7.4. Procedimiento para mantenimiento preventivo eléctrico

7.4.1. Procedimiento de mantenimiento preventivo a los motores de las unidades hidráulicas.

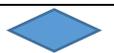
		PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LOS MOTORES DE LAS UNIDADES HIDRAULICAS	
No.	Procedimiento	Responsable	
Paso 1	Limpieza de embobinado	Personal eléctrico	
Paso 2	Limpieza de los cojinetes los cuatro motores	Personal eléctrico	
Paso 3	Revisión de los circuitos de mando y fuerza de los motores	Personal eléctrico	
Paso 4	Limpieza de tres paneles de control	Personal eléctrico	

Diagrama de proceso

No	Simbología					Descripción	Procedimientos					
												
	Secuencia						Tiempo en horas					
1						Limpieza de embobinado	10					
2						Limpieza de los cojinetes los cuatro motores	12					
3						Revisión de los circuitos de mando y fuerza de los motores		8				
4						Limpieza de tres paneles de control	12					
Total							42					

Fuente: Elaborado por los autores

Simbología del proceso

Símbolo	Acción
	Proceso de operación
	Inspección o análisis
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

7.4.2. Procedimiento de mantenimiento preventivo, generador auxiliar.

		PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO GENERADOR AUXILIAR	
No.	Procedimiento	Responsable	
Paso 1	Limpieza	Personal eléctrico	
Paso 2	Revisión de niveles	Personal eléctrico	
Paso 3	Revisión de circuitos	Personal eléctrico	
Paso 4	Revisión de tableros de mando	Personal eléctrico	

Diagrama de proceso

No.	Simbología					Descripción	Procedimientos				
											
	Secuencia						Tiempo en horas				
1						Limpieza	3				
2						Revisión de niveles		1			
3						Revisión de circuitos		6			
4						Revisión de tableros de mando		6			
Total							16				

Fuente: Elaborado por los autores

Simbología del proceso

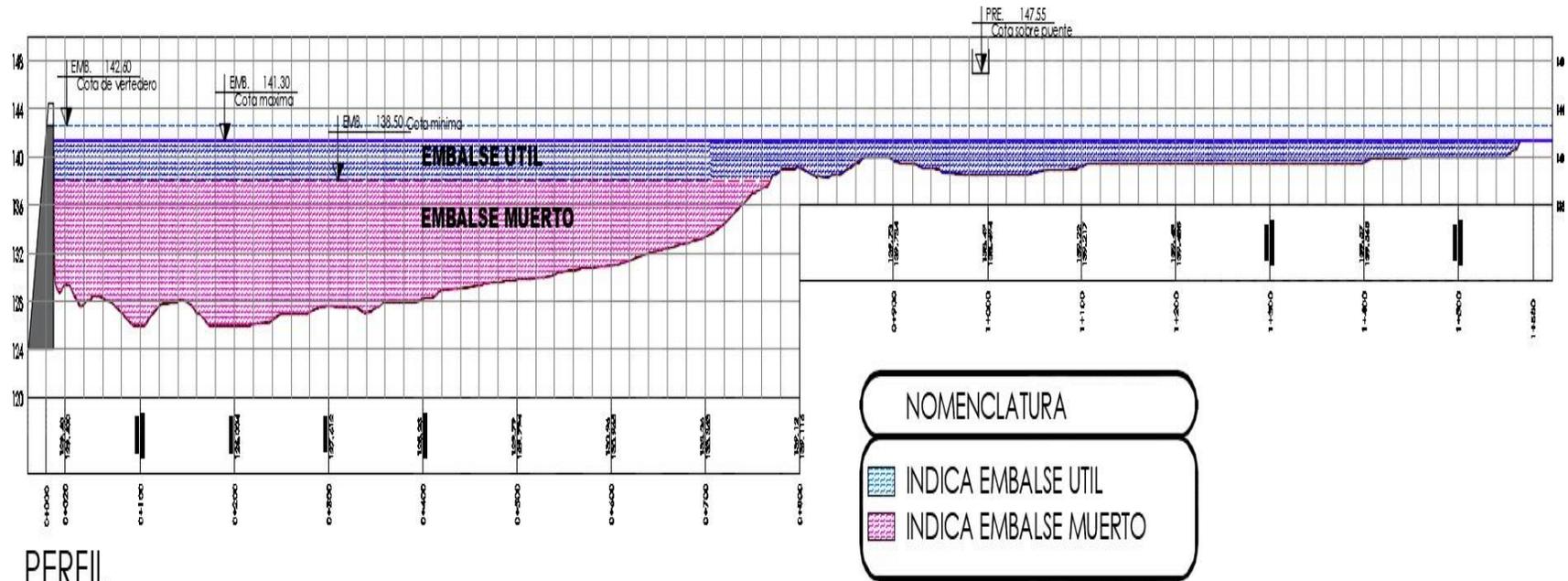
Símbolo	Acción
	Proceso de operación
	Inspección o análisis
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

8. PLANOS

A continuación se presentan planos de batimetría inicial y final de Hidroeléctrica El Cóbano donde se comprueba la reducción de almacenamiento de agua requerida en embalse.

Figura 2

Perfil Longitudinal del embalse



PERFIL

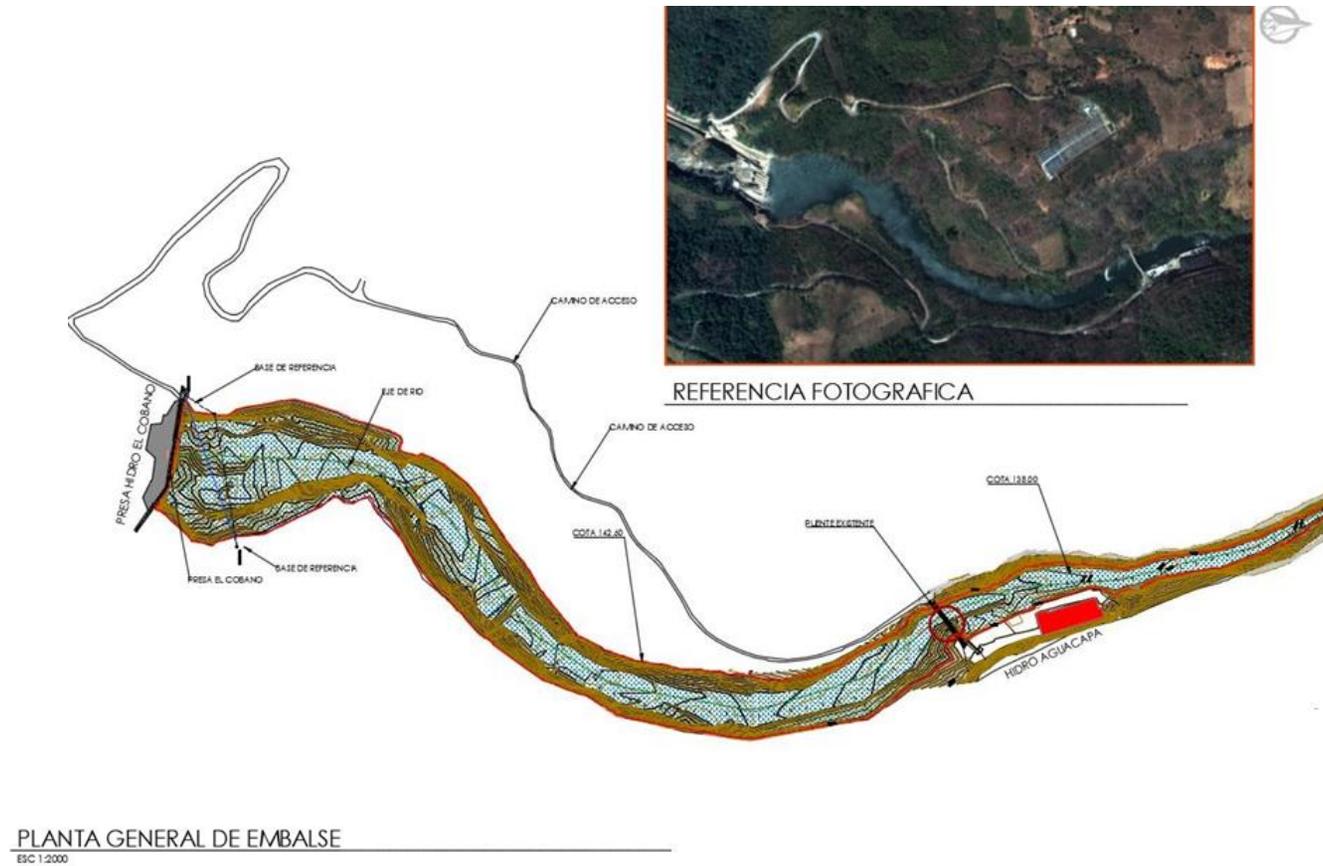
ESC-HORIZONTAL 1/2000

ESC-VERTICAL 1/750

Fuente: Perfil longitudinal del embalse (INGESA).

Figura 3

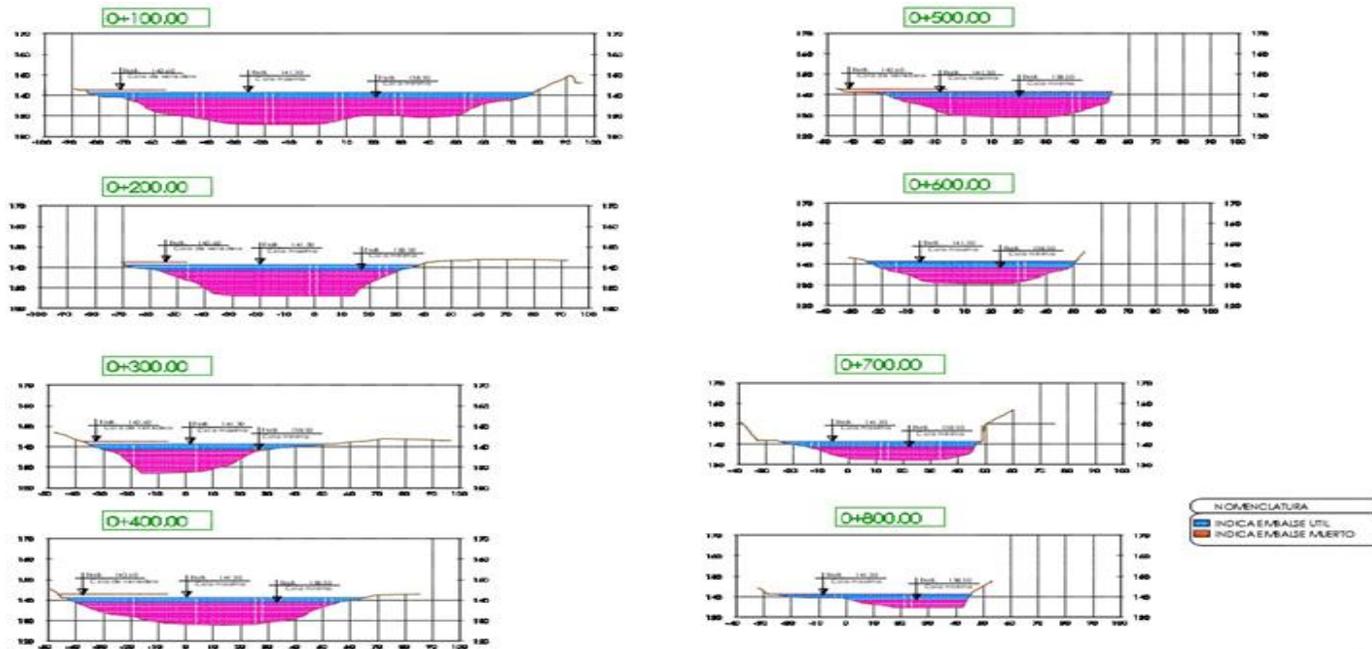
Planta General de embalse



Fuente: Planta general de embalse (INGESA).

Figura 4

Secciones de la estación 0+100.00 a la 0+800.00

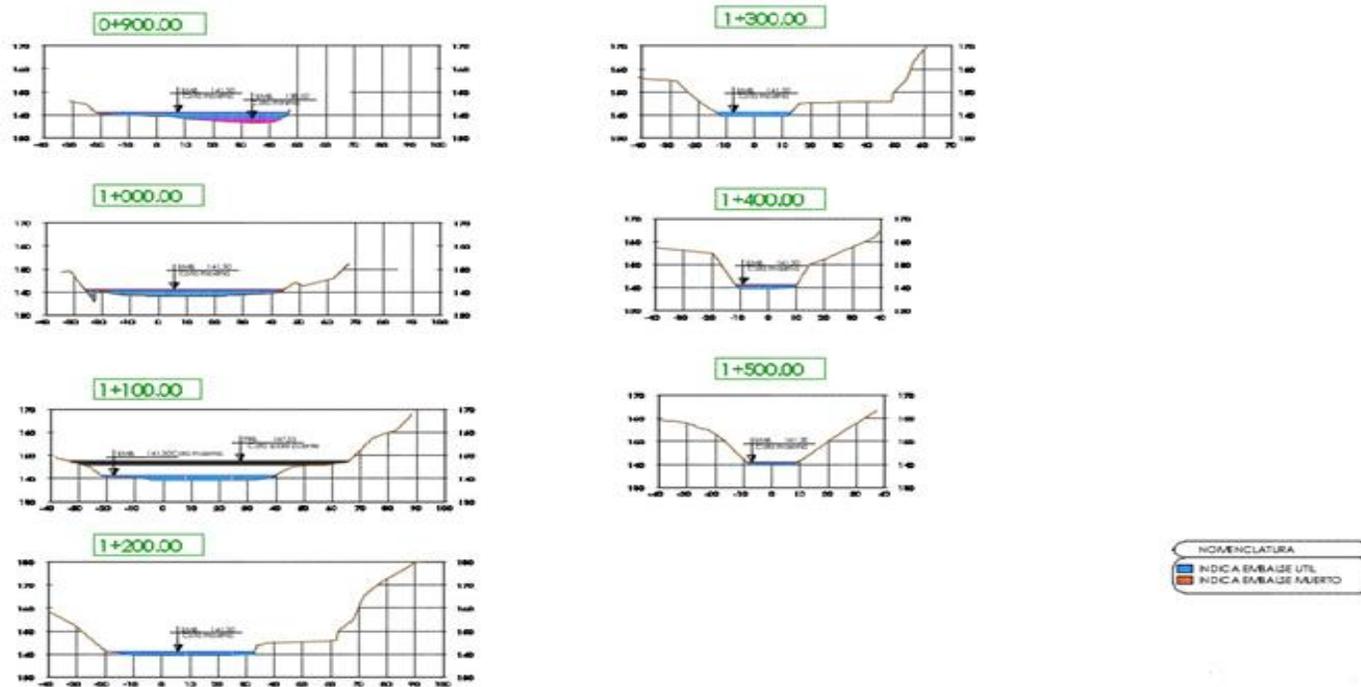


SECCIONES DE LA ESTACION 0+100.00 A LA 0+800.00

Fuente: Secciones de la estación 0+100.00 a la 0+800.0 (INGESA).

Figura 5

Secciones de la estación 0+900.00 a la 1+500.00



SECCIONES DE LA ESTACION 0+900.00 A LA 1+500.00

Fuente: Secciones de la estación 0+900.00 a la 1+500.0 (INGESA).

8.1. Metodología empleada

8.1.1. Topografía

8.1.2. Reconocimiento físico del perímetro del embalse, definiendo in situ los sitios más representativos, para la demarcación de las secciones transversales al eje del río María Linda y la poligonal de apoyo, de la presa el cóbano al desfogue de Hidroeléctrica Aguacapa, aguas arriba, con una longitud de 1.2 Kms.

8.1.3. Georeferenciación de los puntos de inicio y final de cada sección transversal, colocados a cada 100 mts longitudinales al eje del río María Linda, en su margen derecha e izquierda.

8.1.4. Batimetría: Levantamiento de mediciones de profundidad en secciones a cada 50 mts longitudinales y a cada 10 mts sobre la sección, obteniendo puntos 3D.

8.1.5. Generación de plano en 3D, a partir de archivo de puntos, por medio de la utilización del software Civil Cad, confrontando la información con hoja excel creada para esta actividad.

Tabla 1
Batimetría año 2016

VOLUMEN UTIL EMBALSE EL COBANO						
COTA	ÁREA	ALTURA	SEMI-SUMA	VOLUMEN	VOLUMEN	DESCRIPCION
msnm	(m ²)	hm	(m ²)	PARCIAL	ACUMULADO	
				(m ³)	(m ³)	
123.92	0.00	0.00				
124	52.76	0.08	52.76	4.22	4.22	
125	1,004.82	1.00	528.79	528.79	533.01	
126	1,356.79	1.00	1,180.81	1,180.81	1,713.82	
127	11,887.01	1.00	6,621.90	6,621.90	8,335.72	
128	17,966.16	1.00	14,926.59	14,926.59	23,262.30	
129	22,864.92	1.00	20,415.54	20,415.54	43,677.84	
130	29,359.59	1.00	26,112.26	26,112.26	69,790.10	
131	35,928.07	1.00	32,643.83	32,643.83	102,433.93	
132	45,765.54	1.00	40,846.81	40,846.81	143,280.73	
133	48,229.06	1.00	46,997.30	46,997.30	190,278.03	
134	55,208.11	1.00	51,718.59	51,718.59	241,996.62	
135	58,987.65	1.00	57,097.88	57,097.88	299,094.50	
136	64,894.87	1.00	61,941.26	61,941.26	361,035.76	
137	71,791.46	1.00	68,343.17	68,343.17	429,378.92	
138	77,913.91	1.00	74,852.69	74,852.69	504,231.61	
138.5	82,147.07	1.00	80,030.49	80,030.49	584,262.10	COTA MINIMA
139	85,759.87	1.00	83,953.47	83,953.47	668,215.57	
140	90,972.96	1.00	88,366.42	88,366.42	756,581.98	
141	93,246.96	1.00	92,109.96	92,109.96	848,691.94	
141.3	93,303.73	0.3	93,275.35	27,982.60	876,674.54	COTA MAXIMA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2
Batimetría año 2018

VOLUMEN UTIL EMBALSE EL COBANO						
COTA	ÁREA	ALTURA	SEMI-SUMA	VOLUMEN	VOLUMEN	DESCRIPCION
msnm	(m ²)	hm	(m ²)	(m ³)	(m ³)	
123.92	0.00	0.00				
124	48.86	0.08	48.86	3.91	3.91	
125	553.42	1.00	301.14	301.14	305.05	
126	644.71	1.00	599.07	599.07	904.11	
127	10,857.45	1.00	5,751.08	5,751.08	6,655.19	
128	17,363.76	1.00	14,110.61	14,110.61	20,765.80	
129	22,594.52	1.00	19,979.14	19,979.14	40,744.94	
130	28,859.55	1.00	25,727.04	25,727.04	66,471.97	
131	35,321.99	1.00	32,090.77	32,090.77	98,562.74	
132	42,365.93	1.00	38,843.96	38,843.96	137,406.70	
133	47,829.06	1.00	45,097.50	45,097.50	182,504.20	
134	53,208.41	1.00	50,518.74	50,518.74	233,022.93	
135	58,536.74	1.00	55,872.58	55,872.58	288,895.51	
136	64,094.87	1.00	61,315.81	61,315.81	350,211.31	
137	70,291.46	1.00	67,193.17	67,193.17	417,404.48	
138	77,313.91	1.00	73,802.69	73,802.69	491,207.16	
138.5	82,147.07	1.00	79,730.49	79,730.49	570,937.65	COTA MINIMA
139	85,459.50	1.00	83,803.29	83,803.29	654,740.94	
140	90,722.96	1.00	88,091.23	88,091.23	742,832.17	
141	93,236.46	1.00	91,979.71	91,979.71	834,811.88	
141.3	93,253.73	0.3	93,245.10	27,973.53	862,785.41	COTA MAXIMA

Fuente: Elaboración propia

9. PRESUPUESTO

Se realizó un cálculo del precio de la maquinaria para la limpieza y remoción de sedimentos acumulados de la propuesta de plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica el Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.

Tabla 3
Plan de trabajo y presupuesto

CRONOGRAMA FISICO Y FINANCIERO							
PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE DE HIDROELÉCTRICA EL CÓBANO, ALDEA LA UNIÓN GUANAGAZAPA, ESCUINTLA							
DIAS							
No.	ACTIVIDAD	MONTO	1	2	3	4	5
1	LIMPIEZA Y REMOCIÓN DE SEDIMENTOS ACUMULADOS EN EMBALSE CON EXCAVADORA HR/MÁQUINA	Q 156,000.00	Q 31,200.00	Q 31,200.00	Q 31,200.00	Q 31,200.00	Q 31,200.00
2	LIMPIEZA Y REMOCIÓN DE SEDIMENTOS ACUMULADOS EN EMBALSE CON TRACTOR DE ORUGA HR/MÁQUINA	Q 81,600.00	Q 16,320.00	Q 16,320.00	Q 16,320.00	Q 16,320.00	Q 16,320.00
3	LIMPIEZA Y REMOCIÓN DE SEDIMENTOS ACUMULADOS EN EMBALSE CON MOTONIVELADORA HR/MÁQUINA	Q 81,600.00	Q 16,320.00	Q 16,320.00	Q 16,320.00	Q 16,320.00	Q 16,320.00
4	TRASLADO DEL SEDIMENTO EXTRAIDO CON CAMIONES DE VOLTEO KLM/RECORRIDO	Q 82,000.00	Q 16,400.00	Q 16,400.00	Q 16,400.00	Q 16,400.00	Q 16,400.00
5	IMPREVISTOS	Q 25,000.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00
TOTAL		Q 426,200.00					
MONTO SEMANAL			Q 85,240.00	Q 85,240.00	Q 85,240.00	Q 85,240.00	Q 85,240.00
MONTO SEMANAL ACUMULADO			Q 85,240.00	Q 170,480.00	Q 255,720.00	Q 340,960.00	Q 426,200.00
POCENTAJE SEMANAL			20%	20%	20%	20%	20%
POCENTAJE SEMANAL ACUMULADO			20%	40%	60%	80%	100%
Costo total de la propuesta: Cuatrocientos veintiséis mil doscientos quetzales 00/100							

Fuente. Elaboración propia, 2018.

Resultado 3. Capacitación

1. TALLER DE “PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE”

	TALLER DE “PLAN PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EMBALSE”
---	--

1.1. INTRODUCCIÓN

Respondiendo a la necesidad de fortalecer las finanzas de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla, se capacitará al personal para el mantenimiento preventivo, evitando así la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse.

1.2. DIRIGIDO A

Al personal de la Hidroeléctrica El Cóbano Guanagazapa, Escuintla.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Lograr un mantenimiento preventivo eficaz y que el personal se adapte al nuevo plan.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Seguir generando con normalidad y seguir cumpliendo con el contrato del AMM (Administrador del Mercado Mayorista).

1.5. DURACIÓN

8 horas

1.6. FECHAS Y HORARIO

Fecha: 3/6/2019.

Horario: De 7:00 a.m. a 16:00 p.m.

1.7. METODOLOGÍA

Se utilizará un grado de interacción de trabajo en conjunto facilitador-participante, de modo de capacitar a los trabajadores de la Hidroeléctrica El Cóbano. En el mantenimiento preventivo en el embalse.

1.8. CONTENIDO

Módulo I: Conocimientos generales de embalses.

Temas:

1. Definición
2. Para qué sirve un embalse
3. Tipos de embalse

Módulo II: Conocimientos generales de presas.

1. Definición
2. Para qué sirve un presa
3. Tipos de presas

Módulo III: Mantenimiento

Objetivo: Comprender la importancia que debe ser el mantenimiento.

Temas:

1. Definición
2. Generalidades

3. Tipos de mantenimiento

Módulo IV: Operación de equipos

1. Equipo hidráulico

2. Equipo mecánico

Anexo 2. MATRIZ DE LA ESTRUCTURA LÓGICA

COMPONENTES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACION	SUPUESTOS
<p>Objetivo general.</p> <p>Evitar la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse para la generación de energía eléctrica en Hidroeléctrica el Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.</p>	<p>Al finalizar el semestre uno, de operativizar el mantenimiento preventivo aumentara la capacidad de almacenamiento de agua requerida en embalse un 90 %</p>	<p>Supervisión por la Unidad ejecutora del buen mantenimiento que se le está dando al embalse con el dragado de la maquinaria</p>	<p>EMPRESA CONTRATISTA ayudará a alcanzar el objetivo</p>
<p>Objetivo específico</p> <p>Evitar las fugas y sedimentación de embalse Hidroeléctrica el Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.</p>	<p>Desde el primer día de la puesta en marcha el mantenimiento preventivo propuesto, se evitan las fugas y sedimentación de embalse.</p>	<p>Informe de la limpieza del embalse. La Unidad ejecutora no recibirá quejas de parte de la Hidroeléctrica el Cóbano</p>	<p>EMPRESA CONTRATISTA ayudará a alcanzar el objetivo</p>
<p>Resultado 1: Se cuenta con una Unidad Ejecutora</p>			
<p>Resultado 2: Se cuenta con un Plan para mantenimiento preventivo de embalse de Hidroeléctrica el Cóbano, Aldea la Unión Guanagazapa, Escuintla.</p>			
<p>Resultado 3: Capacitación</p>			

