



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE CRITERIOS TÉCNICOS Y
AMBIENTALES PARA INSTALACIÓN DE TENDIDO SUBACUÁTICO DE ALTA TENSIÓN EN
RÍO DULCE**

Jonathan Josue Garcia López

Asesorado por el Msc. Ing. Benedicto Estuardo Martínez Guerra

Guatemala, enero de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE CRITERIOS TÉCNICOS Y
AMBIENTALES PARA INSTALACIÓN DE TENDIDO SUBACUÁTICO DE ALTA TENSIÓN EN
RÍO DULCE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JONATHAN JOSUE GARCIA LÓPEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. BENEDICTO ESTUARDO MARTINEZ GUERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Alvarez Cotí
EXAMINADORA	Ing. Sindy Massiel Godinez Bautista
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estuardo Godínez Alquijay
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE CRITERIOS TÉCNICOS Y
AMBIENTALES PARA INSTALACIÓN DE TENDIDO SUBACUÁTICO DE ALTA TENSIÓN EN
RÍO DULCE**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 06 de marzo de 2020.

Jonathan Josue Garcia López

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme dado la oportunidad de realizar una más de mis metas.

Mis padres

Por haberme traído al mundo y guiado a través de él. A mi madre Jeannette López, que en paz descanse, por haber luchado hasta sus ultimo días para que lograré mis sueños y a mi padre Juan Garcia, quien ha sido mi apoyo incondicional en cada momento para cumplir mis metas.

Mis hermanos

Katherin y Kevin García, por su compañía y apoyo durante mi vida.

Amigos

Por haberme apoyado en cada momento difícil y haber estado en mis mejores momentos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por haberme proporcionado los conocimientos que me han permitido desarrollarme profesionalmente.
Mis amigos	Por acompañarme en el trascurso de toda la carrera y en cada uno de los cursos.
Familia y primos	Por brindarme su apoyado incondicional en cada momento difícil y por haber estado en mis mejores momentos.
Mi novia	Por acompañarme en el camino final para el proceso de la carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	7
3.1. Descripción del problema.....	7
3.2. Preguntas de investigación	8
3.2.1. Pregunta central	8
3.2.2. Pregunta auxiliar	8
4. JUSTIFICACIÓN.....	9
5. OBJETIVOS.....	11
5.1. Generales.....	11
5.2. Específicos.....	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Cable eléctrico.....	15

7.2.	Partes que complementan un cable eléctrico.....	15
7.3.	Tipos de conductores eléctricos.....	16
7.3.1.	Conductor tipo alambre desnudo.....	16
7.3.2.	Conductor tipo alambre aislado.....	17
7.3.3.	Conductor con alambre flexible.....	17
7.3.4.	Alambre de cordón.....	17
7.4.	Aislamiento.....	18
7.5.	Voltajes eléctricos.....	18
7.6.	Cables divididos por tipo de ambiente.....	19
7.6.1.	Cables subacuáticos.....	19
7.6.2.	Cables subterráneos.....	19
7.6.3.	Cables aéreos.....	19
7.7.	Los distintos tipos de los conductores para redes bajo tierra.....	20
7.8.	Cables en los fondos acuáticos.....	20
7.9.	Norma IEC.....	21
7.10.	Ventajas y beneficios del uso y referencia a normas ISO e IEC en la reglamentación técnica.....	21
7.11.	Características para tendidos áreas.....	22
7.12.	Normas ambientales para los eléctricos y requisitos ambientales.....	23
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	25
9.	METODOLOGÍA.....	27
9.1.	Tipo de estudio.....	27
9.2.	Fases de estudio.....	27
9.3.	Criterios mínimos ambientales.....	28
9.4.	Criterios técnicos mínimos.....	29

9.5.	Metodologías de trabajo primarias y secundarias.....	30
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	31
11.	CRONOGRAMA.....	33
12.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO.....	37
13.	REFERENCIAS.....	39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Estructura del cable.....16
2. Cronograma de actividades.....36

TABLAS

- I. Detalle de actividades a realizar.....33

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos	Significado
\$	Dólar estadounidense
KW	Kilovatio
Km	Kilómetro
KV	Kilovoltio
MW	Megavatio
m	Metro
'	Pies o minutos
%	Porcentaje
"	Pulgadas o segundos
Q	Quetzales
W	Vatio

GLOSARIO

AENOR	Asociación Española de Normalización.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.
EIA	Estudio de impacto ambiental.
HEPR	Hard Ethylene Propylene Rubber (Etileno propileno de alto modulo).
IEC	International Electrotechnical Commision (Comisión electrónica internacional).
IEEE	Institute of Electrical and Engineers (Instituto de ingeniería electrónica y eléctrica).
ISO	International Organization for Standardization (Organización internacional de normalización).
ITC	Instituto Técnico Complementario.
LAT	Líneas eléctricas de alta tensión.

MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
NEAST	Normas de Estudios de Acceso al Sistema de Transporte.
NTOID	Normas Técnicas de Diseño y Operación de las instalaciones de distribución.
PET	Plan de Expansión del Sistema de Transporte.
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala.
XLPE	Cross-Linked Polyethylene (Polietileno reticulado).

RESUMEN

La realización del presente trabajo de graduación está orientado a la solución y a brindar una propuesta a la solución para un tema poco común. Esto podrá ayudar a mejorar los conceptos acerca de tendidos subacuáticos, aspectos a tomar, elementos de protección y factibilidad.

La solución ayudará principalmente al sector eléctrico, ya que poniendo en práctica los conceptos ayudar a mejorar las acciones y procedimientos para trabajos similares.

Se aborda una parte teórica muy específica con el fin de tener un respaldo técnico que no apoye con la comprensión de la magnitud de las actividades a realizar.

Posteriormente se describe la propuesta que se utilizará en el trabajo para la recopilación de información y esto con el fin de que la información que se recolectará sea basada en el conocimiento de los expertos u otros proyectos con características similares. Esto acompañado de un cronograma de actividades para cumplir de manera secuencial para que los conocimientos vayan ligados y nos ayude a brindar la mejor solución.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la existencia de fallas en la distribución y desarrollo de la red eléctrica nacional, el ministerio de energía y minas (MEM) crea periódicamente planes indicativos con proyecciones y proyectos que fortalecen el desarrollo, cuyo fin es garantizar un servicio digno y eficiente frente al alza de la demanda de la energía eléctrica en el país.

La complejidad de los trabajos de un proyecto de grandes magnitudes conlleva problemas y eventualidades que generalmente se presentan al momento de su ejecución y de no contar con un plan apropiado para su solución en ocasiones retrasan considerablemente el proyecto o inclusive pueden llegar a para totalmente su ejecución.

En el presente trabajo de investigación se plasmará una solución a un problema de mediano y largo plazo, donde, tienen como objetivo brindar criterios técnicos y ambientales para proyectos de construcción de tendidos eléctricos subacuáticos, acoplados al régimen guatemalteco.

El problema surge por la falta de aspectos establecidos donde se pueda realizar seguimiento a las actividades a realizar para la construcción de este tramo eléctrico. Por lo que el objetivo principal será la creación de una propuesta que describa los aspectos técnicos y ambientales para el trabajo de tendido acuático, del cual se desprenden varios objetivos específicos donde se profundiza las actividades principales y secundarias, contemplando las normativas ambientales y técnicas aplicables.

La metodología por utilizar será tomando en cuenta los siguientes factores importantes: primero, consiste en una recopilación de información para realizar trabajos eléctricos, además, de un análisis de reglamentos técnicos y ambientales establecidos en las leyes de Guatemala, el segundo, será conformada por una opinión de expertos, donde se realizará mediante entrevistas semiestructuradas donde se analizarán los factores relevantes de los trabajos subacuáticos. Se adopta este sistema debido a que la investigación posee naturaleza cualitativa.

La recolección de información se realizará de forma descriptiva porque no es necesario definir parámetros cuantitativos por lo que en el transcurso del proyecto se expondrá como se trabajará y cuáles serán los métodos cuantitativos.

De los resultados esperados se obtendrá un documento guía que nos indique cuáles serán los pasos estructurados para poder realizar trabajos de tendido subacuáticos por las normativas locales.

2. ANTECEDENTES

A consecuencia de las diversas complicaciones en los proyectos, surge la necesidad de establecer una estrategia que permita el avance en el tendido de la línea eléctrica que cruzará Río Dulce en el departamento de Izabal. Actualmente, el proyecto cuenta con dos torres montadas en los extremos del río; faltando únicamente el tendido de los cables o conductores que unan ambos extremos. En la actualidad, el proyecto se encuentra paralizado con muy pocas esperanzas de continuar derivado de la negativa de los pobladores de la zona en permitir el tendido de los cables entre ambas torres, aduciendo que el impacto visual provocado disminuirá considerablemente la belleza del lugar y en consecuencia afecte el atractivo turístico que el área posee. Por lo anterior, se considera la opinión de construir el cableado eléctrico del tramo de forma subacuática.

Se han realizados estudios que influyen en el desarrollo y la ampliación de un sistema eléctrico estable, por ende, es necesario realizar criterios exactos para cada eventualidad, pero el crecimiento de una red sin ningún tipo de criterio representa un desarrollo no uniforme. Este trabajo surgió debido a la necesidad de suplir específicamente los nuevos suministros y de asegurarse que el servicio sea suministrado frente al progresivo aumento de la demanda eléctrica (Girón, 2006).

Aproximadamente se necesitan km de línea eléctrica subacuática para evitar los inconvenientes expuestos anteriormente, sin embargo, en el país existe poca información documental sobre tendido eléctrico subacuáticos de alta tensión, por esta razón, se buscaron casos similares con soluciones propuesta

que apoyen a solucionar el problema de Rio Dulce. Es así, como se detecta la propuesta de la empresa Seneca para realizar el proyecto de conexión entre las Islas Margaritas y Coche a través de un cable submarino para proveer energía eléctrica desde la red de Margarita y de esta manera satisfacer la futura demanda de la Isla Coche en Venezuela (Ponte, 2003).

Prosiguiendo con el análisis de los proyectos submarinos existe un proyecto de telecomunicaciones de fibra óptica realizado en México en la zona donde se encuentra el mar y la costa, la cual se encuentre entre las franjas de Lázaro Cárdenas y Bahía de Santiago – Manzanillo, que consiste en una instalación que al día de hoy es un sistema óptico para la transmisión mediante un cable óptico de 0.05 m de diámetro (Ponte, 2003).

A consecuencia del planteamiento de realizar un análisis de las diversas construcciones donde se han realizado tendidos subacuáticos, debe considerarse también las metodologías utilizadas. Lo anterior, es necesario ya que cada trabajo tiene aspectos importantes, por esta razón se procederá a analizar el documento de metodología de construcción de líneas de transmisión eléctrica (Quezada, 2005).

Además del análisis de la metodología es importante revisar los aspectos y las características de los cables submarinos de alta tensión o de fibra óptica, para determinar el comportamiento y características eléctricas de estos conductores. (Anónimo, 2007).

Como medidas complementarias a la documentación técnica, existe un plan de seguridad y salud que contempla condiciones de trabajo para instalaciones de baja y media tensión, en el se describen las consecuencias necesarias para evitar accidentes (Lana, 2012).

Como trámite para los proyectos de construcción se tiene como base un documento realizado en España, donde se realizó la construcción de instalaciones de enlaces, y, conlleva permisos y documentos de autorizaciones que se van obteniendo sucesivamente durante las fases (Anónimo, 2017).

Como soporte local no regiremos por la política energética 2013 - 2027 la cual, tiene como objetivo contribuir al desarrollo energético sostenible del país con equidad social, respeto al medio ambiente y es el resultado de un proceso de revisión técnico, metodológico y político, para fortalecer la institucionalidad y la rectoría del MEM (Anónimo, 2012).

Es importante que exista una regulación a nivel de guatemalteco ya que, la demanda de energía eléctrica guatemalteco ha presentado un crecimiento promedio anual de 5 %. La potencia y la energía ha tenido un crecimiento promedio anual de 4.5 %, tomando como referencia este crecimiento se proyecta su comportamiento hasta el 2021 (Anónimo, 2016).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema es la falta de propuesta de los criterios técnicos y ambientales para los trabajos de tendidos subacuáticos para el tramo pendiente en Izabal, debido a las tensiones que se manejan.

3.1. Descripción del problema

Fortalecer la red eléctrica nacional para que existe un eficiente sistema de transporte es uno de los ejes principales que el Ministerio de Energía y Minas, queriendo contribuir con el desarrollo energético sostenible. Debido a que la mayoría de los proyectos poseen diferentes particularidades existe partes del proyecto que posee una mayor dificultad que otros.

Existe un problema en los límites de Río Dulce, Izabal, donde se encuentra un tramo del proyecto Plan de Expansión del Sistema de Transporte (PET) en su edición del 01-2009, en la actualidad no se puede avanzar en el tendido debido a que los diversos pobladores desean conservar la vista y el turismo que se atrae alrededor del parque nacional de Río Dulce. La solución para poder avanzar con el tendido subacuático en Río Dulce, es realizar el proyecto de manera subacuática, sin embargo, existe la incertidumbre y es, que a nivel nacional no se encuentran parámetros técnicos y ambientales específicos; sin embargo, se tienen aspectos generales en diversas normas y reglamentos de las legislaciones guatemaltecas.

La dificultad del proyecto y los trabajos es principalmente en las siguientes fases. La primera fase es técnica debido a que los tendidos usualmente se

realizan de manera aérea, y la segunda es del lado ambiental puede que exista un impacto a largo y mediano plazo en Rio Dulce, debido al ecosistema existente en los alrededores de Rio Dulce.

3.2. Preguntas de investigación

Se presentan a continuación:

3.2.1. Pregunta central

¿Cuáles son los aspectos técnicos, económicos y ambientales para trabajos en tendidos subacuáticos en alta tensión que se deben tomar en cuenta para el tendido de la línea de transmisión de Rio Dulce?

3.2.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son las especificaciones técnicas mínimas para la selección del material, componentes y aspectos para el tramo subacuático sin afectar la eficacia del transporte de electricidad?
- ¿Qué procedimientos y actividades de trabajo son prioritarios para el tendido subacuático previniendo un impacto negativo en el entorno del lugar y poder determinar una ruta crítica?
- ¿cuáles son los criterios mínimos ambientales que deben de cumplirse para los tendidos subacuáticos, derivado el análisis de las normativas guatemaltecas aplicables?

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrollará dentro de una de las líneas de investigación de la Maestría de Energía y Ambiente de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), la línea de investigación en que se enfoca el presente es en energía aplicada, en la subcategoría de energía renovable y no renovable ubicándose puntualmente en Aspectos técnicos y ambientales en el uso y aprovechamiento de recursos energéticos, donde se enfoca en los trabajos de tendidos subacuáticos de un tramo de una línea eléctrica ubicada en Rio Dulce.

El motivo del presente trabajo de investigación será establecer criterios que mejor convengan para el tendido subacuático, ya que no se encuentran establecidos, la idea principal es que el trabajo sea utilizado como instrumento para facilitar trabajos similares, así como la toma de decisiones.

Los trabajos que se realizarán abarcarán varias áreas como ingeniería, aspectos de impacto ambiental, entre otros. El enfoque será principalmente en definir una metodología y criterios en los elementos del proyecto que tengan relación directa con el área de ingeniería, las características técnicas de los diferentes tipos de cables, los trabajos, además de establecer un registro y respaldo de la adquisición de los respectivos insumos, seleccionando de mejor manera el material que cubra los estándares requeridos y tomando en cuenta que se deben cumplir las normativas ambientales, por lo que nos enfocaremos en los criterios que fueron establecidos en otros trabajos similares en otros países, además de la recopilación de la información de los reglamentos

nacionales establecidos por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) y la Ley General de Electricidad.

Los mayores beneficiados serán las empresas que trabajan en proyectos de transmisión de energía además del país, ya que se podrá visualizar la manera correcta para las actividades de los trabajos subacuáticos, con el fin de tener el menor impacto posible.

5. OBJETIVOS

5.1. Generales

Definir los aspectos, técnicos y ambientales para el trabajo de tendido subacuático en Rio Dulce.

5.2. Específicos

- Investigar los criterios y las especificaciones técnicas mínimas para la selección del material, componentes y aspectos para el tramo subacuático sin afectar eficacia del transporte de electricidad.
- Establecer procedimientos y actividades de trabajo que serán prioritarias para el tendido subacuático previniendo un impacto negativo en el entorno del lugar y poder determinar una ruta crítica.
- Determinar los criterios mínimos ambientales que deben de cumplirse para los tendidos subacuáticos, derivado el análisis de las normativas guatemaltecas aplicables.

6. NECESIDAD POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Para los proyectos en cualquier etapa es necesario definir la factibilidad, así como tener una guía de los procedimientos para poder dar un seguimiento de las actividades para finalizar el proyecto, es allí donde nos lleva a una controversia y la necesidad de tener una metodología que cubra los aspectos para trabajos en tendidos subacuáticos.

La necesidad de tener criterios técnicos y ambientales es de suma importancia como paso inicial para poder iniciar los trabajos y debido a que no se tiene conocimiento del conjunto de actividades puede que se tengan malas prácticas y esto puede provocar incidentes a medio plazo, existiendo una clara vista al director de los aspectos que se deben de tomar en cuenta antes y después de iniciar las actividades y así mitigar los riesgos ambientales y sociales que puedan existir.

Con el fin de plantear una solución que cubra la necesidad se diseñó una estrategia enfocada en realizar un análisis documental de la información tanto de trabajos similares a nivel regional incluyendo los lineamientos y reglamentos vigentes nacionales, para la parte técnica se utilizarán las Normas Técnicas de Diseño y Operación de las instalaciones de distribución (NTOID) y para la parte ambiental se tomará en cuenta la Ley General de Electricidad y el Acuerdo Gubernativo número 117-2016 (Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental).

Para terminar con el análisis de profundidad se realizarán entrevistas a un experto a nivel latinoamericano, el cual consistirá en entrevistas vía web el cual

contendrá una plática fluida que aborde los temas de mayor relevancia, la criticidad de proyectos de esta magnitud, consecuencias posibles y los beneficios, pero principalmente nos orientaremos a que nos guie con las normativas técnicas y normas ambientales por lo que se propone la siguiente metodología tanto para análisis de datos a recolectar como las actividades que se ejecutarán para poder determinar la metodología correcta.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Cable eléctrico

El cable eléctrico es un componente fabricado y considerado para transportar electricidad. La principal materia prima con lo que se fabrica este tipo de componente es el cobre, aunque en ocasiones también es utilizado y complementado con aluminio que, a pesar de que su poder de conducir la electricidad puede reducirse, resulta ser que es bastante económico el cobre.

7.2. Partes que complementan un cable eléctrico

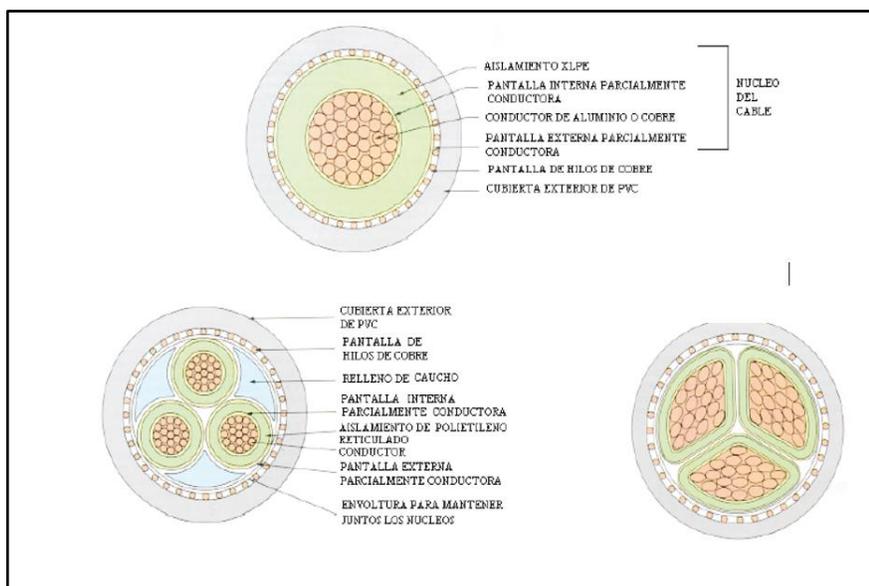
El cable eléctrico usualmente se encuentra compuesto por conductor, aislamiento, además puede existir una parte de relleno y por último un revestimiento. Los elementos mencionados en el párrafo anterior son parte fundamental en un cable eléctrico, los cuales cumplen una intención que será descrita a continuación (Anónimo, 2015).

- Conductor eléctrico
- Aislamiento
- Capa de relleno
- Cubierta

Para las cargas de voltajes en 230 kV o también denominados de alta tensión son usados cables aislados, que son de material seco. En la figura que se colocará debajo se muestra en la parte superior izquierda la colocación de un

cable típico de campo circular con núcleo, conductor cableado y aislamiento - XLPE- (Roldan, 2016).

Figura 1. Estructura de cable



Fuente: Roldan. (2016). *Apuntes de líneas y redes de alta tensión.*

7.3. Tipos de conductores eléctricos

Cada conductor posee particulares dependiendo del uso que se le dará.

7.3.1. Conductor tipo alambre desnudo

Es un material que es usualmente sólido con material de un tipo de aleación, el cual no es un material maleable además de no tener ningún tipo de recubrimiento, una clara muestra para la utilización de este conductor es principalmente para la conexión vía terrestre.

7.3.2. Conductor tipo alambre aislado

Técnicamente es parecido al tipo de cable anterior pero la diferencia sobresaliente es que, en este caso este cable posee un forro de un revestimiento que es de un material que no permite el paso de electrones con material elástico para que no existan elementos que tengas contacto entre si cuando tienen volteje o inductancia, además de personas u cosas que permitan el paso de electrones como lo son los metálicos. En los hogares, oficinas convencionales es utilizado usualmente los cables que se encuentran cubiertos en vez de los alambres que son tipo desnudo.

7.3.3. Conductor con alambre flexible

El alambre es un poco más común y en el mercado es distribuido, se encuentra estructurado por una variedad de cables y alambres más delgados los cuales se encuentran dentro de un forro de material plástico. La estructura de estos es muy moldeable por su misma estructura que se encuentra conformado, la cual posee una variedad de cables delgados, que al contrario un elemento sólido y grueso, hace que sea más fácil de que se pueda doblar con facilidad, y por esta razón son muy fáciles de doblar.

7.3.4. Alambre de cordón

Se encuentran conformados por una variedad de cables, los cuales en su fabricación se realiza conformando la unión de varios cables y se envuelven entre sí por segunda ocasión, este tipo posee una estructura similar al de aislamiento que consiste en que cada alambre se encuentra aislado además de poseer uno que adjunta todos los pequeños cables en un conjunto fusionado. (Anónimo, 2000).

7.4. Aislamiento

Es un elemento que se conoce debido a que está conformado por un material que tiene una conductividad por debajo de lo normal; por lo que el paso de los electrones basado en sus propiedades es cerca del cero. Las funciones de un elemento de estas características es que permite aislar eléctricamente elemento entre sí (Guamán, 2014).

Los materiales Termoestables son plásticos que no se desfiguran ni desperdician propiedades mecánicas al incrementar la temperatura. Los más utilizados en media tensión son los siguientes.

- Polietileno reticulado (XLPE)
- Goma etileno propileno (EPR)
- Goma de etileno propileno de alto módulo (HEPR)

7.5. Voltajes eléctricos

Los voltajes que pasan por los cables de tendidos existen en diversas variedades, pero a nivel de Guatemala se encuentra divididos en los voltajes que se mencionarán a continuación.

- Baja tensión
- Media tensión
- Alta tensión

7.6. Cables divididos por tipo de ambiente

Los tienen diferentes tienen diferentes características dependiendo del ambiente en el que se utilicen.

7.6.1. Cables subacuáticos

Es aquel cable de cobre instalado sobre el lecho marino y consignado principalmente a servicios de telecomunicación. El cable submarino de fibra óptica debe proporcionar una excelente protección contra el entorno en su profundidad (Anónimo, 2007).

7.6.2. Cables subterráneos

Esto se realiza de manera normal debido a la conveniencia estética, regularmente en las que son urbanas, sin embargo, se puede poseer con un fin adicional de hacer las líneas de energía menos susceptibles a las dificultades durante las tormentas de vientos o tormentas de nieve. Enterrar una línea puede incrementar los costos iniciales de transmisión de energía eléctrica, pero puede disminuir los costes operativos durante lo que se utilice la infraestructura.

7.6.3. Cables aéreos

Son usualmente seleccionados para trabajos donde es necesarios tener una mayor seguridad y se desea tener aislado el material. Para la instalación de esta división de cables se utilizan para voltajes mayores y medianos pero la principal forma por la que se realizan es debido a los voltajes que se manejan.

7.7. Los distintos tipos de los conductores para redes bajo tierra

Como se enseña los lineamientos sobre las características técnicas y garantías en la norma del Instituto Técnico Complementario (ITC) de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (LAT) número 06, los suministros que se utilizan para las redes bajo tierra tendrán su conductor de dos materiales los cuales serán: el cobre o una aleación de material de aluminio, y serán aislados con otros componentes que se adecuen a las condiciones de instalaciones y explotaciones, idealmente estarán apantalladas o protegidos contra la corrosión e idealmente la resistencia mecánica para poder aguantar las actividades de instalación, tendido y servicio posterior (Lebrón, 2012).

7.8. Cables en los fondos acuáticos

Cuando un cable debe ser colocado en fondos acuáticos, se debe de hacer un plan con especificaciones detalladas completas desde la instalación, incluyendo los trabajos de tendido, donde se consideren todas las actividades relacionadas con el cable, como lo pueden ser la marea y las corrientes, también la presión y esfuerzos durante los tendidos. Solo se debe tomar en cuenta ciertos aspectos preventivos tomando en cuenta que el ducto que transporta la electricidad no deberá afectar los suministros o materiales que puedan tener contacto con alguna embarcación. La persona que se encuentra a cargo el proyecto como tal debe tener un estudio y tomar considerablemente el lugar, para que al momento de realizar la instalación de dicho conductor no tenga ninguna clase de movimiento (Moreno, Garnacho, Simon y Rodriguez, 2010).

7.9. Norma IEC (International Electrotechnical Commission)

Este es el órgano el cual fue creado en 1,906 y fue formado por el comité nacional que contenía más de 40 pases, se encuentra como el ente de normalizar y certificar a quienes se encuentre en el sector eléctrico y electrónico. La Comisión eléctrica Internacional -IEC- también conocida como la Comisión Electrotécnica Internacional, publica normas internacionales, además de guías técnicas que formar una base y una importante referencia para actividades normadas de la Unión Europea (Anónimo, 2007).

7.10. Ventajas y beneficios del uso y referencia a normas ISO e IEC en la reglamentación técnica

El contar con las normas que fueron realizadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) e IEC tiene cierta parte ventaja ya que cuenta con un extenso alcance mundial. Las dos organizaciones se encuentran compuestas por miembros nacionales a nivel mundial. El alcance geográfico es combinado con un entorno de varias partes interesadas que certifican los alcances desde el punto de vista técnico, los cuales toman en cuenta aquellos que tienen una relación económica y social. Cada uno posee diversas perspectivas que provienen a nivel nacional y una red, y con ayuda con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales a nivel de naciones. Por ende, el valor de las normas internacionales de ISO e IEC reside en el hecho de que son reconocidas, aceptadas e implementadas en el mundo entero por la AENOR (Anónimo, 2007).

7.11. Características para tendidos aéreos

Entre las características para tendidos aéreos con cargas mayores, se indican las necesidades que se enumerarán a continuación:

Se colocará por adentro de su propiedad un centro que se utilizará como medio de transformación, siempre y cuando se tome en cuenta las especificaciones de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (EEGSA), y se coloquen las protecciones que se instalarán.

Los equipos de medición, lo realizará EEGSA en las instalaciones que serán de su propiedad, la cual siempre debe tener acceso desde el dominio público para así verificar, realizar revisiones y poder hacer lecturas. En caso de que llegue a pasar un caso puntual se toma en cuenta una locación distinta para poder utilizar equipo de medición deberán consultarse previamente con empresa eléctrica de Guatemala.

En caso de ser instalado un medidor que realice el contador de energía eléctrica a las orillas lugares públicos o propiedad privada, y de la persona que lo utilizará, se realizará una instalación adentro de lo que es propiedad privada, en este caso se debe de tener acceso y poder permitir que se pueda acceder desde el exterior al interior; no se harán cambios y se conservarán dichas instalaciones por cuenta de la empresa que las posea.

Para el Marco Regulatorio que se encuentre vigentes será necesario realizar leyes, políticas o lineamientos definidos para regular los trabajos para servicios eléctrico a los usuarios de Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A., que usen sus instalaciones para disponer del abastecimiento de energía eléctrica. (Anónimo, 2004).

7.12. Normas ambientales para los eléctricos y requisitos ambientales

La normativa aplicable en el impacto ambiental para trabajos de tendidos subacuático serán en base a la Ley General de Electricidad y su Reglamento, incluido un acuerdo gubernamental 137-2016 el cual contiene determinados pasos estructurados y procedimientos indispensable para el apoyo de los métodos sostenibles a nivel regional con tema ambiental. El reglamento mencionado contiene las reglas, estructura e instrucciones necesarias para apoyar el progreso sostenible del país en el tema ambiental, constituyendo tendencias para usar herramientas y guías para realizar evaluaciones, revisión para poder dar seguimiento a todas las actividades ambientales, obras de construcciones, o proyectos, que se deseen desarrollar y los que se procuren desarrollar. Los aspectos anteriormente mencionados facilitarán determinados aspectos y posibles impactos en el ambiente, para guiar un progreso en conjunto con la protección a todo lo ambiental y la naturaleza.

La Ley General de Energía Eléctrica tienen un despliegue para la generación, transporte, distribución y comercialización del entorno eléctrico, para proyectos de generación y transporte de energía eléctrica deberán ejecutar un procedimiento que consiste en adjuntar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), para la determinación a partir de dicho estudio, que posteriormente deberá ser el punto principal de para dar un veredicto por parte del CONAMA dentro de un plazo no mayor de sesenta días (Anónimo, 2013).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Cable eléctrico

1.2. Partes que complementan un cable eléctrico

1.3. Tipos de conductores eléctricos

1.3.1. Conductor tipo alambre desnudo

1.3.2. Conductor tipo alambre aislado

1.3.3. Conductor con alambre flexible

1.3.4. Alambre de cordón

1.4. Aislamiento

1.5. Voltajes eléctricos

1.6. Cables divididos por tipo de ambiente

1.6.1. Cables subacuáticos

1.6.2. Cables subterráneos

1.6.3. Cables aéreos

3.7 Los distintos tipos de los conductores para redes bajo tierra

- 3.8 Cables en los fondos acuáticos
 - 3.9 Norma IEC
 - 3.10 Ventajas y beneficios del uso y referencia a normas ISO e IEC en la reglamentación técnica
 - 3.11 Características para tendidos áreas
 - 3.12 Normas ambientales para los eléctricos y requisitos ambientales
2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
- 2.1 Recolección de información
 - 2.2 Método por aplicar
 - 2.3 Estimación de las emisiones
3. PRESENTACIÓN Y DISCUSION DE RESULTADOS
- 3.1. Desarrollo de medidas de mitigación
 - 3.2. Determinación de propuestas
 - 3.3. Comprobación de reducción
 - 3.4. Análisis de viabilidad económica
 - 3.5. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipo de estudio

Para el trabajo de investigación que se va a desarrollar se trabajará una metodología y aspectos descriptivos enfocados a una descripción, no se obtendrán ningún tipo de datos numéricos por lo que no se aplicará ningún método estadístico. Por lo que se direccionará hacia una metodología de diseño no experimental donde se divide en una subcategoría que es diseño transaccional descriptivo.

9.2. Fases del estudio

Como primera fase se realizará un análisis de base documental donde la primera subsección será netamente técnica donde se analizará las normas establecidas por la CNEE, las cuales son normas técnicas de diseño y operación de Instalaciones, ya que contemplan los requisitos mínimos establecidos para trabajos de transporte de energía; la segunda subsección, contemplará el análisis documental de los aspectos ambientales los cuales tendremos como base la Ley General de Electricidad y el Acuerdo Gubernativo número 117-2016, lo cual quiere decir el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, esto cubriría toda la primera fase para el análisis de la base documental.

En la segunda fase, se trabajará mediante una entrevista de manera semiestructura, ya que existirá un tema guiado enfocado al trabajo de investigación, pero por la naturaleza de la entrevista se realizarán preguntas con

respuestas abiertas para que la entrevista pueda desarrollar sus opiniones surgiendo temas emergentes asociados al tema relacionado, en la entrevista a expertos se cubrirán los aspectos ambientales y técnicos, el medio que se utilizará serán las entrevistas mediante contactos directos en trabajos similares y se buscará tener la entrevista mediante una plataforma web que permita una charla fluida.

La estructura de los pasos para la metodología de la resolución del problema es mediante un esquema enfocado a los objetivos específicos colocados en capítulos anteriores del presente trabajo, en donde se trabajarán tareas particulares personalizadas para cada uno de los objetivos.

9.3. Criterios mínimos ambientales

Se investigarán los criterios mínimos ambientales que deben de cumplirse para los tendidos subacuáticos, derivado del análisis de las normativas guatemaltecas. Aplicables se trabajará desarrollando lo siguiente:

- Delimitar las normativas para trabajos en tendidos subacuáticos o trabajos similares.
- Realizar un análisis de la Ley General de Electricidad y el Acuerdo Gubernativo número 117-2016, Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento (MARN).
- Indagar cuales son las acciones permisibles ambientales que deben de tomarse en cuenta.

- Extraer los aspectos de mayor relevancia para determinar que las actividades a realizar no incumplirán con las normativas indagadas con anterioridad.
- Determinar si existe un impacto en Río Dulce, debido a las actividades que se ejecutarán.
- Desarrollar las medidas de prevención y de compensación de daños que se realicen en los alrededores de las obras.

9.4. Criterios técnicos mínimos

Establecer las especificaciones técnicas mínimas para la selección del material, componentes y aspectos para el tramo subacuático sin afectar eficacia del transporte de electricidad.

- Delimitar las normativas para trabajos en tendidos subacuáticos o trabajos similares.
- Realizar un análisis del Compendio de Normas Técnicas emitidas por CNEE, Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución y Normas de estudios de acceso al sistema de transporte (NEAST).
- Indagar cuales son los materiales permisibles para tendidos subacuáticos que cumplan las normas ambientales que no impacten el proyecto.
- Establecer la logística tanto de los materiales como de equipos que se utilizarán en el proyecto a trabajar.

- Sugerir los aspectos técnicos considerables para que el equipo y material instalado no baje la eficiencia de la línea de transmisión.
- Establecer pruebas para medir el rendimiento de la línea posterior a la instalación.

9.5. Metodología de trabajo primarias y secundarias

Determinar una metodología de trabajo para las actividades principales y secundarias que conlleva el tendido subacuático previniendo un impacto negativo en el entorno del lugar.

- Establecer actividades críticas y complementarias secuenciales creando una dirección.
- Indagar la metodología correcta que posea menor impacto negativo en el entorno social.
- Crear una ruta crítica para optimizar los trabajos.
- Asignar maquinaria y equipo necesario para poder llevar a cabo los trabajos.
- Identificar las consecuencias de una mala práctica.
- Crear un programa de concientización en la región de los beneficios que conllevara finalizar los trabajos.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Debido a que el trabajo se encuentra enfocado en un modelo no experimental y además de no realizarse ningún tipo de control, tampoco se tomarán datos para realizar un experimento, se coloca en la categoría que se subdivide en transeccional descriptiva. Basado en las características no se utilizará ningún método de técnicas estadísticas descriptivas ni inferenciales.

Por lo que se examinará de manera documental donde se recolectará información de las metodologías similares, además de indagar en la normativa ambiental establecidas por leyes guatemaltecas, priorizando las normas técnicas emitidas por CNEE con el fin de tomar referencia las normas técnicas de diseño y operación del servicio de transporte de energía eléctrica, y así establecer el conjunto técnicas para la correcta ejecución para futuros trabajos de la misma magnitud.

Se recopilará información de entrevistas a expertos además de asistir a foros, enfocados al análisis de tendidos subacuáticos a nivel latinoamericano, con el fin de crear una recolección muy amplia de información se asistirán a foros, la localización de los contactos a expertos se buscará principalmente mediante el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, la cual es una asociación mundial de ingenieros dedicado a la normalizado y el desarrollo en las áreas técnicas, debido a que no existen antecedentes a nivel nacional se tendrán reuniones con los expertos del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) debido que esta asociación se encuentra conformada por personas de diferentes regiones para poder realizar ajustes a las actividades para los tendidos y así promover que se utilice la metodología como estrategia para futuros trabajos.

La conjunción tanto de las normativas vigentes en Guatemala en los ámbitos técnicos y ambientales, junto con las entrevistas realizadas en el análisis de expertos, nos dará el panorama idóneo para poder realizar la metodología y los aspectos.

11. CRONOGRAMA

Se desarrolla un plan de investigación para poder detallar y tener una cronología de las actividades que serán necesarias para poder completar toda la información necesaria del plan de investigación. Se establecieron unidades de medidas en semanas para tener medidas pequeñas y poder tener un control de metas más minucioso con actividades que son codependientes una de la otra, se trabajarán tanto los aspectos técnicos, ambientales y financieros independientes para establecer los criterios con la necesidad que tengas relación.

Las actividades fueron colocadas a nivel macro, de ser necesario se puede ajustar y se pueden incluir actividades más minuciosas que también son importantes.

Tabla I. **Detalle de actividades a realizar**

Núm.	Descripción
1	Aprobación de seminario 2.
2	Aprobación de protocolo.
3	Recopilar la información para la elaboración de trabajos de tendido subacuáticos y aéreos.
4	Investigar los criterios mínimos ambientales que deben de cumplirse para los tendidos subacuáticos, derivado del análisis de las normativas guatemaltecas aplicables.

Continuación tabla I.

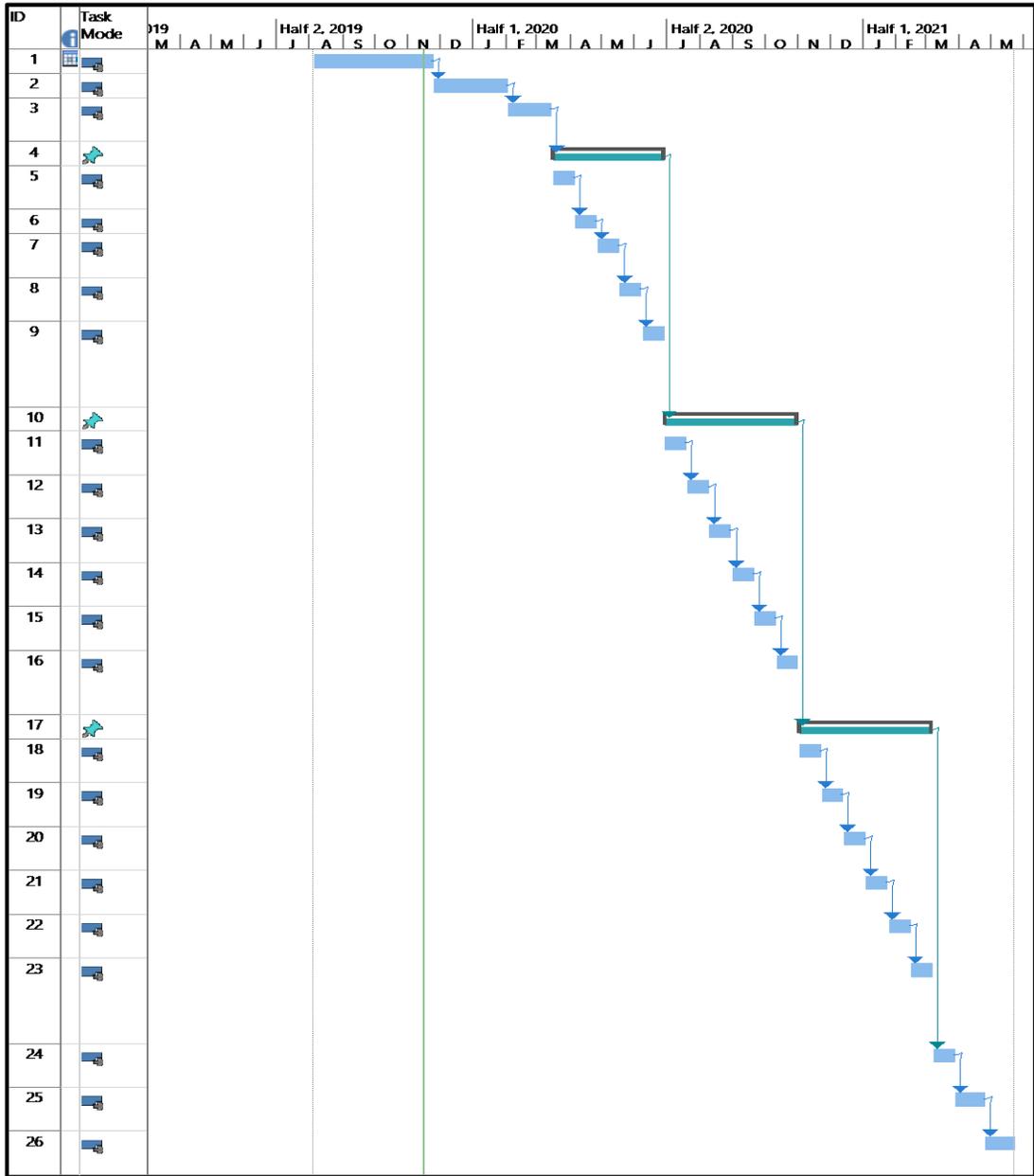
5	Realizar un análisis de la Ley General de Electricidad y el Acuerdo Gubernativo número 117-2016, Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento (MARN).
6	Indagar cuales son las acciones permisibles ambientales que deben de tomarse en cuenta.
7	Extraer los aspectos de mayor relevancia para determinar que las actividades a realizar no incumplirán con las normativas indagadas con anterioridad.
8	Determinar si existe un impacto en Río Dulce, debido a las actividades que se ejecutaran.
9	Desarrollar las medidas de prevención y de compensación de daños que se realicen en los alrededores de las obras.
10	Establecer las especificaciones técnicas mínimas para la selección del material, componentes y aspectos para el tramo subacuático sin afectar eficacia del transporte de electricidad.
11	Delimitar las normativas para trabajos en tendidos subacuáticos o trabajos similares.
12	Realizar un análisis de el Compendio de Normas Técnicas emitidas por CNEE, Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID) y Normas de estudios de acceso al sistema de transporte (NEAST).
13	Indagar cuáles son los materiales permisibles para tendidos subacuáticos que cumplan las normas ambientales que no impacten el proyecto.
14	Establecer la logística tanto de los materiales como de equipos que se utilizarán en el proyecto a trabajar.

Continuación tabla I.

15	Sugerir los aspectos técnicos considerables para que el equipo y material instalado no baje la eficiencia de la línea de transmisión.
16	Establecer pruebas para medir el rendimiento de la línea posterior a la instalación.
17	Determinar una metodología de trabajo para las actividades principales y secundarias que conlleva el tendido subacuático previniendo un impacto negativo en el entorno del lugar.
18	Establecer actividades críticas y complementarias secuenciales creando una dirección.
19	Indagar la metodología correcta que posea menor impacto negativo en el entorno social.
20	Crear una ruta crítica para optimizar los trabajos.
21	Asignar maquinaria y equipo necesario para poder llevar a cabo los trabajos.
22	Identificar las consecuencias de una mala práctica.
23	Crear un programa de concientización en la región de los beneficios que conllevara finalizar los trabajos.
24	Integración de todos los aspectos investigados para la elaboración de documento final.
25	Revisión y validación del trabajo de investigación.
26	Entrega y presentación de trabajos final.

Fuente: elaboración propia

Figura 2. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La adquisición de la información se encuentra a fácil accesibilidad, debido a que la mayoría de la información documental se encuentra en manuales o documentos subido en las páginas webs de los entes reguladores, debido a que está en disposición digital no se incurre en un gasto mayor significativo debido a que es de dominio público.

Realizando el análisis de la segunda fase, en la que se tienen contemplado entrevista y comentarios de expertos, se tiene principalmente referente el Instituto de Ingeniería Eléctrica y electrónica, debido a que periódicamente realizan foros a nivel nacional y centroamericana, donde se da conocer distintos temas a nivel de energía eléctrica y electrónica, además de encontrar a invitados y personas de diferentes países de Latinoamérica especialista en proyectos energéticos.

La elaboración de la propuesta consistirá en analizar la particularidad del caso debido a que en Guatemala de momento no se han realizado tendido de alta tensión de manera subacuática de manera que no se tienen conocimiento el impacto ambiental tanto para realizar los procedimientos como un posible daño en el tendido.

Para poder desarrollar la investigación se planea realizar las siguientes actividades: se investigará los criterios mínimos ambientales que deben de cumplirse para los tendidos subacuáticos, derivado del análisis de la normativa del Ministerio de Ambientales y Recursos Naturales (MARN). Se establecerán las especificaciones técnicas mínimas para la selección del material y componentes para el tramo subacuático sin afectar eficacia del transporte de

electricidad. Se evaluará la viabilidad financiera para obtener el costo óptimo para la ejecución de los trabajos.

13. REFERENCIAS

1. Anónimo. (2004). *Normas Empresa Eléctrica de Guatemala*. Guatemala. CNEE.
2. Anónimo. (2007). *Características de los cables submarinos de fibra óptica*. Ginebra, Suiza. Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT.
3. Anónimo. (2007). *Manual técnico de instalaciones eléctricas, aparatos de protección y maniobra*. Bérgamo, Italia. ABB SACE.
4. Anónimo. (2007). *Uso y referencia a normas ISO e IEC en la reglamentación técnicas*. España. AENOR.
5. Anónimo. (2012). *Política Energética 2013 - 2027*. Guatemala. MEM.
6. Anónimo. (2013). *Marco Legal del Sub Sector Eléctrico de Guatemala*. Guatemala. CNEE.
7. Anónimo. (2015). *Cable de Alta Tensión para uso húmedo*. México. General Cable.
8. Anónimo. (2016). *Planes Indicativos de Generación y Transmisión*. Guatemala. MEM.

9. Anónimo. (2017). *Norma Instalaciones de Enlace en Alta Tensión*. España. LCOE.
10. Girón, A. V. (2006). *Metodología de planificación y expansión para el diseño de redes eléctricas de distribución radiales-urbanas* (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
11. Guamán, E. R. (2014). *Análisis de la degradación del aislamiento ante sobrecargas eléctricas en los cables de mayor utilización en las instalaciones civiles de la ciudad de Cuenca* (Tesis de Licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Ecuador.
12. Lana, M. (2012). *Instalaciones Eléctricas en baja y media tensión para la 2da fase del mercado del Valdespartera*. Zaragoza, España. Autor.
13. Lebrón, J. C. (2012). *Operación de tendido y tensado de conductores en redes eléctricas aéreas y subterráneas*. Málaga, España: IC Editorial
14. Moreno, J., Garnacho F., Simon P. y Rodriguez J. (2010). *Reglamento de Líneas de Alta Tensión y sus fundamentos técnicos*. España. Paraninfo.
15. Ponte, R. (2003). *Estudio de factibilidad técnica de la instalación de un cable submarino de potencia entre Margarita y Coche, Estado Nueva Esparta* (Tesis de Licenciatura). Universidad Metropolitana. Caracas, Venezuela.

16. Quezada, J. E. (2005). *Metodología de Construcción de Líneas de Transmisión Eléctrica* (Tesis de Pregrado). Universidad Austral de Chile. Chile.
17. Roldan, C. (2016). *Apuntes de Líneas y redes de alta tensión*. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia.