



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TÍTULO:

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA A 13.8 KV DE LA ISLA SANTAY CON EL
CONTINENTE PARA SATISFACER EL INCREMENTO DE DEMANDA
OCASIONADO POR LA INSERCIÓN DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

AUTOR:

SEBASTIÁN ANDRÉS BENAVIDES ROMERO

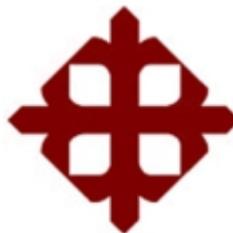
DOCUMENTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO MECÁNICO

TUTOR:

ING. RAFAEL HIDALGO AGUILAR

GUAYAQUIL, ECUADOR

2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN:

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **SEBASTIÁN ANDRÉS BENAVIDES ROMERO**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**.

TUTOR

ING. RAFAEL HIDALGO AGUILAR

DIRECTOR DE LA CARRERA

ING. ARMANDO HERAS SÁNCHEZ

Guayaquil, a los 18 días del mes de marzo del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD:

Yo, Sebastián Andrés Benavides Romero

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA A 13.8 KV DE LA ISLA SANTAY CON EL CONTINENTE PARA SATISFACER EL INCREMENTO DE DEMANDA OCASIONADO POR LA INSERCIÓN DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN** previa a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación referido.

Guayaquil, a los 18 días del mes de marzo del año 2015

EL AUTOR

SEBASTIÁN ANDRÉS BENAVIDES ROMERO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

AUTORIZACIÓN:

Yo, Sebastián Andrés Benavides Romero

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación: **INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA A 13.8 KV DE LA ISLA SANTAY CON EL CONTINENTE PARA SATISFACER EL INCREMENTO DE DEMANDA OCASIONADO POR LA INSERCIÓN DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 18 días del mes de marzo del año 2015

EL AUTOR

SEBASTIÁN ANDRÉS BENAVIDES ROMERO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme esta oportunidad de llevar una carrera universitaria a su fin, luego quiero agradecer a las personas que me ayudaron en esta lucha, mis padres, quienes fueron el pilar fundamental con esfuerzo y sacrificio supieron sacarnos adelante a toda su familia. Quiero agradecer a mi familia, a mi esposa Gianella, y a mi hijos Martin y Amelia quienes fueron la motivación que día a día me dieron fuerzas para lograr mi cometido de terminar mi carrera universitaria. A mis suegros y a mis abuelos políticos que de igual manera fueron un apoyo importante en el desarrollo de mi carrera.

Sinceramente me siento muy orgulloso de pertenecer a nuestra familia, es por este motivo que quiero agradecerles infinitamente por el apoyo brindado a lo largo de estos años.

Quiero agradecer a mis compañeros de CNEL EP quienes cada día me comparten su experiencia para ser un buen profesional, en especial al señor Gerente General que fue quien me brindo la oportunidad de demostrar mis capacidades.

Y por último y no menos importante, quiero agradecer a nuestro estimado tutor y amigo Ing. Rafael Hidalgo, por la confianza depositada sobre nosotros durante estos años de pregrado.

Sinceramente muchas gracias a todos, gracias amigos.

Atentamente,

Andrés Benavides R

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a las personas que me ayudaron a triunfar en la vida y me siguen ayudando a crecer como persona, y a todas las personas que viajan desde muy lejos y se separan de sus seres queridos para lograr ser una persona útil para la sociedad, y en fin, dedico este trabajo a todas esa personas que creen que mas grande es ser útil que importante.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CALIFICACIÓN:

CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación:.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Tipo de Investigación.....	4
1.5 Metodología.....	5
1.6 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
ESTUDIO DE CADA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	6
2.1 Introducción.....	6
2.2 Constitución.....	8
2.3 Clasificación.....	10
CAPÍTULO 3.....	12
ESTUDIO COMPARATIVO DE CADA UNO DE LOS SISTEMAS DE	
DISTRIBUCIÓN.....	12
CAPÍTULO 4.....	20
CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL PROYECTO.....	20
4.1 Estado actual.....	20
CAPÍTULO 5.....	24
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO.	24
CAPÍTULO 6.....	28
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	28
1.7 Red de media tensión.....	28
6.1.1. Voltaje de distribución.....	28
6.1.2. Categoría de la red.....	28
6.1.3. Redes de primera categoría.....	29
6.1.4. Redes de segunda categoría.....	29
6.1.5. Selección de la tensión.....	30
6.2. Cables Subterráneos Para Media Tensión.....	30
6.2.1 Conductores.....	35
6.2.2. Materiales Aislantes.....	36
6.2.3 Protección y Cubiertas de Cables.....	39
6.2.4 Selección de los Cables.....	42
6.2.4.1. Para el tramo submarino.....	43
6.2.4.2. Para el tramo subterráneo.....	52
6.2.5. Estudio Térmico del ambiente y de los cables.....	58
1.8 Sistema de Distribución.....	59

6.3.1	Rutas:.....	59
6.3.2	Tendido de cables.....	61
6.3.3	Empalmes y derivaciones.....	64
6.3.4	Dimensionamiento del conductor.....	66
CAPÍTULO 7.....		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		72
	Conclusiones:.....	72
	Recomendaciones:.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....		73
GLOSARIO.....		74
ANEXOS.....		75

FIGURAS.

<i>Figura 1 Sistema Eléctrico Típico de Potencia.....</i>	10
<i>Figura 2 Esquema de un sistema de Distribución Radial.....</i>	13
<i>Figura 3 Esquema de un sistema de Distribución en Anillo.....</i>	15
<i>Figura 4 Esquema de un sistema de Distribución Mallado.....</i>	17
<i>Figura 5 Detalle la construcción del conductor.....</i>	31
<i>Figura 6 Comparación cable sectoral vs cable sección circular.....</i>	34
<i>Figura 7 Forma de conductores.....</i>	35
<i>Figura 8 Constitución del cable submarino.....</i>	44
<i>Figura 9 Constitución del cable subterráneo.....</i>	53
<i>Figura 10 Punto de conexión con el alimentador Primavera II.....</i>	60
<i>Figura 11 Ruta del conductor.....</i>	61
<i>Figura 12 Levantamiento hidrográfico Golfo de Guayaquil.....</i>	62
<i>Figura 13 Estructura para tendido del conductor.....</i>	63
<i>Figura 14 Forma típica de un empalme.....</i>	66
<i>Figura 15 Estación de transformación prefabricada.....</i>	71

TABLAS.

<i>Tabla 1 Quintiles de uso del GLP en los hogares del Ecuador.....</i>	21
<i>Tabla 2 Demanda máxima de alimentadores y cargabilidad de transformadores a diciembre de 2014.....</i>	26
<i>Tabla 3 Características principales del conductor submarino.....</i>	46
<i>Tabla 4 Características eléctricas del sistema de interconexión.....</i>	54
<i>Tabla 5 Características principales del conductor.....</i>	55
<i>Tabla 6 Carga instalada en una vivienda.....</i>	67
<i>Tabla 7 Estudio de carga de la vivienda.....</i>	68

RESUMEN

La Isla Santay como Humedal Ramsar, posee el paisajismo para realizar variadas posibilidades turísticas y recreativas como: observación de aves, caminatas, pesca y manejo de embarcaciones, proporcionando ingresos económicos a la población.

Con el programa de cocción eficiente que esta llevando a cabo el Gobierno Nacional y con el impulso del cambio de la matriz productiva, es necesario que estos pueblos del Ecuador se integren a este proceso proveyéndoles de los insumos necesarios como lo es el servicio eléctrico confiable y constante, es por eso que el objeto de este proyecto es conectar a la isla con el continente mediante un cable subterráneo – submarino para suplir la demanda eléctrica generada por el cambio de las cocinas a gas por las de inducción.

ABSTRACT

Santay Island as Ramsar wetland has a varied landscaping for tourism and recreational opportunities such as bird watching, hiking, fishing and boat handling, providing economic incomes to the population.

With the efficient cooking program that is conducting by the National Government and the impulse of the change of the productive matrix, it is necessary that these villages of Ecuador being integrated into this process by providing them with the necessary inputs such as the reliable and constant electric service, is this why the aim of this project is to connect the island to the mainland by an underground – submarine cable to supply the demand of electricity generated by the change of gas stoves by induction.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación:

La isla Santay se encuentra ubicada frente a la ciudad de Guayaquil en el río Guayas, es uno de los humedales mas grandes del Ecuador, con 2000 hectáreas de terreno, la isla alberga a 56 familias distribuidas en las viviendas de la eco aldea.

Dentro de la eco aldea existen casas que cuentan con todos los servicios básicos como agua y energía eléctrica que obtienen mediante el uso de paneles solares, así como también, existen pequeños negocios locales además de otras instalaciones en el lugar como son: una escuela, un centro de salud y una planta de agua potable.

Existen dos puentes peatonales que conectan a la isla con el continente el primero conecta a la isla con la ciudad de Guayaquil y el otro con la ciudad de Durán los mismos que se unen con camineras montadas a lo largo de la parte habitada de la isla, estas camineras fueron fabricadas con materiales amigables con el medio ambiente para lograr el menor impacto ambiental y visual ya que en el 20 de febrero de 2010 la isla Santay pasó a formar parte de el Sistema Nacional de Áreas Protegidas como Área Nacional de Recreación; es por eso que la isla recibe alrededor de 100.000 visitantes por mes que disfrutan del ecoturismo que ofrece, los que son una fuente ingreso económico importante para los habitantes de la eco aldea al ser consumidores de los platos típicos que allí se ofrece.

Ante la inminente crecimiento de la demanda energética por el ingreso de las cocinas a inducción, proyecto emblemático del Gobierno Nacional, es necesario que la isla se conecte directamente con el continente mediante un alimentador expreso aprovechando la oportunidad de colocar cable submarino - subterráneo que cruzará por el puente peatonal ubicado del lado de Durán puesto que este cuenta con una pequeña interrupción en su recorrido, solo al inicio, en cambio el paso peatonal que cruza por el lado de Guayaquil, se abre a mitad de camino para permitir el cruce de navíos. De este modo podremos abastecer dicha demanda energética ocasionada, al mismo tiempo que aumentará la confiabilidad del servicio.

Por ser el método de conexión subterráneo se reduce el factor contaminante al mínimo, ideal para este tipo de situaciones, llevando a la isla Santay a la altura de modernización de zonas protegidas habitadas como lo son las islas Galápagos que también de ha aplicado un tipo de conexión similar en el cruce entre la isla Santa Cruz y Baltra con cable submarino a 34.5 kV.

1.2 Planteamiento del problema

Ya que actualmente la isla se abastece de energía eléctrica gracias al uso de paneles solares que se encuentran instalados en el sitio, energía que es distribuida a las viviendas de la comunidad, la cual ante el crecimiento inmediato de la carga por el ingreso de las cocinas de inducción, la nueva demanda no será satisfecha de manera efectiva. Como antecedente a este proyecto podemos mostrar que existen ciertos lugares en los que se practica este mismo de generación fotovoltaica de energía eléctrica en el Ecuador, como lo es en las islas Galápagos y el claro ejemplo

es en la isla Puná; en la que ciertas poblaciones se abastecen con este mismo tipo de generación la cual no es suficiente para satisfacer la carga que se ha incorporado. Es por este motivo que en Puná se esta buscando una forma alternativa de proveer de energía eléctrica a estos abonados de forma confiable y continua ya sea con un cable submarino que la conecte con el continente o bien mediante la ampliación del parque generador que actualmente se encuentra instalado en la isla.

Dentro de la isla Santay por ser un área protegida por los diferentes organismos ambientalistas en Ecuador no se puede instalar un grupo generador a diesel, por el nivel de contaminación que estos producen.

El mantenimiento de este sistema actual de generación de energía eléctrica en la isla Santay es de un costo elevado al ser una tecnología que recién se esta incorporando dentro del país además de contemplar el reemplazo de paneles, acumuladores de energía, cargadores y rectificadores.

Es por este motivo que se instaló paneles solares que suplan de energía a la isla los que con la nueva carga no serán capaces de contribuir con la totalidad de la energía necesaria para la comunidad. Es por eso que la propuesta de este proyecto es de abastecer mediante un alimentador expreso a los habitantes, para ofrecer un servicio de calidad y duradero.

Sin lugar a dudas, la energía eléctrica hoy en día forma un papel importante para el desarrollo social de los pueblos, además de ser un recurso indispensable para la

satisfacción de necesidades es un impulso a la inclusión de comodidades que con el paso del tiempo se van volviendo imprescindibles en cada hogar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Suplir la demanda energética de la isla con un sistema eléctrico que sea seguro, flexible y confiable.

1.3.2 Objetivos específicos

Satisfacer la demanda energética de cada vivienda y local comercial generado por el futuro incremento de carga en la zona.

Servir eléctricamente a la isla de forma confiable y segura para los pobladores y para el medio ambiente.

Satisfacer futuras ampliaciones de carga diferentes a las cocinas de inducción.

1.4 Tipo de Investigación

Durante este proyecto llevaremos a cabo una investigación de campo de forma que en el transcurso de la misma se procede a recolectar datos directamente de objetos investigados, así como el uso de datos secundarios a partir de los cuales se construye de cierta forma el marco teórico. Este tipo de investigación puede usarse a

nivel exploratorio, descriptivo y explicativo; así como también puede ser extensiva cuando se realizan muestras de poblaciones enteras e intensiva cuando se concentra en casos particulares sin la posibilidad de generar los resultados.

De otra forma podemos concluir que este tipo o método de investigación necesita de la recolección de datos para obtener los resultados que se buscan.

1.5 Metodología.

Se empleara las herramientas necesarias para medir o registrar datos del campo de la investigación ya sea con registros o proyecciones de ingeniería de construcción eléctrica aplicadas en el sitio o ya sea por la obtención en sitio de los datos necesarios.

1.6 Hipótesis.

Debido al incremento de carga eléctrica en la isla Santay debido a la inserción de las cocinas de inducción, por lo que es necesario el diseño de un modelo de conexión con el continente para satisfacer la demanda generada por este evento.

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE CADA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

2.1 Introducción.

Siendo sistema eléctrico de potencia el conjunto de centrales generadoras, estaciones subestaciones de distribución y transformación líneas y receptores que están eléctricamente unidos; la misión fundamental del mismo es hacer llegar a todos los abonados conectados a dicho sistema la energía eléctrica necesaria.

Podríamos decir entonces que la misión del sistema eléctrico de potencia se puede dar en los siguientes objetivos:

1. Generar energía eléctrica en cantidades suficientes y en los lugares adecuados;
2. Transmitir esta energía eléctrica en forma de grandes bloques de los centros de consumo y;
3. Distribuir la energía eléctrica a los consumidores individuales, en la forma más adecuada y con el mínimo costo posible.

Para cumplir estos objetivos se deberá observar los siguientes criterios de diseño:

1. Poder suministrar energía eléctrica en cualquier lugar que se necesite dentro de su área de servicio;
2. Ser capaz de suministrar las cargas variables de potencia; y,
3. El suministro de energía eléctrica deberá cumplir con unos requerimientos mínimos de calidad, tales como: frecuencia y tensión constantes y una alta confiabilidad de servicio.

Resumiendo partes fundamentales de un sistema eléctrico de potencia son: Generación, Transmisión y Distribución.

El sistema de Distribución, será el encargado de entregar la energía eléctrica desde las subestaciones principales hasta los consumidores, a los niveles de tensión requeridos y en las condiciones de regularidad exigidos por los abonados.

Un aspecto importante de la distribución, son las interrupciones de servicio; en los sectores residenciales se aceptan interrupciones de corta duración y poco frecuentes; mientras que los consumidores Comerciales, Industriales, Hospitales, Teatros y Edificios Públicos requiere de un servicio continuo.

Al proyectar un sistema de distribución, debemos tener en cuenta los principios de máxima economía y óptimas características técnicas, estableciéndose para ello las siguientes bases:

- El servicio, también máxima carga como en cargas pequeñas, no deben representar esfuerzos inadmisibles para ningún elemento de la instalación;
- El planeamiento de los conductores, deberán realizarse cuidadosamente, a fin de evitar sobrecargas y tener posibilidades de servicio, de acuerdo con el aumento progresivo de la carga; es decir, existirá un margen de sobredimensionamiento.
- El sistema debe ser diseñado para permitir ampliaciones o expansiones sin alterar las características generales de las construcciones existentes;
- El diseño se realizará con elementos que permiten una mayor aprovechamiento durante una máxima vida útil; y,
- Las averías deberán perjudicar lo menos posible al servicio de la red, sin interrumpir el abastecimiento de los usuarios sino en forma condicionada y breve.

2.2 Constitución.

Un sistema de distribución típico, está constituido de las siguientes partes:

1. Subestación principal;
2. Sistemas de subtransmisión;
3. Subestaciones de distribución;
4. Circuitos o alimentadores primarios;
5. Transformadores de distribución;

6. Circuito o alimentadores secundarios; y,
7. Acometidas.

2.2.1. Subestación principal: Es la parte de un sistema de distribución, que se encarga de reducir el voltaje utilizado en las líneas de transmisión, a los niveles de tensión que se requieren en los circuitos de subtransmisión.

2.2.2. Sistemas de subtransmisión: son aquellos circuitos que trabajan a una tensión de 69 kV, con transportando la energía hasta las subestaciones de distribución.

2.2.3. Subestaciones de distribución: Transforman la energía a una tensión más baja, para la distribución parcial, regular la tensión aplicada a los centros de carga; el nivel de voltaje está comprendido entre 13.8, 22, y 34.5 kV.

2.2.4. Circuitos o alimentadores primarios: llamados también red primaria de distribución o red de media tensión; suministran la energía a un sector delimitado completamente.

2.2.5. Transformadores de distribución: convierten energía de los alimentadores primarios, a la tensión de servicio para los usuarios (220 V); los transformadores van montados en postes, cabinas o sótanos cerca de los usuarios.

2.2.6. Cuentos o alimentadores secundarios: se le llama también red secundaria de distribución de baja tensión; estos circuitos son los que transportan la energía a lo largo de las calles, hasta la proximidad de los abonados; y,

2.2.7. Acometidas: se denominan así a las conexiones que van desde las cajas, postes o pozos de empalme hasta las cajas de los contadores de energía de los usuarios.

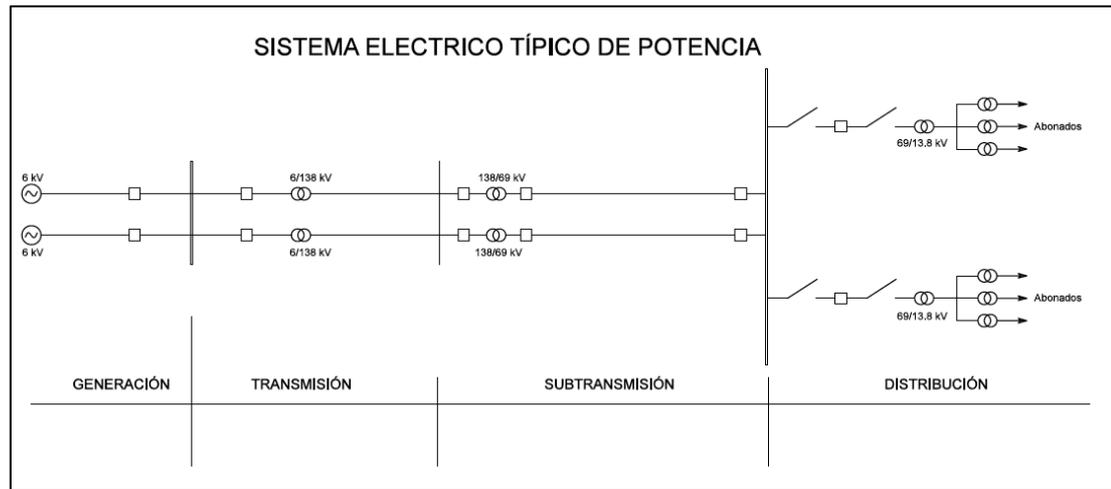


Figura 1 Sistema Eléctrico Típico de Potencia
Fuente: Autor

Se debe indicar que algunas de las partes nombradas, no siempre son indispensables sistema de distribución, pudiendo omitirse alguna vez. Un ejemplo de esto es la subestación de la fábrica de Coca-Cola del sistema eléctrico de la Eléctrica de Guayaquil, cuando no existen los circuitos secundarios; es decir, el caso en que la acometida un usuario sea en alta tensión.

2.3 Clasificación.

Existen algunos criterios para explicar los sistemas de distribución, los más usuales son:

- Por la forma constructiva: por aéreos y subterráneos;
- Por la clase de corriente: corriente alterna y de corriente continua;
- Por la tensión: Baja tensión (220/127 V; 240/120 V) y Media tensión (13.8, 22, 34.5 kV).
- Por la forma de conexión: anillo, radial o mallado.
- Por el carácter de servicio: de alumbrado, comercial y residencial.
- Por el número de conductores: de dos hilos, trifilar, tetrafilar, etc.

CAPÍTULO 3

ESTUDIO COMPARATIVO DE CADA UNO DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

Como se ha visto en el punto anterior, existen muchos criterios para clasificar a los sistemas de Distribución; sería demasiado largo hacer una comparación de todos, razón por la cual se ha restringido únicamente a los que interesen por el análisis de este tema tratado y, que son:

- Por la forma de conexión; y,
- Por la forma de construcción.

Por la forma de conexión, los sistemas de Distribución pueden ser: Radial, en Anillo o Mallado:

3.1.Sistema radial: Un sistema radial toma la energía de las barras de media tensión en una subestación o, los bornes de baja tensión de un transformador, llevándola hasta los primarios de los transformadores de distribución o a las cajas de acometida de los usuarios.

El sistema radial es la forma más sencilla y de menor costo inicial sin embargo no se emplea con carácter general, debido a que en caso de averías queda interrumpida una amplia zona del circuito; frente a esto tenemos sus ventajas, como la de ser un

sistema funcional claro, de protecciones sencillas y pocos dispositivos de distribución.

En las redes de media tensión cada salida tiene fusible, seccionadores y disyuntores.

Muchas veces se diseñan circuitos de alimentadores radiales en alta tensión con un circuito de emergencia, existiendo en la subestaciones conmutadores que pueden ser automáticos o manuales, enclavados mutuamente para la transferencia al circuito de emergencia, en caso de falla del circuito formal. Esta solución obliga a tener una considerable capacidad en reserva, pero a pesar de todo no evita interrupciones en el servicio, aunque estas son de corta duración.

Además, las corrientes siguen forzosamente el recorrido prescrito por la estructura de la red, no pudiendo repartirse por varios conductores como en otros esquemas; resultado de esto es que las pérdidas y caídas de tensión son considerables. En la Figura 2 se representa un esquema de Distribución radial.

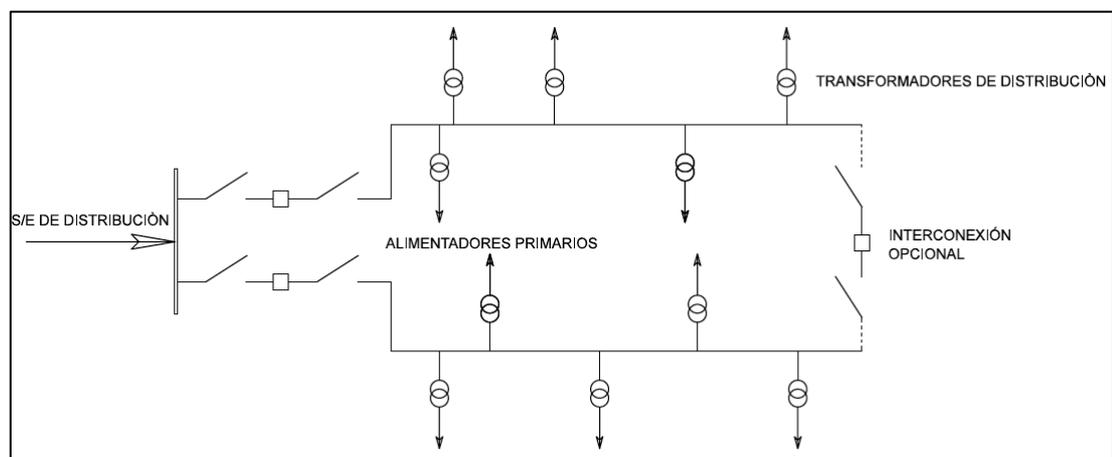


Figura 2 Esquema de un sistema de Distribución Radial
Fuente: Autor

3.2.Sistema en anillo: En los sistemas de distribución en anillo, el sistema puede mantenerse sin interrupción, incluso con averías de las líneas individuales; el equipo a utilizarse tendrá la capacidad de reserva suficiente para evitar sobrecargas cuando se produzcan las fallas.

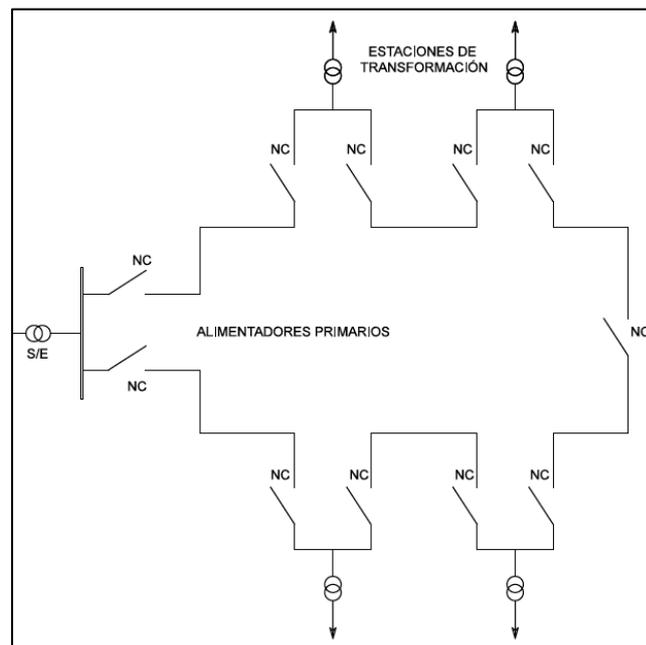
En las líneas, al ser alimentadas desde dos lados, las corrientes se distribuyen por ambos lados; como consecuencia las pérdidas son menores y se tiene una reducción de las caídas de tensión.

Al producirse una avería en un tramo de línea, los dispositivos de protección y maniobras de los extremos de dicho tramo separan al mismo del resto de la línea, quedando entonces el sistema dividido en dos redes radiales. Con esta disposición de los circuitos, se constituye en realidad un anillo sub divisible. De ser posible los dos alimentadores seguirán trayectorias diferentes, para que caso de falla, se pueda tener fácil maniobra y realizar las reparaciones en uno de ellos.

Se emplean líneas en anillo principalmente en redes de distribución de media y alta tensión, usándose sin embargo en redes de baja tensión como una etapa previa alguna interconexión o enmallamiento.

En general el sistema en anillo presenta una continuidad del servicio y una regulación mejor que las de un sistema radial, además las pérdidas y las caídas de

tensión disminuyen notablemente. Las ventajas con respecto al sistema radial serán notorias en distancias grandes y con elevadas cargas.



*Figura 3 Esquema de un sistema de Distribución en Anillo
Fuente: Autor*

3.3.Sistema mallado o interconectado: éste sistema tiene una gran ventaja sobre los citados anteriormente, es la de proporcionar una gran seguridad de servicio, especialmente cuando la energía proviene de dos o más centros de producción. Se consigue además una reducción en las pérdidas y se presenta una gran posibilidad de ampliación. Sin embargo este sistema exige de numerosos equipos tales como disyuntores, protectores de red, etc., y la coordinación de estas protecciones resulta difícil y muy costosa. A pesar de estos inconvenientes, debido a la alta flexibilidad y en la gran seguridad de servicio, el sistema mallado o el sistema interconectado se usan cada vez más.

En las redes de baja tensión, es relativamente pequeño el número adicional de aparatos de conexión; no sucede esto en cambio en los alimentadores primarios, donde se necesitan disyuntores, protectores de red, relés direccionales, etc. Las redes deberán ser dimensionados para soportar la carga total cuando exista avería en algún tramo.

El aumento del consumo puede ser acogido con redes interconectadas, sin que haya que reforzar la mayoría de las veces las líneas, bastará establecer estaciones de transformación en los nuevos centros de carga.

Una red estará totalmente interconectada, cuando estén totalmente empalmados todos los lados de baja tensión de las estaciones, siendo estas abastecidas desde varios puntos; en cambio estará parcialmente interconectada cuando todas las estaciones están alimentadas desde un mismo punto.

Comparativamente con una red mallada, se proporciona un servicio mejor que una red en anillo, tiene una regulación de tensión más favorable y las interrupciones del servicio casi no existen. Las pérdidas son menores, debido a que:

- La energía se lleva a los centros de carga mediante alimentadores de pequeña longitud; y,
- En cada alimentador de corriente se divide entre los extremos.

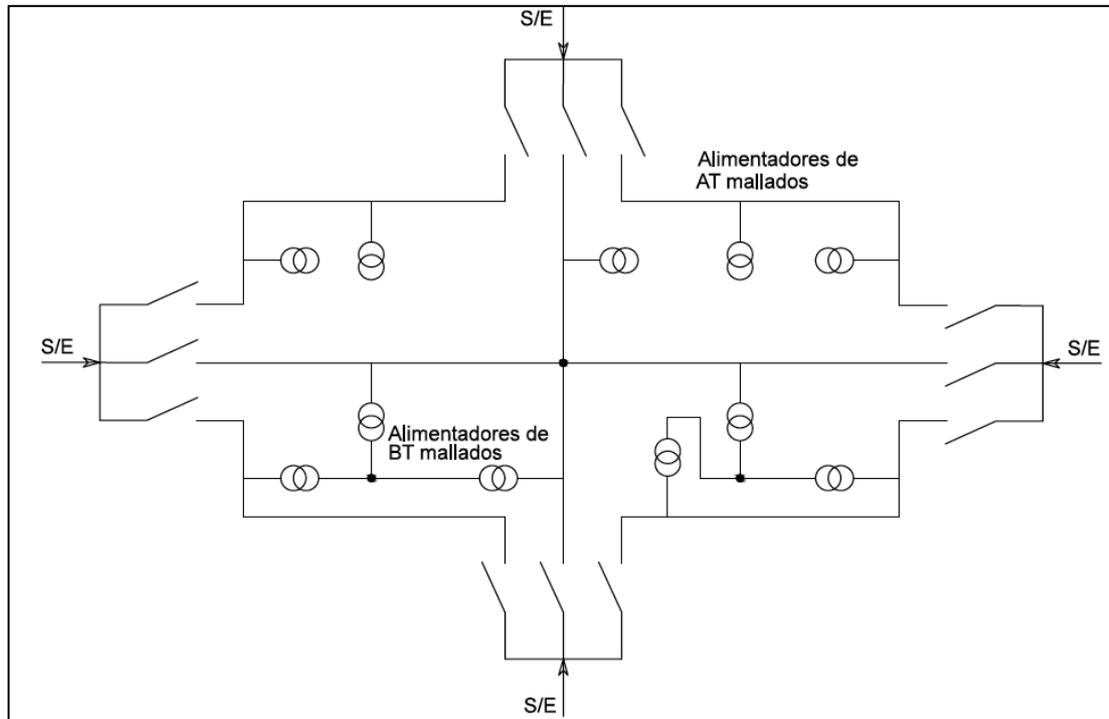


Figura 4 Esquema de un sistema de Distribución Mallado

Fuente: Autor

3.4. Por La Forma Constructiva.

Podrán ser aéreos o subterráneos. El tipo de línea se elige tomando en cuenta los siguientes puntos de vista:

- Gastos de instalación;
- Capacidad de transporte;
- Espacio de ocupación;
- Propensión a averías;
- Vida útil;
- Armonización estética con el paisaje; y,

- Gastos de conservación y mantenimiento.

3.4.1 Sistema aéreo: El uso de este sistema se ha extendido principalmente para redes de transporte y redes de distribución en zonas rurales o con densidades de carga reducidas, es recomendable en zonas que tengan amplitud de espacio y, donde el aspecto estético no se afecte.

La ubicación de fallas, mantenimiento y ampliaciones son más fáciles de realizar que una red subterránea. Entre sus inconvenientes están los siguientes: sujeción a las perturbaciones atmosféricas como lluvia, vientos, descargas eléctricas, etc. Cuando el sistema está en zonas de tránsito vehicular, pueden causar suspensiones y averías al sufrir daños (choques de automotores) en sus estructuras de apoyo. Estos inconvenientes dan como resultado que su fiabilidad y duración sean reducidos, y en consecuencia los gastos de mantenimiento sean mayores.

3.4.2 Sistema subterráneo: Éste sistema tiene una duración de su vida útil mucho mayor y un mantenimiento muy reducido. En términos generales, la calidad de servicio es mejor que en la redes aéreas, ya que tiene una confiabilidad mayor.

Las redes subterráneas se emplean debido al poco espacio que ocupa, en zonas densamente pobladas, en lugares que por su característica dispongan de poco espacio e interese mucho el aspecto estético.

Otra ventaja de este sistema es la de poder estar tendido en canalizaciones, lo que facilita realmente el mantenimiento, reparación, o cambios que se deban hacer. Como inconvenientes principales encontramos: alto costo inicial, dificultad de encontrar averías (estas se tornan permanentes) mantenimiento difícil, aunque esté resulta menos caro y frecuente que en un sistema aéreo.

CAPÍTULO 4

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL PROYECTO.

La población que se encuentra en la isla Santay, particularmente se halla ubicada en un solo sector por lo que se facilita la distribución de energía eléctrica en la isla, y así mismo es aquí donde se encuentran ubicados pequeños restaurantes y viviendas.

4.1 Estado actual.

El sistema actual con el cual se abastecen de energía eléctrica los habitantes de la isla es mediante paneles solares, los que funcionan con acumuladores y rectificadores de mínima capacidad, es decir, solo lo necesario para funcionamiento de artefactos imprescindibles en una vivienda como: refrigerador, televisor, radio, iluminación.

De acuerdo con los lineamientos que dicta el Plan Nacional del Buen Vivir (2009-2013) como especifica en la Estrategia 6.7. que refiere al Cambio de la Matriz Energética: *“El programa de sustitución de cocinas a gas por cocinas de inducción deberá ejecutarse tan pronto como exista la factibilidad de la generación eléctrica para ese plan”* (Vizhñay, 2013).

Según la investigación realizada e informes de los organismos gubernamentales correspondientes, el 96% de la demanda de gas licuado de petróleo se destina al uso doméstico y el restante 4% se usa para fines industriales. Mientras se estima que los

números reales de cómo se usa el gas en el Ecuador son los siguientes: 59% se utiliza para el uso doméstico, 11% al uso industrial y comercial, 8% esta dedicado al transporte vehicular y el **22%** al contrabando por las fronteras.

En el cuadro siguiente (Tabla 1) se muestra el uso del GLP (Gas Licuado de Petróleo) en el Ecuador en función de los estratos socioeconómicos:

Tabla 1 Quintiles de uso del GLP en los hogares del Ecuador

QUINTILES	COCINAR	NEGOCIO	VEHÍCULO	CALEFÓN	TOTAL
20 %más pobre	97.65%	2.32%	0.00%	0.03%	100%
2do. Quintil	94.04%	3.08%	2.71%	0.17%	100%
3er. Quintil	93.12%	6.11%	0.00%	0.77%	100%
4to. Quintil	92.61%	5.74%	0.00%	1.65%	100%
20 %más rico	78.03%	9.23%	0.28%	12.46%	100%
País	88.99%	6.10%	0.53%	4.39%	100%

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

En el momento que se diseñó el proyecto de generación de energía eléctrica con paneles solares dentro de las isla, se pasó por alto que la demanda se fuera a incrementar de manera inmediata por el ingreso de nuevas cargas así como también no se consideró la inserción de las cocinas de inducción; el pico de demanda que se genera en el Ecuador se registra de 18h00 a 20h00 según un estudio realizado por un funcionario de la Empres Eléctrica Regional Sur S.A. en un artículo escrito para la

revista Interconexiones en el año 2013; es por este motivo que en este periodo de ausencia de luz solar no puede funcionar el sistema de generación implantado, lo que ocasiona que la energía acumulada durante el día en el banco de baterías o acumuladores sufra un desgaste mucho mayor al previsto, agotándose la energía necesaria para su uso en horas posteriores a las mencionadas anteriormente ya que según el mismo artículo de la revista da como dato un incremento de 187.51 kWh por mes de cada hogar. Dadas estos antecedentes es necesario un esquema alternativo de suministro de energía en las horas pico o como complemento del sistema implantado como es el propuesto en este documento.

De acuerdo al artículo ya mencionado se determina que la demanda máxima de cada una de las cocinas de inducción sería de 1.81 kW para la preparación de los alimentos (desayuno, almuerzo o merienda). La capacidad instalada de la cocina de inducción es de 4.8 kW.

Asumiendo la probabilidad del simultaneidad de las cocinas de inducción del 48.9% para el desayuno, 54.4% para el almuerzo y del 61.7% para la merienda, el valor unitario de la demanda máxima sería el siguiente: 0.88 kW; 0.98 kW; y, 1.12 kW.

Dentro de los planos Anexos a este documento, es en el *Plano 1* que se muestra la forma en que las viviendas se encuentran dispuestas dentro del área protegida, y en el *Plano 2* se muestra el diagrama unifilar de cómo sería la conexión por el sector de Durán, que es como corresponde a este estudio; en el que se muestran tanto las líneas

de media tensión existentes aéreas y subterráneas con las cuales esta interconexión sería factible.

Actualmente se usan niveles de tensión de 13.8, 22, y 34.5 kV, para formar y construir alimentadoras que abastecen a la población, en este caso usaremos o nos valdremos de un alimentador a 13.8 kV ya construido como lo es el alimentador Primavera II, cuyo punto de partida es la S/E Duran Sur que es propiedad de CNEL EP Unidad de Negocio Guayas – Los Ríos y alimentará de forma radial a la comunidad.

La trayectoria del cable empieza con la conexión al alimentador antes nombrado y deberá ser con cable submarino puesto que los primeros 120 metros se instalaran por el río a fondo perdido ya que en este tramo existe el puente basculante para paso de navíos, luego mediante un empalme tripolar se conectará a un cable de similares características sujeto al puente peatonal hasta llegar a las camineras y luego a las cercanías de la Eco aldea.

En el sitio habitado será necesario la ubicación de un gabinete que contenga la estación de transformación y las protecciones básicas para este diseño. Las salidas en baja tensión hacia los abonados irán de forma radial con su respectivo contador de energía aprovechando la instalación existente.

No se considera demanda futura o crecimiento de abonados pues esta restringido el acceso a no mas habitantes que los que se encontraban en la isla.

CAPÍTULO 5

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO.

Estructura del Sistema: como se observa en el plano, se delimita completamente la zona de realización del proyecto; este estudio trata únicamente la factibilidad de servicio a los habitantes de la isla. No se considera la futura incorporación de una segunda eco aldea, de todas formas el dimensionamiento del conductor es bastante amplio para suplir el requerimiento de futuras instalaciones.

Una consideración importante para el diseño es que se tomará un modelo de conductor con fibra óptica para integración de la estación de transformación a los sistemas SCADA de CNEL EP.

Los diagramas de conexión a usarse serán:

- Radial para la Media Tensión (conexión con el continente)
- Radial para la Baja Tensión en la isla.

Como Criterios de dimensionamiento para el conductor, se deberá tomar una temperatura de máxima de funcionamiento de 75° C, y las caídas de tensión máximas del 1% y 3% respectivamente para las redes de media y baja tensión.

En lo referente a las subestación de la cual se servirá a la población, en cuanto a cargabilidad del transformador de potencia, este se encuentra al 80.53% en OA y 64.42% en el modo FA; el alimentador al cual nos interconectaremos será el

Primavera II el cual tiene una demanda máxima registrada de 3.675,55 kW según la base de datos de CNEL EP de demandas y cargabilidad (como se describe en la Tabla 2); con los que nos da la suficiente holgura para incorporar un porcentaje bastante grande de carga a este alimentador ya que generalmente los alimentadores pueden crecer hasta alcanzar los 5000 kW.

La carga de cada hogar es de 5000 W de acuerdo a un estudio realizado por CNEL EP Guayas – Los Ríos cuando se pensó servir la zona con un tipo de generación híbrida (Solar - Eólica).

Podemos tomar esta carga como punto de partida y añadir el porcentaje de carga que se muestra en el estudio realizado para la revista INTERCONEXIONES.

Tabla 2 Demanda máxima de alimentadores y cargabilidad de transformadores a diciembre de 2014

 CNEL EP - UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAS-LOS RIOS DEMANDA MAXIMA ALIMENTADORES Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DICIEMBRE											
SUBESTACION	ALIMENTADOR_ID	ALIMENTADOR	Demanda Mínima [KW]	Demanda Media [KW]	Demanda Máxima [KW]	FP	[MVA] OA	[MVA] FOA	DEMANDA MAX REGISTRADA MES (MVA)	CARGABILIDAD % OA	CARGABILIDAD % FA
01 Durán Sur	01A1	Ferías	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	20,00	15,22	97,70%	78,16%
	01A2	Vía a Tanasa	951,00	3301,00	6002,00	97,14					
	01A3	Industrias	1898,00	3940,00	6049,00	99,20					
	01A4	Comedores	724,00	2397,00	4040,00	98,91					
	01B1	Centro de Durán	926,27	3242,81	5247,49	97,63	16,00	20,00	12,61	80,53%	64,42%
	01B2	Primavera II	1668,32	2479,39	3675,55	98,78					
	01B3	Ferroviaria	1130,29	1817,81	2965,18	98,96					
02 Durán Norte	02A1	Peñon del Río	1579,00	2233,50	3806,00	98,78	16,00	20,00	16,40	103,78%	83,02%
	02A2	Primavera I	1989,00	3102,00	4813,00	98,39					
	02A3	Freno Seguro	2003,00	3352,50	4534,00	99,44					
	02A4	Dramas González	1584,00	2362,00	5381,00	94,00					
21 El Recreo	21A1	Cerro Redondo	900,00	1263,00	2182,00	88,94	12,00	16,00	11,35	98,45%	73,84%
	21A2	Recreo I - II	2133,00	3590,50	4950,00	98,21					
	21A4	Panorama	969,00	2239,50	3704,00	96,25					
	21B1	Vía a Yaguachi	1964,00	3711,00	5684,00	96,08	12,00	16,00	9,83	84,09%	63,07%
	21B2	Recreo III - V	1370,00	3309,50	5744,00	97,52					
28 Santa Martha	28A1	Tecnocalidad	816,00	816,00	816,00	-	2,50	-	0,82	32,80%	-
	28A2	Santa Martha	-	-	-	-					
TOTAL GENERAL							75	92	66	91%	74%

Nota: Proporcionado por la Dirección de Operaciones CNEL EP

En lo referente a la caseta o cabina de transformación, esta será del tipo exterior, de esta forma en el avance de este capítulo se detallará su uso y construcción.

Los circuitos internos que van hacia las viviendas también tendrán su panel respectivo, junto a la cabina de transformación.

Las normas a las que se regirá este proyecto son las impartidas por el MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable), así como también nos valdremos de las normas ANSI (American National Standards Institute), IEC (International Elctrotechnical Comission). Esta variedad es debida a que en el país existen equipos que de procedencia estadounidense, europea y china. En cuanto a las normas generales dictadas por el ex INECEL, regirán en lo que existan.

CAPÍTULO 6

DESARROLLO DEL PROYECTO.

1.7 Red de media tensión.

Se conocen como redes de media tensión a los alimentadores que conectan a las subestaciones de distribución con las estaciones transformadoras. Las tensiones que tengan dichas redes se las conoce como tensión de distribución o voltaje de distribución.

6.1.1. Voltaje de distribución.

La tensión de distribución o voltaje de distribución y la llamada clasificación de la red por su categoría, son criterios fundamentales para hacer el diseño y escoger los materiales para la red.

6.1.2. Categoría de la red.

De acuerdo con los criterios de la IEC las redes pueden clasificarse en dos categorías, las mismas que vienen dadas por la relación E_0/E , que depende del tipo de sistema eléctrico y de las disposiciones tomadas para su puesta a tierra.

- E_o : Tensión entre cada uno de los conductores y la pantalla o envoltura metálica.
- E : Tensión entre dos conductores cualquiera.

A partir de esto tenemos:

6.1.3. Redes de primera categoría.

Corresponde al sistema que permite una falla o defecto a tierra solamente de una fase durante un breve periodo de tiempo. Dicho periodo, en general, no debe sobrepasar de una hora, pero en circunstancias apreciables u cuando se utilizan cables de campo radial, dicho defecto puede durar hasta ocho horas.

El alimentador Primavera II tiene un historial de falla de 8 veces en 2014 con un tiempo fuera promedio de 1,09 horas, lo que lo hace un buen punto de partida para este proyecto.

6.1.4. Redes de segunda categoría.

Comprenden todas las redes que pueden funcionar como una fase de la tierra, más de algunas horas cada vez y, su duración anual exceda más de 100 horas.

Es de gran importancia la clasificación de la categoría de la red, la cual a su vez nos facilitará para elegir, tal como se mencionó anteriormente, los materiales y en

especial el tipo de cable a usarse. La clasificación está dada para la para el eventual funcionamiento de una fase a tierra, mas no a los valores de sobre tensiones ocasionadas por dichos defectos de las fases no afectadas. En otras palabras, no importa la distinción entre redes con neutro directamente puesto tierra y redes con neutro aislado. De esta forma las únicas redes que en la práctica podrán ser de “primera categoría” son las que tienen el neutro sólida directamente puesto a tierra, y en caso de falla entre fase y tierra el cable se desconecta rápidamente.

De acuerdo con esta clasificación y en base a los registros de suspensiones del servicio en la zona, la red para el nuevo proyecto será de PRIMERA CATEGORÍA.

6.1.5. Selección de la tensión.

Como ya se anotó en la actualidad se tiene la red de media tensión a niveles de 13.8 kV que son como recomienda el INECEL para sistemas de distribución, para objeto de este proyecto utilizaremos este nivel de tensión para transportar la energía hasta la estación de transformación, mediante un cable trifilar (tres hilos) y a una frecuencia de 60Hz.

6.2. Cables Subterráneos Para Media Tensión.

Se denomina cable en general, al conjunto formado por uno o varios conductores adecuadamente aislados, casi siempre recubiertos por uno o mas protectores; los

elementos típicos constituyentes de un cable trifásico submarino subterráneo se muestran en la Figura 5.

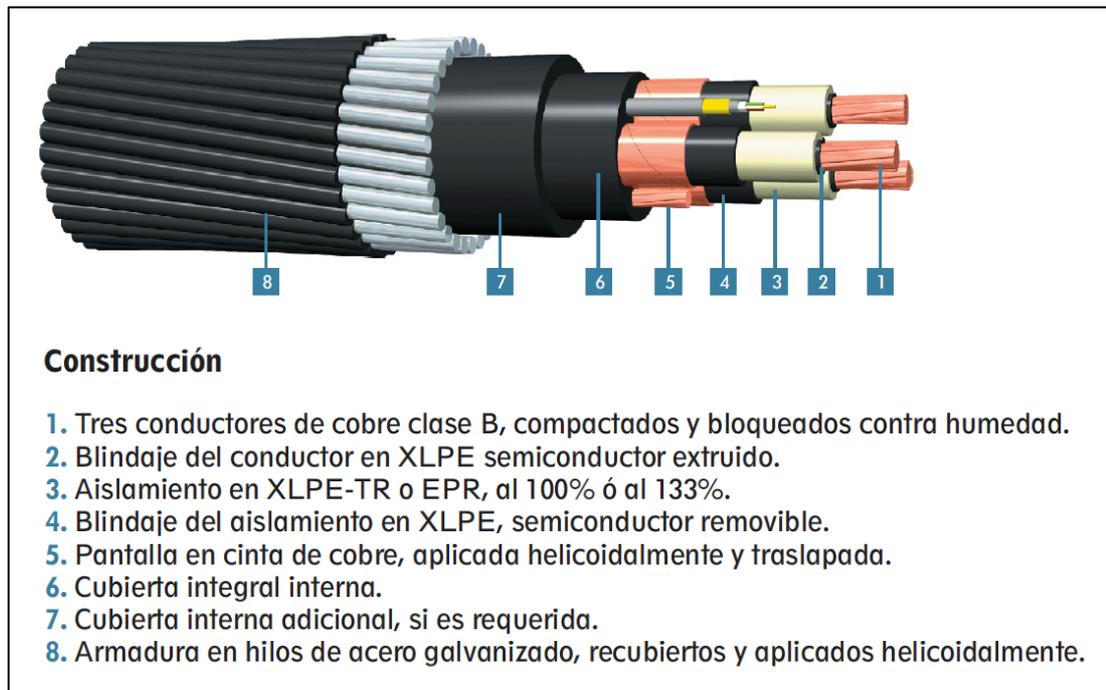


Figura 5 Detalle la construcción del conductor
Fuente: (Submarinos, 2014)

El aislamiento, el blindaje y el material de relleno constituyen los recubrimientos del cable y tienen por objeto evitar perforaciones a causa del campo eléctrico entre conductores; y, entre estos y tierra; existen además otros recubrimientos que están destinados a proteger el cable contra los esfuerzos mecánicos, efectos químicos, etc.

Para referirnos al funcionamiento del cable, definiremos antes algunos conceptos como son:

Tensión superior de la red.

Es el valor eficaz de la tensión entre conductores de línea que puede ser mantenido en las condiciones normales de explotación en todo instante en cualquier punto de la red. Excluye las variaciones temporales y transitorias de tensión debidas condiciones de defecto o a la repentina desconexión de cargas importantes.

Tensión Nominal De La Red.

Es el valor eficaz de la tensión entre conductores para la cual la red sido diseñada.

Tensión Nominal Del Cable.

Es la tensión nominal a frecuencia industrial para la cual el cable ha sido construido y a la cual debe funcionar continuamente en condiciones normales de servicio.

Grado De Aislamiento.

Es una designación tienen cuenta las características constructivas y de prueba del cable.

Nivel De Aislamiento.

Es una designación que tiene en cuenta las características constructivas y de prueba del cable en relación a posibles sobre tensiones de origen atmosférico.

Tensión De Impulso.

Es el valor de cresta de la tensión comprobada a las ondas de choque entre cada uno de los conductores y la pantalla o envoltura metálica para la cual se establecido un cable.

Por lo tanto, durante el funcionamiento del cable, éste deberá cumplir con todos los requisitos enumerados anteriormente, con lo cual se tendrá un óptimo trabajo del mismo.

Los cables subterráneos pueden ser:

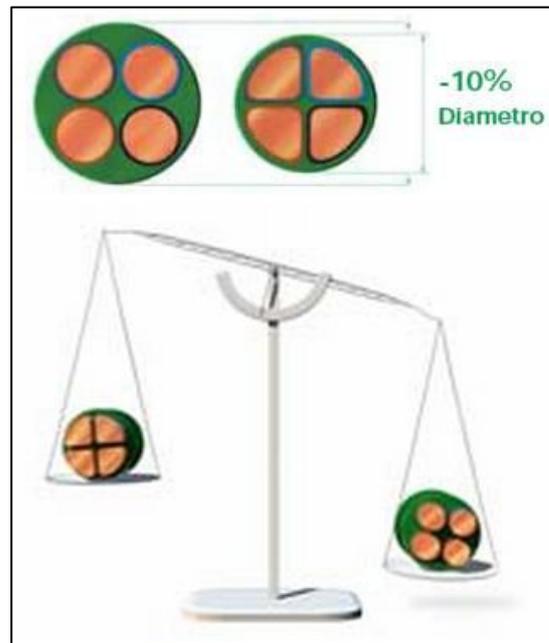
- Unipolares
- Multipolares.

Los cables unipolares están constituidos por un solo conductor que casi siempre es de sección circular con el correspondiente aislamiento y recubrimiento protector.

Los cables multipolares están constituidos por dos o más conductores independientes, incluyendo los eventuales conductores del neutro y de protección o de fibra óptica; cada uno de los conductores lleva su respectivo aislamiento, y el conjunto puede complementarse con una cintura aislante, pantallas electrostáticas y recubrimientos protectores.

En la mayoría de los casos los cables son de sección circular, pero pueden ser también de sección sectorial; éstos últimos son de menor sección y con el consiguiente ahorro del aislamiento; pero frente a esto puede tener inconvenientes de

tipo eléctrico, ya que los esfuerzos eléctricos a los que se halla sometido el cable son más elevados. **La Figura 6** nos muestra una relación de lo mencionado.



*Figura 6 Comparación cable sectorial vs cable sección circular
Fuente: (General Cable, 2014)*

En los cables unipolares las líneas de fuerza del campo electrostático tiene un campo radial, establecido entre la masa metálica del conductor y la envolvente exterior; por lo que los esfuerzos eléctricos son sólo soportados por el aislamiento. En los cables tripolares, ya no se trata de un campo de radial sino que cada línea de fuerza se descompone en dos, una perpendicular y otra tangencial al aislamiento común; esto es debido a que los potenciales existentes en cada uno de los conductores y la envoltura metálica exterior no son simultáneamente iguales.

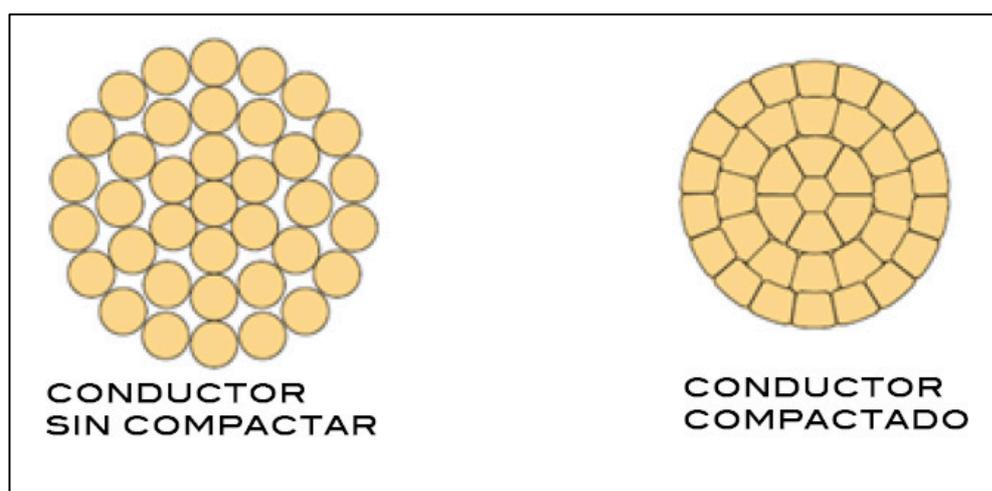
Esta es la razón para que los cables del campo no radial tengan aplicación solamente hasta tensiones de 15 kV; a partir de este valor debe procurarse que el campo sea radial para esto se han desarrollado procedimientos como el de Hochstadler. quien inventó el cable triplomo para usarse hasta tensiones de 60 kV.

6.2.1 Conductores.

Los conductores que van a ser utilizados en la construcción de cables subterráneos se obtienen mediante el cableado de hilos de cobre electrolítico recocido, o de hilos de aluminio semiduro.

Los conductores de los cables pueden ser también según su forma:

- Compactados y,
- Sin compacta; como se ve la Figura 7



*Figura 7 Forma de conductores.
Fuente: Autor*

6.2.2. Materiales Aislantes.

Los materiales aislantes que se usan cables subterráneos son muy numerosos dependiendo del grado de aislamiento requerido y de la tensión de la red; a continuación analizaremos los materiales más usados.

Aislantes secos:

- Termoplástico (PVC, Polietileno).
- Termoestables (Polietileno reticulado).
- Elastómeros (Caucho natural y sintético, etileno, propileno).

Aislantes especiales: Siliconas, Hypalón, Teflón (Politetrafluoretileno).

Entre las características de los materiales aislantes tenemos:

- Alta rigidez dieléctrica, la cual disminuye rápidamente con el aumento de temperatura.
- Bajo factor de pérdidas, con el punto de ionización por encima del valor de la tensión de servicio. En los cables, las pérdidas dieléctricas se expresan en W/km.

Entre las características y usos dados a los materiales ya citados, tenemos:

Aislantes secos: Entre los aislantes secos utilizados en los cables subterráneos, se debe hacer una distinción entre los elastómeros y plásticos; estos últimos a su vez se dividen en termoplásticos y termoestables.

Los termoplásticos se ablandan con el calor, permitiendo ser moldeados repetidas veces sin perder sus propiedades; los termoestables son plásticos únicamente en su primer moldeo.

Los elastómeros son los derivados del caucho, sea éste natural o sintético. Los materiales termoplásticos más utilizados son el policloruro de vinilo y el polietileno; ambos polímeros se obtienen a partir del cloruro de vinilo y del etileno respectivamente.

Al **policloruro de vinilo (PVC)** debido a su inestabilidad a bajas temperaturas, se le incorporan algunas sustancias aditivas para mejorarlo, de acuerdo al uso que se le vaya dar; de esta forma podrá soportar temperaturas del orden de los 90 °C – 100 °C y de ser dúctil hasta los -30 °C. Es muy resistente a los a los agentes químicos y presenta una elevada rigidez dieléctrica, aunque el factor de pérdidas es elevado; su uso es económicamente conveniente hasta tensiones del orden de los 20kV.

El **polietileno o polieteno**, soporta temperaturas entre los 50 °C a 80 °C, presenta una elevada resistencia a los ácidos; es anti higroscópico . Se usa incluso como capa de protección en los cables, en lugar del plomo; se fabrica hasta tensiones de servicio del orden de los 30 kV.

El material Termoestable mas usado es el polietileno reticulado, producto del resultado de los intentos de producir un polietileno altamente estable; se obtiene mediante un proceso muy parecido a la vulcanización.

Los Elastómeros son materiales elásticos, de origen natural o sintético, su elasticidad, que en la mayoría de los casos no tienen primitivamente, la obtienen mediante un proceso de vulcanización. Los principales Elastómeros usados en la

fabricación de cables subterráneos son: el caucho natural o el caucho sintético y el etileno propileno.

Entre los cauchos sintéticos usados en la fabricación de cables subterráneos como material aislante, encontramos al Butadieno – Estireno, cuyas propiedades son muy parecidas al caucho natural; siendo más resistentes a la abrasión y a los agentes petroquímicos, pero inferior en cuanto a resistencia de frío, resistencia mecánica, a las temperaturas elevadas y a las deformaciones.

El butadieno acrílico-nitrado, que debido a sus propiedades dieléctricas bajas, es más usado como revestimiento exterior o aislante para cables de baja tensión.

El polisobutileno – isopreno úsese solamente como revestimiento aislante, por su débil resistencia a la intemperie, solamente acompañado de cubierta de protección.

En general, los materiales elastómeros mencionados tienen un campo limitado debido a sus bajas cualidades dieléctricas en altas tensiones, ocasionando perforaciones en el aislamiento; por tales razones a estos materiales se les usa solamente hasta tensiones de 20 kV.

En otro grupo de materiales Elastómeros tenemos el: etileno-propileno, construido de una mezcla de polietileno y propileno; variando el porcentaje de los dos componentes básicos se varían las características del compuesto. Es un material nuevo de creciente uso, tanto como capa aislante, cuanto como cubierta exterior; es muy resistente a los aceites disolventes, e inflamable; pero su combustión es retardada, puede trabajar a temperaturas entre -70 a 90 °C, manteniéndose muy flexible dentro de este intervalo.

Aislantes especiales: Generalmente no se los clasifica en ninguno de los grupos anteriores, debido principalmente que son materiales nuevos, de reciente aparición en el mercado, con un costo relativamente elevado; pero posee excelentes cualidades mecánicas y eléctricas.

Entre los aislantes especiales más comunes tenemos:

El Polietileno sulfonado; es un Elastómero de buenas cualidades mecánicas y muy resistente a la oxidación, esencialmente es un aislante; trabaja en una gama de temperatura de -50 a 120 °C, alcanzando un servicio intermitente hasta 150 °C.

Otro magnífico aislante es el llamado caucho de silicona, que es un compuesto inorgánico en base al silicio, tiene su gama de temperatura entre -60 y 180 °C.

El politetrafluoretileno, es un termoplástico de gran estabilidad, resistente a los agentes químicos, anula la absorción de la humedad, abarca una gama de temperatura entre -57 y 325 °C es un gran dieléctrico, su inconveniente es su elevado costo.

6.2.3 Protección y Cubiertas de Cables.

Los materiales de relleno de los cables, son masas que ocupan los espacios que quedan entre las almas de los conductores, una vez cableados y sirven para dar forma cilíndrica al cable y proveer aislamiento adicional.

En los cables aislados con elastómeros o con plásticos, normalmente acostumbran a estar formados por masas de los mismos materiales que constituyen el aislamiento de los conductores o simplemente también por cordones de los mismo materiales que el aislamiento, y debidamente emplazados ocupan los espacios entre las almas.

Las pantallas de los cables subterráneos de campo radial, están constituidas por una fina capa conductora o semiconductor, aplicada en estrecho contacto con la superficie del aislamiento individual de cada conductor.

Generalmente, están constituidas por una o mas cintas metálicas, otras veces se disponen de papeles metalizados, grafitados, etc. Las pantallas pueden disponerse:

- Sobre el conductor y el aislamiento.
- Sobre el aislamiento de cada alma.
- Sobre el conjunto de almas apantalladas reunidas.

En los cable subterráneos aislados con materiales higroscópicos debe evitarse la entrada de humedad a los aislamientos, ya que perderían sus cualidades dieléctricas; para ello se dispone de envolturas metálicas sobre los aislamientos de las almas y sobre la cintura aislante, las cuales están constituidas por materiales resistentes a la humedad. Un ejemplo de estos materiales son el polietileno, el caucho vulcanizado, etc.

Las envolturas metálicas de extrusión consisten en un tubo continuo sin costura, de espesor uniforme. Generalmente se usan tubos de aleación de plomo con otros metales, con el fin de aumentar la resistencia mecánica.

Moderadamente se usan tubos de aluminio puro, para dar mayor ligereza y resistencia mecánica; pero su inconveniente es que resulta difícil su compresión sobre el material aislante.

Las envolturas metálicas con soldadura longitudinal se obtienen por soldadura de los bordes coincidentes de un fleje formado por un tubo, el cual puede ser armado, de aluminio o cobre.

Las armaduras son elementales de protección mecánica de cable; sobre la envoltura se arrollan helicoidalmente cintas de papel aceitado para proteger de la corrosión, y sobre esta aplican el asiento de armadura que puede ser una capa de fibras impregnadas con alquitranes. Sobre el asiento de la armadura se coloca la armadura propiamente dicha, la cual puede estar constituida por:

- Flejes de hierro, previamente alquitranados en caliente y enrollados en hélice cubriendo los espacios libres que deja la primera.
- Hilos de hierro galvanizado, aplicados helicoidalmente para que el cable quede totalmente recubierto.
- Pletinas de hierro aplicadas helicoidalmente.

La armadura se encuentra dentro de un campo de dispersión magnética de los conductores, por lo que aparecerán pérdidas por histéresis y por corrientes parasitas. En cables multipolares no tienen mayor importancia, ya que los campos magnéticos de los conductores actúa independientemente provocando pérdidas magnéticas inadmisibles y el calentamiento de la armadura; por esta razón, los cables unipolares deben llevar armaduras de materiales no magnéticos como el bronce endurecido o metal ligero.

La protección del cable contra el ataque de roedores es muy importante, esta se consigue con la aplicación de una lamina mecánica al cable.

Las cubiertas, no tienen función esencialmente eléctrica, sino que protegen contra la corrosión y agentes químicos. Algunas veces se emplean cables sin recubrimiento protectores, es decir acabados en las envolturas metálicas; esto es posible cuando dicha envoltura es de tubo de plomo; aunque siempre es aconsejable recubrir al cable con otras cubiertas protectoras, entre ellas tenemos:

- Recubrimientos protectores para cables sin armar.
- Recubrimientos protectores para cables armados.

Los primeros son cintas de papel aceitado sobre envoltura metálica, aunque también pueden ser fundas de material termoplástico.

Los recubrimientos protectores para cables armados son fibras textiles aplicadas sobre la armadura; también se pueden tener fundas de material termoplástico.

6.2.4 Selección de los Cables.

Antes de definir el tipo de cable a usar, se ha creído conveniente, realizar un pequeño resumen de las normas de identificación de cables, correspondientes a los países fabricantes de los mismos y que se encuentran disponibles en nuestro medio.

- **Aislamiento:** De las condiciones del terreno de la zona proyectada, se puede decir que existe un alto grado de humedad; la temperatura ambiental es de 25°C como promedio anual, contiene en mayor cantidad agentes corrosivos. Todos estos factores han sido considerados para escoger el tipo de aislamientos, el cual será de polietileno reticulado.
- **Conductores:** El cable será apantallado, del tipo apantallado individual, con cintas planas de aluminio.

Entre cables similares a esta tipo se tienen los siguientes:

- EPR de Okonite Co.
- XAT- EAT de General Cable
- MV-90 de Cabel

El tipo de cable a usarse en la red de alta tensión, tendrá las siguientes características:

6.2.4.1. Para el tramo submarino.

A continuación se establecen los requisitos técnicos para el diseño y fabricación de un cable submarino tripolar de cobre de aislado para media tensión (13.8 kV), incluyendo en su interior un cable de fibra óptica de 24 hilos. Dicho cable se instalará en el fondo de la orilla del río con una longitud de 175m a una profundidad máxima de 4 metros.

El tipo y características propias del cable que deben suministrarse se describen en estas especificaciones:

Características generales.

- a) El cable será tripolar aislado para una tensión de 13.8 kV.
- b) El cable debe ser apto para instalación sobre el lecho marino a una profundidad de cuatro metros.
- c) El cable debe constar como mínimo de los siguientes elementos (se aceptará mejoras técnicas justificadas).

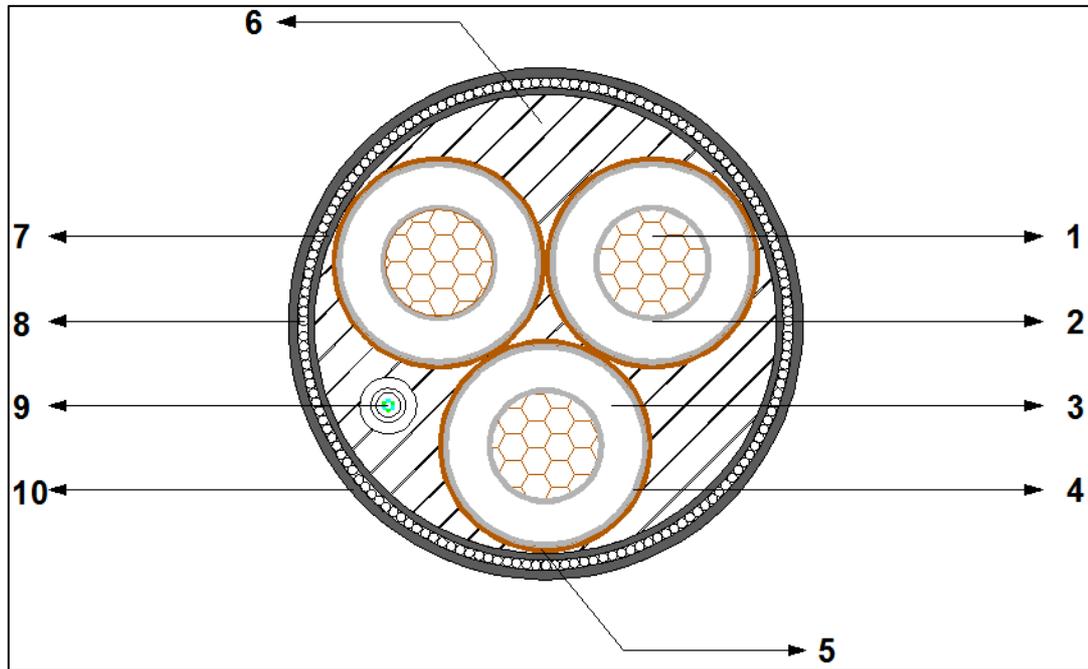


Figura 8 Constitución del cable submarino
Fuente: Transelectric EP

1. Conductor circular rígido, de varios alambres cableado, no compacto de cobre. Clase según IEC-60228.
2. Pantalla semiconductor interna, extruida y reticulada (Pantalla para el conductor).
3. Aislamiento EPR.
4. Pantalla semiconductor externa extruida y reticulada (Pantalla para el aislamiento).
5. Pantalla metálica acorde con la corriente de corto circuito.
6. Cubierta integral interna (Relleno).
7. Cubierta interior.
8. Armadura metálica de alambres de acero redondos.
9. Cable de fibra óptica de 24 hilos.

10. Chaqueta Externa (Cubierta exterior).

d) El cable deberá resistir condiciones de alta salinidad.

e) El cable debe ser embobinado en un solo tambor (carrete) de 200 metros, y ser adecuadamente empacado y protegido para evitar daños durante el transporte y manipulación.

La zona es considerada como de sismicidad muy reducida (ZONA 0) por el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (Reglamento INPRES CIRSOC 103).

La altura sobre el nivel del mar es inferior a 300 m. La precipitación máxima anual es de 310 mm. La atmósfera tiene una salinidad particularmente agresiva y característica de zonas costeras.

Dada la cercanía al mar, existe un alta contaminación salina, por lo que se ha seleccionado el nivel de contaminación IV para el sector del proyecto, de acuerdo con la norma IEC 60071-1.

Características electromecánicas.

Los datos del cable submarino indicados a continuación son referenciales, se incluyen parámetros de las normas IEC escogidas y los cálculos correspondientes.

- **Conductor (Para cada fase).**

El conductor será de cobre, de sección circular 95 mm², no compactado y cableado de varios alambres. Clase 2 según Norma IEC 60228.

En la Tabla 3, se indican las características principales del conductor submarino.

Tabla 3 Características principales del conductor submarino

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CONDUCTOR	
Característica	Valor
Material	Cobre
Diámetro máximo	12.9 mm
Número mínimo de alambres	19
Temperatura de operación mínima	90°C
Resistencia DC máxima a 20°C	0.193 Ω/km

Fuente: Autor

- **Pantalla semiconductor interna (Pantalla del conductor, para cada fase).**

La pantalla sobre el conductor deberá estar constituida por una capa extruida de compuesto semiconductor termoestable de características compatibles con el compuesto del aislamiento y deberá adherirse al aislamiento en toda su superficie. El espesor mínimo será de 1 mm.

- **Aislamiento (Para cada fase).**

El aislamiento estará constituido por un compuesto dieléctrico extruido termoestable, Etileno Propileno (EPR), apto para una temperatura de operación normal mayor o igual a 90°C y una temperatura mínima de 250°C en caso de cortocircuitos, con un tiempo de duración de falla mínimo de 1 segundo.

El aislamiento del cable será el 100% y deberá tener un espesor mayor o igual a 8 mm, sin tener en cuenta el diámetro de la pantalla del conductor.

- **Pantalla semiconductor externa (Pantalla del Aislamiento para cada fase).**

La pantalla sobre el aislamiento tendrá las mismas características que la pantalla sobre el conductor, es decir deberá estar constituida por una capa extruida de compuesto semiconductor termoestable de características compatibles con el compuesto del aislamiento y deberá adherirse al aislamiento en toda su superficie. El espesor mínimo será de 1 mm.

La pantalla semiconductor externa será fácilmente separable del aislamiento, de tal manera que después de realizar una separación de esta pantalla, el aislamiento deberá quedar sin residuos de compuesto semiconductor.

NOTA: La aplicación de la capa semiconductor sobre el conductor, el aislamiento y la capa semiconductor sobre el aislamiento deberá realizarse mediante un proceso que evite la incrustación de cuerpos extraños entre el aislamiento y pantallas semiconductoras.

- **Pantalla Metálica (Para cada fase).**

La pantalla metálica será dimensionada para una corriente de cortocircuito simétrica de 3 kA. Las tres fases que forman el cable serán perfectamente identificables. En el anexo técnico, adjunto a los datos garantizados del proveedor, debe quedar indicado el método de identificación empleado.

- **Cubierta Integral interna (relleno).**

La cubierta integral interna deberá colocarse a manera de relleno, de tal forma que no existan intersticios entre los conductores (con sus respectivos componentes: pantallas aislamiento, etc.) y la armadura del cable.

El relleno deberá estar constituido por un material que permita al cable ser estanco al agua (cerrado al paso del agua) y que no modifique sus dimensiones con el paso del tiempo.

Se debe tener en cuenta que el material del relleno no deberá perjudicar a los demás materiales del cable.

- **Cubierta Interior.**

La cubierta interior será constituida de material termoplástico apto para una temperatura de operación normal del conductor de 90°C.

Esta cubierta deberá tener un espesor mínimo de 2 mm.

- **Armadura Metálica.**

La armadura metálica estará formada por alambres de acero galvanizado redondos, con un diámetro mínimo para cada alambre de acero, de 3.15 mm.

- **Cubierta Exterior.**

La cubierta exterior deberá estar constituida de material polietileno de alta densidad (HDPE) u otro material que garantice igual o mejor protección del cable en la superficie marina.

La chaqueta exterior tendrá un espesor mínimo de 4 mm., y deberá ser resistente a la corrosión por alta salinidad en el ambiente.

- **Cable con fibra óptica.**

Se debe incluir dentro del cable submarino un cable con 24 fibras ópticas norma ITU-T G.652 D, revisión 06/2005.

Las fibras deben estar recubiertas por capas de material resistente principalmente a la luz ultravioleta, que brinden además:

1. Protección a la fibra contra atenuación por microflexión;
2. Resistencia contra abrasiones y cortes;
3. Aumento de su fiabilidad;
4. Mejoras a la estabilidad hidrolítica;
5. Mayor resistencia mecánica a la fibra;
6. Protección contra la penetración de agua y presión;
7. Protección contra la corrosión química e hidrógeno.

Las fibras deberán ser producto de un diseño tal que no se rompan o disminuyan su resistencia mecánica, después de las vibraciones y tensiones impuestas al cable.

Cada fibra óptica deberá estar recubierta con una capa coloreada que permita su identificación de acuerdo con las normas correspondientes.

- El diseño del cable con fibra óptica deberá ser tal que proporcione a las fibras protección mecánica y térmica, así como a la penetración de agua y soporte las tensiones mecánicas, fuerzas de compresión y curvatura esperadas durante el proceso de transporte, montaje y operación.
- El cable con fibra submarina será incrustado dentro del cable submarino de 13.8 kV, mismo que se depositará en la superficie del lecho del río.
- La geometría del cable de fibra óptica y los materiales utilizados en su fabricación no deberán agregar pérdidas por micro curvatura (microbending) durante su fabricación ni en el montaje.
- Los cables con fibras ópticas solicitados deberán contener fibras ópticas mono modo construidas según la recomendación ITU-T G.652 D, revisión 06/2005, para ser usadas por sistemas de transmisión que cumplan con las recomendaciones ITU-T G.957, ITU-T G.691 e ITU-T G.692 hasta STM-64 y Modulación por Longitud de Onda (DM), por lo tanto se deberán garantizar los parámetros recomendados en las normas ITU-T G.652 D revisión 06/2005, en lo que respecta a los atributos del cable y, particularmente, a los coeficientes de dispersión cromática, atenuación y de PMD máximo de enlace (PMDQ).

Con respecto a los valores del coeficiente de atenuación máximo de la fibra cableada, los valores a cumplir no serán los indicados en dicha recomendación sino lo solicitado en los numerales de características técnicas garantizadas.

El cable deberá cumplir al menos con las siguientes características:

1. Unidad central óptica con 2 o 4 buffers.
2. Cubierta interior.
3. Chaqueta interior.
4. Armadura para protección de esfuerzos mecánicos.
5. Chaqueta exterior con mínimo de 18 mm de diámetro.
6. Los hilos de fibra deben cumplir la norma ITU-T G.652D.
7. Debe disponer de 24 hilos de fibra óptica.
8. El material de la cubierta o chaqueta externa debe ser de polietileno puro y no reciclado de alta densidad.
9. Debe tener dos hilos de rasgado que deberán estar ubicados a 180 grados entre sí
10. debajo de la cubierta externa y fácilmente distinguibles.
11. De color negro en tono homogéneo, debe proveer una protección contra los rayos UV, así como no promover el crecimiento de hongos.
12. Relleno del núcleo óptico compuesto dieléctrico taponante, homogéneo de fácil limpieza con solventes no tóxicos, o tipo seco (dry block).
13. Los hilos de fibra deben utilizar código de colores de acuerdo a la norma EIA/TIA 598.
14. Deberá tener una vida útil de mínimo 20 años.

15. Resistencia a aplastamiento mayor o igual a 300 N/cm.

6.2.4.2. Para el tramo subterráneo.

Estas especificaciones establecen los requisitos técnicos para el diseño y fabricación de cable subterráneo tripolar, de aluminio, de 120 mm² de sección, aislado para media tensión (13.8 kV).

Dicho cable se instalará directamente en una estructura debajo de las camineras.

El tipo y características propias del cable que deben suministrarse se describen en estas especificaciones:

Características generales.

- a) El cable será tripolar, aislado al 100% para una tensión de 13.8kV.
- b) El cable debe ser apto para instalación exterior y para ser directamente ubicado en estructura metálica debajo de las camineras. El sitio de ubicación del cable es una zona sin mayor circulación de vehículos.
- c) El cable debe constar como mínimo de los siguientes elementos (se aceptarán mejoras técnicas justificadas).

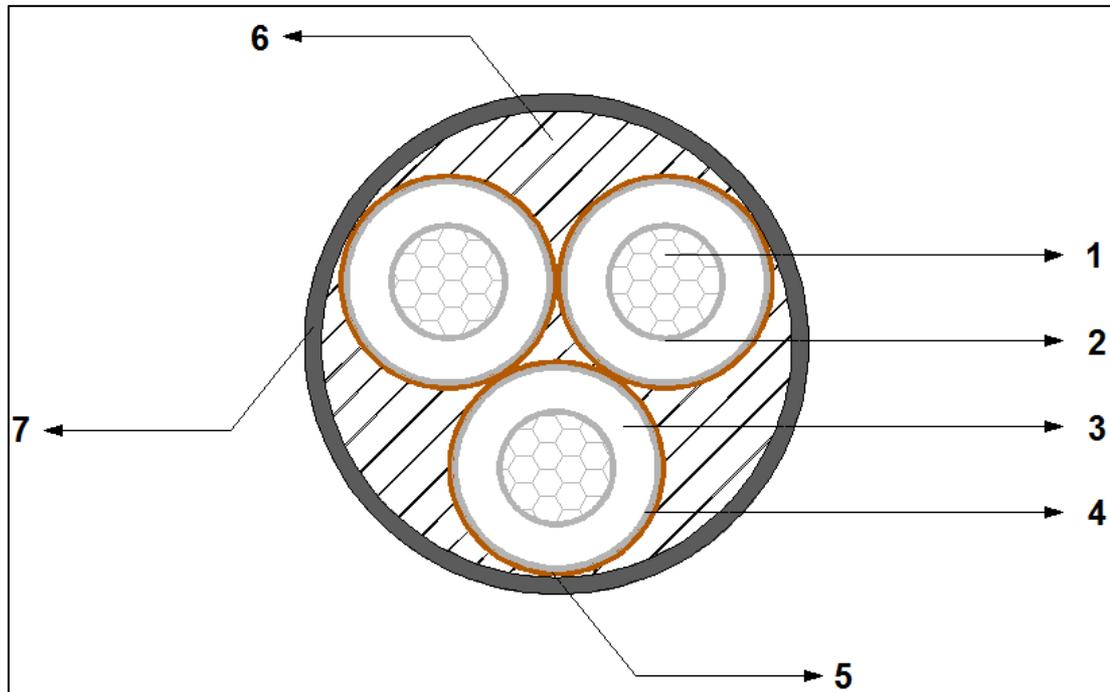


Figura 9 Constitución del cable subterráneo
Fuente: Transelectric EP

1. Conductor circular rígido, de varios alambres cableado, no compacto, de aluminio. Clase 2, según IEC-60228.
 2. Pantalla semiconductora interna, extruida y reticulada (Pantalla para el conductor).
 3. Aislamiento tipo XLPE o EPR.
 4. Pantalla semiconductora externa extruida y reticulada (Pantalla para el aislamiento).
 5. Pantalla metálica de cobre, acorde con la corriente de cortocircuito.
 6. Cubierta integral (Relleno).
 7. Chaqueta Exterior (Cubierta exterior).
- d) El cable debe resistir condiciones de clima tropical y la salinidad presente en el ambiente.

- e) El cable debe ser embobinado en un tambor (carrete) y ser adecuadamente empacado y protegido para evitar daños durante el transporte y manipulación.
- h) La longitud mínima del cable en cada carrete será de 1000 m.

La altura sobre el nivel del mar es inferior a 300 m. La precipitación máxima anual es de 310 mm. La atmósfera tiene una salinidad particularmente agresiva y característica de zonas costeras.

La zona es considerada como de sismicidad muy reducida (ZONA 0) por el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (Reglamento INPRES CIRSOC 103).

Dada la cercanía al mar, existe una alta contaminación salina, por lo que se ha seleccionado el nivel de contaminación IV para el sector del proyecto, de acuerdo con la norma IEC 60071-1.

Los parámetros generales del sistema en el que se instalará el cable subterráneo tripolar se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Características eléctricas del sistema de interconexión

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS SISTEMA DE INTERCONEXIÓN	
Característica	Valor
Tensión nominal fase-fase del sistema	13.8 kV
Máxima tensión del sistema	15 kV
Frecuencia	60 Hz
Máxima corriente de cortocircuito por falla fase-tierra	3 kA
Duración del cortocircuito	1 seg.
Tipo de sistema	Sólidamente puesto a tierra

Fuente: Autor

Características electromecánicas.

Los datos del cable submarino indicados a continuación son referenciales, se incluyen parámetros de las normas IEC escogidas y los cálculos correspondientes.

- **Conductor.**

El conductor será de aluminio, de sección circular 120 mm², no compacto y de varios alambres cableado. Clase 2 según Norma IEC 60228. Se utiliza conductor de aluminio por disposiciones del MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable) para evitar el hurto del conductor y reducir el dimensionamiento de la galería donde se reposará el conductor.

En la Tabla 5, se indican las características principales del conductor.

Tabla 5 Características principales del conductor

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CONDUCTOR	
Característica	Valor
Material	Aluminio
Diámetro máximo	14.3 mm
Número mínimo de alambres	37
Temperatura de operación mínima	90°C
Resistencia DC máxima a 20°C	0.253 Ω/km

Fuente: Autor

- **Pantalla semiconductor interna (Pantalla del conductor)**

La pantalla sobre el conductor deberá estar constituida por una capa extruida de compuesto semiconductor termoestable de características compatibles con el compuesto del aislamiento y debe adherirse al aislamiento en toda su superficie. El espesor mínimo será de 1 mm.

- **Aislamiento.**

El aislamiento estará constituido por un compuesto dieléctrico extruido termoestable, apto para una temperatura mínima de operación normal de 90°C y una temperatura mínima de 250°C en caso de cortocircuitos, con un tiempo de duración de falla de por lo menos 1 segundo.

El aislamiento del cable será al 100%, y deberá tener un espesor mínimo de 8 mm, sin tener en cuenta el diámetro de la pantalla del conductor.

- **Pantalla semiconductor externa (Pantalla del Aislamiento).**

La pantalla sobre el aislamiento tendrá las mismas características que la pantalla sobre el conductor, es decir deberá estar constituida por una capa extruida de compuesto semiconductor termoestable de características compatibles con el compuesto del aislamiento y debe adherirse al aislamiento en toda su superficie. El espesor mínimo será de 1 mm.

La pantalla semiconductor externa será fácilmente separable del aislamiento, de tal manera que después de realizar una separación de esta pantalla, el aislamiento deberá quedar sin residuos de compuesto semiconductor.

NOTA: La aplicación de la capa semiconductor sobre el conductor, el aislamiento y la capa semiconductor sobre el aislamiento deberá realizarse mediante un proceso que evite la incrustación de cuerpos extraños entre el aislamiento y pantallas semiconductoras.

- **Pantalla Metálica.**

La pantalla metálica será dimensionada para una corriente de cortocircuito simétrica de 3 kA. Las tres fases que forman el cable serán perfectamente identificables. En el anexo técnico 5 adjunto a los datos garantizados del oferente, debe quedar indicado el método de identificación empleado.

- **Cubierta Integral interna (relleno).**

La cubierta integral interna deberá colocarse a manera de relleno, de tal forma que no existan intersticios entre las fases y la cubierta exterior. El relleno deberá estar constituido por un material que permita al cable ser estanco al agua (cerrado al paso del agua) y que no modifique sus dimensiones con el paso del tiempo.

Se debe tener en cuenta que el material del relleno no deberá perjudicar a los demás materiales del cable.

- **Protección y cubierta Exterior.**

El conductor deberá disponer de protección y cubierta exterior, apta para ser directamente enterrado en un ambiente altamente contaminado, debido a la elevada presencia de sal en el ambiente. La chaqueta exterior tendrá un espesor mínimo de 4 mm., y deberá ser resistente a la corrosión por alta salinidad en el ambiente.

6.2.5. Estudio Térmico del ambiente y de los cables.

Calentamiento de los cables.

Para asegurar el funcionamiento normal de las líneas, hay que cuidar que la temperatura de los conductores de los cables, no supere los límites admisibles dados por los fabricantes. De suceder lo contrario, el aislamiento del cable en los puntos de recalentamiento, puede dañarse y perder sus cualidades, y ello a su vez conducirá a la perforación del aislamiento del cable en ese punto.

El aumento de temperatura del conductor sobre el ambiente exterior de la cubierta del plomo depende del “efecto superficial”, el número de conductores de un plano múltiple y de del diámetro exterior de la cubierta.

Se torna un poco complejo el control de la temperatura del calentamiento de los conductores debido a que estos, prácticamente son inaccesibles; por esta razón el control del calentamiento del cable en operación, se efectúa midiendo la temperatura del calentamiento de los envolventes del cable; así tenemos que la diferencia de temperatura entre el conductor y la envolvente de un cable de 6 KV es aproximadamente de 15°C , mientras que para cables de 10 KV dicha diferencia es de 20°C. En cables que son accesibles se puede realizar la mediación con termómetros ordinarios de laboratorio, fijándolos a la envolvente del cable.

En cables enterrados directamente en zanjas, la mediación debe hacerse por medio de un termopar de alambre de cobre y Constantino; fabricados especialmente para dichos usos y que se coloca durante el tendido de cables; esta medición debe hacerse en los puntos de mayor calentamiento, si las mediciones indican que la temperatura de los conductores del cable en determinados puntos, es mayor a la admisible, habrá que disminuir la carga en la línea o mejorar la refrigeración del cable en aquellos sectores que se recaliente o si es necesario, se cambiara el cable por uno de mayor sección.

1.8 Sistema de Distribución.

6.3.1 Rutas:

Como ya se mencionó anteriormente, el cable que alimentará la zona del proyecto se conectará al alimentador Primavera II de la S/E Duran Sur en la parte de la zona

del parque de la ciudadela Abel Gilbert (Durán), en la Figura 10 se muestra el punto exacto que se describe.

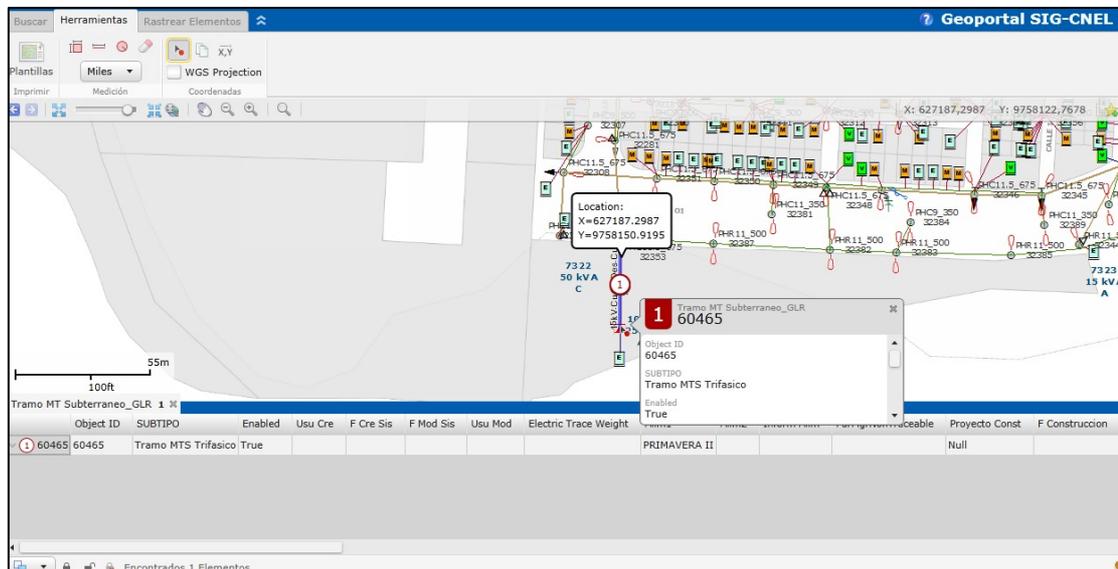


Figura 10 Punto de conexión con el alimentador Primavera II

Fuente: GEOPORTAL CNEL

Luego mediante 175 metros de cable submarino se conectará a la parte subterránea de la interconexión la cual tiene una longitud de 6.4 km y que se encontrará sujeta al paso peatonal mediante estructura metálica de soporte hasta llegar al inicio de los senderos y después igualmente, debajo de los senderos o camineras se colocará este mismo tipo de estructura metálica para llevar al conductor hasta la estación de transformación cercana a la Eco aldea. En la Figura 11 se muestra el recorrido total en color azul del conductor.



Figura 11 Ruta del conductor
Fuente: (Google Earth)

6.3.2 Tendido de cables

El tendido de los cables en su mayoría se lo hará sobre estructuras metálicas siguiendo la ruta especificada anteriormente a excepción de la primer parte que se la hará por el lecho del río a fondo perdido.

Tendido Submarino:

El tendido submarino del conductor se lo realizara con personal especializado mediante una zanja de aproximadamente un metro de profundidad en la cual se

alojará el cable mediante bombeo de agua alta presión en el lecho de la orilla, luego se recubrirá con sacos de arena para mantener el cable en su lugar. En la Figura 12 se muestra el nivel de profundidades de la zona.

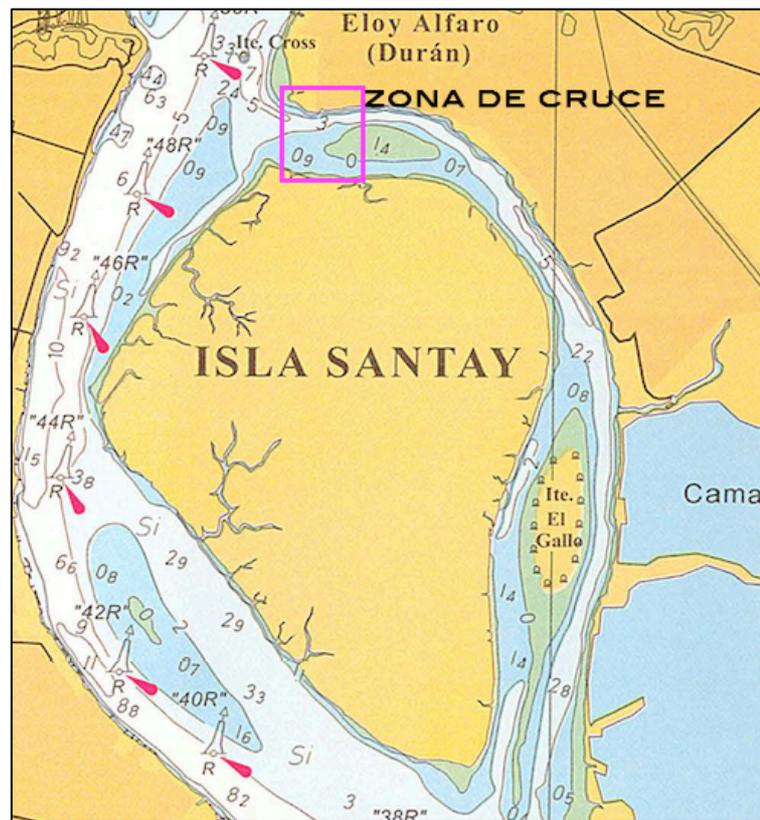


Figura 12 Levantamiento hidrográfico Golfo de Guayaquil
Fuente: (Levantamiento de cuencas hidrógraficas del Golfo de Guayaquil)

No se considera la sujeción al fondo ya que esto requiere un estudio de suelo del fondo del río detallado, así como de una batimetría del lugar; para este tipo de instalación no existe una norma definida ya que existen distintas condiciones en las cuales se instalan este tipo de conductores alrededor del mundo y la forma descrita es la mas comúnmente utilizada por su simpleza para pequeñas profundidades.

Tendido Subterráneo:

Para el tendido subterráneo se seguirá la trayectoria de las camineras en las que se sujetará la estructura metálica que alojará al conductor. La forma de la estructura metálica que contendrá al conductor se detalla a continuación en la Figura 13; el perfil metálico con el que se construirá dicha estructura es de 4 mm de espesor. Dentro de la estructura se alojará un ducto de 110 mm de diámetro que alojará al conductor.

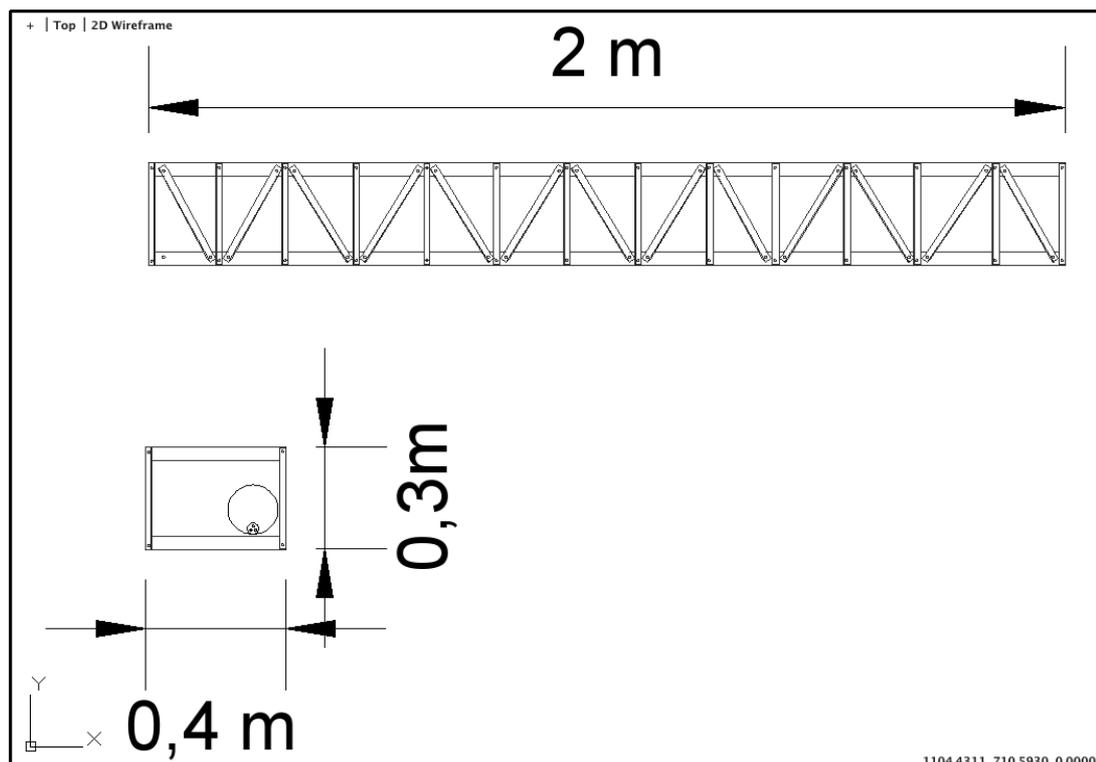


Figura 13 Estructura para tendido del conductor
Fuente: Autor

En el tendido de los cables se deberá proteger a estos contra la torsión, pandeo, tracción excesiva, presiones o curvaturas fuertes. En general el radio mínimo de

curvatura de curvatura para cables de media tensión es de 15 veces el diámetro exterior del cable.

La descarga de los carretes y su embodegado se los hará con mucho cuidado, ya que en el transcurso de estas operaciones el cable se puede deteriorar, lo que consecuentemente ocasionará fallas futuras o la destrucción del cable.

Para la descarga se usará una rampa, rodando siempre en el sentido que viene marcado en el carrete; el desenrollado del cable se efectuará de acuerdo al sentido marcado. Esta última operación puede realizarse usando caballetes por medio de un carro portador.

Los demás tramos del cable que se vayan colocando se harán de manera que coincida siempre el orden de los colores de las almas, a fin de realizar los empalmes sin necesidad de cruces.

Conforme vaya desarrollándose cable del carrete debe irse colocando enseguida en la estructura; el desenrollado será rápido y evitando la formación de bucles o golpes del cable contra el suelo.

6.3.3 Empalmes y derivaciones

Los distintos tipos de aislamiento de los cables, necesitan diferentes disposiciones en empalmes y derivaciones. Las uniones de los tramos de cable son siempre puntos muy delicados, tanto por la conexión de los conductores, como por lo que deberá constituirse en torno al conductor un aislamiento de óptima calidad, de modo que no falle la continuidad del arrollamiento exterior.

El dispositivo de empalme debe preservar la parte activa de la humedad y del contacto con el exterior del modo más escrupuloso; para ello se usan cajas de empalme, manguitos de empalme. Casi siempre los empalmes se realizan en cables de la misma sección, de ser necesario en el futuro derivar del cable principal uno más cables secundarios que generalmente son de menor sección que el primero; estas conexiones se hacen cajas de derivación.

El empalme o derivación deberá tener algunas características como son:

- La conductividad de los conductores empalmados no puede ser inferior a la de un solo conector sin empalmar, de longitud equivalente.
- El aislamiento del empalme, debe ser tan efectivo como el propio aislamiento de los conductores, conservándose por tanto las condiciones dieléctricas.
- El empalme debe ser convenientemente protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
- El empalme debe resistir esfuerzos electromecánicos provocados por un cortocircuito, así como el efecto térmico de las corrientes, tanto en estado normal como en caso de sobrecargas o cortocircuitos.

Un empalme típico, consta principalmente de una caja o manguito, relleno de pasta especial de aislante, que constituye una cubierta herméticamente cerrada para los conductores empalmados, cuyo envolvente se suelta al manguito o caja.

Los manguitos de empalme tienen distinta disposición constructiva de acuerdo con los diferentes cables, tensión, espacio.

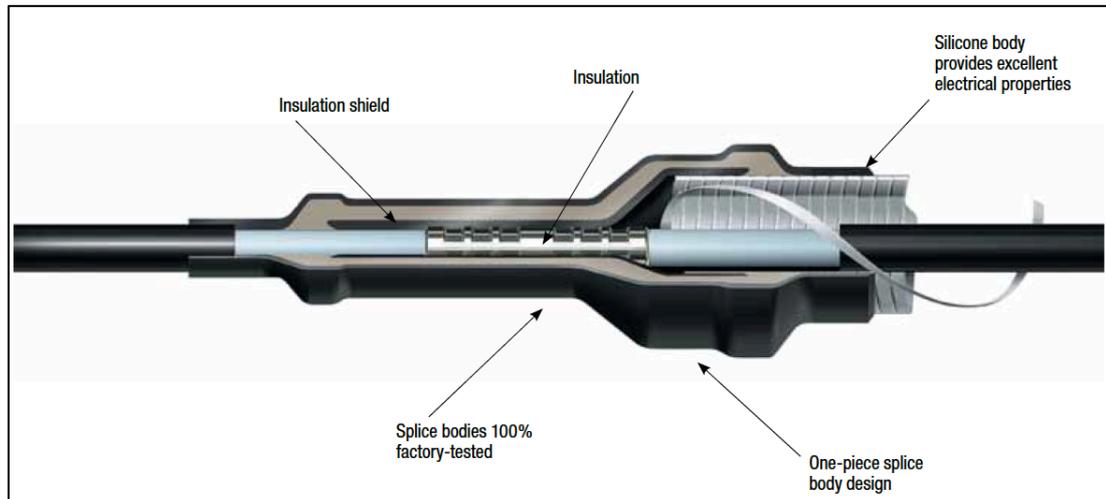


Figura 14 Forma típica de un empalme
Fuente: (3M™ Cold Shrink Silicone Rubber Splices QS-III)

En la actualidad se han introducido en el mercado manguitos de material plástico, con pasta de relleno a base de resinas epóxicas que se vierten en el interior previa su (RIOS)preparación. Existen numerosos tipos de empalme o junta que no es posible su descripción detallada pero es de anotar que los fabricantes de cables, suministran descripciones completas e instrucciones para su realización.

6.3.4 Dimensionamiento del conductor

- **Bases para el calculo**

- Sistema de corriente alterna: 60 Hz
- Tensión nominal del cable: 13.8 / 15 kV
- Tensión nominal de la red: 13.8 kV
- Sistema trifásico trifilar, con el neutro sólidamente puesto a tierra en cada estación de transformación, de igual forma la envoltura del cable.

- Temperatura ambiente: 25 °C
- Ambiente húmedo
- Cables colocados en estructuras
- Potencia total de la zona a servir:

Tabla 6 Carga instalada en una vivienda

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	
Luz de Techo	10	80	800
Lámpara pie	2	60	120
Lámpara de mesa	2	40	80
Radio	1	100	100
T.V.	1	300	300
Patio	1	60	60
Cocina de Inducción	1	2400	2400
Refrigerador	1	240	240
Licuadaora	1	300	300
Microonda	1	800	800
Lámpara de noche	2	50	100
Ventilador	2	120	240
Plancha	1	1000	1000
Cafetera	1	800	800
		Total	7340

Fuente: Autor

Tabla 7 Estudio de carga de la vivienda

CARGA	#	TENSION	POT.	FACT.	In.	POT.	FACTOR	KVA.
	FASES	(Voltios)	(VATIOS)	POT.	(A)	(KVA)	DEMANDA	MAX
Luz de Techo	1F,2C	120	800	0,95	7,02	0,84	0,21	0,18
Lampara pie	1F,2C	120	120	0,95	1,05	0,13	0,17	0,02
Lapara de mesa	1F,2C	120	80	0,95	0,70	0,08	0,13	0,01
Radio	1F,2C	120	100	0,95	0,88	0,11	0,33	0,04
T.V.	1F,2C	120	300	0,95	2,63	0,32	0,25	0,08
Patio	1F,2C	120	60	0,95	0,53	0,06	0,21	0,01
Cocina de Induccion	2F,3C	220	2400	0,95	11,48	2,53	0,50	1,26
Refrigerador	1F,2C	120	240	0,95	2,11	0,25	1,00	0,25
Licuadaora	1F,2C	120	300	0,95	2,63	0,32	0,01	0,003
Microonda	1F,2C	120	800	0,95	7,02	0,84	0,01	0,01
Lampara de noche	1F,2C	120	100	0,95	0,88	0,11	0,08	0,01
Plancha	1F,2C	120	1000	0,95	8,77	1,05	0,08	0,09
Cafetera	1F,2C	120	800	0,95	7,02	0,84	0,01	0,01
Ventilador	1F,2C	120	240	0,95	2,11	0,25	0,42	0,11
Potencia Instalada:		7340		Total: 2,07 Factor de coincidencia: 0,80 DEMANDA MAXIMA TDC: 1,66				

Fuente: Autor

Donde los datos se obtienen de la siguiente forma:

$$P = V.I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

Ahora bien el factor de demanda deberá adicionarse el alumbrado publico, que de acuerdo a la nueva normativa del MEER, se deberá colocar una luminaria cada 35 metros, da como resultado que podemos disponer de 11 luminarias de Sodio de 100W lo que nos da una potencia de alumbrado publico en la zona de 1100W. Entonces para calcular la incidencia del alumbrado en el cálculo podemos partir de lo siguiente:

Potencia Instalada de Alumbrado en kVA = $1100/0.95/1000 = 1,16$ kVA

P.SAPG = Potencia instalada de alumbrado (kVA) x factor de demanda de
alumbrado.

$$P.SAPG = 1,16 \text{ kVA} \times 0.5$$

$$P = 0,58 \text{ kVA}$$

Ahora para determinar la demanda máxima producida por las viviendas procedemos a realizar la siguiente operación:

Demanda máxima de las viviendas = # de casas x demanda máxima unitaria

$$\text{Demanda máxima de las viviendas} = 56 (1,66 \text{ kVA})$$

$$\text{Demanda máxima de las viviendas} = 92,75 \text{ kVA}$$

Ahora sumando la potencia del alumbrado mas la de las viviendas tenemos:

$$\text{Demanda Máxima del Sistema} = 92,75 \text{ kVA} + 0,58 \text{ kVA}$$

$$\text{Demanda Máxima del Sistema} = 93.3 \text{ kVA}$$

- Cable tripolar
- Conductores de aluminio y cobre
- Aislamiento de polietileno reticulado
- Máxima caída de la tensión permisible: 1%
- Factor de reserva del alimentador (Fr): 50%

- **Selección del conductor**

- Potencia del alimentador: 93,3 kVA (P_i)
- Potencia total del alimentador: P_{ti}

$$P_{ti} = Fr \cdot P_i$$

$$P_{ti} = (0,5) \cdot (93,3) = 140 \text{ kVA}$$

Por tanto, puesto que no existe comercialmente un transformador de 140 kVA, utilizaremos el inmediato superior que sería uno de 150 kVA.

- Intensidad de corriente: I

$$I = \frac{P_{ti}}{\sqrt{3} \cdot E}$$

$$I = \frac{150 \text{ kVA}}{(1,73) \cdot (13,8)} = 6,28 \text{ A}$$

Sin embargo, para esta ocasión se ha utilizado un conductor de 95 y 120 mm² para cumplir con los estándares de fabricación y comercialización del medio; el cual corresponde a un conductor de sección comercial de 3/0 y 4/0 respectivamente con el cual lograremos satisfacer una gran cantidad de carga ya que este tiene una capacidad de 285 amperios.

Dada la carga de la aldea será necesario un transformador de distribución de 150 kVA, el mismo que se ubicará en la zona y será de esta forma, como se describe en la Figura 15, de tipo prefabricado previas especificaciones técnicas.



Figura 15 Estación de transformación prefabricada
Fuente: (ORMAZABAL)

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- El sistema eléctrico en la isla Santay quedará apto para asumir cualquier carga dentro los futuros años.
- Los ciudadanos que allí habitan tendrán una excelente confiabilidad y calidad del servicio.
- La isla se tomaría como un modelo a seguir por demás áreas protegidas que están habitadas al no producir gases de invernadero al encender una estufa, sino que se cocinará con energía limpia no contaminante.
- Se podrá ampliar la capacidad de la planta de agua potable sin ningún problema.

Recomendaciones:

- El tendido del conductor tendrá que ser de una forma ordenada y evitando la formación de bucles que comprometan la integridad del cable.
- Al llevar la fibra óptica a este sitio, se pueden instalar sistemas de monitoreo civil, de fauna, del clima, etc. O bien un sistema de internet.
- Es necesario la implementación de un re-conector para aislar fallas producidas en la isla y que pueden repercutir en el continente o viceversa.
- De ser necesario, se puede electrificar el otro lado de la isla instalando un derivador en la parte final del paso elevado.
- El calibre del conductor no podrá ser menor al especificado.

BIBLIOGRAFÍA

Vizhñay, J. P. (2013). Análisis de la incidencia del uso de cocinas eléctricas de inducción. (Ecuacier, Ed.) *Interconexiones* (83).

Submarinos, C. d. (2014). *Interamericana de Cables Venezuela*. Obtenido de Interamericana de Cables Venezuela: <http://www.interacables.com.ve>
General Cable. (2014). Obtenido de <http://www.generalcable.es/Home/tabid/345/ctl/Details/mid/2577/ItemID/1120/Default.aspx>

3M™ Cold Shrink Silicone Rubber Splices QS-III. *Catálogo*. 3M.

ORMAZABAL. Miniblock CA 443.

RIOS, C. E.-L. *SUMINISTRO DE MATERIALES, INSTALACIÓN E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE SOSTENIBILIDAD, PUESTA EN SERVICIO Y PRUEBAS DE CUNCIONAMIENTO PARA PROYECTOS DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA*.

3M. *Emplame Contráctil en Frio QS-2013-3T*. 3M.

Levantamiento de cuencas hidrógraficas del Golfo de Guayaquil. INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada).

Google Earth. Google Earth.

GLOSARIO

B

batimetría
Estudio de las profundidades oceánicas mediante el trazado de mapas de isóbatas, así como de la distribución de animales y vegetales marinos en zonas isobáticas, 62

C

constantano
Aleación formada por cobre y níquel, 59

E

estrecho
Que tiene poca anchura, 40
extruida
Masa metálica que ha sido maleada haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta, 47

F

fleje
Pieza alargada y curva de acero que, aisla o con otras, sirve para muelles o resortes, 40

G

grafitados

material impregnado con grafito, 40

H

histéresis
Fenómeno por el estado de un material depende de su historia previa. Se manifiesta por el retraso del efecto sobre la causa que lo produce, 41
Humedal Ramsar
Esta es la lista de humedales de importancia internacional como es definida por la Convenio de Ramsar para el Movimiento conservacionista y la Sostenibilidad de los humedales, reconociendo las funciones fundamentales y ecológicas de los humedales y su valor económico, cultural, científico, y recreativo., 3

S

sectoral
Conductor de sección compactada no circular, 33

Z

zanja
Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra para echar los simientos, conducir las aguas, defender sembrados o cosas semejantes, 61

ANEXOS

A continuación se describen los anexos que se adjuntan a este documento:

Anexo 1. Plano 1. Disposición de las viviendas en la isla.

Anexo 2. Plano 2. Diagrama unifilar de la conexión de la isla con el continente.

Anexo 3. Implantación y modelo de las camineras.

Anexo 4. Empalme Tripolar Contráctil en Frío™ QS-2013-3T Juego Para Realizar un Empalme de Transición.

Anexo 5. Puntas Terminales para hasta 15 kV.

Anexo 6. Hoja de datos de las puntas terminales.

Anexo 7. Derivador en media tensión.

Anexo 8. Estación de transformación prefabricada.

Anexo 9. Aceptación de especificaciones técnicas de conductor por Transelectric EP.