



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS

“PROPUESTA DE REMODELACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN PARA  
MEJORAR EL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL IPEN”

Código CTI

04030102: Modelamiento y simulación de sistemas energéticos.

Código UNESCO

3306: Ingeniería y Tecnología Eléctricas.

3306.09: Transmisión y distribución

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

Bach. CARLOS LUIS AQUINO VASQUEZ

Huancayo-Perú

2023

# tesis- CARLOS LUIS AQUINO VASQUEZ

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

17 %

FUENTES DE INTERNET

1 %

PUBLICACIONES

11 %

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	5 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3 %
3	www.ceoesp.com.co Fuente de Internet	2 %
4	www.scribd.com Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	1 %
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
8	bibing.us.es Fuente de Internet	1 %
9	oa.upm.es Fuente de Internet	

21	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Consorcio CIXUG Trabajo del estudiante	<1 %
23	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://scolarite.fmp-usmba.ac.ma">scolarite.fmp-usmba.ac.ma</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://www.minem.gob.pe">www.minem.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
29	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

**Asesor**

MSc. Joel Colonio Llacua

## **Dedicatoria**

A mi familia, quienes me apoyaron, motivaron a seguir con mis metas y sobre todo a mi linda madre quien me enseñó a luchar por mis sueños.

## **Agradecimiento**

Un gran agradecimiento a la FIEE, por brindarme una oportunidad de ser profesional, a los docentes quienes compartieron sus enseñanzas, agradecer a Dios por guiarme en mi camino.

Agradecimiento a mi asesor de tesis quien, con su paciencia, por su valiosa dirección y apoyo para seguir este camino de tesis.

Agradecimiento a mi familia por las palabras de aliento para seguir con mis metas, a mis compañeros y amigos ya que con ellos he compartido en las aulas de clases.

A todos ustedes les doy mi enorme gratitud.

## Índice

Caratula.....	I
Asesor .....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice.....	V
1 Índice de figuras .....	XI
Índice de tablas .....	XII
Resumen.....	XIII
Abstract.....	XIV
Introducción .....	15
Capítulo I Caracterización del problema .....	16
1.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2 Ubicación .....	17
1.3 Formulación del problema .....	18
1.3.1 El problema general .....	18
1.3.2 Problemas específicos.....	18

1.4	Objetivo de la investigación.....	19
1.4.1	Objetivo general.....	19
1.4.2	Objetivos específicos .....	19
1.5	Justificación.....	19
1.5.1	Justificación metodológica.....	19
1.5.2	Justificación practica.....	19
1.5.3	Justificación social .....	20
Capítulo II Marco teórico.....		21
2.1	Antecedentes .....	21
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2	Antecedentes nacionales .....	23
2.2	Bases teóricas .....	24
2.2.1	TRAZO DE LA RUTA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN. ....	24
2.2.2	SELECCIÓN DE TRAZADO DE LA LÍNEA. ....	24
2.2.3	CÁLCULO ELÉCTRICO DE LAS LINEAS DE TRANSMISIÓN.....	25
2.2.4	SUMINISTRO ELECTROMECAÁNICO.....	26
2.2.5	LÍNEA DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEA.....	26
2.2.6	LÍNEA DE TRANSMISIÓN AÉREA.....	27
2.2.7	Composición del cable XLPE.....	28
2.2.8	VERIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA .....	28

2.2.9	CAMPO ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO .....	29
2.2.10	RADIO INTERFERENCIA .....	29
2.2.11	CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	30
2.2.12	RUIDO AUDIBLE .....	30
2.2.13	Fuerza de viento en los conductores de fase y cable de guarda.....	31
2.2.14	Fuerza de viento en las cadenas .....	32
2.3	Conceptos básicos .....	33
2.4	Hipótesis.....	34
2.4.1	Hipótesis general.....	34
2.4.2	Hipótesis específicas .....	34
2.5	Variables.....	34
2.6	Operacionalización de variables.....	35
Capítulo III Metodología de la investigación .....		36
3.1	Tipo de investigación .....	36
3.2	Nivel de investigación.....	37
3.3	Diseño de la investigación.....	38
3.4	Técnica de recolección de datos.....	38
3.5	Instrumento de recolección de datos .....	38
3.6	Población.....	39
3.7	Muestra.....	39

3.8	Método de recolección de datos .....	39
3.9	Procesamiento de recolección de datos .....	39
Capítulo IV Presentación datos y resultados .....		40
4.1	Presentación de datos .....	40
4.2	Memoria descriptiva.....	41
4.2.1	Características del sistema eléctrico .....	41
4.2.2	Características de la línea de transmisión .....	41
4.2.3	Trazo de ruta de la LT. 60Kv .....	42
4.2.4	DESCRIPCIÓN DEL TRAZO DE RUTA .....	43
4.2.5	DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD.....	45
4.3	DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA.....	45
4.4	DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA AÉREA.....	46
4.5	SERVIDUMBRE .....	47
4.5.1	SERVIDUMBRE DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA .....	47
4.5.2	SERVIDUMBRE DE LA LÍNEA AÉREA .....	48
5	EQUIPAMIENTO DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA .....	48
5.1	CABLE DE POTENCIA.....	48
5.1.1	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS .....	49
5.1.2	Configuración de cables.....	49
5.1.3	CONEXIÓN DE LAS PANTALLAS DE LOS CABLES Y TERMINAL.....	50

5.1.4	TERMINAL exterior .....	51
5.2	CABLE PARA CONEXIÓN DE PANTALLA (UNIPOLAR).....	54
5.3	FIBRA OPTICA ADSS .....	55
6	EQUIPAMIENTO DE LÍNEA AÉREA .....	55
6.1	ESTRUCTURAS .....	55
6.2	CONDUCTORES .....	56
6.2.1	CONDUCTOR PRINCIPAL.....	56
6.3	Cable de fibra óptica .....	56
6.4	Aisladores y ensambles de cables .....	57
6.4.1	Aisladores .....	57
6.4.2	Accesorios del Conductor.....	57
6.4.3	Accesorios de los cables de fibra óptica .....	57
6.4.4	Puesta tierra.....	58
6.5	Prueba de hipótesis.....	59
6.5.1	Hipótesis general.....	59
6.5.2	Hipótesis específica 01 .....	61
6.5.3	Hipótesis específica 02 .....	63
6.6	Discusión de resultados.....	66
	Conclusiones.....	67
	Recomendaciones .....	68

Bibliografía .....	69
Anexo.....	70

## **Índice de figuras**

Figura 1 Ubicación de la zona de trabajo y ubicación de subestaciones .....	18
Figura 2 Composición del cable XLPE 300mm <sup>2</sup> .....	28
Figura 3 Fuerza del Viento .....	31
Figura 4 Esquema de los niveles de Investigación .....	37
Figura 5 Ubicación de la zona de trabajo y vértices principales- .....	42
Figura 6 - Detalle de canalización .....	50
Figura 7 - Detalle de conexión de pantallas .....	51
Figura 8 - Composición del terminal polimérico .....	53

## **Índice de tablas**

Tabla 1 - Ubicación del Proyecto.....	17
Tabla 2 Valores admisibles del campo eléctrico y magnético .....	29
Tabla 3 - Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido .....	30
Tabla 4 - Operacionalización de variables.....	35
Tabla 5 - Coordenadas del Trazo de Ruta LT 60 kV.....	42
Tabla 6 - Distancia de seguridad a servicios públicos .....	46
Tabla 7 – Prestaciones de las estructuras de acero galvanizado .....	55

## **Resumen**

La tesis tiene como objeto proponer remodelar del sistema de transmisión para mejorar el servicio de energía eléctrica del IPEN.

El problema de la investigación nace desde cuando se identifica que la infraestructura eléctrica del sistema de transmisión del IPEN ha superado la vida útil en particular de la LT 717, y los reportes obtenidos desde el año 2010 hasta el 2021 tenemos una media  $N=6,5$  y  $D=10,7$ , siendo N “Número de interrupciones del servicio” y D “Duración de interrupciones de servicio eléctrico”.

La presente tesis tiene una metodología, teniendo en consideración que esta investigación es una investigación del tipo aplicada y para el desarrollo se diseñó a partir de la cuasi experimentación.

Los resultados logran reducir las interrupciones del servicio de energía eléctrica entre los años 2010 al 2021. Donde se obtuvo una observación inicial, entre los años 2010 al 2021, en el número de interrupciones en el servicio de energía eléctrica (Antes), la media de 6.54. Luego al aplicar el estímulo (X1), se obtuvo una observación final, en el número de interrupciones en el servicio de energía eléctrica (Después), la media de 4.27. Esto quiere decir que aplicación de la propuesta causó un efecto significativo en la reducción de interrupciones del servicio de energía eléctrica. También se logra reducción la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica entre los años 2010 al 2021. Donde se obtuvo una observación inicial, en la duración de interrupciones en el servicio de energía eléctrica (Antes), la media de 10.72. Luego al aplicar la propuesta, se obtuvo una observación final, en la duración de interrupciones en el servicio de energía eléctrica (Después), la media de 7.00. Esto quiere decir que aplicación de la propuesta causó un efecto significativo en la reducción de la duración de interrupciones del servicio de energía eléctrica.

## **Abstract**

The purpose of this thesis is to propose the remodeling of the transmission system to improve the electrical energy service of IPEN.

The problem of the investigation arises from when it is identified that the electrical infrastructure of the IPEN transmission system has exceeded the useful life in particular of the LT 717, and the reports obtained from 2010 to 2021 have an average  $N = 6, 5$  and  $D=10.7$ , where  $N$  (Number of service interruptions) and  $D$  (Duration of electricity service interruptions).

This thesis has a methodology, taking into account that this research is an applied research type and for development it was designed from quasi-experimentation.

The results manage to reduce the interruptions of the electrical energy service between the years 2010 to 2021. Where an initial observation was obtained, between the years 2010 to 2021, in the number of interruptions in the electrical energy service (Before), the average of 6.54. Then, when applying the stimulus ( $X_1$ ), a final observation was obtained, in the number of interruptions in the electricity service (After), the mean of 4.27. This means that application of the proposal caused a significant effect in the reduction of interruptions of the electrical energy service. A reduction is also achieved in the duration of interruptions in the electrical energy service between the years 2010 and 2021. Where an initial observation was obtained, in the duration of interruptions in the electrical energy service (Before), the average of 10.72. Then, when applying the proposal, a final observation was obtained, in the duration of interruptions in the electrical energy service (After), the average of 7.00. This means that application of the proposal caused a significant effect in the reduction of the duration of interruptions of the electrical energy service.

## **Introducción**

Los sistemas eléctricos de utilización, son los más utilizados para suministrar de energía eléctrica a las industrias es por eso que se toma gran importancia el diseño, mantenimiento y remodelación de sus infraestructuras eléctricas.

La presente tesis titulada “PROPUESTA DE REMODELACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN PARA MEJORAR EL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL IPEN”, tiene importancia y se justifican en lo metodológico por los procedimientos para proponer alternativas de remodelación del sistema de transmisión, también se justifica en la práctica porque vamos a proponer una solución técnica al problema de investigación y se justifica en lo social porque va contribuir al suministro continuo de la energía ya que el IPEN contribuye con sus investigaciones a la sociedad.

El contenido de la tesis esta propuesto en cuatro capítulos, siendo el primer capítulo la presentación de la caracterización del problema de investigación, el segundo capítulo el marco teórico, el tercer capítulo la metodología de la investigación y por último el capítulo de resultados. Terminado en la presentación de las conclusiones y recomendaciones.

## **Capítulo I**

### **Caracterización del problema**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

La infraestructura eléctrica del sistema de transmisión del IPEN ha superado la vida útil en particular de la LT 717, y los reportes obtenidos desde el año 2010 hasta el 2021 tenemos una media  $N=6,5$  y  $D=10,7$ , siendo N “Número de interrupciones del servicio” y D “Duración de interrupciones de servicio eléctrico”. Por lo tanto, es necesario mejorar el servicio de energía eléctrica en el Centro Nuclear RACSO, Carabayllo Lima. Para ello plantearon considerar una instalación de una nueva celda de salida en 60 kV en la Subestación Huarangal 60 kV, el tendido de un tramo aéreo/subterráneo hasta

llegar a la estructura 34, la renovación completa del tramo entre las estructuras N°43 al N° 64 y poner en práctica un Plan de inversiones orientado a modernizar el equipamiento de la Subestación IPEN 60/10 kV – 7 MVA.

La Línea de transmisión 60kV Huarangal esta propuesta ser construida en tres tramos; un primer tramo es nuevo, se propone subterráneo a la salida de la Línea con una longitud aproximada de 500 m, por falta de espacio para instalación aérea a demás por la existencia y cruce con líneas aéreas de alta tensión en 220 kV y 60 kV. El segundo tramo aéreo comprende desde la estructura P34N – P35. Desde la estructura P35 hasta la estructura 43 (V12) la Línea es existente. El tercer tramo es nuevo, será aéreo entre los vértices V12 – V23 con una longitud aproximada de 4.3km.

La presente tesis tiene de plantear una propuesta remodelación del sistema de transmisión para mejorar el servicio de energía eléctrica del IPEN.

## 1.2 Ubicación

El proyectos e ubica:

- Departamento : Lima.
- Provincia : Lima.
- Distritos : Carabayllo, Puente Piedra

Entre las siguientes coordenadas:

*Tabla 1 - Ubicación del Proyecto*

DESCRIPCION	HUARANGAL	IPEN
Longitud	77° 02' 52"	77° 00' 48"
Latitud	11° 49' 39"	11° 48' 16"
Altitud (m.s.n.m.)	277	424



*Figura 1 Ubicación de la zona de trabajo y ubicación de subestaciones*

### **1.3 Formulación del problema**

#### **1.3.1 El problema general**

¿Cómo mejorar el servicio de energía eléctrica del IPEN?

#### **1.3.2 Problemas específicos**

¿De qué manera disminuir la cantidad de Interrupciones por año del servicio de energía eléctrica del IPEN?

¿De qué manera disminuir la duración de interrupciones por año del servicio de energía eléctrica del IPEN?

## **1.4 Objetivo de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Proponer la remodelación del sistema de transmisión para mejorar el servicio de energía eléctrica del IPEN.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Proponer la remodelación del sistema de transmisión para disminuir la cantidad de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

Proponer la remodelación del sistema de transmisión para disminuir la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

## **1.5 Justificación**

### **1.5.1 Justificación metodológica**

Se justifica en lo metodológico por los procedimientos para proponer alternativas de remodelación del sistema de transmisión.

### **1.5.2 Justificación practica**

Se justifica en la practica porque vamos a proponer una solución técnica al problema de investigación.

### **1.5.3 Justificación social**

Se justifica en lo social porque va contribuir al suministro continuo de la energía ya que el IPEN contribuye con sus investigaciones a la sociedad.

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Juan Carlos Chuncho en su título de tesis “MODERNIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN GONZANAMÁ PERTENECIENTE AL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.”. En tesis concluye “Concluye lo siguiente: En base a la digitalización, actualización de los planos de control de los interruptores y seccionadores de la subestación Gonzanamá, se

conoció la funcionalidad y características de los equipos. Asimismo, en la digitalización de los planos se permitió analizar e identificar los circuitos de protección y medición.

Se aprendió a realizar un análisis general del dimensionamiento de las protecciones, tomando en cuenta la filosofía que utiliza la empresa eléctrica y profesionales al momento de coordinar y dimensionar las protecciones”.

David Oscar Bendezú en su tesis titulada “MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LAS SUBESTACIONES DE POTENCIA PUCALLPA DE 15 MVA Y YARINACocha DE 28 MVA EN 60/10 kV”. Presenta el resumen siguiente. “Del estudio realizado se concluye que la Central Térmica Wartsila y el Sistema Eléctrico de Electro Ucayali pueden operar en paralelo con el Sistema Interconectado. Los dispositivos de protección con los que dispone la Central Térmica son de última tecnología y las recomendaciones de cambios de ajuste que se hacen son con la finalidad que las fallas que inevitablemente ocurran en las redes de media tensión no repercutan en las redes de alta tensión. En la subestación Pucallpa ante una falla entre fases en el lado de 60 kV, existirá selectividad con la protección de las salidas de 60 kV Yarinacocha siempre y cuando estén en servicio los dos interruptores en Yarinacocha. En el caso de estar en servicio un solo interruptor, se pierde la selectividad pudiendo operar al mismo tiempo la protección del lado de 60 kV de la subestación Pucallpa y la protección de las salidas de 60 kV de Yarinacocha”.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Según (García, 2020), en su tesis titulada “IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE CORRIENTE ALTERNA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS REDES DEL VALLE DE YACUS” de la Universidad Nacional de Centro del Perú, Manifiesta que el objetivo de la presente tesis es Implementar un sistema de transmisión de corriente alterna para mejorar la calidad de energía eléctrica en las redes del Valle de Yacus. Esta investigación tiene como nivel aplicativo, y como método analítico porque modela sistema eléctrico para analizar todas sus partes con la implementación de los sistemas eléctricos de transmisión. En ese sentido. El FACT mejora la capacidad de transmisión (el flujo de carga) en la línea c de un porcentaje de 61,83% a 60,22%; en la línea (3)\_d de 84,55% a 82,47% y en la SE Xauxa de 59,75% a 49,42%. También logra mejorar de los niveles de tensión en la SE Xauxa y en el punto extremo (SED E412187) de un nivel de tensión de 0,93 p.u a 0,96 p.u. Además, disminuye la presencia de los armónicos de tensión del orden 11,13,23,25,35,37, 47 y 49 en la barra de 13,2 kV.

Según (Aguilar Bonifacio & Hilario Pérez, 2015), en su tesis titulada “Propuesta de mejora en la Gestión del Mantenimiento de Subestaciones de Transmisión en una empresa de Distribución de Energía Eléctrica” de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, manifiesta que la transmisión y distribución de energía eléctrica, ha incrementado, en cantidad y duración, las interrupciones imprevistas del servicio eléctrico, cuyo impacto económico se incrementó en 66% aproximadamente respecto a años anteriores. Donde se puso en

observación al área encargada del mantenimiento de los activos de la empresa. Por lo tanto, para dar solución a este problema, se determinan las causas básicas del mismo a través de las siguientes herramientas: árbol de problemas, diagrama de Pareto y mapas de procesos. Después de ello, se propone un sistema de gestión de activos basado en el Ciclo de Deming o PHVA, apoyado por la técnica denominada Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. El plan de acción consiste en dos partes. En primer lugar, el análisis estratégico y, en segundo lugar, el desarrollo de las estrategias que involucra lo siguiente: formulación de políticas y objetivos, planeamiento de la gestión, desarrollo de estrategias de mantenimiento, y la formulación y postulación de indicadores que midan la efectividad de la solución.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 TRAZO DE LA RUTA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN.**

El desempeño electromecánico de una línea aérea que transporta energía eléctrica, queda determinado por las características meteorológicas de su zona de localización. Las variables climáticas que tiene mayor influencia en el cálculo mecánico de los elementos de las líneas son la velocidad del viento y la temperatura ambiente.

### **2.2.2 SELECCIÓN DE TRAZADO DE LA LÍNEA.**

Como principio básico el trazo de una línea eléctrica debe ser lo más recto posible.

Al determinar el trazo de ruta debe tenerse en cuenta que la línea sea fácilmente accesible para efectos de mantenimiento, evitando zonas protegidas, de cultivos altos, de alto riesgo y zonas cercanas a ríos, ciénagas y mar.

En el trazado de la línea se debe evaluar la facilidad de la construcción en sí (hincado de postes, tendido de cables), la viabilidad de las negociaciones con los propietarios de los predios y la obtención de los trámites y permisos de paso.

El diseñador debe verificar en campo y proponer al menos dos alternativas para la selección óptima de la ruta.

Al ubicar la línea en las cercanías de vías, se debe cumplir con la reglamentación vigente en el Ministerio de Energía y Minas, otros organismos reguladores respecto a los tipos de vías, tanto en su ubicación en paralelo como en los cruces obligados.

Para los trabajos de trazo de las líneas de media tensión se utilizará instrumentos topográficos de comprobada precisión, con tecnología tal que garantice la calidad del levantamiento.

### **2.2.3 CÁLCULO ELÉCTRICO DE LAS LINEAS DE TRANSMISIÓN.**

Cualquier circuito eléctrico está formado por algunos de los siguientes elementos: resistencia, inductancia, capacidad y conductancia. Con estos componentes se forman la totalidad de los sistemas eléctricos actuales, desde un simple circuito hasta los más complejos sistemas de potencia.

Es posible realizar una clasificación de los elementos eléctricos, dependiendo de la forma en que éstos influyen dentro de un sistema eléctrico. Así, se crean dos grupos diferenciados: los parámetros eléctricos longitudinales, formados por la

resistencia y la inductancia; y los parámetros eléctricos transversales, formados por la capacidad y la conductancia.

Parámetros longitudinales.

$R \Leftrightarrow$  RESISTENCIA  $\Rightarrow$  Ohmios

$L \Leftrightarrow$  INDUCTANCIA  $\Rightarrow$  Henrios

Parámetros transversales.

$C \Leftrightarrow$  CAPACIDAD  $\Rightarrow$  Faradios

$G \Leftrightarrow$  CONDUCTANCIA  $\Rightarrow$  Siemens

Existen otras magnitudes que matemáticamente sirven de nexo de unión de los parámetros anteriores, algunas de las más importantes son:

$Z=(R+jX) \Leftrightarrow$  IMPEDANCIA  $\Rightarrow$  Ohmios

$Y=(G+jB) \Leftrightarrow$  ADMITANCIA  $\Rightarrow$  Siemens

$X_L = L\omega = L2\pi f \Leftrightarrow$  REACTANCIA INDUCTIVA

$B=C\cdot\omega = C2\pi f \Leftrightarrow$  SUSCEPTANCIA.

#### **2.2.4 SUMINISTRO ELECTROMECAÁNICO**

Son todos los equipos y materiales necesarios para la ejecución de la obra proyectada, los mismos que serán definidos por su importancia y plazos de fabricación.

#### **2.2.5 LINEA DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEA**

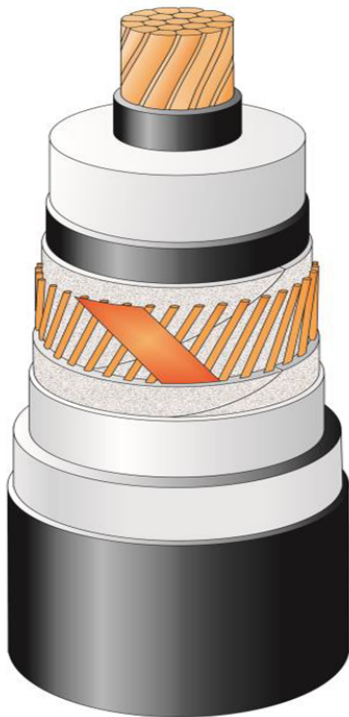
- CABLES DE ENERGIA Y CONTROL

- Suministro de Cable de energía: 3 – 1x300 mm<sup>2</sup>, XLPE – 60 KV.
  - Suministro de Cable de fibra óptica ADSS 24 hilos.
- CÁMARA DE PASO
- Suministro de puesta a tierra de las cámaras.
  - TERMINALES INTERIOR Y EXTERIOR
  - Terminal tipo exterior 60 kV en SET Huarangal de cable de 300 mm<sup>2</sup> Clase 60 kV, con caja tripolar de puesta a tierra directa.
  - Terminal tipo exterior 60 kV en poste P34N de cable de 300 mm<sup>2</sup> Clase 60 kV, con caja tripolar de puesta a tierra con SVL.

#### **2.2.6 LÍNEA DE TRANSMISIÓN AÉREA**

- ESTRUCTURAS
- Suministro de Postes metálicos.
- CABLES
- Suministro Cable aéreo AAAC 120 mm<sup>2</sup> y ferretería.
  - Suministro de cable de fibra óptica ADSS 24 hilos y ferretería.
- AISLADORES
- Suministro Aisladores poliméricos 60 kV y ferretería.

### 2.2.7 Composición del cable XLPE



1. Conductor: Cobre, segmentado, 300 mm<sup>2</sup>, obturado
2. Semiconductores interior
3. Aislamiento: XLPE, 20.6 mm de espesor como mínimo
4. Semiconductores exterior
5. Cinta obturante
6. Pantalla de hilos: Cobre, 185 mm<sup>2</sup>
7. Cinta obturante
8. Capa metálica: Cinta de aluminio adherida a la cubierta exterior
9. Cubierta exterior: HDPE (grafitada o con una capa semiconductora extruida), retardante a la llama, retardante al fuego y libre de halógeno

Figura 2 Composición del cable XLPE 300mm<sup>2</sup>

### 2.2.8 VERIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

El conductor debe garantizar una pérdida no mayor de 2.8% de la potencia nominal de 300 MVA, considerando la tensión nominal de 60 kV, un factor de potencia unitario y la temperatura promedio de la zona del proyecto.

Las pérdidas se verificarán con la siguiente fórmula:

Dónde:

$P_{nom}$  : potencia nominal (MVA)

$V_{nom}$  : tensión nominal (kV)

$R_{t^{\circ}C}$  : resistencia eléctrica total del conductor por fase, a la temperatura de  $t^{\circ}C$  y

Frecuencia de 60 Hz que corresponda a la condición de cálculo.

### 2.2.9 CAMPO ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO

Conforme al Anexo N° C.4.2 del Código Nacional de Electricidad-Utilización-2006, los valores máximos admisibles son los siguientes:

*Tabla 2 Valores admisibles del campo eléctrico y magnético*

<b>Type of exposure</b>	<b>Electric field strength (kV/m)</b>	<b>Magnetic flux density ( μT)</b>
Occupational	4,2	83,3
Public	8,3	416,7

Los resultados del cálculo de estos valores se realizarán en un punto a un (01) metro sobre el nivel del suelo, debajo de la línea de transmisión y a lo largo de la dirección transversal del eje de la línea hasta el borde del derecho de vía.

### 2.2.10 RADIO INTERFERENCIA

Conforme a la norma IEC-CISPR 18 parte 1, 2 y 3 "Radio Interference Characteristics of Overhead Power Lines and High Voltage Equipment", se obtiene el valor máximo admisible:

Radio interferencia al nivel del suelo (RI): 42 dB/1μV/m a la frecuencia de 0,5 MHz.

### 2.2.11 CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Tipo de conductor	ADSS
N° de fibras ópticas F.O.	24
Calibre nominal	196 mm <sup>2</sup>
Diámetro exterior	15.80 mm
Tense de Rotura	8877.6 Kg
Peso Unitario	0.2007 Kg/m
Módulo de elasticidad	3603 Kg/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación	0.000024 1/°C

### 2.2.12 RUIDO AUDIBLE

Conforme a la tabla C1 del Anexo N° C.3.3 del Código Nacional de Electricidad – CNE Utilización-

2006, el valor máximo admisible en zonas residenciales horario diurno, es el siguiente:  $L_{AeqT}$

*Tabla 3 - Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*

Zonas de Aplicación	Valores Expresados en $L_{AeqT}$	
	Horario Diurno	Horario Nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

### 2.2.13 Fuerza de viento en los conductores de fase y cable de guarda

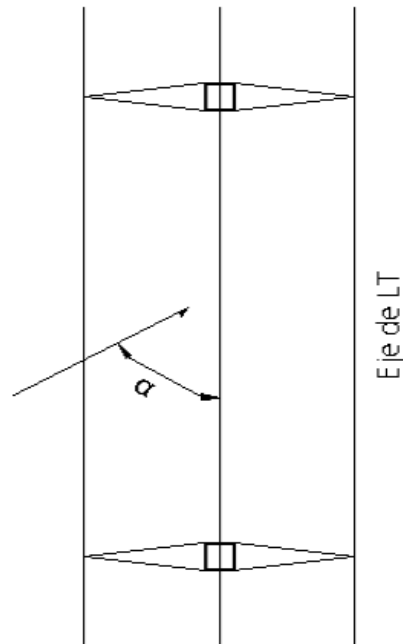


Figura 3 Fuerza del Viento

$$F_{vc} = q_0 \cdot CXC \cdot d \cdot VV \cdot \text{sen} \alpha \text{ (kgf)}$$

Dónde:

- $q_0$  presión dinámica de referencia (kgf/m<sup>2</sup>)
- CXC coeficiente de arrastre igual a 1,0
- $\alpha$  ángulo de incidencia del viento.
- $d$  diámetro del conductor de fase o cable de guarda (m)
- VV vano viento (m)

Por tanto:

- $F_{vc} = 12.06 \times d \times VV \times \text{sen} \alpha$  (kgf) (viento máximo)

### 2.2.14 Fuerza de viento en las cadenas

$$V_k = q_0 \cdot C_{xi} \cdot S_i \text{ (kgf)}$$

Dónde:

$q_0$  presión dinámica de referencia (kgf/m<sup>2</sup>).

$C_{xi}$  coeficiente de arrastre igual a 1,0 (Superficie cilíndrica).

$S_i$  área proyectada de la cadena horizontalmente en un plano vertical paralelo al eje de la cadena de aisladores (m<sup>2</sup>).

$$S_i = L_c \cdot b \cdot K$$

$$S_i = 1.20 \cdot 0.20 \cdot 0.85 = 0.204 \text{ m}^2$$

Donde:

- $L_c$  Longitud de conductor
- $b$  ancho de aislador
- $K$  factor de área para cadena

Por tanto:

$$V_k = 12.06 \cdot 0.204 \cdot 1.00 = 2.46 \text{ kgf (para viento máximo)}$$

## 2.3 Conceptos básicos

IPEN.

“Normar, promover, supervisar y desarrollar la investigación y las aplicaciones nucleares y afines para mejorar la competitividad del país y la calidad de vida de la nación. Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) es una entidad adscrita a Ministerio de Energía y Minas” (Gob.pe, 2020).

Remodelación.

“Es el cambio o configuración del sistema. Remodelación es el proceso y el resultado de remodelar. Este verbo, por su parte, se refiere a modificar, alterar o transformar algo, ya sea mediante cambios en su estructura general o en ciertos componentes específicos”(Definición de remodelación - Definicion.de, 2020).

Propuesta.

“Es la acción de proponer la mejor opción. Proposición o idea que se manifiesta y ofrece a alguien para un fin” (ASALE & RAE, 2020).

Servicio eléctrico

“En todo los lugares del mundo, por ejemplo, requiere que la electricidad se tenga disponible en la cantidad requerida, cuando sea requerida, y que sus valores estén dentro de los rangos requeridos” (BID Mejorando vidas, 2020).

Calidad de servicio

“Un nivel de calidad razonable surge de la optimización de una ecuación económica, donde se balancean los costos de mejorar la calidad, con los beneficios de tenerla. Una

mayor calidad requiere de mayor redundancia de los equipos: en caso de que uno falle, otro entra a operar en su lugar. También requiere que los mismos cuenten con mayor capacidad, para que puedan absorber mayores variaciones en la demanda” (BID Mejorando vidas, 2020).

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

La remodelación del sistema de transmisión mejora el suministro de energía eléctrica del IPEN.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

La remodelación del sistema de transmisión para disminuir la cantidad de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN

La remodelación del sistema de transmisión disminuye la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

## **2.5 Variables**

Variable independiente: Remodelación del sistema de transmisión

Variable dependiente: El servicio de energía eléctrica.

## 2.6 Operacionalización de variables

Tabla 4 - Operacionalización de variables

Variable		Definición	Dimensión	Indicador
Independiente	Remodelación del sistema de transmisión	Es el cambio o modificación del sistema.	Evaluar. Analizar.	Diagnostico Aplicación.
Dependiente	El servicio de energía eléctrica	Es la prestación de suministrar energía eléctrica de forma continua y de calidad	Suministro continuo	. Cantidad de Interrupciones por año . Duración de interrupciones por año

## **Capitulo III**

### **Metodología de la investigación**

#### **3.1 Tipo de investigación**

La presente investigación es del tipo experimental aplicada “De acuerdo con las teorías y los expertos, la experimentación es la verdadera investigación, sus conocimientos logrados son conocimientos reales y válidos en el campo científico” (Bernal, 2010).

### 3.2 Nivel de investigación

Según (Bunge, 1969) “nos dice que se tiene 02 tipos de investigación, la Pura y la Aplicada. La pura está constituida por Exploratorio, Descriptivo, Correlacional, Explicativo y Predictivo”. Siendo de nivel aplicada.



*Figura 4 Esquema de los niveles de Investigación*

Para nuestra investigación tomaremos los siguientes niveles:

“El nivel Explicativo, este nivel de estudio está orientado a evidenciar, demostrar, comprobar y responder, que anomalía está provocando, eventos y fenómenos físicos o sociales, y cuáles son sus efectos en el sistema estudiado. Este nivel explica el porqué de esta turbulencia del fenómeno y qué condiciones se tienen para poder cambiar esta condición. Y para demostrarlo se necesita de los procedimientos estadísticos” (Bernal, 2010).

El nivel Aplicativo, este tipo de estudio plantea resolver problemas o intervenir para solucionarlas. En este nivel, se pone en práctica todo lo aprendido en los niveles anteriores. “Por lo tanto, necesita el soporte de todos los conocimientos y experiencias

acumuladas en el proceso y desarrollo del estudio. Este nivel identifica los indicadores más apropiados para evaluar el éxito de nuestra intervención intencional. Ya que se plantea soluciones. La técnica estadística que tiene este nivel es evaluar el éxito de la intervención de las variables en el proceso, resultado e impacto causal, para modificar la realidad o problema” (Supo, 2014).

### **3.3 Diseño de la investigación**

“El diseño tiene como objetivo asignar restricciones, observar los fenómenos y desarrollar instrumentos de dirección para el investigador, donde contiene pasos y acciones secuenciales a seguir para encontrar posibles soluciones a los problemas” (Montes, 2010).

Nuestra investigación es de diseño experimental de sub tipo cuasi experimental, porque no ejerce control en las variables extrañas, este diseño se usa para grupos ya constituidos, con medición antes y después.

El diseño de nuestra investigación es el siguiente:

Observación 1 = (Q1) -- X = Estímulo -- Observación 2 = (Q2)

### **3.4 Técnica de recolección de datos**

La técnica que se utilizó es: Las fichas de registros, fichas de cotejo y la observación directa.

### **3.5 Instrumento de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos que se utilizó es: Las listas de cotejo, fichas de apuntes y software de cálculo de datos.

Para el procesamiento de los datos se realizará en el programa Excel.

### **3.6 Población**

Es el sistema de transmisión del IPEN.

### **3.7 Muestra**

Es el sistema de transmisión del IPEN.

### **3.8 Método de recolección de datos**

El procedimiento de recolección de datos es el acopio y búsqueda de información de fuentes primarias como son: libros, revistas, Páginas web, informes técnicos y estudios realizados en proyectos de instalaciones eléctricas en media tensión.

### **3.9 Procesamiento de recolección de datos**

- Búsqueda de información relevante sobre el tema de investigación
- Contrastación de información
- Selección de la información
- Aplicación de los datos
- Verificación de los resultados

## Capítulo IV

### Presentación datos y resultados

#### 4.1 Presentación de datos

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos antes y después de la aplicación de la propuesta de remodelación del sistema de transmisión de energía eléctrica, en media tensión.

Tolerancia en los indicadores en la calidad de suministro en media tensión			
	Indicadores	Semestre	Año
N	Numero de interrupciones por semestre	4	8
D	Duración de interrupciones por semestre	7	14

Antes				Después			
N	Años	N	D	N	Años	N	D
1	2010	5	13	1	2010	5	8
2	2011	5	11	2	2011	5	9
3	2012	4	13	3	2012	4	8
4	2013	8	13	4	2013	6	9
5	2014	7	7	5	2014	6	10
6	2015	8	9	6	2015	5	7
7	2016	7	13	7	2016	4	7
8	2017	8	12	8	2017	5	8
9	2018	8	9	9	2018	4	9
10	2021	4	8	10	2021	2	1
11	2021A	8	10	11	2021A	1	1
Media		6.5	10.7	Media		4.3	7.0

## 4.2 Memoria descriptiva

### 4.2.1 Características del sistema eléctrico

La línea presenta las siguientes características eléctricas

- Tensión nominal de operación : 60 kV
- Rango de operación :  $\pm 10\%$
- Tensión máxima de operación : 72.5 KV
- Frecuencia asignada : 60 Hz
- Nivel de Aislamiento Básico (BIL) : 325 kVp
- Capacidad de corriente de Cortocircuito : 31.5 kA
- Puesta a tierra : Solido
- Línea de fuga unitaria fase – fase : 31 mm/kV.

### 4.2.2 Características de la línea de transmisión

Las características de la línea son las siguientes:

- Tensión nominal : 60 kV
- Tensión máxima : 72.5 kV

- Capacidad nominal : 20 MVA
- Numero de circuitos : 01
- N° Conductores/fase : 01
- Disposición de circuitos : Triangular
- Tipo de Soporte : Postes de A°G° (LT. 60 kV)
- Postes de Fibra de vidrio (ADSS).
- Cable de Fibra óptica : 01 ADSS (24 fibras)
- Conductor : AAAC 120 mm<sup>2</sup>
- Cable unipolar 60kV con aislamiento seco 3-1x300 mm<sup>2</sup>
- Aisladores : Poliméricos / Lines Post.

#### 4.2.3 Trazo de ruta de la LT. 60Kv



Figura 5 Ubicación de la zona de trabajo y vértices principales-

Tabla 5 - Coordenadas del Trazo de Ruta LT 60 kV

LINEA DE TRANSMISIÓN 60KV HUARANGAL - IPEN				
VERTICE	COORDENADAS UTM - WGS84			DESCRIPCIÓN
	ESTE (X)	OESTE (X)	COTA	

V0	276901.19	8691831.54	280.00	SUBTERRANEO PROY.
V1	276897.30	8691855.11	280.00	SUBTERRANEO PROY.
V2	276770.56	8691840.48	280.00	SUBTERRANEO PROY.
V3	276805.18	8691526.71	258.00	SUBTERRANEO PROY.
V4	276825.48	8691504.80	258.00	AEREO SUB. PROY.
V5	277075.00	8691542.00	260.00	TRAMO EXISTENTE
V6	277284.00	8691574.00	260.00	TRAMO EXISTENTE
V7	277456.00	8691596.00	262.00	TRAMO EXISTENTE
V8	277698.00	8691651.00	269.00	TRAMO EXISTENTE
V9	277926.00	8691593.00	266.00	TRAMO EXISTENTE
V10	278134.00	8691673.00	283.00	TRAMO EXISTENTE
V11	278292.00	8691752.00	294.43	TRAMO EXISTENTE
V12	278501.23	8691682.02	259.23	AEREO PROYECTADO.
V13	279368.91	8691583.10	265.26	AEREO PROYECTADO.
V14	279511.24	8691646.27	265.56	AEREO PROYECTADO.
V15	279643.34	8692008.87	284.77	AEREO PROYECTADO.
V16	279674.93	8692220.97	293.19	AEREO PROYECTADO.
V17	279733.00	8692434.98	304.68	AEREO PROYECTADO.
V18	279860.96	8693271.00	359.29	AEREO PROYECTADO.
V19	280155.03	8693623.99	442.84	AEREO PROYECTADO.
V20	280619.02	8694026.97	400.67	AEREO PROYECTADO.
V21	280648.01	8694175.99	405.69	AEREO PROYECTADO.
V22	280635.01	8694259.97	408.11	AEREO PROYECTADO.

#### 4.2.4 DESCRIPCIÓN DEL TRAZO DE RUTA

Tramo V0-V1: Este tramo será construido por ENEL. La salida de la Línea tiene punto de inicio en el pórtico de la Subestación Huarangal en el vértice V0 a una altitud de 277 msnm, la línea sale de la barra a un terminal subterráneo y continua con cable subterráneo con ductos de concreto, este tramo toma la dirección noroeste, cruza el cerco de concreto de la Subestación, cruza el acceso existente, así como la concertina metálica hasta llegar al vértice V1 ubicado a una distancia de 24 m y fuera de la Subestación.

Tramo V1-V2: En el vértice V1 se construirá una cámara de paso debido al ángulo topográfico que hace la línea de 90°, la línea toma la dirección oeste, recorre por

terrenos privados paralelo a la SET Huarangal hasta llegar al vértice V2 donde se construirá una cámara de paso, recorriendo distancia de 128 m.

Tramo V2-V3: Desde el vértice V2 la línea toma la dirección sur y recorre por la calle lateral S/N adyacente a la SET Huarangal, paralelo al cable subterráneo existente Huarangal Comas, hasta llegar al vértice V3 recorriendo una distancia de 315 m.

Tramo V3-V4: En el vértice V3 la línea tomará la dirección sureste y se cruza con el cable subterráneo 60 kV Huarangal Comas existente por la parte inferior, asimismo para desarrollar el ángulo topográfico en el vértice V3 se construirá una cámara ciega, la línea cruza un carril de la Av. Lomas de Carabayllo y llega a la berma central recorriendo una distancia de 30 m, en este lugar se instalará un poste de transición aéreo subterráneo P34N, finalizando el tramo subterráneo con una progresiva de 497m.

Tramo V4-V5: A partir del poste metálico nuevo P34N la línea será aérea, el primer vano llega al poste metálico existente P35 recorriendo una distancia de 252 m. Desde el vértice V5 hasta el vértice V11, la línea de transmisión cuenta con postes metálicos existentes, lo cuales no se modificarán.

Tramo V12-V13N: La idea es utilizar al máximo la Servidumbre de la LT 60 kV existente, en ese sentido desde el vértice V12 la línea toma la dirección esta y recorre por terrenos de cultivo propiedad de Sánchez Paredes, recorre el mismo trazo de la línea existente 60 kV, hasta llegar al vértice V13 con una distancia de 873 m.

Tramo V13-V14-V15-V16: En este tramo se continúa por la ruta de la línea 60 kV existente, cruzando por la berma central en el AAHH San Diego y a la salida de este hasta los terrenos de propiedad del IPEN, con una distancia aproximada de 755 m.

Tramo V16-V17: Desde el vértice V16 la línea continua por los terrenos del IPEN, cruza la LT 220 kV existente por la parte inferior, asimismo en este tramo se produce un cruce entre con la LT 60 kV existente, por lo tanto, durante la construcción el

tendido de conductores de este tramo se ejecutará al final. La línea llega al vértice V18 recorriendo una distancia de 221 m.

Tramo V18-V22: Desde el vértice V18 la línea se dirige en dirección noreste por terrenos eriazos de propiedad del IPEN, paralelo a la LT 60 kV al lado derecho de la misma, evitando la quebrada existente hasta llegar al vértice V22 con una distancia de 2152 m y una cota de 423.3 m.

#### **4.2.5 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD**

#### **4.3 DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA**

Los cables de acometida subterránea no deberán invadir el subsuelo de otro inmueble; debiendo guardar como mínimo las distancias prescritas en el Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011, con respecto a otras redes subterráneas de agua, desagüe, teléfono y gas.

La separación entre un sistema de conductos y otras estructuras subterráneas puestas en paralelo, será lo suficientemente amplia para que permita el mantenimiento del sistema sin ocasionar daños a las estructuras puestas en paralelo. Toda instalación de acometida subterránea quedará ubicada en el lado exterior del inmueble y a una profundidad no menor de 1,50 m. (Regla 070-012 y Tabla 53 CNE-Utilización).

Para la definición de la distancia de seguridad, hacia las instalaciones subterráneas de terceros, se tomará en cuenta el Código Nacional de Electricidad (CNE – Utilización, Suministro 2011), Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), así como las

recomendaciones dadas por las mismas Empresas de Servicios Públicos, en función a ello, se ha elaborado la siguiente tabla:

*Tabla 6 - Distancia de seguridad a servicios públicos*

ÍTEM	SEDAPAL	TELEFÓNIA	ENEL
CNE–Suministro	> 300 mm(*)	> 300 mm (*)	> 300 mm

(\*): De acuerdo al CNE - Suministro 2011 (Regla 353.A.1).

#### 4.4 DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA AÉREA

Distancias mínimas de seguridad, se han calculado de acuerdo utilizando al CNE

Suministro 2011, regla 233.C.2

Para el conductor de 50 kV

En áreas no transitadas por vehículos	5,6 m
Al cruce de calles, carreteras y avenidas	7,7 m
Al cruce de vías de ferrocarril al canto superior del riel	9,1 m
A lo largo de carreteras, calles y/o caminos para peatones	7,0 m
Sobre el nivel más alto sobre el río no navegable	7,55 m
Cruce de línea 60 kV con 60 kV	3,40 m
Cruce de línea 60 kV con 22,9kV	1,70 m
Cruce de línea 60 kV con 10 kV	1,70 m
Cruce de línea 60 kV con baja tensión	1,50 m

Para el cable de comunicación

Áreas no transitadas por vehículos	4,0 m
Al cruce de carreteras y avenidas	6,5 m
Al cruce de caminos y calles	5,5 m
A lo largo de calles y caminos en zonas rurales	5,5 m

## **4.5 SERVIDUMBRE**

### **4.5.1 SERVIDUMBRE DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA**

La faja de servidumbre en Líneas Subterráneas, no es más que la proyección sobre la superficie superior del suelo dentro la faja ocupada por los cables subterráneos más las distancias de seguridad dadas en la regla 317.B del CNE suministro 2011. En la superficie del suelo, solo podrá existir vía peatonal, tránsito vehicular, plazas o jardines, estas dos últimas sin edificación alguna, ni arboles cuyas raíces puedan comprometer la seguridad de la Línea subterránea.

El trazo de ruta del cable subterráneo se desarrolla por zona urbana, con un recorrido principalmente por una calle S/N aledaña a la SET Huarangal.

De acuerdo al Código Nacional de Electricidad Suministro 2011, aprobado por Resolución Ministerial N° 214-2011-MEM/DM, los cables deben estar ubicados como mínimo a 1,50 m del límite de propiedad (Regla 317.B).

#### **4.5.2 SERVIDUMBRE DE LA LÍNEA AÉREA**

De acuerdo al código nacional de electricidad CNE 2011 se considera el ancho mínimo de faja de servidumbre, para el nivel de tensión de 60 kV es de 16 m.

Una vez establecida la faja de servidumbre de la línea no se permitirá la construcción de vivienda alguna.

### **5 EQUIPAMIENTO DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA**

#### **5.1 CABLE DE POTENCIA**

El cable 60 kV consistirá de un conductor compactado de cobre de alta conductividad de sección circular, con la capacidad especificada, aislado mediante un proceso de vulcanización continua por extrusión, aplicando simultáneamente una pantalla semiconductora sobre el conductor, un dieléctrico aislante termoestable y una pantalla semiconductora sobre el núcleo.

El núcleo estará envuelto en una pantalla metálica y protegido con una cubierta exterior polimérica continua extruida. Se aplicará una capa delgada de grafito o polímero semiconductor completo en general y firmemente unido para permitir las pruebas de la cubierta exterior del cable. El cable será 100 % impermeable, ignífugo y libre de halógenos.

La capacidad de corriente permanente máxima se debe calcular en base en la norma IEC 60287, con todas las condiciones del sitio.

### 5.1.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

• Corriente	Alterna trifásica
• Frecuencia	60 Hz
• Tensión asignada	60 kV
• Tensión más elevada del sistema	72.5 kV
• Tensión soportada a impulso tipo rayo	325 kVp
• Potencia de diseño, temperatura máxima 90°	20 MVA
• Intensidad admisible de cortocircuito en el conductor	31,5 kA
• Intensidad máxima admisible de cortocircuito en la pantalla	31,5 kA
• Duración del cortocircuito en la pantalla	0,5 s
• Longitud Línea Subterránea	500 m
• Número de circuitos	1

### 5.1.2 Configuración de cables

La profundidad de canalización típica de los cables será conforme a lo dispuesto en el plano:

IPHU-L2-60-PL-018.

Las fases estarán dispuestas en posición TRIANGULAR, y cada uno de los cables irá por el interior de un tubo de polietileno de alta densidad (HDPE) de 160 mm de diámetro exterior, quedando todos los tubos embebidos en un dado de concreto (ductos de concreto).

La profundidad de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión, salvo cruzamientos con otras canalizaciones que obliguen a variar la profundidad mínima de la línea, será de 1.50 metros y el ancho de la zanja será de 0,60 metro. La profundidad del ducto variará de acuerdo a las interferencias que se encuentre en todo el recorrido. El solado será de concreto pobre. A continuación, se muestra un detalle típico de disposición de los conductores:

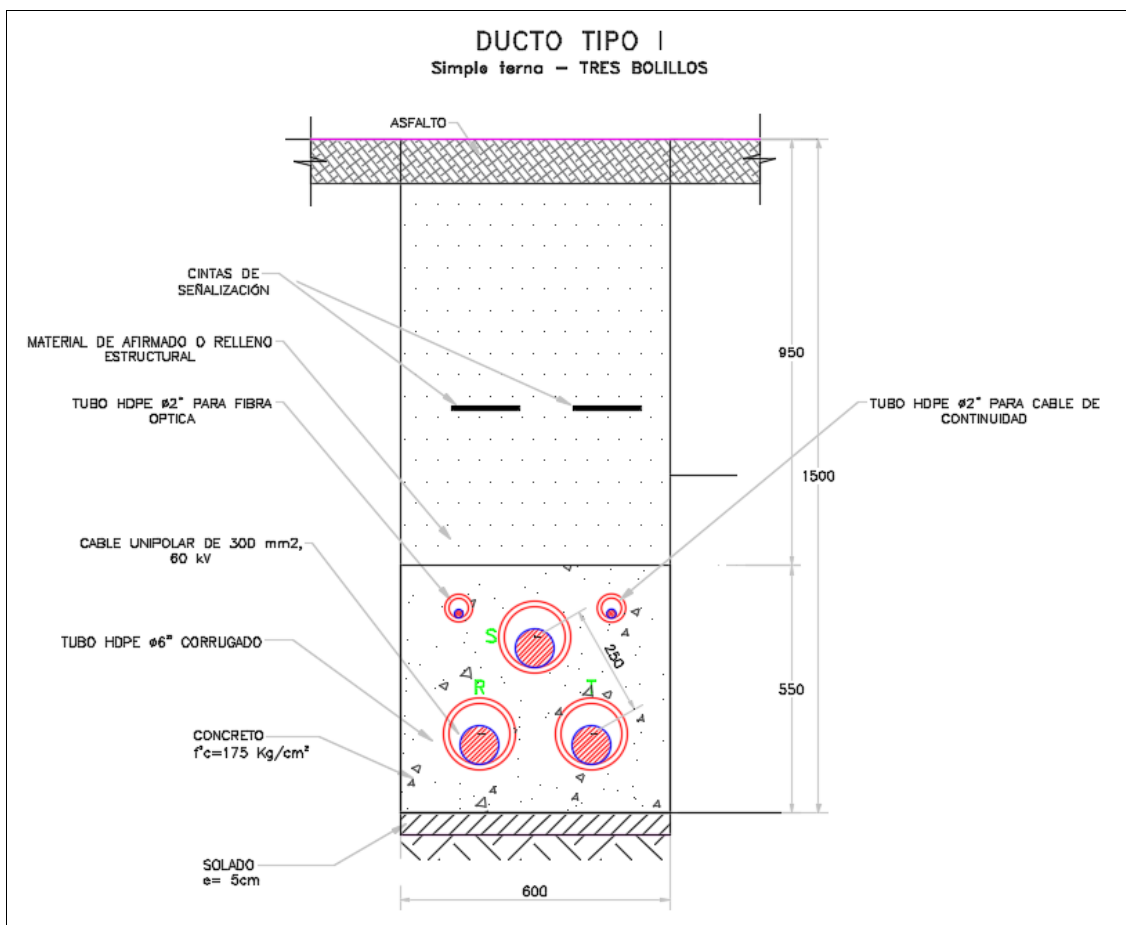


Figura 6 - Detalle de canalización

### 5.1.3 CONEXIÓN DE LAS PANTALLAS DE LOS CABLES Y TERMINAL

Con objeto de minimizar las pérdidas por circulación de corrientes en las pantallas metálicas se realizará un conexionado de las pantallas.

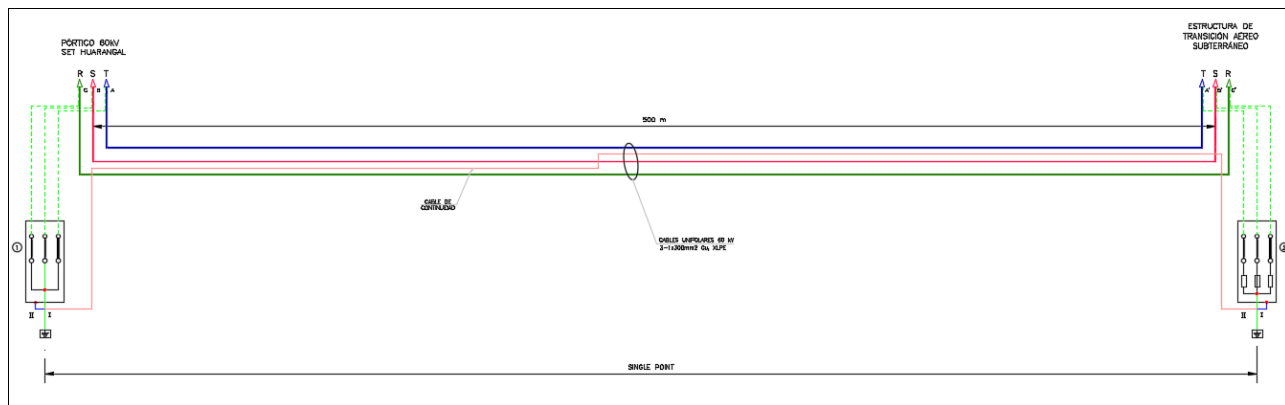


Figura 7 - Detalle de conexión de pantallas

Debido a que la longitud de la línea es corta, se utilizará el sistema de puesta a tierra de las pantallas metálicas denominado “single point” puesta a tierra franca en un punto y el otro punto puesto a tierra con SVL.

#### 5.1.4 TERMINAL exterior

El diseño, fabricación, montaje, pruebas y suministro deberán estar de acuerdo con la última edición de las normas IEC 60840 e IEC 60815.

Los terminales de exterior serán goma de silicona (poliméricos) en la SET Huarangal y en el poste de transición aéreo subterráneo proyectado, para la tensión nominal de 60 kV. Estos terminales tienen el aislador polimérico cementada a una base metálica de fundición que a su vez está soportada por una placa metálica. Esta placa está montada sobre aisladores de pedestal los cuales se apoyan en la estructura metálica (soportes metálicos).

La conexión de los conductores a su conector se hace por manguitos de conexión a presión. La conexión está diseñada para resistir los esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento normal y en cortocircuito.

La pantalla se conecta a la base metálica, de donde se deriva la conexión a tierra.

Las características técnicas de las botellas terminales tipo exterior serán compatibles con los cables en los que se instalen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

## **Composición**

### Características eléctricas

- |   |                   |
|---|-------------------|
| • Corriente                             | Alterna trifásica |
| • Frecuencia                            | 60 Hz             |
| • Tensión asignada                      | 60 kV             |
| • Tensión más elevada para el material  | 72.5 kV           |
| • Tensión soportada a impulso tipo rayo | 325 kVp           |

### Intensidad mínima admisible en cortocircuito:

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| • Conductor           | $\geq 31,5$ kA en 0,5 s |
| • Pantalla            | $\geq 31,5$ kA en 0,5 s |
| • Temperatura inicial | 90 °C                   |
| • Temperatura final   | 250 °C.                 |

La capacidad de transporte, así como la corriente de cortocircuito soportada deberá ser al menos igual a la del cable de la instalación a la que va destinado.

### Aislador exterior polimérico

- Material aislante Composite (Torre conversión)
- Material del cono de alivio Silicona
- Distancia de fuga 31 mm/kV
- Distancia de fuga mínima 2248 mm
- Distancia de Arco 900 mm
- Peso total 50 kg
- Longitud aproximada 1,8 m

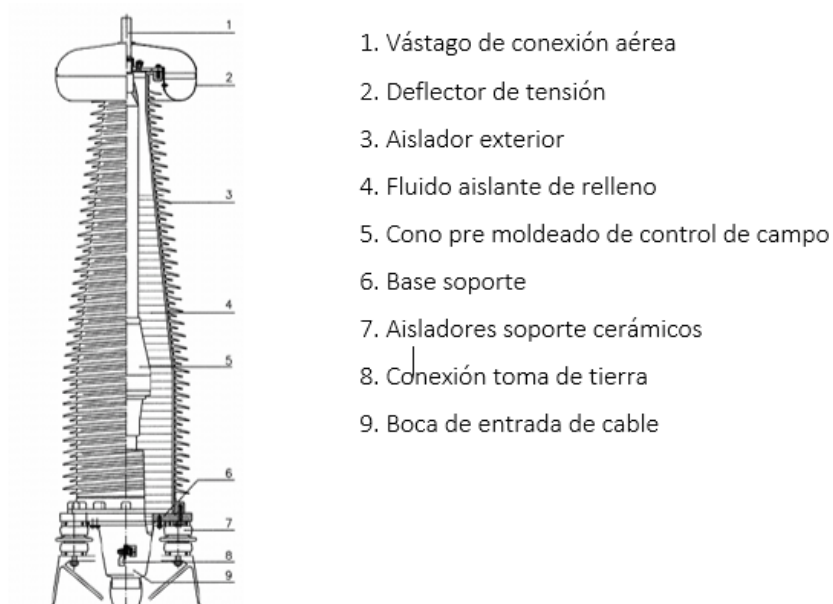


Figura 8 - Composición del terminal polimérico

Las bridas superior e inferior estarán debidamente selladas al aislador exterior impidiendo pérdidas del fluido aislante.

Deberá proporcionar una adecuada protección contra la corrosión de todos los elementos expuestos en intemperie.

Base soporte

- Placa de conexión Aluminio.
- Pernos de fijación Acero inoxidable.
- Aisladores de soporte Cerámicos.

La conexión con el cable estará diseñada para soportar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos producidos durante el funcionamiento normal y en las condiciones de cortocircuito especificadas.

La base soporte estará preparada para la correcta conexión con el soporte del terminal exterior.

## **5.2 CABLE PARA CONEXIÓN DE PANTALLA (UNIPOLAR)**

Se emplearán un cable unipolar para conectar a tierra las pantallas del cable. Deberán tener un aislamiento de XLPE apropiado para soportar las tensiones inducidas, una

cubierta de PVC o PE y una sección de conductor capaz de soportar las corrientes de cortocircuito.

Los espesores del aislamiento y la cubierta deberán cumplir con los requerimientos solicitados, el aislamiento debe soportar tensiones mayores a 6 kV en cortocircuito 3 $\phi$ .

### 5.3 FIBRA OPTICA ADSS

El cable óptico, tiene un revestimiento extra de polietileno que envuelve al cable óptico dieléctrico y al elemento de sustentación externo no metálico. Lo cual proporciona la necesaria resistencia a la tracción. Los hilos de la fibra óptica deberán ser de 24 hilos.

## 6 EQUIPAMIENTO DE LÍNEA AÉREA

### 6.1 ESTRUCTURAS

Para la LT. 60kV se utilizarán postes de acero:

- Estructuras de acero del tipo suspensión “PS”.
- Estructuras de acero del tipo suspensión angular “PA”.
- Estructuras de acero del tipo anclaje angular “PT”.
- Estructuras de acero del tipo fin de línea (Transición) “PTS”.

*Tabla 7 – Prestaciones de las estructuras de acero galvanizado*

	PS	PA	PT	PTS
<b>Vano medio (m)</b>	200 - 150	300 – 150	300 – 100	300 – 150
<b>Vano peso (m)</b>	250	200	250 (-400)	150 (-250)
<b>Vano máximo (m)</b>	200	300	300	300
<b>Angulo (°)</b>	0° - 2°	10° - 25°	25° - 50°	0°

## 6.2 CONDUCTORES

### 6.2.1 CONDUCTOR PRINCIPAL

El conductor a ser utilizado en la línea de transmisión es el conductor de Aluminio reforzado con acero, AAAC 120 mm<sup>2</sup>, el cual ha sido seleccionado teniendo en cuenta los criterios de selección óptima del conductor por criterios técnico – económicos.

Las características del conductor son las siguientes:

Sección Nominal	120 mm <sup>2</sup>
Sección Real	126.37 mm <sup>2</sup>
Tipo conductor	AAAC
Diámetro total	14,55 mm
Peso del cable (sin engrasado)	0,3467 kg/m
Módulo de elasticidad	6250 kg/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación	23 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Carga de rotura	3590 kg
Resistencia eléctrica	0.2644 Ω/km

### 6.3 Cable de fibra óptica

Cable de fibra óptica tipo ADSS de 24 fibras, las características principales son:

Tipo de conductor	ADSS
N° de fibras ópticas F.O.	24
Calibre nominal	196 mm <sup>2</sup>
Diámetro exterior	15.80 mm
Tense de Rotura	8877.6 Kg
Peso Unitario	0.2007 Kg/m
Módulo de elasticidad	3603 Kg/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación	0.000024 1/°C

## **6.4 Aisladores y ensambles de cables**

### **6.4.1 Aisladores**

Los aisladores poliméricos de goma de silicón, con una línea de fuga unitaria de 31 mm/kV, línea de fuga total de 2248 mm. El esfuerzo de rotura será de 70 kN.

### **6.4.2 Accesorios del Conductor**

Ferretería de fabricante garantizado de acero de esfuerzo de rotura no menor a 70 kN, respetando el factor de seguridad 3.

### **6.4.3 Accesorios de los cables de fibra óptica**

Ferretería de fabricante garantizado de acero de esfuerzo de rotura no menor a 70 kN para suspensión y anclaje, respetando el factor de seguridad 3.

#### **6.4.4 Puesta tierra**

Puesta a tierra de acuerdo al proyecto para garantizar los valores de puesta a tierra de 10 ohm en general para las zonas transitadas y 25 ohm para las no transitadas.

En los sistemas de puesta a tierra se utilizarán los siguientes materiales:

Contrapesos de Copperweld, acero recubierto con cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección.

## 6.5 Prueba de hipótesis

### 6.5.1 Hipótesis general

Se plantea la siguiente hipótesis:

La propuesta de remodelación del sistema de transmisión mejora el suministro de energía eléctrica del IPEN.

- Planteamiento de la hipótesis nula y alterna.

Hipótesis nula (H0): La aplicación de la propuesta de remodelación del sistema de transmisión NO mejora el servicio de energía eléctrica del IPEN.

Hipótesis Alterna (H1): La aplicación de la propuesta remodelación del sistema de transmisión SI mejora el servicio de energía eléctrica del IPEN.

- Estadístico de prueba.

Como el trabajo de investigación estudia el efecto entre las variables entonces, se considera como estadístico de prueba el chi cuadrado.

- Nivel de significancia y cálculo del valor crítico:

Se especifica el nivel de significancia del valor  $\alpha$  permitido. Donde  $\alpha 5\% = 0,05$  con un nivel de significancia del  $95\% = 0.95$ .

Interpretado en la tabla T student critica el valor de error  $0,05 = 1.81$

Muestra

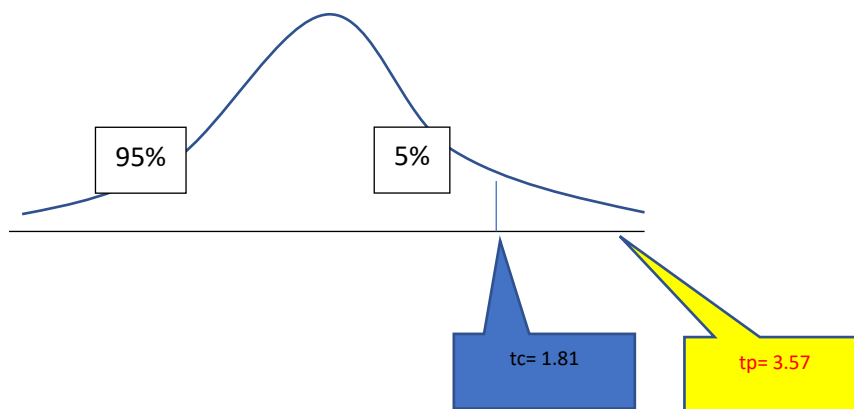


Nivel de significancia



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693

- Cálculo del Estadístico de prueba con el software Megastat.



3.57	t
.0025	p-value (one-tailed, upper)

- Decisión:

Como el valor calculado  $t(p)=3.57$  cae en la zona de rechazo de  $H_0$ , y es mayor al valor crítico de 1.81 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

- Conclusión:

La muestra presenta evidencias para afirmar que la aplicación de la propuesta de remodelación reduce las interrupciones del servicio de energía eléctrica. Con un nivel de confianza del 95%.

### **6.5.2 Hipótesis específica 01**

Se plantea la siguiente hipótesis:

La propuesta de remodelación del sistema de transmisión disminuye la cantidad de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

- Planteamiento de la hipótesis nula y alterna

Hipótesis nula (H0): Al aplicar la propuesta de remodelación del sistema de transmisión SI disminuye la cantidad de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

Hipótesis Alterna (H1): Al aplicar la propuesta de remodelación del sistema de transmisión NO disminuye la cantidad de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

- Estadístico de prueba.

Como el trabajo de investigación estudia el efecto entre las variables entonces, se considera como estadístico de prueba el chi cuadrado.

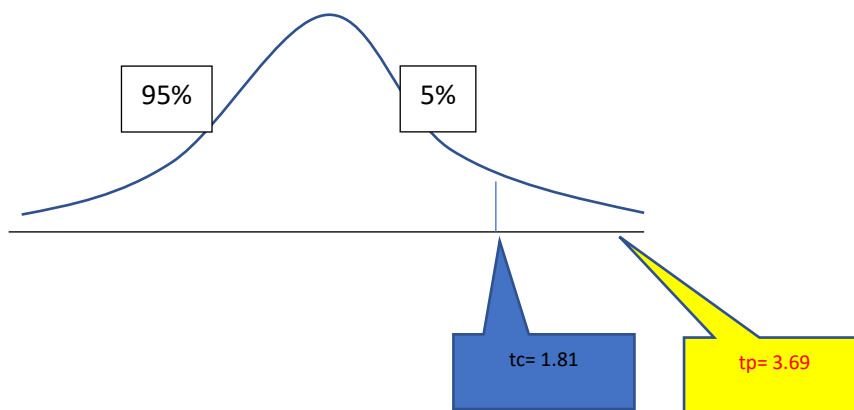
- Nivel de significancia y cálculo del valor crítico:

Se Especifica el nivel de significancia del valor  $\alpha$  permitido. Donde  $\alpha 5\% = 0,05$  con un nivel de significancia del  $95\% = 0.95$ .

Interpretado en la tabla T student critica el valor de error  $0,05 = 1.81$

Muestra ↓ Grados de libertad	Nivel de significancia					
	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693

- Cálculo del Estadístico de prueba con el software Megastat



3.69	t
.0021	p-value (one-tailed,

	upper)
--	--------

- Decisión:

Como el valor calculado  $t(p)=3.69$  cae en la zona de rechazo de  $H_0$ , y es mayor al valor crítico de 1.81 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna

- Conclusión:

La muestra presenta evidencias para afirmar que la aplicación de la propuesta de remodelación disminuye la cantidad de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN. Con un nivel de confianza del 95%

### 6.5.3 Hipótesis específica 02

Se plantea la siguiente hipótesis:

La propuesta de remodelación del sistema de transmisión disminuye la duración de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

- Planteamiento de la hipótesis nula y alterna

Hipótesis nula ( $H_0$ ): Al aplicar la propuesta de remodelación del sistema de transmisión SI disminuye la duración de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

Hipótesis Alterna ( $H_1$ ): Al aplicar la propuesta de remodelación del sistema de transmisión NO disminuye la duración de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.

- Estadístico de prueba.

Como el trabajo de investigación estudia el efecto entre las variables entonces, se considera como estadístico de prueba el chi cuadrado.

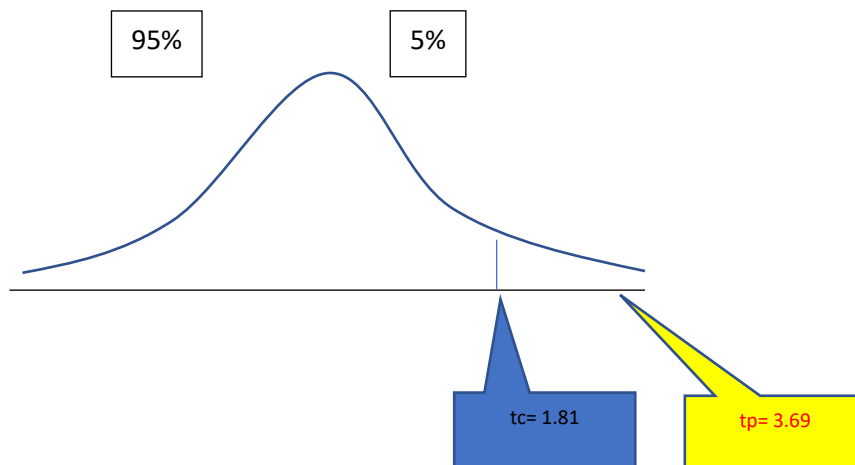
- Nivel de significancia y cálculo del valor crítico:

Se Especifica el nivel de significancia del valor  $\alpha$  permitido. Donde  $\alpha 5\% = 0,05$  con un nivel de significancia del  $95\% = 0.95$ .

Interpretado en la tabla T student critica el valor de error  $0,05 = 1.81$

Muestra ↓ Grados de libertad	Nivel de significancia					
	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693

- Cálculo del Estadístico de prueba con el software Megastat



3.69	t
.0021	p-value (one-tailed, upper)

- Decisión:

Como el valor calculado  $t(p)=3.69$  cae en la zona de rechazo de  $H_0$ , y es mayor al valor crítico de 1.81 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna

- Conclusión:

La muestra presenta evidencias para afirmar que la aplicación de la propuesta de remodelación disminuye la duración de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN. Con un nivel de confianza del 95%

## 6.6 Discusión de resultados

Según los datos obtenidos al aplicar la propuesta de remodelación del sistema de transmisión, reduce la cantidad de interrupciones y la duración de interrupciones en el suministro continuo del servicio de energía eléctrica. Y por lo consiguiente con la remodelación del sistema de transmisión garantiza y mejora el servicio de energía eléctrica.

Por otro lado, David Oscar Bendezú en su tesis titulada “MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LAS SUBESTACIONES DE POTENCIA PUCALLPA DE 15 MVA Y YARINACocha DE 28 MVA EN 60/10 kV”. Presenta el resumen siguiente. “Del estudio realizado se concluye que la Central Térmica Wartsila y el Sistema Eléctrico de Electro Ucayali pueden operar en paralelo con el Sistema Interconectado. Los dispositivos de protección con los que dispone la Central Térmica son de última tecnología y las recomendaciones de cambios de ajuste que se hacen son con la finalidad que las fallas que inevitablemente ocurran en las redes de media tensión no repercutan en las redes de alta tensión. En la subestación Pucallpa ante una falla entre fases en el lado de 60 kV, existirá selectividad con la protección de las salidas de 60 kV Yarinacocha siempre y cuando estén en servicio los dos interruptores en Yarinacocha. En el caso de estar en servicio un solo interruptor, se pierde la selectividad pudiendo operar al mismo tiempo la protección del lado de 60 kV de la subestación Pucallpa y la protección de las salidas de 60 kV de Yarinacocha”.

Por lo tanto, podemos concluir que tanto Bendezú presenta una propuesta de solución similar a nuestra investigación.

## Conclusiones

1. Se concluye, que, con la propuesta de remodelación del sistema de transmisión, se logra reducir las interrupciones del servicio de energía eléctrica entre los años 2010 al 2021. Donde se obtuvo una observación inicial, entre los años 2010 al 2021, en el número de interrupciones en el servicio de energía eléctrica (Antes), la media de 6.54. Luego al aplicar el estímulo (X1), se obtuvo una observación final, en el número de interrupciones en el servicio de energía eléctrica (Después), la media de 4.27. Esto quiere decir que aplicación de la propuesta causó un efecto significativo en la reducción de interrupciones del servicio de energía eléctrica.
2. Se concluye, que, con la propuesta de remodelación del sistema de transmisión, se logra reducir la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica entre los años 2010 al 2021. Donde se obtuvo una observación inicial, en la duración de interrupciones en el servicio de energía eléctrica (Antes), la media de 10.72. Luego al aplicar la propuesta, se obtuvo una observación final, en la duración de interrupciones en el servicio de energía eléctrica (Después), la media de 7.00. Esto quiere decir que aplicación de la propuesta causó un efecto significativo en la reducción de la duración de interrupciones del servicio de energía eléctrica.

## **Recomendaciones**

1. Se recomienda ampliar la propuesta de remodelación del sistema de transmisión, para lograr reducir las interrupciones del servicio de energía eléctrica entre los años 2010 al 2021.
2. Se recomienda ampliar la propuesta de remodelación del sistema de transmisión, para lograr reducir la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica entre los años 2010 al 2021.

## Bibliografía

- Aa, S. (2013). *LONGITUD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN 2013 POR SISTEMA*. 6.
- Aguilar Bonifacio, R., & Hilario Pérez, J. A. (2015). Propuesta de mejora en la Gestión del Mantenimiento de Subestaciones de Transmisión en una empresa de Distribución de Energía Eléctrica. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/556173>
- ASALE, R.-, & RAE. (2020). *Propuesta / Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/propuesta>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación*.
- BID Mejorando vidas. (2020, junio 24). La calidad del servicio en la provisión de electricidad en América Latina. *Energía para el Futuro*. <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-calidad-del-servicio-en-la-provision-de-electricidad-en-america-latina/>
- Definición de remodelación—Definicion.de*. (2020). Definición.de.  
<https://definicion.de/remodelacion/>
- Garcia, P. E. (2020). *INGENIERO ELECTRICISTA*. Universidad Nacional del Centro.
- Gob.pe. (2020). *Información institucional*. IPEN.  
<https://www.gob.pe/institucion/ipen/institucional>
- Hernández Sampieri, R., & Fernández Collado, C. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.
- Montes, C. E. (2010). *Metodología de investigación tecnológica*. Derechos reservados © 2010 autor-editor por Ciro Espinoza Montes.
- Supo, J. (2014). *Seminarios de Investigación Científica: Metodología De La Investigación Para Las Ciencias De La Salud*. Bioestadístico, EIRL.

## Anexo

### Matriz de Consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Indicador	Metodología
¿Cómo mejorar el servicio de energía eléctrica del IPEN?	Proponer la remodelación del sistema de transmisión para mejorar el servicio de energía eléctrica del IPEN	La remodelación del sistema de transmisión mejora el suministro de energía eléctrica del IPEN	Variable independiente: Remodelación del sistema de transmisión	Evaluar	Diagnostico	El tipo de investigación.  Aplicada.  El método de la investigación.
				Analizar	Aplicación.	
Problemas específicos  ¿De qué manera disminuir la cantidad de Interrupciones por año del servicio de energía eléctrica del	Objetivos específicos  Proponer la remodelación del sistema de transmisión para disminuir la cantidad de interrupciones del servicio de energía	Hipótesis específicas  La remodelación del sistema de transmisión disminuye la cantidad de interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN	Variable dependiente:  El servicio de energía eléctrica	Suministro continuo	. Cantidad de Interrupciones por año  . Duración de interrupciones por año	El método científico.  Diseño de investigación.

<p>IPEN?</p> <p>¿De qué manera disminuir la duración de interrupciones por año del servicio de energía eléctrica del IPEN?</p>	<p>eléctrica del IPEN</p> <p>Proponer la remodelación del sistema de transmisión para disminuir la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN</p>	<p>La remodelación del sistema de transmisión disminuye la duración de las interrupciones del servicio de energía eléctrica del IPEN.</p>				<p>El diseño será casi experimental.</p> <p>Población.</p> <p>Sistema de transmisión del IPEN.</p> <p>Muestra</p> <p>Sistema de transmisión del IPEN.</p>
--	--	---	--	--	--	---