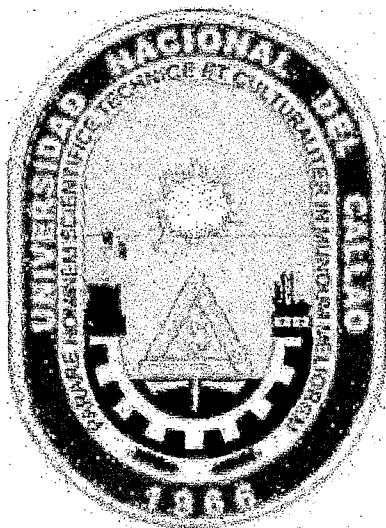


# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica**



**TITULO: "CARACTERIZACIÓN DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE  
LA NUEVA SUBESTACIÓN DE TRANSMISIÓN ZAPALLAL  
(HUARANGAL) 220/60 KV DE LA EMPRESA EDELNOR S.A.A"**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

**AUTOR(es):**

- ✓ **CRUZ ESCOBAR, ROXANA**
- ✓ **MURRIETA VASQUEZ, MELISSA**
- ✓ **TORRES OLAYA, ANGEL GUIDO**

**Callao, Marzo 2015**

**PERU**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

## FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica



**TITULO: "CARACTERIZACIÓN DEL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE  
LA NUEVA SUBESTACIÓN DE TRANSMISIÓN ZAPALLAL  
(HUARANGAL) 220/60 KV DE LA EMPRESA EDELNOR S.A.A"**


**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

Autor(es):

- ✓ Cruz Escobar, Roxana
- ✓ Murrieta Vasquez, Melissa
- ✓ Torres Olaya, Angel Guido

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Montaño Pisfil  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Santiago Rubiños Jiménez  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Roberto E. Solís Farfán  
Vocal

Callao, Marzo 2015  
PERU

# ÍNDICE

	Pág.
<b>I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>8</b>
1.1 Identificación del problema	8
1.2 Formulación del problema	8
1.3 Objetivos de la Investigación	8
1.4 Justificación	8
1.5 Importancia	8
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1 Antecedentes del estudio	9
2.2 Normativa Referencial	11
2.3 Caracterización del de Diseño	18
2.4 Obras e Instalaciones	21
2.5 Definición de Términos Básicos	46
<b>III. VARIABLES E HIPÓTESIS</b>	<b>49</b>
3.1 Variables de la Investigación	49
3.2 Operacionalización de Variables	49
3.3 Hipótesis general	50
<b>IV. METODOLOGÍA</b>	<b>50</b>
4.1 Tipo de Investigación	50
4.2 Diseño de la Investigación	50
4.3 Población y Muestra	51

4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
4.5	Procedimiento de recolección de datos	51
4.6	Procedimiento estadístico y Análisis de Datos	51
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>52</b>
<b>VI.</b>	<b>DISCUSION DE RESULTADOS</b>	<b>53</b>
a.	Contrastación de la Hipótesis con los Resultados.	53
b.	Contrastación de Resultados con otros Estudios Similares.	55
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>
✓	Matriz de consistencia	60
✓	Otros Anexos	61

## **RESUMEN**

Teniendo en cuenta que la electricidad es uno de los principales vectores energéticos y su transporte, reparto y distribución es muy importante. Las subestaciones eléctricas son, por tanto, una de las claves de este sistema.

En concreto, estas instalaciones son aquellos dispositivos de control e interconexión de los puntos de confluencia de la red mallada por la que se realiza la transmisión de energía. Además, son las propias subestaciones las encargadas de realizar la transformación de tensión de los niveles más bajos de generación y distribución al nivel elevado de transporte. Existen una gran cantidad de subestaciones diferentes con particularidades tanto en la tecnología empleada como en la disposición y naturaleza propias de la instalación.

Los rápidos cambios en la industria eléctrica impulsados por los competitivos niveles de productividad, eficiencia y calidad de servicio que exige el mercado en la actualidad, requieren una constante innovación a la hora de diseñar subestaciones eléctricas de transmisión, lo cual puede significar difíciles desafíos. Por estos motivos, las subestaciones eléctricas deben ser innovadoras y deben ser capaces de transmitir energía con un gran índice de sostenibilidad en el tiempo.

Por tal motivo la elección de este tema surge por la necesidad de investigar el diseño e implementación de la Nueva subestación de transmisión Zapallal 220kV / 60kv, en la cual analizaremos la caracterización del diseño e implementación para comprobar la sostenibilidad del servicio de la demanda eléctrica proyectada.

## **ABSTRACT**

Given that electricity is one of the major energy carriers and transportation, delivery and distribution is very important. Electrical substations are therefore a key to this system.

Specifically, these facilities are those control devices and interconnection points of intersection of the mesh network by which energy transfer takes place. Moreover, the substations themselves are in charge of performing the voltage transformation lower levels of generation and distribution transport the high level. There are a lot of different substations peculiarities both the technology used and the layout of the facility and own nature.

Rapid changes in the electrical industry driven competitive levels of productivity, efficiency and quality of service required by the market at present, require constant innovation in designing electrical transmission substations, which can mean difficult challenges. For these reasons, electrical substations must be innovative and be able to transmit power at a high rate of long-term sustainability .

Therefore the choice of this topic arises from the need to investigate the design and implementation of the new 220kV transmission substation Zapallal / 60kV , which will analyze the characterization of design and implementation to ensure sustainability of service projected electricity demand

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA**

Haciendo el análisis para el presente trabajo de investigación tenemos como Problema General y Problemas Específicos lo siguiente:

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo el aumento de demanda de energía eléctrica en parte de la zona norte de la provincia de Lima, puede influir en la saturación de las subestación Huarangal (Nueva subestación Zapallal) de propiedad de la empresa Edelnor S.A.A. y no garantizar la sostenibilidad en el servicio para la demanda energética proyectada en dicha zona?

#### **1.2.2 Problemas Específicos**

P1: ¿Qué influencia tiene la topología actual de red del sistema eléctrico para efectos de la demanda energética proyectada en la zona norte de la provincia de Lima?

P2: ¿De qué manera podría ser sostenible la topología actual y garanticen la demanda proyectada en el servicio de suministro de energía eléctrica?

P3: ¿Cómo podría ser validada La caracterización topológica del diseño de la subestación Huarangal (Nueva subestación Zapallal)?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente anteproyecto de investigación titulado Caracterización del Diseño e implementación de la Nueva Subestación de transmisión Zapallal 220 kV /60 kV de la empresa Edelnor S.A.A, tiene como objetivo realizar el análisis de sostenibilidad de la nueva subestación Zapallal con la demanda energética proyectada.

### **1.3.1 Objetivo General**

Efectuar el estudio y análisis del diseño e implementación de la nueva subestación de transmisión Zapallal 220/60kV de la empresa Edelnor S.A.A. para atender la demanda energética proyectada.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

O1: Caracterizar la topología de la red actual del sistema Eléctrico para efectos de la demanda energética proyectada en la zona norte de la provincia de Lima.

O2: Caracterizar el diseño y la implementación, de la nueva Subestación de transmisión Zapallal 220/60 kV de la empresa Edelnor S.A.A y verificar la sostenibilidad del suministro de energía eléctrica proyectado.

O3: Validar la caracterización de la topológica del diseño de la Nueva subestación Zapallal.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

La empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte S.A.A.-Edelnor S.A.A., empresa privada de generación de energía eléctrica en el Perú, ha previsto ampliar su capacidad de distribución eléctrica mediante la construcción de la nueva Subestación HUARANGAL (Nueva Subestación Zapallal) 220/60kV, que se localiza en La Avenida Las Lomas de Carabayllo (Ex Huarangal) Asociación Agropecuaria "Los Palomares", en el Distrito de Carabayllo, Provincia y Departamento de Lima.

Esta nueva subestación prevista estará situada dentro de un recinto propiedad de Red Eléctrica del Perú, en dónde tiene ubicada una Subestación eléctrica denominada "Zapallal REP".

Las obras ejecutadas de la Subestación de transmisión HUARANGAL 220/60kV se encuentran situadas en el Distrito de



Carabayllo, Provincia y Departamento de Lima, y correspondiente a la Tabla 1.

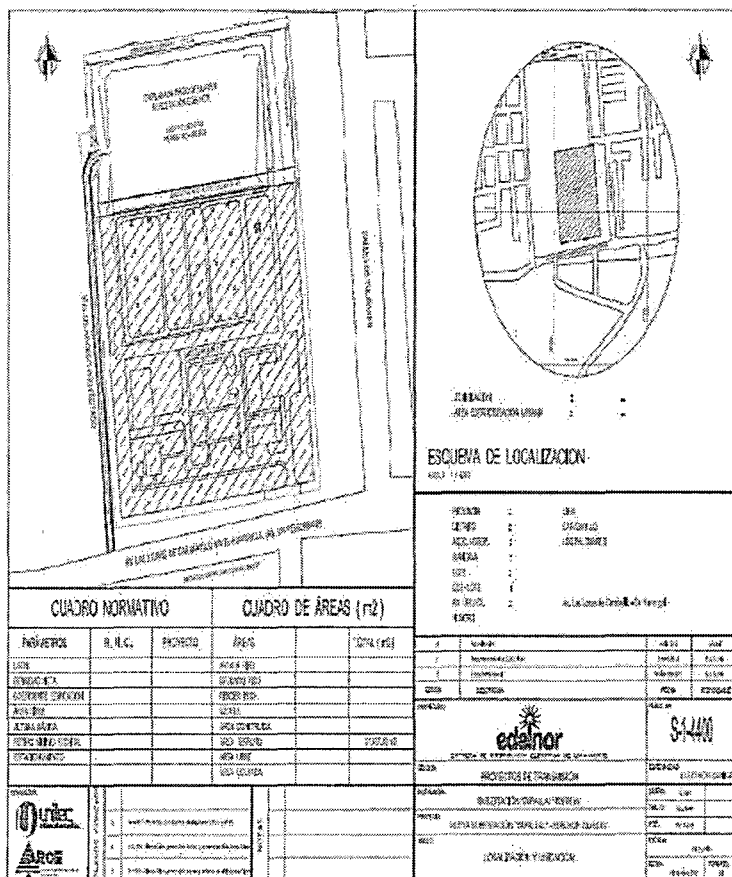
Tabla 1. Coordenadas UTM - PSAD 56, Zona18

ÁREA FUTURA SET HUARANGAL - EDELNOR				
VÉRTICE	LADO	DISTANCIA	COORDENADAS UTM	
			ESTE	NORTE
A	A-B	211.48	277007.1448	8692198.8617
B	B-C	101.73	277217.2184	8692223.2110
C	C-D	211.47	277228.9213	8692122.1564
D	D-A	101.58	277018.8405	8692097.9573
ÁREA DE TERRENO			21,497.49 m <sup>2</sup>	
PERÍMETRO			626,26 m	

Fuente: Edelnor

El Plazo de ejecución para la construcción se estimó en CIENTO OCHENTA (180) DÍAS CALENDARIO.

Figura 1: Detalles de ubicación de la obra



Fuente: Edelnor

## **2.2 NORMATIVIDAD REFERENCIAL**

Para la realización del presente trabajo de investigación se han tenido en cuenta las siguientes normas, reglamentos y disposiciones:

### **2.2.1. Instalaciones electromecánicas**

- Código Nacional de la Electricidad 2.011- Suministro.
- Código Nacional de la Electricidad 2.001- Utilización.
- Recomendaciones Comité de Estudios B3, Subestaciones, del CIGRÉ
- IEC 60071-2:1.996 "Insulation co-ordination Part 2: Application guide"
- IEEE Std 738-2.006 "Standard for calculating the Current-Temperature of Bare overhead conductors"
- IEC 909-0:2.001 "Short-circuit currents in three-phase a.c. systems. Part 0: Calculation of currents"
- IEC 865-1:1.993 + Corrigendum de 1.995 "Short-circuit currents. Calculation of effects"
- CENELEC HD 637 S1 "Power installations exceeding 1 kV a.c"
- IEEE Std 80 -2000 "Guide for Safety in AC Substation Grounding".
- IEEE Std 81-1983 "Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System".

### **2.2.2 Obra civil y estructuras**

- Reglamento Nacional de Edificaciones, capítulo E-020, "Cargas".
- Reglamento Nacional de Edificaciones, capítulo E-050, "Suelos y Cimentaciones".

- Especificación Técnica “Acción sísmica en equipos eléctricos y mecánicos (E-SE-010)” elaborada por ENERSIS.
- Norma “Minimum Design Loads for Buildings and other Structures” de la ASCE (American Society of Civil Engineers)
- Código Nacional de la Electricidad 2.011- Suministro.
- Norma Técnica de Edificaciones E-060, “Concreto Armado” y la Norma 318 “Reglamento para concreto estructural” de ACI (American Concrete Institute).
- Norma Técnica de Edificaciones E-090, “Estructuras Metálicas” y a la norma LFRD (“Load & Resistance Factor Design”) de la AISC (American Institute of Steel Construction).

### **2.2.3 Conceptos Generales Dentro de variables Relacionado con nuestra variable dependiente bajo estudio.**

Para poder lograr la caracterización del diseño e implementación de la nueva subestación Zapallal, comprende todas las infraestructuras, instalaciones y obras complementarias necesarias en esta primera etapa del Proyecto, las cuales comprenden:

- Vía de acceso afirmada
- Sistema de Malla a Tierra.
- Patio de 220kV (solo lo correspondiente a la Primera Etapa).
- Patio de 60kV (solo lo correspondiente a la Primera Etapa).
- Pistas y veredas interiores
- Sala de Mandos, Control, Comunicaciones y Baterías
- Pórticos Metálicos 220kV, 60kV y 20kV
- Base Civil para Torre de Comunicación
- Tubería PVC para fibra óptica (FO).

#### **a. Instalaciones electromecánicas Embarrados**

Los embarrados del sistema de 220 kV, tendidos altos, y la entrada y salida del banco de transformación, estarán formados por cables de aleación de aluminio AAAC, de 491 mm<sup>2</sup> (61) engrasados, para

su protección contra la corrosión, acordes con la normalización de EDELNOR.

Se proyectan en configuración Dúplex para la prolongación de las barras A y B de la subestación de Red de Energía del Perú y Simplex en la celda del banco de transformación I.

Dichos conductores irán suspendidos, debidamente tensados entre soportes metálicos, tipo pórtico, mediante cadenas de aisladores de tipo polimérico, adecuadas al nivel de tensión y de contaminación ambiental previstos.

El conexionado entre los equipos dispuestos en las bahías de 220 kV se resuelve también, con conductor AAAC, de 491 mm<sup>2</sup>, Dúplex o Simplex, según corresponda.

Las principales características y parámetros propios del material del que se compone el conductor de aleación de aluminio son:

Norma ASTM B398 (Standard Specification for Aluminum-Alloy 6201-T81 Wire for Electrical Purposes).

#### **Composición Aleación 6201**

##### **Características de los alambres:**

- Número de alambres 61
- Diámetro de cada alambre 3,2 mm
- Carga de rotura 33,7 kg/mm<sup>2</sup>
- Conductividad 52,5 % IACS
- Elongación máxima 3 %

##### **Características del conductor completo:**

- Calibre 491 mm<sup>2</sup>
- Diámetro exterior (D) 28,81 mm
- Radio medio geométrico 11,12 mm
- Longitud de paso de la capa externa 389 mm
- Dirección de paso de la capa externa A derechas
- Peso del conductor por unidad de longitud (m') 1.347,21 kg/km
- Carga de rotura 146,1 kN

- Módulo de elasticidad (E) 6.300 kg/mm<sup>2</sup>
- Coeficiente de expansión lineal 23x10<sup>-6</sup> 1/°C
- Resistencia AC a 75°C 0,025 Ω/km
- Temperatura máxima de funcionamiento continuo 70 °C

**Grasa de protección contra la corrosión**

- Penetración sin trabajar 235 mm/10
- Punto de gota 98 °C
- Punto de ablandamiento 93 °C
- Gravedad específica a 25°C 0,866

**b. Equipamiento patio 220 kV**

Se ha previsto la instalación de los aparatos y equipos que se relacionan a continuación, y que irán dispuestos, en intemperie, sobre soportes metálicos adecuados.

▪ **Seccionadores de barras y acoplamiento**

Se instalarán cuatro (4) seccionadores, para aislar de modo visible la posición del banco de transformación 1 de la prolongación de las barras A y B, propiedad de REP.

▪ **Transformadores de intensidad**

Se dispondrán dos (2) juegos de tres transformadores de intensidad, para medida y protección.

▪ **Interruptor automático**

Como órganos de maniobra y protección se instalarán dos (2) disyuntores automáticos de corte en SF<sub>6</sub>, equipados con mando eléctrico, con dos bobinas de disparo y una de cierre.

▪ **Pararrayos lado 220 kV**

Se instalará un (1) juego de tres pararrayos del tipo auto valvular para proteger la instalación general y el banco transformador, en particular, frente a sobretensiones.

▪ **Transformadores de tensión**

Se instalará cinco (3) transformadores de tensión, del tipo inductivo, para medida, protección y sincronización.

### **c. Equipamiento patios 60 kV**

En el patio de 60 kV se dispondrán, en intemperie, sobre soportes metálicos adecuados, los equipos que a continuación se relacionan.

#### ▪ **Seccionador de barras celda banco 1**

Se instalará un (1) seccionador sin puesta a tierra, para aislar de modo visible la posición de transformador de la barra colectora 1.

#### ▪ **Transformadores de medida combinados celda banco 1**

Se dispondrá un (1) juego de tres transformadores de medida combinados, para medida y protección.

#### ▪ **Interruptor automático celda banco 1**

Como órgano de maniobra y protección se instalará un (1) disyuntor automático, de corte en SF6, equipado con mando eléctrico, con dos bobinas de disparo y una de cierre.

#### ▪ **Pararrayos lado 60 kV**

Se instalará un (1) juego de tres pararrayos para proteger la instalación general y el transformador de potencia, en particular, frente a sobretensiones.

#### ▪ **Transformador de tensión de barras**

Se instalará un (1) transformador de tensión en la barra 1, del tipo inductivo, para protección y futura sincronización.

#### ▪ **Seccionador de barras**

Para efectuar el seccionamiento longitudinal de barras 1, se instalará un (1) seccionador de barras sin puesta a tierra, de accionamiento motorizado.

#### ▪ **Seccionadores de barras celdas de líneas 3 y 6**

Se instalarán dos (2) seccionadores de barras, sin puesta a tierra, para aislar de modo visible las dos (2) posiciones de línea inicialmente planeadas, Puente Piedra 1 y 2, de las barras colectoras.

- **Transformadores de medida combinados celdas de líneas 3 y 6**  
Se dispondrá de dos (2) juegos de tres transformadores de medida combinados, para medida fiscal, medida local y protección de cada una de las líneas proyectadas.
- **Interruptor automático celdas de líneas 3 y 6**  
Como órgano de maniobra y protección, se instalará un disyuntor automático por cada línea, de corte en SF6, equipado con mando eléctrico, con dos bobinas de disparo y una de cierre.
- **Seccionadores celdas de líneas 3 y 6**  
Se instalarán dos (2) seccionadores, uno por línea, dotados de cuchillas de puesta a tierra, para aislar de modo visible la posición de la línea 60 kV.
- **Banco trifásico de potencia 1**  
En la fase inicial del proyecto que nos ocupa, se prevé la instalación de un (1) banco de transformación 220/60 kV y, eventualmente, un polo de reserva de iguales características que los anteriores.

#### **d. Sistema de protecciones**

El sistema de protecciones previsto para la subestación está integrado por los siguientes equipos:

- Protección diferencial de barras 220 kV
- Protecciones banco transformación 1, 220 / 60 kV
- Protección líneas 60 kV

#### **e. Sistema de medida**

En la celda de transformación, para determinar la energía eléctrica intercambiada, se ha previsto instalar un medidor multifunción, digital, bidireccional, de la serie ION, fabricación Power Logic.

Las celdas de salida de líneas 60 kV estarán dotadas de convertidores de medida multifunción.

#### **f. Servicios auxiliares**

Para alimentar los consumos de los servicios auxiliares propios de la subestación se utilizará como fuente principal una línea de 10 kV de la compañía distribuidora de la zona y, como fuente de reserva, se instalará un grupo electrógeno, de tipo interior, con arranque automático, dimensionado para asumir la totalidad de las cargas esenciales.

El sistema de servicios auxiliares está integrado por los equipos que siguen:

- Transformador de SSAA
- Grupo electrógeno
- Equipo cargador - baterías 125 Vcc
- Equipo cargador - baterías 48 Vcc
- Tablero 220 Vca (trifásico 03 hilos)
- Tablero 125 Vcc
- Tablero 48 Vcc
- Tablero transferencia SSAA

#### **g. Red de tierras inferiores**

Con el fin de conseguir niveles admisibles de tensiones de paso y toque, la subestación estará dotada de una malla de tierras profundas, formada por conductores de cobre desnudo de sección 185 mm<sup>2</sup>.

#### **h. Estructura metálica**

Las estructuras metálicas que conforman los pórticos de barras de 220 kV, los pórticos vinculados al banco del banco de transformación 1 y el sistema de barras 60 kV, así como los soportes de la aparamenta de las distintas posiciones de 220 y 60 kV, se construirán con perfiles de acero laminados normalizados ASTM A36, unidos mediante planchas metálicas y pernos.

#### **Relacionado con nuestra variable independiente bajo estudio**

Se realizan diversas pruebas, cálculos para garantizar la



Sostenibilidad del servicio de energía Eléctrica, como las Prueba de Compactación de relleno con material propio o afirmado, También con Protocolos de medida de cada fase (R, S , T), etc.

## 2.3 CARACTERIZACION DEL DISEÑO

Se han tomado como criterios para el diseño las siguientes condiciones ambientales de instalación:

- ✓ Altura sobre el nivel del mar < 1.000 m
- ✓ Temperaturas:
  - ✓ Máxima (\*) 40 °C
  - ✓ Mínima (\*\*) 10 °C
  - ✓ Promedio 20 °C
- ✓ Humedad relativa:
  - ✓ Máxima 100 %
  - ✓ Mínima 60 %
  - ✓ Promedio 80 %
- ✓ Velocidad del viento:
  - ✓ Máxima 120 km/h
  - ✓ Promedio 11 km/h
- ✓ Intensidad media anual de la radiación solar <1.000 W/m<sup>2</sup>
- ✓ Nivel de polución IEC 60815 (\*\*\*) Very Heavy (IV)

(\*) En los cálculos de ampacidad de los conductores se ha utilizado el valor de 30 °C, como máxima temperatura ambiente histórica, de acuerdo con los datos facilitados por EDELNOR

(\*\*) En los cálculos de los esfuerzos mecánicos a los que se ven sometidos los embarrados proyectados con conductor flexible se ha tomado como tense más desfavorable el que se presenta a 10 °C, como mínima temperatura ambiente histórica, de acuerdo con los datos facilitados por EDELNOR

(\*\*\*)La Norma IEC / TR (*Technical rule*) 60815, citada ha sido revisada por la IEC / TS (*Technical Specification*) de Diciembre 2.009. Con los nuevos criterios, la **clase IV**, Very Heavy, **pasa a ser** grado de contaminación “e”, que correspondería a una línea

de fuga mayor o igual a 54 mm/kV de  $U_{0m}$ , donde  $U_{0m}$  es la máxima tensión fase – tierra. Los valores de línea de fuga obtenidos son algo mayores. Teniendo en cuenta que el rango de la norma es mayor que el de la especificación técnica y el producto disponible en el mercado, hemos considerado más adecuado hacer referencia a la norma comentada.

### Cargas sísmicas

Se han tenido en consideración las cargas sísmicas según lo establecido en la especificación técnica “Acción sísmica en equipos eléctricos y mecánicos” elaborada por ENDESA, según las siguientes expresiones:

$$H = 1,2 \times \left( \frac{a}{g} \right) \times W$$

$$V = 0,6 \times \left( \frac{a}{g} \right) \times W$$

Siendo:

- ✓ **H** Fuerza horizontal (kg)
- ✓ **V** Fuerza vertical (kg)
- ✓ **W** Peso del equipo (kg)
- ✓ **a** (a=0,5 g) Valor máximo aceleración (m/s<sup>2</sup>)
- ✓ **g** Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

### Datos eléctricos

Los parámetros eléctricos básicos que se han tenido en cuenta para el diseño son:

- ✓ Tensión asignada 220 kV
  - ✓ Tensión nominal de servicio de la red 220 kV
  - ✓ Tensión máxima de servicio de la red 245 kV
  - ✓ Tensión soportada frente a ensayo de frecuencia industrial 460 kV
  - ✓ Tensión soportada a ensayo tipo rayo 050 kV
  - ✓ Frecuencia nominal 60 Hz
  - ✓ Régimen de neutro rígido a tierra
  - ✓ Máxima corriente de cortocircuito monofásico (\*) 28,30 kA
  - ✓ Máxima corriente de cortocircuito trifásico (\*) 27,20 kA
  - ✓ (\*) Valor horizonte año 2.020, según datos facilitados por EDELNOR.
- 
- ✓ Tensión asignada 60 kV
  - ✓ Tensión nominal de servicio de la red 60 kV
  - ✓ Tensión máxima de servicio de la red 72,5 kV

- ✓ Tensión soportada frente a ensayo de frecuencia industrial 140 kV
- ✓ Tensión soportada a ensayo tipo rayo 325 kV
- ✓ Frecuencia nominal 60 Hz
- ✓ Régimen de neutro rígido a tierra
- ✓ Máxima corriente de cortocircuito monofásico (\*\*) 32,40 kA
- ✓ Máxima corriente de cortocircuito trifásico (\*\*) 26,00 kA

(\*\*) Valor horizonte año 2.020, 32,40 kA, según datos facilitados por EDELNOR. Se considera una proyección futura del 20% de este valor y se adopta como valor redondeado, 40 kA

### Distancias mínimas de aislamiento

La norma IEC 60071-2 establece cuales deben de ser las distancias mínimas para asegurar el aislamiento en el aire de las distintas partes en tensión de la instalación, de acuerdo con los valores seleccionados en la coordinación de aislamiento.

Para ello define, en función de la tensión máxima de funcionamiento, aquellas distancias que se deben de conservar en el aire tanto entre fases como fase-tierra. Se tiene en cuenta que la altura sobre el nivel del mar es inferior a 1.000 m.

Para los niveles de tensión anteriormente indicados obtenemos los valores siguientes:

- Tensión asignada 220 kV

Tensión elevada material (kV eficaz)	más del valor	Tensión soportada asignada normalizada a impulso tipo rayo (kV, valor de cresta)	Distancia mínima de aislamiento fase – tierra en el aire (mm)	Distancia mínima de aislamiento fase – fase en el aire (mm)
245		1.050	2.100 (punta – estructura)	2.100
			1.900 (conductor – estructura)	

- Tensión asignada 60 kV

Tensión elevada material (kV eficaz)	más del valor	Tensión soportada asignada normalizada a impulso tipo rayo	Distancia mínima de aislamiento fase – tierra en el aire (mm)	Distancia mínima de aislamiento fase – fase en el aire (mm)
--------------------------------------	---------------	--	---	---

	(kV, valor de cresta)		
72,5	325	630 (punta – estructura)	----

La distancia básica de aislamiento planteada en el diseño de la instalación exterior de 220 kV es de 4.000 mm entre ejes de fases, muy superior a la exigida. Las distancias adoptadas por los fabricantes en el diseño del aparellaje instalado vienen avaladas por ensayos específicos de tipo. En el sistema exterior de 60 kV, la distancia básica adoptada son 1.500 mm.

## 2.4 OBRAS E INSTALACIONES

### Generalidades

Las obras e instalaciones de la subestación que nos ocupa se proyectan en dos etapas, tal como se ha descrito en Apartado 4 de esta memoria. En la fase inicial se ejecutarán las obras e instalaciones que se describen a continuación.

### Instalaciones electromecánicas

#### Embarrados

Los embarrados del sistema de 220 kV, tendidos altos, y la entrada y salida del banco de transformación, estarán formados por cables de aleación de aluminio AAAC, de 491 mm<sup>2</sup> (61) engrasados, para su protección contra la corrosión, acordes con la normalización de EDELNOR.

Se proyectan en configuración Duplex para la prolongación de las barras A y B de la subestación de Red de Energía del Perú y Simplex en la celda del banco de transformación I.

Dichos conductores irán suspendidos, debidamente tensados entre soportes metálicos, tipo pórtico, mediante cadenas de aisladores de tipo polimérico, adecuadas al nivel de tensión y de contaminación ambiental previstos.

El conexionado entre los equipos dispuestos en las bahías de 220 kV se resuelve también, con conductor AAAC, de 491 mm<sup>2</sup>, Duplex o Simplex, según corresponda.

Las principales características y parámetros propios del material del que se compone el conductor de aleación de aluminio son:

- ✓ Norma .....ASTM B398
- ✓ (*Standard Specification for Aluminum-Alloy 6201-T81 Wire for Electrical Purposes*)
- ✓ Composición Aleación 6201
- ✓ Características de los alambres:
- ✓ Número de alambres 61
- ✓ Diámetro de cada alambre 3,2 mm
- ✓ Carga de rotura 33,7 kg/mm<sup>2</sup>
- ✓ Conductividad 52,5 % IACS
- ✓ Elongación máxima 3 %
- ✓ Características del conductor completo:
- ✓ Calibre 491 mm<sup>2</sup>
- ✓ Diámetro exterior (D) 28,81 mm
- ✓ Radio medio geométrico 11,12 mm
- ✓ Longitud de paso de la capa externa 389 mm
- ✓ Dirección de paso de la capa externa A derechas
- ✓ Peso del conductor por unidad de longitud (m') 1.347,21 kg/km
- ✓ Carga de rotura 146,1 kN
- ✓ Módulo de elasticidad (E) 6.300 kg/mm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de expansión lineal  $23 \times 10^{-6}$  1/°C
- ✓ Resistencia AC a 75°C 0,025 Ω/km
- ✓ Temperatura máxima de funcionamiento continuo 70 °C
  
- ✓ Grasa de protección contra la corrosión
- ✓ Penetración sin trabajar 235 mm/10
- ✓ Punto de gota 98 °C
- ✓ Punto de ablandamiento 93 °C
- ✓ Gravedad específica a 25°C 0,866

El sistema de barras de 60 kV, configurado como esquema de "simple barra", con seccionamiento longitudinal, evolucionable a "doble barra", se plantea con tubos de aleación de aluminio, de diámetro exterior 80 mm y

espesor 8 mm. Irán apoyados sobre aisladores cerámicos rígidos, montados sobre una estructura soporte metálica.

Las principales características y parámetros propios de los tubos utilizados son:

- ✓ Composición E- $\text{AlMgSi0.5 F22}$
- ✓ Resistencia a la tracción  $215 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Limite de elasticidad ( $R_{p0,2}$ )  $160 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Módulo de elasticidad (E)  $70.000 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Masa por unidad de longitud ( $m'$ )  $4,2 \text{ kg/m}$
- ✓ Diámetro exterior (D) 80 mm
- ✓ Espesor (e) 8 mm
- ✓ Factor para la estimación de la frecuencia propia ( $\gamma$ ) 3,56
- ✓ Momento de segundo orden de la sección del tubo (J)  $119,11 \text{ cm}^4$
- ✓ Módulo de sección del tubo (Z)  $29,7 \text{ cm}^3$

Para hacer posible, en caso necesario, la puesta en servicio rápida del polo de reserva, se diseña un sistema de barras auxiliares de 220 y 60 kV al que se conectará la citada máquina de repuesto. Estas barras auxiliares se construirán con tubos de aleación de aluminio, de diámetro exterior 150 mm y espesor 8 mm e irán dispuestas sobre aisladores cerámicos rígidos, montados sobre los muros cortafuegos.

Las principales características y parámetros propios de los tubos utilizados son:

- ✓ Composición E- $\text{AlMgSi0.5 F22}$
- ✓ Resistencia a la tracción  $215 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Limite de elasticidad ( $R_{p0,2}$ )  $160 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Módulo de elasticidad (E)  $70.000 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Masa por unidad de longitud ( $m'$ )  $9,6 \text{ kg/m}$
- ✓ Diámetro exterior (D) 150 mm
- ✓ Espesor (e) 8 mm
- ✓ Factor para la estimación de la frecuencia propia ( $\gamma$ ) 3,56
- ✓ Momento de segundo orden de la sección del tubo (J)  $902,38 \text{ cm}^4$
- ✓ Módulo de sección del tubo (Z)  $95,12 \text{ cm}^3$

## **Aparamenta**

Equipamiento patio 220 kV

### **Seccionadores de barras y acoplamiento**

Se instalarán cuatro (4) seccionadores, para aislar de modo visible la posición del banco de transformación 1 de la prolongación de las barras A y B, propiedad de REP.

El accionamiento será motorizado habilitándose los enclavamientos mecánicos y eléctricos necesarios para impedir falsas maniobras.

Los aparatos instalados responden a las siguientes características principales (valores de acuerdo con CEI 56):

- ✓ Tensión de servicio 220 kV
- ✓ Tensión más elevada 245 kV
- ✓ Frecuencia 60 Hz
- ✓ Tensión soportada a frecuencia industrial:
- ✓ 1 min. Bajo lluvia 460 kV
- ✓ Tensión soportada a onda tipo rayo
- ✓ - Onda plena 1'2/50  $\mu$ s 1.050 kV
- ✓ Corriente nominal 1.250 A
- ✓ Corriente de cortocircuito admisible:
- ✓ - Intensidad límite térmica ( $I_{ter}$ ): 40 kA, 1 s
- ✓ - Intensidad límite dinámica ( $I_{din}$ ): 100 kA
- ✓ Duración del cortocircuito 3 s
- ✓ Tensión mando 125  $V_{cc}$ ,
- ✓ Tensión auxiliar 220  $V_{ca}$

### **Transformadores de intensidad**

Se dispondrán dos (2) juegos de tres transformadores de intensidad, para medida y protección. Dichos transformadores irán dispuestos, en intemperie, sobre soportes metálicos adecuados. Las partes activas estarán aisladas mediante papel impregnado en aceite aislante. El conjunto irá dispuesto en el interior de un aislador hueco de porcelana.

La cámara entre el cuerpo de resina y el aislador de porcelana se sellará herméticamente mediante juntas de caucho nitrílico. Esta cámara estará parcialmente llena de aceite.

Sus características principales son:

- ✓ Tensión máxima de aislamiento 245 kV
- ✓ Tensión ensayo con onda choque 1'2/50  $\mu$ s 1.050 kV
- ✓ Tensión ensayo rigidez dieléctrica (1 minuto):
- ✓ - Primario 460 kV
- ✓ - Secundario 3 kV
- ✓ Normas IEC 60044:1996
- ✓ Frecuencia de la red 60 Hz
- ✓ Relación de transformación 600-1.200 A /1A
- ✓ Potencias y clase de precisión:
- ✓ - 1<sup>er</sup> secundario 30 VA, cl 0,2, FS5
- ✓ - 2<sup>o</sup> secundario 30 VA, cl 5P20
- ✓ - 3<sup>er</sup> secundario 30 VA, cl 5P20
- ✓ - 4<sup>o</sup> secundario 50 VA, cl 5P20
- ✓ Intensidad límite térmica ( $I_{ter}$ ) 40 kA, 1 s
- ✓ Intensidad límite dinámica ( $I_{din}$ ) 2'5  $I_{ter}$
- ✓ Sobreintensidad admisible en permanencia 1'2  $I_n$

### **Interruptor automático**

Como órganos de maniobra y protección se instalarán dos (2) disyuntores automáticos de corte en SF6, equipados con mando eléctrico, con dos bobinas de disparo y una de cierre. Se habilitarán los enclavamientos mecánicos y eléctricos necesarios para impedir falsas maniobras.

Los interruptores instalados responden a las siguientes características principales (valores de acuerdo con CEI 56):

- ✓ Tensión de servicio 220 kV
- ✓ Tensión más elevada 245 kV
- ✓ Frecuencia 60 Hz
- ✓ Tensión soportada a frecuencia industrial
- ✓ 1 min. Bajo lluvia 460 kV
- ✓ Tensión soportada a onda tipo rayo
- ✓ Onda plena 1'2/50  $\mu$ s 1.050 kV
- ✓ Corriente nominal 2.000 A
- ✓ Corriente nominal de corte 40 kA
- ✓ Factor del primer polo 1'5
- ✓ Corriente de cierre (cresta) 100 kA
- ✓ Duración del cortocircuito 3 s
- ✓ Tiempo de cierre  $\leq 60$  ms



- ✓ Tiempo de apertura  $\leq 35$  ms
- ✓ Tiempo de interrupción  $\leq 60$  ms
- ✓ Tiempo muerto 300 ms
- ✓ Ciclo nominal de maniobra O-0'3 s-CO-3 min-CO
- ✓ Tensión mando 125 V<sub>cc</sub>
- ✓ Tensión auxiliar 220 V<sub>ca</sub>

El interruptor será accionado por un mecanismo de energía almacenada por resortes, tensados a motor, instalado en un armario, a prueba de salpicaduras de agua, de aluminio resistente a la corrosión.

### **Pararrayos lado 220 kV**

Se instalará un (1) juego de tres pararrayos para proteger la instalación general y el banco transformador, en particular, frente a sobretensiones. Los pararrayos instalados serán de óxido de zinc, clase 3, con una intensidad de descarga nominal a onda 8/20  $\mu$ s de 10 kA.

Se instalarán en disposición invertida, suspendidos de los dinteles de los pórticos de la posición de transformador, e irán dotados de contadores de descargas y bases aislantes adecuadas.

A continuación se recogen sus principales características:

- ✓ Tensión nominal de red 220 kV
- ✓ Frecuencia del sistema 60Hz
- ✓ Tensión máxima de servicio red (U<sub>m</sub>) 245 kV
- ✓ Tensión nominal de corta duración soportada a Frecuencia industrial 1 min. Bajo lluvia 395 kV
- ✓ Tensión nominal soportada a impulsos tipo rayo Onda plena 1'2/50  $\mu$ s 950 kV
  - ✓ Neutro..... Puesto a tierra de forma rígida
  - ✓ Corriente nominal de descarga asignada 10 kA
  - ✓ Tensión asignada al pararrayos Ur = 198 kV
  - ✓ Tensión máxima de servicio continuo (MCOV) Uc = 158 kV

### **Transformadores de tensión**

Se instalarán tres (3) transformadores de tensión, del tipo inductivo, para medida, protección y sincronización en la posición del banco de transformación I.

Responderán a las siguientes características principales:

- |  |   |
|--|---|
| ✓ Tensión máxima de aislamiento                  | 245 kV  |
| ✓ Tensión ensayo con onda choque 1'2/50 $\mu$ s  | 1.050 kV/polo   |
| ✓ Tensión ensayo rigidez dieléctrica (1 minuto): |   |
| - Primario                                       | 460 kV  |
| - Secundario                                     | 3 kV  |
| ✓ Normas:  | IEC 60044-2:1996  |
| ✓ Frecuencia de la red                           | 60 Hz   |
| ✓ Relación de transformación                     | 220: $\sqrt{3}$ / 0,10: $\sqrt{3}$ -<br>0,10: $\sqrt{3}$ kV |
| ✓ Potencias y clase de precisión:                |   |
| - 1 <sup>er</sup> secundario                     | 50 VA, cl 0,2   |
| - 2 <sup>o</sup> secundario                      | 50 VA, cl 3P  |
| ✓ Factor de sobretensión                         | 1'2 x U <sub>n</sub>  |

También se ha previsto instalar dos (2) transformadores de tensión, uno en barras A y otro en barras B, para comprobación de sincronismo. Las características son análogas a los descritos anteriormente. Equipamiento patios 60 kV

### **Seccionador de barras celda banco 1**

Se instalará un (1) seccionador sin puesta a tierra, para aislar de modo visible la posición de transformador de la barra colectora 1. El accionamiento será motorizado habilitándose los enclavamientos mecánicos y eléctricos necesarios para impedir falsas maniobras.

El aparato instalado responde a las siguientes características principales (valores de acuerdo con CEI 56):

- |                       |       |
|-----------------------|-------|
| ✓ Tensión de servicio | 60 kV |
|-----------------------|-------|

✓ Tensión más elevada	72,5 kV
✓ Frecuencia	60 Hz
✓ Tensión soportada a frecuencia industrial:	
- 1 min. Bajo lluvia	140 kV
✓ Tensión soportada a onda tipo rayo	
✓ - Onda plena                   1'2/50 $\mu$ s	325 kV
✓ Corriente nominal	2.000 A
✓ Corriente de cortocircuito admisible:	
✓ - Intensidad límite térmica ( $I_{ter}$ )	40 kA, 1 s
✓ - Intensidad límite dinámica ( $I_{din}$ )	100 kA
✓ Duración del cortocircuito	3 s
✓ Tensión mando	125 V <sub>cc</sub>
✓ Tensión auxiliar	220 V <sub>ca</sub>

### **Transformadores de medida combinados celda banco 1**

Se dispondrá un (1) juego de tres transformadores de medida combinados, para medida y protección. Dichos transformadores irán dispuestos, en intemperie, sobre soportes metálicos adecuados. Las partes activas estarán aisladas mediante papel impregnado en aceite aislante.

Sus características principales son:

✓ Tensión máxima de aislamiento	72,5 kV
✓ Tensión ensayo con onda choque 1'2/50 $\mu$ s	325 kV
✓ Tensión ensayo rigidez dieléctrica (1 minuto):	
- Primario	140 kV
- Secundario	3 kV
✓ Normas	IEC 60044-1:2.003
✓ Frecuencia de la red	60 Hz
✓ Relación de transformación para la corriente	<u>2.000 A</u> / 1 A
✓ Relación de transformación para la tensión	60 : $\sqrt{3}$ kV / 0,11: $\sqrt{3}$ kV
✓ Potencias y clase de precisión, en devanados de corriente:	
- 1 <sup>er</sup> secundario	15 VA, cl 0'5
- 2 <sup>o</sup> secundario	15 VA, cl 5P20

- 3<sup>er</sup> secundario      15 VA, cl 5P20
- ✓ Potencias y clase de precisión, en devanados de tensión:
  - 1<sup>er</sup> secundario      50 VA, cl 0'5
- ✓ Intensidad límite térmica ( $I_{ter}$ ) 40 kA, 1 s
- ✓ Intensidad límite dinámica ( $I_{din}$ )      2'5  $I_{ter}$
- ✓ Sobretensión admisible en permanencia      1'2  $U_n$
- ✓ Factor de tensión nominal      1'5  $U_n$ , 30 s

### **Interrupción automática celda banco 1**

Como órgano de maniobra y protección se instalará un (1) disyuntor automático, de corte en SF6, equipado con mando eléctrico, con dos bobinas de disparo y una de cierre. Se habilitarán los enclavamientos mecánicos y eléctricos necesarios para impedir falsas maniobras.

El interruptor instalado responde a las siguientes características principales (valores de acuerdo con CEI 56):

- ✓ Tensión de servicio      60 kV
- ✓ Tensión más elevada      72,5 kV
- ✓ Frecuencia      60 Hz
- ✓ Tensión soportada a frecuencia industrial
- ✓ - 1 min. Bajo lluvia      140 kV
- ✓ Tensión soportada a onda tipo rayo
- ✓ - Onda plena 1'2/50  $\mu$ s      325 kV
- ✓ Corriente nominal      2.000 A
- ✓ Corriente nominal de corte      40 kA
- ✓ Factor del primer polo      1'5
- ✓ Corriente de cierre (cresta)      100 kA
- ✓ Duración del cortocircuito      3 s
- ✓ Tiempo de cierre       $\leq 60$  ms
- ✓ Tiempo de apertura       $\leq 35$  ms
- ✓ Tiempo de interrupción       $\leq 60$  ms
- ✓ Tiempo muerto      300 ms
- ✓ Ciclo nominal de maniobra      0-0'3 s-CO-3 min-CO
- ✓ Tensión mando      125  $V_{cc}$

- ✓ Tensión auxiliar 220 V<sub>ca</sub>

El interruptor será accionado por un mecanismo de energía almacenada por resortes, tensados a motor, instalado en un armario, a prueba de salpicaduras de agua, de aluminio resistente a la corrosión.

### **Pararrayos lado 60 kV**

Se instalará un (1) juego de tres pararrayos para proteger la instalación general y el banco transformador de potencia, en particular, frente a sobretensiones. Los pararrayos instalados serán de óxido de zinc, clase 2, con una intensidad de descarga nominal a onda 8/20  $\mu$ s de 10 kA.

A continuación se recogen sus principales características:

- ✓ Tensión nominal de red 60 kV
- ✓ Tensión máxima de servicio red 72,5 kV
- ✓ Tensión soportada a frecuencia industrial
  - 1 min. Bajo lluvia 140 kV
- ✓ Tensión soportada a onda tipo rayo
  - Onda plena 1'2/50  $\mu$ s 325 kV
- ✓ Corriente nominal de descarga asignada 10 kA
- ✓ Tensión asignada al pararrayos ( $U_r$ )  $U_r= 60$  kV
- ✓ Tensión máxima de servicio continuo (MCOV)  $U_c= 48$  kV

### **Transformador de tensión de barras**

Se instalará un (1) transformador de tensión en la barra 1, del tipo inductivo, para protección y futura sincronización.

Se proyectan para conexión entre fase y tierra, con un solo polo aislado y responderán a las siguientes características principales:

- ✓ Tensión máxima de aislamiento 72,5 kV
- ✓ Tensión ensayo con onda choque 1'2/50  $\mu$ s 325 kV
- ✓ Tensión ensayo rigidez dieléctrica (1 minuto):
  - Primario 140 kV
  - Secundario 3 kV
- ✓ Normas IEC 60044-1:2.003

✓ Frecuencia de la red	60 Hz
✓ Relación de transformación	60:√3 / 0,11:√3
✓ Potencias y clase de precisión:	
- 1 <sup>er</sup> secundario	50 VA, cl 0'5
✓ Factor de tensión	1'5 Un, 30 s

### **Seccionadores acoplamiento de barras**

Para efectuar el seccionamiento longitudinal de barras 1- 2, se instalarán dos (2) seccionadores de barras, sin puesta a tierra, de accionamiento motorizado.

Los aparatos instalados responden a las siguientes características principales (valores de acuerdo con CEI 56):

✓ Tensión de servicio	60 kV
✓ Tensión más elevada	72,5 kV
✓ Frecuencia	60 Hz
✓ Tensión soportada a frecuencia industrial:	
✓ - 1 min. Bajo lluvia	140 kV
✓ Tensión soportada a onda tipo rayo	
✓ - Onda plena 1'2/50 μs	325 kV
✓ Corriente nominal	2.000 A
✓ Corriente de cortocircuito admisible:	
✓ - Intensidad límite térmica ( $I_{ter}$ ):	40 kA, 1 s
✓ - Intensidad límite dinámica ( $I_{din}$ ):	100 kA
✓ Duración del cortocircuito	3 s
✓ Tensión mando	125 V <sub>cc</sub>
✓ Tensión auxiliar	220 V <sub>ca</sub>

### **Seccionadores de barras celdas líneas 3 y 6**

Se instalarán dos (2) seccionadores de barras, sin puesta a tierra, para aislar de modo visible las dos (2) posiciones de línea inicialmente planeadas, Puente Piedra 1 y 2, de las barras colectoras. Los equipos

instalados responden a las siguientes características principales (valores de acuerdo con CEl 56):

✓ Tensión de servicio	60 kV
✓ Tensión más elevada	72,5 kV
✓ Frecuencia	60 Hz
✓ Tensión soportada a frecuencia industrial:	
- 1 min. Bajo lluvia	140 kV
✓ Tensión soportada a onda tipo rayo	
- Onda plena 1'2/50 $\mu$ s	325 kV
✓ Corriente nominal	1.250 A
✓ Corriente de cortocircuito admisible:	
- Intensidad límite térmico ( $I_{ter}$ ):	40 kA, 1 s
- Intensidad límite dinámica ( $I_{din}$ ):	100 kA
✓ Duración del cortocircuito	3 s
✓ Tensión mando	125 V <sub>cc</sub>
✓ Tensión auxiliar	220 V <sub>ca</sub>

### **Transformadores de medida combinados celdas de líneas 3 y 6**

Se proyectan dos (2) juegos de tres transformadores de medida combinados, para medida fiscal, medida local y protección de cada una de las líneas señaladas.

Dichos transformadores irán dispuestos en intemperie, sobre soportes metálicos adecuados. Las partes activas estarán moldeadas en resina epoxi que las fije y aisle. El cuerpo de resina se montará dentro de un aislador hueco de porcelana.

La cámara entre el cuerpo de resina y el aislador de porcelana se sellará herméticamente por juntas de caucho nitrílico. Esta cámara estará parcialmente llena de aceite.

Sus características principales son:

✓ Tensión máxima de aislamiento:	72,5 kV
✓ Tensión ensayo con onda choque 1'2/50 $\mu$ s:	325 kV
✓ Tensión ensayo rigidez dieléctrica (1 minuto):	

- Primario	140 kV
- Secundario	3 kV
✓ Normas:	IEC 60044-1:2.003
✓ Frecuencia de la red:	60 Hz
✓ Relación de transformación para la corriente:	$\frac{300}{600}$ A / 1 A
✓ Relación de transformación para la tensión:	$\frac{60}{0,11}$ $\sqrt{3}$ kV / $\sqrt{3}$ kV
✓ Potencias y clase de precisión, en devanados de corriente:	
- 1 <sup>er</sup> secundario	15 VA, cl 0'5
- 2 <sup>o</sup> secundario	15 VA, cl 5P20
- 3 <sup>er</sup> secundario	15 VA, cl 5P20
✓ Potencias y clase de precisión, en devanados de tensión:	
- 1 <sup>er</sup> secundario	50 VA, cl 0'5
✓ Intensidad límite térmica ( $I_{ter}$ ):	40 kA, 1 s
✓ Intensidad límite dinámica ( $I_{din}$ ):	$\geq 2,5 I_{ter}$
✓ Sobreintensidad admisible en permanencia:	1'2 $I_n$
✓ Sobretensión admisible en permanencia:	1'2 $U_n$
✓ Factor de tensión nominal	1'5 $U_n$ , 30 s

### **Interruptor automático celdas de líneas 3 y 6**

Como órgano de maniobra y protección, se instalará un disyuntor automático por cada línea, de corte en SF6, equipado con mando eléctrico, con dos bobinas de disparo y una de cierre. Se habilitarán los enclavamientos mecánicos y eléctricos necesarios para impedir falsas maniobras. El interruptor instalado responde a las siguientes características principales (valores de acuerdo con CEI 56):

✓ Tensión de servicio	60 kV
✓ Tensión más elevada	72,5 kV
✓ Frecuencia	60 Hz
✓ Tensión soportada a frecuencia industrial	
- 1 min. Bajo lluvia	140 kV
✓ Tensión soportada a onda tipo rayo	
- Onda plena 1'2/50 $\mu$ s	325 kV
✓ Corriente nominal	2.000 A



✓ Corriente nominal de corte	40 kA
✓ Factor del primer polo	1'5
✓ Corriente de cierre (cresta)	100 kA
✓ Duración del cortocircuito	3 s
✓ Tiempo de cierre	≤60 ms
✓ Tiempo de apertura	≤35 ms
✓ Tiempo de interrupción	≤60 ms
✓ Tiempo muerto	300 ms
✓ Ciclo nominal de maniobra	0-0'3 s-CO-3 min-CO
✓ Tensión mando	125 V <sub>cc</sub>
✓ Tensión auxiliar	220 V <sub>ca</sub>

El interruptor será accionado por un mecanismo de energía almacenada por resortes, tensados a motor.

### **Seccionadores de línea celdas líneas 3 y 6**

Se instalarán dos (2) seccionadores, uno por línea, dotados de cuchillas de puesta a tierra, para aislar de modo visible la posición de la línea 60 kV. El accionamiento será motorizado habilitándose los enclavamientos mecánicos y eléctricos necesarios para impedir falsas maniobras.

El aparato instalado responde a las siguientes características principales (valores de acuerdo con CEI 56):

✓ Tensión de servicio	60 kV
✓ Tensión más elevada	72,5 kV
✓ Frecuencia	60 Hz
✓ Tensión soportada a frecuencia industrial:	
- 1 min. Bajo lluvia	140 kV
✓ Tensión soportada a onda tipo rayo	
- Onda plena 1'2/50 μs	325 kV
✓ Corriente nominal	1.250 A
✓ Corriente de cortocircuito admisible:	
- Intensidad límite térmico (I <sub>ter</sub> ):	40 kA, 1 s
- Intensidad límite dinámica (I <sub>din</sub> ):	100 kA
✓ Duración del cortocircuito	3 s

✓ Tensión mando	125 V <sub>cc</sub>
Tensión auxiliar	220 V <sub>ca</sub>

## **Banco trifásico de potencia 1**

### **Generalidades**

En la fase inicial del proyecto que nos ocupa, se prevé la instalación de un (1) banco de transformación 220/60 kV, formado por tres unidades transformadoras monofásicas y, eventualmente, un polo de reserva.

### **Transformadores monofásicos de potencia**

Cada uno de los polos que constituyen el banco será un transformador monofásico de potencia, para servicio en intemperie, de aislamiento y refrigeración en baño aceite mineral, con refrigeración forzada mediante ventiladores de flujo axial, arrollamientos de cobre electrolítico y circuito magnético realizado en chapa de grano orientado. Dispondrá de regulación en vacío de la tensión en el lado de A.T.

Las siguientes características técnicas principales de la máquina serán:

✓ Potencia	48/60 MVA (ONAN/ONAF)
✓ Tensión lado BT	62,46/√3 kV
✓ Tensión lado AT	200/√3 kV
✓ Regulación de tensión	±2x5% (en vacío)
✓ Frecuencia	60 Hz
✓ Grupo de conexión	YNyn0 (Banco)
✓ Tensión de cortocircuito	≤11%
✓ Refrigeración	ONAN/ONAF
✓ Servicio	continuo, exterior
✓ Normas	IEC 60076
✓ Tensión soportada a impulso tipo maniobra (SI) (lado AT)	
- 1 min. seco	750 kV
✓ Tensión soportada a impulso tipo rayo (BIL) (lado AT)	
- Onda completa 1'2/50 μs	950 kV



✓ Relación de transformación	1.500 A /1A
✓ Potencias y clase de precisión:	
- 1 <sup>er</sup> secundario	30 VA, 5P20
✓ Intensidad límite térmica ( $I_{ter}$ )	40 kA, 1 s
✓ Intensidad límite dinámica ( $I_{din}$ )	2'5 $I_{ter}$
✓ Sobreintensidad admisible en permanencia	1'2 $I_n$

## **Sistema de protecciones**

### **Generalidades**

El mando y control de la SET, así como los equipos de protección y automatismo, se instalarán en armarios constituidos por paneles de chapa de acero y un chasis formado con perfiles angulares metálicos del mismo material.

El sistema de protecciones que se ha previsto está integrado por los equipos que se relacionan a continuación.

### **Protección diferencial de barras 220 kV**

Como protección de barras se instalarán dos (2) unidades 7SS523 de bahía que se conectarán mediante fibra óptica vidrio a la unidad central existente en la instalación de REP, el modelo SIEMENS 7SS522.

Se trata de una protección porcentual diferencial de baja impedancia que implementará las funciones **87 B**, protección diferencial de barras y **50 BF**, fallo de interruptor.

### **Protecciones banco transformación 1, 220 / 60 kV**

Se contempla la instalación de una diferencial de transformador, **87T**, con funciones de tierra restringida **87TN**, tanto en el lado de 220 como en el lado de 60, para detectar rápidamente faltas a tierra internas del trafo.

Como protección de apoyo se dispone de un relé de sobreintensidad de fases, **3 x 50/51**, y de neutro, **50/51 N**, en el lado 220 kV, con función **25** de comprobación de sincronismo.

En el lado de 60 kV la protección de sobreintensidad será direccional (**67 + 67N**), con unidad de neutro **50/51 N** y función **3**, supervisión de bobinas del interruptor.

### **Protección líneas 60 kV**

Se proyecta una protección principal de distancia, **21** y una protección de sobreintensidad **50/51** de respaldo. En la protección de distancia se implementará comprobación de sincronismo, **25**, entre línea y barras. La protección de sobreintensidad dispondrá de la función **67 N**, sobreintensidad direccional de neutro, para detectar faltas monofásicas a tierra muy resistivas.

### **Sistema de medida**

En la celda de transformación, para determinar la energía eléctrica intercambiada, se ha previsto instalar un medidor multifunción, digital, bidireccional, de la serie ION, fabricación Power Logic.

Las celdas de salida de líneas 60 kV estarán dotadas de convertidores de medida CMMF.

### **Servicios auxiliares**

#### **Generalidades**

Para alimentar los consumos de los servicios auxiliares propios de la subestación se utilizará como fuente principal una línea de 10 kV de la compañía distribuidora de la zona.

Como fuente de reserva, se instalará un grupo electrógeno, de tipo interior, con arranque automático, dimensionado para asumir la totalidad de las cargas esenciales.

El sistema de servicios auxiliares está integrado por los equipos que siguen.

### **Transformador de SSAA**

Para alimentar los distintos receptores y servicios de corriente alterna del parque, en esta primera etapa de operación, se instalará un transformador reductor trifásico, aislamiento y refrigeración en baño aceite mineral, con las siguientes características técnicas:

✓ Potencia:	100 kVA (ONAN)
✓ Tensión lado AT:	10 kV
✓ Regulación de tensión:	±2x2,5%(en vacío)
✓ Tensión lado BT:	0,23 kV
✓ Frecuencia:	60 Hz
✓ Grupo de conexión:	Dy5
✓ Tensión de cortocircuito	6%
✓ Refrigeración:	ONAN
✓ Servicio:	continuo, exterior

### **Grupo electrógeno**

El grupo electrógeno para suministro de emergencia será de tipo estacionario, para instalación interior, con motor Diesel de arranque eléctrico mediante baterías. Montará un alternador trifásico síncrono, tensión 0,23 kV y frecuencia 60 Hz y potencia a determinar. El depósito de combustible y el cuadro de control y protección se montarán sobre el propio grupo, formando un conjunto compacto.

### **Equipo cargador – baterías 125 Vcc**

Se instalará un equipo que suministre corriente continua de 125 V para alimentación de los motores de los interruptores y seccionadores y de los equipos de protección, control y mando.

### **Equipo cargador – baterías 48 Vcc**

Se instalará un equipo cargador – batería que suministre corriente continua de 48 V para alimentación del telecontrol y de los sistemas de comunicaciones.

### **Tablero 220 Vca (trifásico 03 hilos)**

Este tablero será de barra única, alimentada desde dos fuentes independientes (trafo SSAA y grupo electrógeno), conmutadas y enclavadas entre sí, a través del de modo que no se puedan acoplar.

Estará formado por armarios metálicos, contruidos con paneles de chapa de acero y estructura de perfiles angulares. En dichos armarios irán, debidamente montados y conexiónados, los interruptores automáticos magnetotérmicos que protegen los distintos circuitos de acuerdo con el esquema unifilar correspondiente. Dispondrán de contactos auxiliares para señalar su apertura.

Se contemplan las siguientes funciones principales:

- Circuitos de calefacción y alumbrado de interruptores de potencia, seccionadores, armarios de campo y gabinetes de centralización de los transformadores de corriente y de tensión.
- Tablero conexión equipo tratamiento de aceite.
- Circuito de calefacción y alumbrado de los tableros eléctricos.
- Ventiladores de los transformadores de potencia.
- Iluminación patio de llaves.
- Equipos rectificadores.

### **Tablero 125 Vcc**

Sus características constructivas serán análogas al tablero de 220.

Se contemplan las siguientes funciones principales:

- Motores carga de resortes interruptores de potencia.
- Motores accionamiento cuchillas principales de los seccionadores de trafo, barras y líneas.
- Circuitos de cierre y apertura de los interruptores de potencia.

- Circuitos alimentación de protecciones principales y de respaldo.
- Circuitos alimentación de protección diferencial de barras.
- Circuitos de mando y señalización y alarmas.

### **Tablero 48 Vcc**

Tendrá las mismas características constructivas que los anteriores.

Se contemplan las siguientes alimentaciones principales:

- Equipo de telefonía.
- Equipo de radio microondas.
- Equipo de telefonía.
- Telecontrol.
- Equipo fibra óptica.

### **Tablero transferencia SSAA**

También se proyecta un tablero de transferencia automática de SSAA, 220 Vca, como suministro alternativo en caso de fallo del sistema principal de SSAA. Esta alimentación será del exterior; de otra SET de EDELNOR.

### **Red de tierras inferiores**

Con el fin de conseguir niveles admisibles de tensiones de paso y toque, la subestación estará dotada de una malla de tierras profundas, formada por conductores de cobre desnudo de sección 185 mm<sup>2</sup>, formando una retícula aproximada de 10 m x 10 m, abarcando a su vez una superficie total aproximada de 12.768 m<sup>2</sup>. La conexión entre los equipos y la malla se resuelve mediante pletina de cobre 5 x 40 mm.

Después de estudiar las alternativas posibles, se ha decidido conectar la nueva malla que se proyecta a la malla existente en la subestación colindante, propiedad de REP, con el fin de aprovechar las posibilidades de difusión de faltas que ofrecen las superficies combinadas de ambas subestaciones. En los cálculos realizados se ha tenido en cuenta esta



circunstancia. La resistencia de tierra obtenida tiene un valor de  $0,18\Omega$ , tal como se determina en el correspondiente anexo de cálculo.

### **Estructura metálica**

Las estructuras metálicas que conforman los pórticos de barras de 220 kV, los pórticos vinculados al banco del banco de transformación 1 y el sistema de barras 60 kV, así como los soportes de la aparamenta de las distintas posiciones de 220 y 60 kV, se construirán con perfiles de acero laminados normalizados ASTM A36, unidos mediante planchas metálicas y pernos.

Los pórticos se resuelven mediante pilares en "A" y dinteles compuestos por dos perfiles paralelos, empleando en todas las posiciones secciones tipo "C".

Los soportes de los equipos eléctricos se han diseñado con perfiles en alma llena, empleando secciones tipo "W" para los elementos verticales y secciones tipo "C" para los elementos horizontales sobre los que se dispone la aparamenta.

La unión entre los pilares y la cimentación se materializará a través de placas de base metálicas con pernos embebidos en el concreto.

El tratamiento final de todas las estructuras que componen el patio de llaves será galvanizado en caliente por inmersión. Posteriormente se acabarán en obra con dos capas de pintura, previa imprimación.

### **Obras civiles**

#### **Generalidades**

La actual SET Zapallal ocupa un área rectangular de dimensiones aproximadas 300 m en el sentido S-N, que baja en ladera de pendiente suave, y de 200 m en el sentido W-E. (largo x ancho).

La superficie está dividida en tres paños de 100 m x 200 m, sobre los cuales se han construido tres terrazas de unos 165 m x 85 m, en tres cotas de diferente altura.

Las terrazas se han obtenido con cortes y movimientos de tierra y están separadas por taludes de 45° a cuyos pies discurren las pistas internas de acceso y de servicio.

La plataforma de la subestación Nueva Zapallal EDELNOR se implantará en la terraza superior que ya está acondicionada para albergar las nuevas instalaciones electromecánicas. El movimiento de tierras necesario será mínimo.

Las dimensiones son tales que permiten el movimiento de los aparatos de alta tensión y las máquinas transformadoras, así como la ejecución de las maniobras propias de la explotación y las operaciones de mantenimiento en condiciones óptimas de seguridad, de acuerdo con las prescripciones del Código Nacional de Electricidad.

Las bahías de los patios de llaves se acabarán con una capa de granito lavado, similar a piedra de río, de 1" a 2" de diámetro mínimo, que tendrá un espesor de 0,10 m y cuyo propósito mejorar las tensiones de paso.

### **Bases de cimentación**

La cimentación de todos los elementos de la subestación se resuelve mediante macizos de tipo monobloque de concreto en masa  $f_c$  316.

Con el fin de evitar la fisuración y mejorar de este modo la durabilidad y conservación del concreto, se dispondrá en todas las caras de los macizos un refuerzo en forma de mallazo de barras corrugadas.

Se dejarán previstos los espárragos necesarios para recibir la estructura soporte y los tubos para los cables de tierra y de control y medida.

### **Canalizaciones**

Se diseña un sistema de canales registrables, con tapas de concreto, para facilitar el acceso de los cables de potencia, mando y control a los diferentes aparatos.

Donde sea necesario para el acceso de los cables de mando y control a la apartamenta se construirán arquetas de cables en concreto, delante de la salida de cables prevista en la zapata correspondiente.

Se instalarán tubos de PVC para evitar el contacto de los cables con el concreto y guiarlos a través de las zapatas, desde el exterior hasta las arquetas previstas.

### **Muros cortafuegos**

Se proyecta construir cinco (5) muros pantalla de concreto armado, de 8,5 m de altura, dispuestos separando las bancadas de los polos del banco de transformación, para impedir que un incendio o explosión de uno de los transformadores afecte a las máquinas colindantes.

Estos muros también se utilizarán como soporte para instalar los embarrados auxiliares de 220 y 60 kV y los de formación de neutros.

### **Recogida del líquido aislante trafo**

Con la finalidad de permitir la recogida del líquido aislante en caso de derrames, se proyecta bajo los polos del banco de transformación un cubeto de recogida, de capacidad adecuada, con revestimiento resistente y estanco.

Dispondrá de un sistema cortafuegos, consistente en un lecho de guijarros extendidos sobre una reja de "tramex". Los posibles derrames se conducen, a través de un sistema de tuberías, a un depósito colector realizado con concreto armado.

### **Cerramiento exterior**

Se sustituirá el actual cerramiento exterior del lado Este, resuelto actualmente con postes metálicos, sobre cimientos aislados, y tela metálica, por un muro de ladrillo.

Este nuevo cerco, de una longitud aproximada de 100 m, será modulado en paños, acordes con la topografía del terreno. La estructura se proyecta

con cimientos y sobre cimientos de concreto armado, columnas de amarre y vigas collarín tarrajeadas. Los paños será de ladrillo kk – 18 huecos, asentados de soga y acabados solaqueados con bruñas en las juntas de mortero.

Entre los recintos propiedad de REP y el concesionario a EDELNOR, se instalará un cerco divisorio perimétrico metálico. Estará dispuesto en el lado Sur, modulado en paños, de acuerdo con el perfil y la topografía del hombro del terraplén.

Sus cimientos y sobrecimientos se construyen de concreto ciclópeo y los paños se conformados con estructuras tubulares de 2", verticales y horizontales, enmarcadas con ángular de 3/4", sobre los que se suelda la malla de alambre galvanizado.

Todas las estructuras metálicas, previa limpieza, se tratarán con pintura epoxidica Amerlock 400 (Ameron) hasta obtener un espesor de 3 mills. El acabado final será de poliuretano alifático Amercoat 450 HS (Ameron) hasta completar un espesor total de 8 mills.

### **Acceso y viales interiores**

El vial de acceso a la SET Nueva Zapallal EDELNOR es de nueva construcción, independiente del acceso actual de la subestación de Red de Energía del Perú, y parte de la actual Avda. Lomas de Carabayllo.

La longitud total es de 295 metros. Con el fin de garantizar unas condiciones de servicio óptimas y, al mismo tiempo, afectar el mínimo espacio posible, se proyecta un ancho útil de calzada de cinco metros, rematada lateralmente por dos cunetas laterales de sección triangular y 50 cm. de ancho.

Sobre la subrasante compactada se extenderá la capa de afirmado (C.B.R. > 80) que será posteriormente compactada hasta el 100% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado y nivelada hasta obtener las pendientes y cotas de proyecto.

Se han proyectado los viales interiores necesarios para permitir el acceso de los equipos de transporte y mantenimiento requeridos para el montaje y conservación de la subestación. El vial principal tiene 6 m de ancho y los perimetrales, 4 m. El acabado superficial es una carpeta asfáltica, de 2" de espesor, extendida en caliente sobre una subbase granular (CBR>40) compactada.

### **Edificio de control**

El edificio de control consta de una sola planta y comprende un área de 177,18 m<sup>2</sup>, dentro de la cual se plantean dos ambientes; el primero conformado por la sala general de tableros de protección, control y mando y el segundo, por las salas de comunicaciones, baterías y grupo electrógeno.

En la solera se dispondrán los canales necesarios para facilitar el tendido de cables de control y potencia.

La cubierta de la sala general de tableros lleva incorporados dos lucernarios, con la intención de albergar en su momento placas solares fotovoltaicas.

Los muros de las edificaciones serán ladrillos de arcilla king kong de cabeza y de soga, tal como se indica en los planos elaborados.

La carpintería de puertas, ventanas y enrejados de ventilación será metálica. Las dimensiones de las puertas serán las adecuadas para el paso de los equipos a instalar.

El edificio va circundado exteriormente por una vereda perimetral de 1,5 m

## **2.5 DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS**

Las siguientes terminologías son usadas en el desarrollo de la presente investigación.

- **Caracterización.-** Determinación de los atributos peculiares de una persona o cosa, de modo que se distinga claramente de las

demás.

- **Implementación.-** Una implementación o implantación es la realización de una aplicación, instalación o la ejecución de un plan, idea, modelo científico, diseño, especificación, estándar, algoritmo o política.
- **Subestación.-** Conjunto de instalaciones de una red de suministro eléctrico, que se encarga de la distribución y transformación de energía eléctrica en una red.
- **Subestación Eléctrica.-** Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador. Normalmente está dividida en secciones.
- **Línea de transmisión eléctrica.-** Es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de acero, cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión.
- **Energía eléctrica.-** Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico.
- **Sostenibilidad.-** El principio de sostenibilidad está basado en varios conceptos: La ciencia de la sostenibilidad y la ciencia ambiental forman las bases de la estructura analítica y filosófica, mientras que los datos se coleccionan por medio de medidas de sostenibilidad. Después se usan estos datos para formular planes de políticas de sostenibilidad. La puesta en práctica del desarrollo sostenible tiene como fundamento ciertos valores y principios éticos. La sostenibilidad se estudia y maneja a varios niveles de

tiempo y espacio y en muchos contextos de organización económica, cultural, social y ambiental. Se enfoca desde la sostenibilidad total del planeta a la sostenibilidad de sectores económicos, países, municipios, barrios, casas individuales; bienes y servicios, ocupaciones, estilos de vida, etc. En resumen puede incluir el total de las actividades humanas y biológicas o partes especializadas de ellas.

- **Demanda Energética.-** Cantidad de energía que debe proporcionarse con los sistemas técnicos para satisfacer las necesidades de los locales del edificio.
- **Tipología.-** La tipología literalmente el estudio de tipos o clases, se encarga, en diversos campos de estudio, de realizar una clasificación de diferentes elementos. El término también se puede referir a los "tipos" de letra, utilizados en cualquier soporte escrito.

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

La metodología a emplear, en la investigación está relacionada con las siguientes instancias

#### 3.1. Variables de la Investigación

Variable Y= Mejora del sistema Eléctrico

Contamos con Variables Independientes y dependientes.

Variables Independientes

X<sub>1</sub>: Caracterización del diseño e implementación de la Nueva subestación Zapallal 220kv /60kV.

Variable Dependiente

Y<sub>1</sub>: Sostenibilidad del servicio de energía eléctrica.

#### 3.2. Operacionalización de Variables

Los indicadores relacionados con nuestras variables, que posibilitaran poner a prueba nuestras variables y con ella a nuestra hipótesis son:

EN LA DIMENSIÓN DEL DISEÑO

X<sub>11</sub>: Criterios de Diseño.

X<sub>12</sub>: Especificaciones técnicas de los equipos.

EN LA DIMENSIÓN DE IMPLEMENTACIÓN

X<sub>13</sub>: Obras de construcción.

EN LA DIMENSIÓN DE SOSTENIBILIDAD

Y<sub>11</sub>: Mejor servicio de calidad de energía.

Y<sub>12</sub>: Mayor capacidad de entrega de energía eléctrica.

Y<sub>13</sub>: Topología de la red y rentabilidad anual.

Y<sub>14</sub>: Tiempos.



### **3.3. Hipótesis general**

La siguiente hipótesis y su desmembramiento, es la que corresponde a los cuestionamientos problematizados

#### **3.3.1 Hipótesis Principal**

Mediante el análisis al diseño realizado para la construcción de la nueva subestación Zapallal no garantizaría el abastecimiento de la demanda energética proyectada.

#### **3.3.2 Hipótesis Secundarias**

H<sub>1</sub>:Mediante la caracterización de la topología del sistema será posible determinar la confiabilidad del suministro de energía eléctrica proyectado.

H<sub>2</sub>:Mediante la caracterización diseño y la implementación de la nueva subestación Zapallal será posible garantizar la sostenibilidad del servicio.

H<sub>3</sub>:Mediante la validación de la topología e implementación de la nueva subestación Zapallal será posible demostrar deficiencia en el diseño.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de Investigación**

La presente trabajo de investigación es tipo analítico debido a que posterior a la investigación descriptiva realizaremos el análisis de las variables para validar las diferentes hipótesis formuladas en nuestra matriz como son las del responder si Mediante el análisis al diseño realizado para la construcción de la nueva subestación Zapallal no garantizaría el abastecimiento de la demanda energética proyectada.

#### **4.2. Población y Muestra**

La población está formado por los todas las subestaciones de alta tensión que conforman el SEIN. La muestra que se utilizará para llevar cabo el presente trabajo de investigación está conformada por el diseño e implementación de la nueva subestación Zapallal (Huarangal) de 220kV / 60kV.

#### **4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos que se usaran en la presente trabajo de investigación usaremos los archivos del propio diseño de la nueva subestación Zapallal (Huarangal - 1era. Etapa) el mismo que fueron facilitados por la empresa Edelnor S.A. como aporte a la investigación universitaria.

También recolectaremos información a través de: Osinerming, El Ministerio de Energía y Minas, datos de proyecciones de demandas y otras fuentes que nos permita utilizar la información para el presente trabajo de investigación.

#### **4.4. Plan de análisis estadísticos de datos**

Procederemos a analizar la información recopilada e investigando antecedentes para analizar las posibles mejoras de la propia subestación.

Analizaremos mediante un software la topología actual del distrito de Carabayllo para luego evaluar la curva de demanda de la propia zona.

Justificaremos mediante análisis de software la potencia diseñada en la nueva subestación Zapallal.

## V. RESULTADOS

1. Después de estudiar distintas alternativas, la nueva subestación Zapallal EDELNOR, 220/60 kV será del tipo convencional, dispuesta en intemperie. Los pórticos y la estructura soporte de la aparamenta se resuelven mediante perfiles laminados unidos mediante planchas metálicas y pernos. El tratamiento final de todas las estructuras que se proyectan será galvanizado en caliente por inmersión y con acabado pintado.
2. El sistema de barras 220kV será una prolongación de barras actuales A y B de REP, habiéndose previsto para dos celdas de banco transformación, 220 / 60 kV, configuradas para esquema de “interruptor y medio”.
3. El sistema de barras de 60 kV se proyecta, en la fase inicial, para operar como “simple barra”, con un seccionamiento longitudinal, y se diseña para evolucionar a esquema de “doble barra” en la etapa final del proyecto. Está previsto para un total de siete (7) celdas de salida de línea 60 kV y dos (2) de transformador 60 /20 /10.kV.
4. El diseño del sistema de barras en 220kV y 60kV de la subestación garantiza un mayor grado de confiabilidad del sistema respecto a otros sistemas convencionales (sistema de doble barra, sistema de barra simple), tanto en el momento de la operación del sistema o ante necesidades de mantenimiento o indisponibilidad de equipos por situaciones imprevistas.
5. La capacidad de transformación de la subestación, y la caracterización de los equipos instalados en la subestación permitirán satisfacer la demanda existente y proyectada en la zona norte de Lima.
6. La implementación del tablero de transferencia automática de SSAA, 220Vca como suministro alternativo en caso de falla del sistema principal de corriente alterna garantizará la operación continua de los sistemas de protección y control en la subestación.

7. El diseño del sistema tubular en el patio de 60kv permitirá un ahorro considerable para la empresa EDELNOR S.A.A, no sólo significará un ahorro monetario en la ejecución del proyecto sino además un ahorro en los costos de mantenimiento.
8. El sistema de control a implementar permitirá facilitar la operación del sistema en todos los niveles de control de la subestación al poseer automatismos implementados para una operación más segura, confiable, rápida y flexible.

Nivel 0: patio

Nivel 1: BCU

Nivel 2 HMI

Nivel 3: SCADA

## VI. DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1 Contratación de la Hipótesis con los Resultados.

**En el presente trabajo se planteó una hipótesis general:**

Mediante La construcción de la nueva subestación Zapallal será posible abastecer el incremento de demanda de energía eléctrica de la población de carabaylo y por consecuencia la mejora del servicio.

**Contraste:** mediante el estudio de la caracterización de los equipos de la nueva Subestación Zapallal es posible concluir que esta subestación logrará abastecer la demanda exigida y proyectada para la población de una parte de la zona norte de Lima.

**Y se plantaron las siguientes hipótesis específicas:**

**H1:** Mediante la caracterización de la topología será posible mejorar los efectos de la demanda energética.

**Contraste:** Con la implementación del sistema de interruptor y medio en 220kV y de doble barra en 60kV es posible que la operación del sistema se realice de una manera más confiable, flexible y segura. Adicionalmente, la caracterización de la Nueva Subestación, permite mejorar los niveles de tensión en las principales barras del sistema eléctrico de EDELNOR y disminuir los niveles de sobrecarga existentes en algunas líneas de 60V de la subestación (por ejemplo la línea L-686 60kV Puente Piedra – Zapallal) y permitir la operación en estado estacionario del sistema de Lima Norte ante contingencias n-1.

**H2:** Mediante la caracterización diseño y la implementación de la nueva subestación Zapallal será posible garantizar la sostenibilidad del servicio.

**Contraste:** Mediante el análisis detallado que se ha realizado a las diferentes zonas de la subestación (patio de 220kV y 60kV), este estudio demostró que la instalación podrá satisfacer la demanda proyectada de la zona norte de Lima ante condiciones de operación normal y ante contingencias n-1 en el sistema eléctrico de EDELNOR

**H3:** Mediante la validación de la topología e implementación de la nueva subestación Zapallal será posible demostrar los beneficios de la misma.

**Contraste:** Por la topología propuesta para la Nueva Subestación Zapallal 220/60kV la empresa EDELNOR obtendrá beneficios económicos en los costos de ejecución del proyecto y mantenimiento de las nuevas instalaciones.

**H4:** Mediante la confiabilidad de la nueva subestación Zapallal será

posible entregar un servicio de mejor calidad.

**Contraste:** Mediante el diseño planteado para la Nueva Subestación Zapallal, se podrá mejorar los niveles de tensión en las barras del sistema de EDELNOR facilitando su regulación gracias al incremento de la fortaleza del sistema.

## **6.2 Contratación de Resultados con otros Estudios Similares.**

Se han seleccionado cuatro estudios de rango nacional e internacional de los revisados para contrastarlos con los resultados de la investigación, lo cual se describe a continuación:

### **6.2.1 Diseño de Subestaciones de Media tensión Tesis 2009**

**País: Colombia**

Autor: JAVIER ANDRÉS LINARES ESCOBAR

Proyecto de Grado Para optar el título de Ingeniero Electricista

Modalidad Pasantía Institucional

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA SANTIAGO DE CALI 2009

**Contraste:** La comparación con la base teórica para realizar el estudio básico de los elementos que conforman la subestación eléctrica, están basados bajo estándares internacionales similares, obteniendo resultados similares en el proceso de diseño de las subestaciones.

### **6.2.2 MANIOBRAS PARA LIBRAR EQUIPO EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN (230/23 Kv)**

**País: Mexico**

Autor: ANDRES DE JESUS HERNANDEZ PLATA

Para obtener el título de Ingeniero Electricista  
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”

**Contraste:** Los resultados de la lectura de este trabajo es que vemos la función y características que tiene cada uno de los equipos que integran la subestación y al mismo tiempo contemplar en la práctica su función y conocer sus características, como son las tensiones en las cuales al principio se observan que en cada subestación tiene diferentes tipos de equipo del cual se observa que cada equipo diseñado para cada tipo de tensión y capacidad, lo cual se observa en el primer capítulo de ambas tesis.

### **6.2.3 METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA**

País: Chile

Autor: Jorge Quezada Quezada

Proyecto de Grado Para optar el título de Constructor Civil

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE – FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL 2005.

**Contraste:** Los procedimientos de trabajo, son una herramienta fundamental en la ejecución de las diferentes tareas de un proyecto, puesto que por este medio se informa hasta el último elemento productivo, de una organización, de lo que se quiere lograr, cómo debe ser ejecutado y los riesgos presentes en cada actividad; por lo tanto, al elaborar un procedimiento éste debe hacerse con la máxima rigurosidad, ya que de esta forma evitamos pérdidas por trabajos mal ejecutados o accidentes indeseados.

## **6.2.4 GUIA BASICA PARA EL DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS CON ENFASIS EN EL ARREGLO DE BARRAS COLECTORAS DE INTERRUPTOR Y MEDIO**

País: Costa Rica

Autor: Josué Daniel Hidalgo Quesada

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Facultad de Ingeniería – Escuela de Ingeniería Eléctrica

**Contraste:** Se verifica la misma configuración tanto en el esquema de interruptor y medio se permite, siempre y cuando se cumplan las condiciones, el recierre de cualquier interruptor a excepción del interruptor de medio diámetro. En los esquemas de estas configuraciones de barra partida con interruptor de enlace se permite en todos los interruptores a excepción del interruptor de transferencia. ya que de esta forma evitamos pérdidas por trabajos mal ejecutados o accidentes indeseados.

## **VII. CONCLUSIONES**

1. Después de estudiar distintas alternativas, la nueva subestación Zapallal EDELNOR, 220/60 kV será del tipo convencional, dispuesta en intemperie. Los pórticos y la estructura soporte de la aparamenta se resuelven mediante perfiles laminados unidos mediante planchas metálicas y pernos. El tratamiento final de todas las estructuras que se proyectan será galvanizado en caliente por inmersión y con acabado pintado.
2. El sistema de barras 220kV será una prolongación de barras actuales A y B de REP, habiéndose previsto para dos celdas de banco transformación, 220 / 60 kV, configuradas para esquema de “interruptor y medio”.
3. El sistema de barras de 60 kV se proyecta, en la fase inicial, para



operar como “simple barra”, con un seccionamiento longitudinal, y se diseñó para evolucionar a esquema de “doble barra” en la etapa final del proyecto. Está previsto para un total de siete (7) celdas de salida de línea 60 kV y dos (2) de transformador 60 /20 /10 kV.

4. Mediante el análisis realizado en la tesis presentada, se comprobó una alta confiabilidad en el diseño de la Nueva Subestación Zapallal.
5. La implementación de la configuración de interruptor y medio en el sistema de barras 220kV y de doble barra en 60kV permitirá una operación segura, flexible y confiable de la Nueva Subestación Zapallal.
6. La implementación del diseño tubular en el patio de 60kV de la subestación permitirá un ahorro considerable para la empresa durante la ejecución del proyecto y en los costos de mantenimiento de la subestación.
7. Se concluye que mediante la Implementación de los diferentes automatismos en el sistema de control de la subestación, se garantizará una operación estable, segura y confiable de todo el equipamiento instalado en la subestación.
8. La caracterización e implementación de la Nueva Subestación Zapallal permitirá satisfacer el crecimiento de la demanda de la zona norte de Lima, la cual se incrementa en promedio en un 4% anual desde el 2013.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Los equipos de maniobra -interruptores, seccionadores- deberán recibir un mantenimiento de acuerdo al plan propuesto por EDELNOR S.A.A.
2. Incluir mandos a distancia para los seccionadores de barras, de línea y de puesta a tierra de las bahías instaladas en la subestación, para que

puedan ser comandados desde el Centro de Control y de esta forma brindar mayor seguridad, rapidez y flexibilidad durante la operación del sistema.

3. Debido a que la zona posee una condición ambiental con mucha polución se deberá considerar proteger los aisladores (seccionadores, interruptores, transformadores de medida) con Silicagen para minimizar su tasa de falla.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. DAMAS NIÑO, Marcelo Nemesio. "Guía para la presentación de proyectos de investigación y tesis de pregrado FIEE - UNAC" Pp. 42. Callao Perú. 2012.
2. RUÍZ GUTIERREZ, JOSE MANUEL. "Desarrollo sostenible", Johannesburgo. 2002.
3. MANUAL CFE. "Diseño de subestaciones eléctricas de distribución en bajo perfil y encapsuladas en SF6", México. 2013.
4. MACEDO, BEATRIZ. "El concepto de sostenibilidad", Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe - UNESCO. Santiago.2005.
5. HMW INGENIEROS "Experiencia en subestaciones eléctricas", Colombia. 2013.

## **ANEXOS**

- ✓ Matriz de consistencia
- ✓ Otros Anexos

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>El presente anteproyecto de tesis se titula:</p> <p><b>"Caracterización del Diseño e implementación de la Subestación de transmisión Zapallal 220/60 kV de la empresa Edelnor S.A.A"</b></p>	<p><b>Nace ante la prerrogativa siguiente:</b></p> <p>¿Cómo el aumento de demanda de energía eléctrica en la zona de Carabayllo puede influir en la saturación de la subestación Chavarría de Edelnor y no garantizar un mejoramiento sostenible en la calidad del servicio? Asimismo surgen de la misma los siguientes cuestionamientos:</p> <p><b>P1:</b> ¿Qué influencia tiene la topología de red del sistema para efectos de la demanda energética?</p> <p><b>P2:</b> ¿De qué manera se podría hacer sostenible para que el diseño y la implementación, perduren y nos garanticen el servicio?</p> <p><b>P3:</b> ¿Cómo podría ser validada La caracterización topológica del sistema?</p> <p><b>P4:</b> ¿De qué manera la subestación zapallal aporta la confiabilidad al SEIN?</p>	<p><b>Objetivos generales:</b></p> <p>Efectuar el estudio del diseño e implementación de la subestación de transmisión Zapallal 220/60kV de la empresa Edelnor S.A.A. para atender la demanda creciente de energía eléctrica.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p><b>O1:</b> caracterizar la topología de red del sistema de la Subestación de transmisión Zapallal 220/60 kV de la empresa Edelnor S.A.A, para efectos de la demanda energética.</p> <p><b>O2:</b> caracterizar el diseño y la implementación, de la Subestación de transmisión Zapallal 220/60 kV de la empresa Edelnor S.A.A y nos garantice el servicio, mediante la sostenibilidad.</p> <p><b>O3:</b> validar la caracterización de la topológica del sistema mediante demostración de software con el análisis de la demanda.</p> <p><b>O4:</b> Demostrar la confiabilidad que brinda la nueva subestación Zapallal.</p>	<p><b>HG: Hipótesis General</b></p> <p>Mediante La construcción de la nueva subestación Zapallal será posible abastecer el incremento de demanda de energía eléctrica de la población de carabayllo y por consecuencia la mejora del servicio.</p> <p><b>Subhipotesis</b></p> <p><b>H1:</b> Mediante la caracterización de la topología será posible mejorar los efectos de la demanda energética.</p> <p><b>H2:</b> Mediante la caracterización diseño y la implementación de la nueva subestación Zapallal será posible garantizar la sostenibilidad del servicio.</p> <p><b>H3:</b> Mediante la validación de la topología e implementación de la nueva subestación Zapallal será posible demostrar los beneficios de la misma.</p> <p><b>H4:</b> Mediante la confiabilidad de la nueva subestación Zapallal será posible entregar un servicio de mejor calidad.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p><b>X1:</b> caracterización del diseño e implementación de la subestación Zapallal.</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p><b>Y1:</b> Sostenibilidad del servicio de energía eléctrica.</p>	<p><b>DISEÑO</b></p> <p><b>X<sub>11</sub>:</b> Criterios de Diseño.</p> <p><b>X<sub>12</sub>:</b> Especificaciones técnicas de los equipos.</p> <p><b>IMPLEMENTACIÓN</b></p> <p><b>X<sub>13</sub>:</b> Obras de construcción.</p> <p><b>SOSTENIBILIDAD</b></p> <p><b>Y<sub>11</sub>:</b> Mejor servicio de calidad de energía.</p> <p><b>Y<sub>12</sub>:</b> Mayor capacidad de entrega de energía eléctrica.</p> <p><b>Y<sub>13</sub>:</b> Topología de la red y rentabilidad anual.</p> <p><b>Y<sub>14</sub>:</b> Tiempos</p>