



UNIDAD DE NEGOCIO EL ORO

CONTRATO No. 019-2022

**“EOR ESTUDIOS TÉCNICOS INTEGRALES PARA
LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE REPOTENCIACIÓN
Y AMPLIACIÓN EN SUBESTACIONES DE CNEL
EP UN EL ORO GD”**

PROYECTO 4:

**AMPLIACION DE PATIO DE 69 KV Y DE 13.8 KV EN LA SE
MACHALA CENTRO**

CAPÍTULO 1

*Memoria técnica descriptiva de obra
electromecánica*

C.E.C ELECTRIORO S.A.S.

Firma Consultora



ÍNDICE

1.1	ANTECEDENTES	3
1.2	ALCANCE	3
1.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	4
1.3.1	Descripción actual	4
1.3.2	Proyección de patio a 69 kV	5
1.3.3	Proyección en patio de 13.8 kV	5
1.3.4	Condiciones ambientales de la subestación Machala Centro.....	6
1.3.5	Estudio de cortocircuito	6
1.4	CRITERIOS CONSIDERADOS	7
1.4.1	Implantación de equipos y distancias de seguridad	7
1.4.2	Diseño de la malla de puesta a tierra	8
1.4.3	Niveles de tensión y de aislamiento	8
1.4.4	Apantallamiento contra descargas atmosféricas	9
1.4.5	Servicios auxiliares	10
1.4.6	Salidas subterráneas de media tensión	10
1.4.7	Otros estudios	10
1.4.8	Planos de la consultoría	10
	ANEXO 1.....	10



1.1 ANTECEDENTES

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad, CNEL EP UN EL ORO, ha experimentado un aumento significativo de su demanda eléctrica, lo que obliga a replantear la planificación operativa del sistema y su plan de expansión.

En la actualidad, CNEL EP cuenta con una subestación eléctrica de Alto/Medio Voltaje 69 kV/13.8 kV con una capacidad instalada de T1 10/12.5 MVA y T2 3.75 MVA, denominada subestación Machala Centro mediante la cual brinda servicio a gran parte de la zona céntrica de la ciudad de Machala por medio de cuatro alimentadores de media tensión a todos los clientes de esta zona de la capital de la Provincia de El Oro.

La zona de influencia del proyecto al ser una zona céntrica de la ciudad de Machala, se desarrollan gran cantidad de actividades comerciales, se encuentran ubicadas instituciones públicas y privadas, hospitales, centros educativos y universidades, por lo que la demanda de potencia y energía eléctrica se ha visto incrementada.

Debido al crecimiento de la demanda de potencia y energía eléctrica de los clientes que se energizan desde la subestación Machala Centro, la cargabilidad de los transformadores de potencia han presentado los siguientes valores para el año 2022:

Tabla 1. – Cargabilidad transformadores de potencia S/E Machala Centro 2022.

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	DEMANDA MÁXIMA (MVA)	CARGABILIDAD ONAN (%)	CARGABILIDAD ONAF (%)
T1 10/12,5 MVA	8,59	85,90	68,70
T2 3,75 MVA	3,97	105,82	NA

Como se puede observar de la tabla anterior, el T1 se encuentra por encima del 85% de su capacidad nominal con ventilación natural y casi en el 70% de su capacidad con ventilación forzada. Por otra parte, el T2 solo cuenta con ventilación natural y ya registra valores superiores al 105% de su capacidad nominal.

Para poder atender los requerimientos futuros de demanda de potencia y energía eléctrica de esta zona, es necesario realizar un proyecto que considere la ampliación y repotenciación de la subestación Machala Centro, incrementando su capacidad instalada mediante la puesta en funcionamiento de un nuevo transformador de potencia de 24/32 MVA, con todos sus equipamientos de control y protección, con la finalidad de que los clientes cuenten con un servicio confiable y de calidad.

1.2 ALCANCE

El presente documento corresponde la memoria técnica descriptiva del proyecto y tiene por objetivo presentar los estudios y diseños electromecánicos definitivos para la repotenciación de la subestación eléctrica **MACHALA CENTRO** que incluye:

- La implementación de bahía de 69 kV para transformador de potencia incluyendo todo el equipamiento de la misma en nuevo pórtico.



- Implementación de un nuevo transformador de potencia de 24/32 MVA incluyendo todos sus sistemas de control y protección.
- Implementación de un nuevo pórtico metálico de 13.8 kV de al menos 6 bahías para alimentador, una bahía para servicios auxiliares y una bahía para interruptor principal.
- Interconexión entre nuevas bahías de 13.8 kV y las posiciones de salida de alimentadores existentes.
- Contemplar la instalación de interruptores de tipo tanque muerto con sus respectivos equipos de protección para todas las posiciones de 69kV y posiciones generales de barra de 13.8 kV.

Los estudios y diseños de la obra electromecánica se basan en los capítulos subsiguientes:

- Diseño de la malla de puesta a tierra.
- Coordinación de aislamiento.
- Apantallamiento contra descargas atmosféricas.
- Servicios auxiliares de corriente alterna (CA) y corriente continua (CC).
- Especificaciones técnicas de equipos y montajes.
- Equipos, herramientas, maquinarias y personal mínimo para la ejecución del proyecto.
- Diseño de salidas subterráneas para alimentadores de media tensión.
- Elaboración de presupuesto.
- Elaboración de planos: diagrama unifilar de la subestación, tableros de protección, control y medición con su disposición, conexión a tierra de los equipos de patio y vista de planta de la subestación con sus respectivos cortes, sistema de iluminación y recorrido de bandejas porta cables.

En cada uno de los temas descritos se aplicaron las correspondientes normas generalmente aplicadas en el sistema eléctrico ecuatoriano (IEEE, IEC, ANSI, NEMA, etc.) y las guías de cálculo que proponen las mismas normas.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.3.1 Descripción actual

La subestación eléctrica Machala Centro de 69/13.8 kV con una capacidad instalada de 1 TR de 10/12.5 MVA + 1 TR de 3.75 MVA, se encuentra ubicada en la parroquia La Providencia de la ciudad de Machala, en las calles Av. Loja y Av. 25 de Junio de la Provincia de El Oro, la misma que es suministrada de servicio eléctrico mediante la línea de subtransmisión a 69 kV Machala – Machala Centro.

Coordenada X: 616640,819

Coordenada Y: 9638932,525

Msnm: 8 m



1.3.2 Proyección de patio a 69 kV

La implementación del pórtico de 69 kV contemplará 1 posición con su respectivo equipamiento para bahía de transformador de potencia 24/32 MVA, en la cual se tomará en cuenta los siguientes equipos primarios con las especificaciones técnicas del anexo correspondiente:

- Un transformador de potencia 24/32 MVA; 67/13.8 kV y sus accesorios.
- Un interruptor tripolar en SF6 tipo tanque muerto de 69 kV, 1200 A, 2 TCs por bushing para protección y medición. Mecanismo motor - resorte.
- Tres transformadores inductivos de potencial (TP's) de relación $69/\sqrt{3} / 115/\sqrt{3}$ con dos núcleos; uno de clase 3P y uno de clase 0.2 multirelación.
- Un seccionador tripolar motorizado al lado de la barra de 69 kV, doble apertura con columna giratoria central de montaje vertical, sin cuchillas de puesta a tierra.
- Un seccionador tripolar motorizado para bypass, apertura vertical de montaje horizontal, sin cuchillas de puesta a tierra.
- Un seccionador tripolar motorizado al lado de línea de 69 kV, doble apertura con columna giratoria central de montaje vertical, con cuchillas de puesta a tierra.
- Tres apartarrayos de 69 kV tipo estación con contador de descargas.
- Un tablero para control, protección y medida para transformador de potencia 24/32 MVA.
- Un tablero para servicios auxiliares de corriente continua.
- Un tablero para servicios auxiliares de corriente alterna.

1.3.3 Proyección en patio de 13.8 kV

A nivel de 13.8 kV se contempla la implementación de un nuevo pórtico metálico que contiene 7 posiciones para alimentadores primarios, una posición para servicios auxiliares y una posición para interruptor principal.

El barraje principal de 13.8 kV será en esquema barra simple y con configuración de dos conductores por fase con conductor de aluminio ACAR 750 MCM con su respectiva herrajería de sujeción.

Se instalarán trincheras de hormigón armado con sus respectivas estructuras porta cables y tapas para transportar los circuitos de control para la conexión de los cables con las señales AC y DC de pararrayos, reconectores y transformadores de potencial en media tensión hacia los tableros del cuarto de control.

Se instalará un transformador trifásico tipo convencional de 100 KVA para los servicios auxiliares de la subestación, el cual se alimentará desde el patio de media tensión y estará protegido por un juego de seccionadores unipolar tipo fusible de 100 A de capacidad.

Se contemplará los siguientes equipos primarios en patio de 13.8 kV con las especificaciones técnicas del anexo correspondiente:

- Un Interruptor tripolar en vacío a 24 kV, 2000 [A] tipo tanque muerto. Incluye accesorios.



- Tres seccionadores tripolares motorizados, 15 kV, 2000 [A]. Incluye caja de mando y accesorios.
- Tres transformadores de potencial 13.8 kV/115 V. Incluye tablero y accesorios de agrupamiento de señales con borneras seccionables.
- Doce transformadores de corriente de 600/5 [A] multirelación de 13.8 kV. Incluye tablero y accesorios de agrupamiento de señales con borneras seccionables.
- Doce seccionadores monopolares de cuchilla, 27 kV, 600 [A].
- Doce seccionadores cuchilla tipo tándem de 15 kV, 600 [A].
- Cuatro reconectores tripolares de 27 kV, 630 [A] para montaje en subestación. Incluye su respectiva caja de control y accesorios.
- Quince apartarrayos tipo estación 12kV. Incluye accesorios para montaje.
- Cuatro medidores de parámetros eléctricos. Incluye tablero para 7 posiciones.

Los datos utilizados para los estudios respectivos, en lo fundamental se basan en información proporcionada por CNEL EP- UN EL ORO.

1.3.4 Condiciones ambientales de la subestación Machala Centro

Máxima temperatura: 30.47°C

Mínima temperatura: 21.18°C

Máxima temperatura promedio: 27.62°C

Humedad relativa promedio: 75%

Precipitación pluvial media anual: 70 a 130 mm

Velocidad máxima del viento: 8.0 m/s

1.3.5 Estudio de cortocircuito

En la simulación de cortocircuito se ha considerado el ingreso del nuevo transformador de potencia de 24/32 MVA con una impedancia de cortocircuito del 7%. Adicionalmente, se incluye el dato de las siguientes características eléctricas:

Tabla 2. – Equivalente Thévenin subestación Machala Centro a nivel de 69 kV.

Equivalente Thévenin S/E Machala Centro			
R0 (Ohm)	X0 (Ohm)	R1 = R2 (Ohm)	X1 = X2 (Ohm)
1,4836	21,9494	2,3164	19,1373
Relación X1/R1		Relación X/R	
8,2617		9,8463	

Nota: $X/R = (X0+X1+X2)/(R0+R1+R2)$

L/ST Machala – Machala Centro:





- Conductor ACSR 266.8 MCM
- Longitud 2.275 Km
- $R1 = R2 = 0.2182 \text{ ohm/Km}$
- $X1 = X2 = 0.4201 \text{ ohm/Km}$
- $R0 = 0.5429 \text{ ohm/Km}$; $X0 = 1.327 \text{ ohm/Km}$

Transformador de potencia por instalar:

- Un transformador de potencia de 24/32 MVA
- Relación de transformación: 69/13.8 kV
- Tipo de conexión: DYn1
- Impedancia: 7.0%

Se ha realizado la simulación en software Cymdist, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3. – Valores de cortocircuito a nivel de 69 kV.

Valores de cortocircuito a 69 kV				
LLL (kA)	LLG (kA)	LL (kA)	LG (kA)	Relación X/R
2,273	2,260	1,969	2,172	9,846

Tabla 4. – Valores de cortocircuito a nivel de 13.8 kV.

Valores de cortocircuito a 13.8 kV				
LLL (kA)	LL (kA)	LLG (kA)	LG (kA)	Relación X/R
6,599	7,872	5,715	8,182	9,085

1.4 CRITERIOS CONSIDERADOS

1.4.1 Implantación de equipos y distancias de seguridad

Obedece principalmente a criterios de:

- Distancias mínimas de seguridad que deben mantenerse en el aire entre partes energizadas de equipos y tierra, o en equipos sobre los cuales es necesario realizar un trabajo. Para la tensión asignada al impulso tipo rayo de 325 kV, según IEC mínimo es de 630 mm, lo que se cumple en el diseño para el patio de 69 kV de la S/E Machala Centro.
- Para el diseño de los pórticos para alimentador de barra a 13.8 kV se contempló las estructuras y distancias entre fase a fase y fase a tierra del barraje y de equipos eléctricos. Se consideró que, para la tensión asignada al impulso tipo rayo de 95 kV, según IEC 60071-1, la distancia mínima en el aire basadas en el BIL mínimo tiene que ser de 160 mm.



- El diagrama unifilar de subtransmisión 69 kV y de 13.8 kV contempla los equipos de control, protección y medición existentes, cuya simbología de elementos se basa en la norma ANSI/IEEE.

1.4.2 Diseño de la malla de puesta a tierra

Se adopta la metodología y cálculo de la norma IEEE Std. 80-2000 para el sistema de puesta a tierra de la subestación, cuya norma proporciona asegurar la integridad física de las personas dentro de la subestación y en sus proximidades, así como brindar de un camino de descarga a tierra como resultado de una corriente de falla sin exceder los límites de diseño de los equipos instalados.

Los factores a considerar en la etapa de diseño de la malla de puesta a tierra son:

- Intensidad de la corriente de falla.
- Duración de la corriente de falla.
- Resistividad del terreno.
- Fracción de corriente de cortocircuito que puede circular por el cuerpo humano.
- Tensiones de paso y de contacto que puede soportar un individuo cuando aparece una falla a tierra.

Para el trazado del reticulado de la malla se consideró la implantación de los equipos, canaletas y ductos en los patios de maniobras y de la sala de control existentes (cuando aplique), así como del nuevo pórtico de 69 kV y la construcción del nuevo pórtico de 13.8 kV y para el nuevo transformador de potencia.

Se recomienda para la malla principal de 69 kV y de 13.8 kV utilizar conductor desnudo de cobre 4/0 AWG y los chicotes hacia las bases para estructuras y para las bajantes de los equipos y de puntas franklin sean de conductor de cobre desnudo 2/0 AWG. De acuerdo a las mediciones existentes en el patio existente de 13.8 kV, se ha considerado la implementación de una nueva malla de tierra en bahías de 13.8 kV debe acoplarse a la malla de tierra en pórtico de 69 kV y para el nuevo transformador de potencia por medio de una conexión T con puntos de soldadura exotérmica.

1.4.3 Niveles de tensión y de aislamiento

La norma IEC 60071 indica que el nivel de tensión máxima que se adoptará en equipos con tensión nominal de 69 kV es de 72.5 kV y en equipos de 13.8 kV es de 17.5 kV.

La subestación Machala Centro se encuentra situada a una altura sobre el nivel del mar menor a 1000 m, por lo que no es necesario corregir los valores de BIL y distancias mínimas de seguridad por altitud.

Los equipos de patio instalados en la subestación eléctrica Machala Centro deberán cumplir mínimo con lo siguiente:



Tabla 5. – Parámetros generales de equipos S/E Machala Centro a 69 kV.

PARÁMETROS GENERALES 69 kV.	
Tensión nominal	69 kV
Altura sobre el nivel del mar	< 1000 m
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima asignada al equipo	72.5 kV
Nivel de contaminación ambiental (IEC 60071-2)	Alto (III)
Distancia de fuga mínima nominal	25 mm/kV
Distancia de fuga mínima entre fase y tierra	1812 mm
Distancia mínima en el aire (partes energizadas) basadas en el BIL. Configuración Barra – Estructura.	630 mm
Tensión asignada soportada a la frecuencia industrial (*)	≥ 140 kV
Tensión asignada al impulso tipo rayo (*)	≥ 325 kV
Sistema sólidamente puesto a tierra	

(*) Niveles de aislamiento mínimos a cumplir norma IEC o su equivalente.

Tabla 6. – Parámetros generales de equipos S/E Machala Centro a 13.8 kV.

PARÁMETROS GENERALES 13.8 kV.	
Tensión nominal	13.8 kV
Altura sobre el nivel del mar	< 1000 m
Frecuencia nominal	60 Hz
Tensión máxima asignada al equipo (tabla 2)	17.5 kV
Nivel de contaminación ambiental (IEC 60071-2)	Alto (III)
Distancia de fuga mínima nominal	25 mm/kV
Distancia de fuga mínima entre fase y tierra	437 mm
Distancia mínima en el aire (partes energizadas) basadas en el BIL. Configuración Barra – Estructura.	160 mm
Tensión asignada soportada a la frecuencia industrial (*)	≥ 38 kV
Tensión asignada al impulso tipo rayo (*)	≥ 95 kV
Sistema sólidamente puesto a tierra	

(*) Niveles de aislamiento mínimos a cumplir norma IEC o su equivalente.

1.4.4 Apantallamiento contra descargas atmosféricas

La Subestación Machala Centro está operando a la intemperie, por lo cual para la ampliación se contará con un diseño contra descargas atmosféricas, de tal manera que los equipos estén protegidos por las sobrecorriente provenientes de descargas atmosféricas. El diseño está basado en experiencias y no existe un método científico comprobado que asegure la efectividad de la protección como consecuencia de la naturaleza impredecible y probabilística de los rayos.



La medida a tomar es interceptar la trayectoria del rayo y conducirlo a lo largo de un conductor de baja resistencia (cable de guarda o un mástil), con el fin de que no produzca elevados niveles de voltaje, y así prevenir lesiones a las personas y daños a la propiedad.

Las estructuras metálicas de los pórticos de la subestación terminan en mástil, los cuales son puntas captadoras simples tipo franklin 1/2" x 170 cm para los dos niveles de voltaje.

1.4.5 Servicios auxiliares

La subestación posee dos sistemas para servicios auxiliares, uno de corriente alterna y otro de corriente continua. El servicio de corriente alterna sirven a los sistemas de iluminación interior y exterior, circuitos de tomacorrientes, cargador de baterías, ventiladores de los transformadores de poder, calentadores, acondicionadores de aire, etc.; en cambio los servicios auxiliares de corriente continua están formados por los sistemas de protección, control y medición.

En la subestación Machala Centro se contempla un transformador trifásico de 100 kVA, 13.8 kV/220 – 127 V tipo convencional, el cual se alimentará desde el patio de media tensión y estará protegido por un juego de seccionadores unipolares tipos fusibles de 100 A de capacidad.

Además, es necesario instalar un tablero de servicios auxiliares de corriente continua y de corriente directa con un mínimo de 20 posiciones de dos polos para la distribución de los circuitos existentes y proyectados.

1.4.6 Salidas subterráneas de media tensión

El estudio de consultoría contempla el diseño de dos salidas subterráneas para alimentadores de 13.8 kV en la subestación Machala Centro.

El diseño para la construcción de la obra civil y eléctrica se realizarán de acuerdo a la "Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas" sección 2 "Manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas" emitida por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables. Revisar capítulo 8.

1.4.7 Otros estudios

El estudio de especificaciones técnicas y montajes; equipos, herramientas y personal mínimo; elaboración de presupuesto, deben cumplir con lo establecido y requerido en los capítulos 6, 7 y 9 respectivamente.

1.4.8 Planos de la consultoría

Se detallan los planos presentados en el estudio de consultoría:

- a) ANEXO 1:
 - Implantación civil
 - Implantación eléctrica
 - Vista de pórtico de 69kv



**C.E.C. ELECTRIORO S.A.S.**

- Vista de pórtico de 13.8 kV
 - Vista lateral implantación
 - Sistema de iluminación
 - Diagrama unifilar
 - Vista estructural
 - Bandeja portacables
- b) ANEXO 2:
- Malla de puesta a tierra
 - Aterrizamiento de equipos
- c) ANEXO 3:
- Apantallamiento
- d) ANEXO 4:
- Cuarto de control
 - Tablero de protecciones
 - Tablero VAC
 - Tablero VDC
 - Tablero de medidores
 - Tableros de agrupamiento
- e) ANEXO 5:
- Detalle de salida de alimentadores
- f) ANEXO 6:
- Planos civiles

Ing. Edwin Alegría Macías
REPRESENTANTE LEGAL
RUC: 0791829593001



PASAJE - EL ORO - ECUADOR PARROQUIA: OCHOA LEON LA LIBERTAD No.2 A CIEN METROS DE LA COOPERATIVA ECUATORIANO PULMAN

CEL: 0996138938 MAIL: electriorosas@gmail.com



C.E.C ELECTRIORO S.A.S.

RUC: 0791829593001

ANEXO 1



PASAJE - EL ORO - ECUADOR PARROQUIA: OCHOA LEON LA LIBERTAD No.2 A CIEN METROS DE LA COOPERATIVA ECUATORIANO PULMAN

CEL: 0996138938 MAIL: electriorosas@gmail.com