

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE: INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXPANSIÓN DE LA RED DE
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA PLANTA INDUSTRIAL DE LA
EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS CORPORACIÓN SUPERIOR.**

**AUTORES:
JORGE MARCELO CUMBA CUESTAS**

**TUTOR:
MANUEL DARIO JARAMILLO MONGE**

Quito, septiembre del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jorge Marcelo Cumba Cuestas, con documento de identificación N° 171274822-5, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: “Estudio De Factibilidad De La Expansión De La Red De Distribución Eléctrica Para La Planta Industrial De La Empresa Productora De Alimentos Corporación Superior.”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



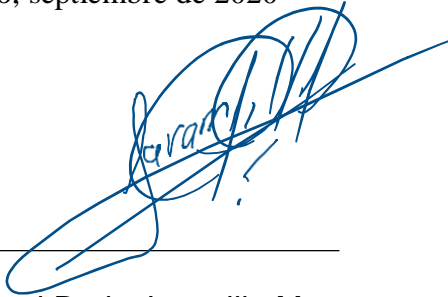
Jorge Marcelo Cumba Cuestas
CI. 171274822-5

Quito, septiembre del 2020.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA EXPANSIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA PARA LA PLANTA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS CORPORACIÓN SUPERIOR.”** realizado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre de 2020



Manuel Dario Jaramillo Monge

C.I. 171429800-5

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, mi pilar y soporte en todo tiempo, también dedico este trabajo a mi esposa; Grace Ch. Que me ha animado todo el camino y cuyo estímulo me impulso para terminar lo que he comenzado. A mis padres y familiares que me han apoyado en el camino. A mis profesores en la Universidad Politécnica Salesiana y a todos quienes de una u otra manera estuvieron conmigo en este proceso.

Hermano esto también es para ti, te extraño!!!

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a Dios, mi familia, amigos y a todas las personas que confiaron en mí. Un agradecimiento especial a mis padres, Jorge y Mariana, cuyas palabras de aliento y su ejemplo de tenacidad resuenan en mis oídos, siempre apreciaré todo lo que han hecho.

Alguien que merece una mención especialmente mi querida compañera de Vida Grace Chiriboga por haberme impulsado, ayudado. Tú ejemplo y gran sacrificio me sirvieron para que cumpla con esta meta, gracias amor, sin ti no habría logrado llegar. Otra persona que merece un reconocimiento especial es el Ing. Luis Fernando Llumigusín y su staff de colaboradores, que gracias a su soporte técnico y empresarial se desarrolló este trabajo y fue la primera persona en impulsarme a estudiar y graduarme.

Dedico este trabajo y agradezco a mi mejor amigo Daniel C. por estar allí para mí durante todo este proceso, gracias amigo

Agradecimiento especial a una larga lista de amigos Aquiles R., Wilma T, Majo G, Rodney P, Santiago V, Fabricio C, Carlitos P.

Y si tu nombre no está en escrito, también este agradecimiento es para ti por cada granito de arena que pusiste para completar este proyecto.

ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE.....	v
GLOSARIO.....	xi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivo	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Justificación	2
1.5 Contenido	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN Y SU EQUIPAMIENTO	4
2.1.1 PROTECCION EN MEDIO VOLTAJE.....	7
2.1.2 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.....	10
2.1.3 PROTECCION EN BAJO VOLTAJE	23
2.2 CABLEADO ELÉCTRICO	25
2.2.1 RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE.....	26

2.3	CÁMARA DE MEDICION Y SECCIONAMIENTO	34
2.3.1	Celda de ingreso o conexión tipo “I”	34
	2.3.2 Celda porta-cables tipo “A”	34
	2.3.3 Celda de salida o TMR	34
2.3.4	Celda de medición en Medio Voltaje	34
	2.3.5 Puntas Terminales	34
2.4	MALLA DE PUESTA A TIERRA	35
	2.4.1 Resistividad del suelo	35
2.4.2	Electrodos para puestas a tierra	36
	2.4.3 Suelda exotérmica	37
CAPÍTULO III		39
METODOLOGÍA DEL PROYECTO CORPORACIÓN SUPERIOR NAVER WAFER.....		39
CAMARA DE TRANSFORMACION DE 1 MVA.....		39
22.8/13.2 kV – 440/254 V.....		39
3.1	DISEÑO DEL PROYECTO	39
3.1.1	Estudio de Carga y demanda.....	39
	3.1.2 Red de medio voltaje	42
3.1.3	Cámara de seccionamiento, protección y medición.....	52
	3.1.4 Cámara de transformación	55
3.1	RESUMEN DEL PROYECTO	65
	3.2 Presupuesto referencial	70
CAPÍTULO IV		70
	4.1 Conclusiones	70
	4.1.1 Innovación o impacto	72
	4.2 Recomendaciones	72
Referencias Bibliográficas		74

Anexo.....		78
	5.1 Anexo 1	78
	5.1.1 Planilla caída de voltaje	78
	5.2 Anexo 2	79
	5.2.1 Planilla de estructuras	79
	5.3 Anexo 3	82
	5.3.1 Planilla de materiales	82
	5.4 Anexo 4	87
	5.5 Anexo 5	98
5.5.1	Cálculo malla de puesta a tierra cámara de transformación.	98
5.5.2	Cálculo malla de puesta a tierra cámara de seccionamiento.	101
	5.6 Anexo 6	105
	5.6.1 Presupuesto referencial	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Eléctrico Genérico	1
Figura 2. Cámara de Transformación CT	4
Figura 3. Cámara de transformación en la superficie	5
Figura 4 Cámara de Transformación subterránea.....	6
Figura 5. Cámara de Transformación en edificaciones.....	6
Figura 6. Cámara de Transformación en Torre	7
Figura 7. Esquema de protección eléctrica, relé diferencial.....	7
Figura 8. Seccionador Convencional para red de distribución.....	9
Figura 9. A: Estructura de un transformador monofásico. B: Bobinado Transformador monofásico convencional.....	12
Figura 10. Partes del Transformador monofásico.....	13
Figura 11. Bobinado Transformador trifásico Yd	14
Figura 12. Partes del Transformador trifásico	14
Figura 13. Conexión Estrella, Triángulo	16
Figura 14. Banco de transformadores	17
Figura 15. Transformador Monofásico Convencional.....	18
Figura 16. Transformador Monofásico Auto-protegido	19
Figura 17. Fusible NH.....	24
Figura 18. Situación del emplazamiento actual.....	43
Figura 19. Situación proyectada	45
Figura 20. Diagrama unifilar proyectado.	46
Figura 21. Configuración de ductos.....	48
Figura 22. Detalle pozo tipo C, con soportes	49
Figura 23. Detalle pozo tipo C sin soportes, tapa de hormigón.....	49
Figura 24. Detalle pozo tipo C, tapa de hierro fundido.....	50
Figura 25. Corte lateral disposición de pozos.....	50
Figura 26. Corte lateral, pozos adicionales	51
Figura 27. Detalle constructivo.....	51
Figura 28. Corte lateral, cámara de celdas	53
Figura 29. Corte frontal, cámara de celdas.....	54
Figura 30. Vista superior, cámara de celdas.....	54

Figura 31. Detalle constructivo A, cámara de transformación.	55
Figura 32. Detalle constructivo cámara de transformación, ingresos	56
Figura 33. Detalle constructivo cámara de transformación, detalle lateral.....	56
Figura 34. Vista superior, cámara de transformación.	57
Figura 35. Vista frontal cámara de transformación.	58
Figura 36. Vista superior cámara de transformación.	58
Figura 37. Vista lateral cámara de transformación.	59
Figura 38. Corte lateral malla a tierra cámara de transformación.	61
Figura 39. Vista superior malla a tierra cámara de transformación.....	61
Figura 40. Corte lateral malla a tierra, cámara de seccionamiento.....	62
Figura 41. Vista superior malla a tierra cámara de seccionamiento.	62
Figura 42. Vista frontal, tableros de medidores	64
Figura 43. Vista superior, tableros de medidos en cámara de seccionamiento.	64
Figura 44. Planilla para cálculo de demanda, bloque A	65
Figura 45. Planilla para cálculo de demanda, bloque B.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de voltaje en el Ecuador	10
Tabla 2. Nomenclatura configuración de conexiones	20
Tabla 3. Cargas proyectadas, bloque A.....	39
Tabla 4. Cargas proyectadas, bloque B	39
Tabla 5. Factor de simultaneidad, bloque A.....	40
Tabla 6. Factor de simultaneidad, bloque B	40
Tabla 7. Demanda máxima unificada, bloque A.....	41
Tabla 8. Demanda máxima unificada, bloque B.....	41
Tabla 9. Parámetros de diseño.	42
Tabla 10. Nomenclatura redes existentes	42
Tabla 11. Nomenclatura redes proyectadas	44
Tabla 12. Nomenclatura proyección.	46
Tabla 13. Nomenclatura celdas MV.....	52
Tabla 14. Nomenclatura cámara de transformación.	57
Tabla 15. Datos circuitos Medio Voltaje.....	60
Tabla 16. Datos técnicos TP's.....	63
Tabla 17. Datos técnicos TC's	63
Tabla 18. Resumen caída de voltaje.....	67
Tabla 19. Resumen estructuras y montajes	68
Tabla 20. Resumen de materiales	68
Tabla 21. Resumen de presupuesto referencial	70

GLOSARIO

- **Aislante eléctrico.** – Es un elemento que impide el movimiento de la energía eléctrica al exterior del conductor, por lo tanto, hacen que sea casi imposible conducir una corriente eléctrica bajo el dominio de un campo eléctrico [1].

- **Alimentadores eléctricos.** - Circuito que se conecta con normalidad a una estancia receptora, que provee energía eléctrica a uno o más servicios que son directamente conectados a otras subestaciones de distribución [2].

- **Autotransformador:** Convertidor con sus bobinas conectadas en serie. Su acoplamiento tiene resultado en la disminución de su tamaño (Rengifo & Alvarez, 2011) .

- **Banco de transformación:** Agrupación de tres convertidores monofásicos, conectados ya sea en estrella o triangulo para satisfacer una carga trifásica (Rodríguez M. , Máquinas Eléctricas II, 2018).

- **Medio voltaje.** – El rango de medio voltaje en el Ecuador, va desde 0.6 kV a 40 kV (Rodríguez M. , Máquinas Eléctricas II, 2018).

- **Bobina:** Agrupamiento circular tipo anillo por lo general de cobre o aluminio, dependiendo de su forma, cantidad y sección circular brindan características electromagnéticas (Pérez & Senosiáin, 2010).

- **Cable:** Varios hilos sean de cobre, aluminio u otro material conductor trenzados de tal forma que poseen una sección mayor con características eléctricas especiales a su dimensión (Cárdena, Villar, Fernández, & Dzul, 2012).

- **Caída de tensión:** Es la pérdida de voltaje que sufre un circuito o parte del mismo debido a la impedancia (Martínez, Blanca, Castilla, & Pastor, 2011).

- **Calidad:** Es definido como la calidad en el servicio eléctrico cuando son cumplidos los parámetros de niveles de voltaje, armónicos y factor de potencia (Mantari, 2019).

- **Canalización:** Sistema de protección para las redes eléctricas. La canalización posee varios elementos como pozos de revisión, ductos y pasos de salida (San Martín, 2003)

- **Carga:** Potencia eléctrica que requieren los consumidores para satisfacer sus necesidades de electricidad (Barco, Rojas, & Restrepo, 2012).

- **Circuito:** Recorrido de la corriente eléctrica, por conductores y elementos eléctricos, desde una fuente a una carga [3].

- **Conductor:** Material metálico que ofrece la menor resistencia como vía de la corriente eléctrica [4].

- **Confiabilidad:** Es el proceso del Sistema Eléctrico para conservarse compuesto y proveer las exigencias de energía eléctrica en estándar de calidad y cantidad adecuada, considerando la probabilidad de incidencia de la eventualidad sencilla a la más compleja [5].

- **Consumo de energía:** Potencia eléctrica utilizada por toda o por una parte de una instalación de utilización durante un período determinado de tiempo [6].

- **Corriente eléctrica:** Es un elemento que permite la medición de la intensidad de corriente eléctrica, es definido con el símbolo de la A. También es definido como la cantidad de cargas igual a 1 coulomb que se transfiere por un punto de un componente en un segundo $1A = 1C/s$. Su nombre es asignado al francés y físico André Marie Ampere [7].

- **Cortocircuito:** Es un acoplamiento voluntario o accidental de dos extremos (bornes) a distintos potenciales, esto genera un incremento en la intensidad de la

corriente que se transmite por dicho punto, pudiendo crear un daño o incendio a un sistema o instalación eléctrica [8].

- **Demanda eléctrica:** Solicitud instantánea a una red eléctrica de potencia, que se expresa con normalidad en mega watts (MW) o también kilowatts (kW) [9].

- **Diferencia de potencial:** Tensión con respecto a dos puntos. Es la garante de que transite corriente por medio de un conductor, para que maniobren los receptores a los que está acoplada a una línea [10].

- **Distribución:** Es referido a la conducción o transmisión de energía eléctrica desde los puntos de transferencia hasta fuentes de provisión a usuarios individuales o comerciales [11].

- **Energizar:** Consentir que un equipo o componente eléctrico obtenga potencial eléctrico [10].

- **Equipamiento eléctrico:** Componente que ejecuta una funcionalidad determinada usando como un elemento de o en enlace con una instalación o estructura eléctrica para operar [12].

- **Factor de carga:** Es una analogía entre el consumo en un lapso de tiempo específico y el consumo que resulta de la consideración la demanda superior de manera continua en el mismo lapso de tiempo [13].

- **Factor de demanda:** Es una relación entre la demanda máxima observada y la carga total o completa en conexión con el sistema. Adicionalmente, entre la administración de potencia que se absorbe por un conglomerado de instalaciones durante un lapso de tiempo establecido y la potencia que está instalada en ese conglomerado [14].

- **Factor de potencia:** Coseno de ángulo que se forma por el desfase que existe entre la corriente y la tensión en un circuito eléctrico alternativo; en adición,

figura como un elemento de uso de la potencia eléctrica entre la potencia de placa o aparente con la real [15].

- **Fotocélula:** Es un dispositivo que se construye de un material llamado Silicio que consiente la mutación de la energía del sol en energía eléctrica [16].

- **Frecuencia:** Cantidad de veces que la frecuencia alterna se duplica en un segundo. La unidad de medición es el hertz (Hz) [17].

- **Fusible:** Aparato de protección contra cortocircuitos que, en caso de circular una corriente mayor de la nominal, interrumpe el paso de la misma [18].

- **Inducción:** Es referido a la producción de una discrepancia de energía eléctrica (potencia o voltaje) en la distancia entre un conductor que se sitúa en un espacio magnético versátil. Es la causa elemental del funcionamiento de los motores eléctricos, generadores y la mayoría de las máquinas eléctricas adicionales [19].

- **Instalación:** Es una estructura que se ha creado por el sector eléctrico, para la reproducción, transferencia y distribución de la energía eléctrica, así como la de los permisionarios que se relacionan con el sistema [14].

- **Interruptor:** Es un elemento electromecánico que inicia o cierra los circuitos eléctricos y posee la capacidad de efectuarse en condiciones de corriente nominativo o en caso extremo de corto circuito; su abertura e interrupción puede ser de manera manual o automática [20].

- **Maniobra:** Se entiende como lo que es efectuado por un operador, directamente o por medio de un control remoto, para operar un elemento que puede o no transformar el estado o ejercicio de un sistema, neumático, eléctrico, hidráulico o de cualquier otro aspecto [21].

- **Mantenimiento:** Es el conglomerado de acciones para conservar las obras e instalaciones en adecuado estado de funcionamiento [14].

- **Megavatio (MW):** Es el múltiplo de la energía activa, que corresponde a un millón de watts; se abrevia MW [22].

- **Operador del sistema:** Es el trabajador cuya función principal es la de operar el equipo o sistema a su cargo y vigilar eficaz y constantemente su funcionamiento [1].

- **Potencia eléctrica:** Tasación de producción, traspaso o uso de energía eléctrica, generalmente indicada en Watts [4].

- **Potencia instalada:** Adición de potencias nominales de aparatos de la misma clase (transformadores, generadores, convertidores, motores) en una red eléctrica [8].

- **Protecciones:** Es el conglomerado de aparatos asociados y revelar que disparan los interruptores requeridos para la separación un elemento de fallo, o que se forman operar otros elementos como extintores, válvulas y alarmas, para impedir que el daño incremente de propagación o proporción [23].

- **Punto de Interconexión Eléctrica:** Es el punto donde se corresponde el desembolso de energía entre dos entes [24].

- **Red de distribución:** Es un conglomerado de alimentadores radiales e interconectados que proveen por medio de los alimentadores la energía a los distintos usuarios [25].

- **Resistencia:** Modo de un elemento de oposición al movimiento de una corriente eléctrica. La tenacidad estriba de la extensión del conductor, su sección, de su material y de la temperatura del mismo. Las unidades de la tenacidad son W u Ohmio [26]

- **Seccionador:** Es un terminal para la división que si ocurre una insuficiencia en el ramal del alimentador en el cual se sitúa, divide sus contactos de forma

automática, aislando o apartando dicho elemento si se presenta una falla, su ejercicio está en aplicar la comunicación a la del restaurador de acuerdo al caso, abriendo sus contactos al referir la falla y potencial en tres ocasiones [10].

- **Sistema de distribución:** Es un conglomerado de alimentadores y subestaciones de distribución, los cuales se ligan de manera eléctrica, que se hallan interrelacionados en manera radial para proveer la energía eléctrica [27].

- **Sistema Interconectado Nacional:** Es la porción del Sistema Eléctrico Nacional que permanece unida eléctricamente [4].

- **Subestación de distribución:** Subestación que se utiliza para sustentar una red de distribución de energía eléctrica [27].

- **Suministro:** Es el conglomerado de trabajo y acciones para suministrar energía eléctrica a cada usuario [14].

- **Transformador:** Componente que se utiliza para la conversión de un valor de flujo eléctrico a otro valor distinto, su implementación se puede clasificar de distintas formas [9].

- **Usuarios:** Individuo u organización que hace utilización de la energía eléctrica que proporciona el suministrador, con un contrato previo el cual es celebrado por ambas partes [22].

- **Voltaje (V):** Es definido como la diferenciación entre el potencial en la trayectoria de un conductor, cuando una corriente de un Amper utiliza un Watt de potencia. Unidad del Sistema Internacional [19].

RESUMEN

El progresivo incremento de carga en el sector industrial es más común y usual de lo que se pensaría, ya sea por optimizar y aumentar la producción o incrementar nuevas líneas de producción, la planta se ve forzada a incrementar sus niveles de energía eléctrica de consumo. Esto conlleva a que los centros de transformación existentes empiecen a mostrar anomalías propias de la sobrecarga o saturación de potencia nominal de fabricación. Razón por la cual la capacidad de transformación debe ser reevaluada o en casos especiales, realizar la construcción de otro centro de transformación acorde a las necesidades de la nueva potencia de carga que la industria proyecte implementar.

En este trabajo se presenta los lineamientos, estudios, parámetros eléctricos y normas que se deben emplear al momento de diseñar un proyecto eléctrico en el área de distribución. Así como los documentos requeridos para presentar y obtener la aprobación de dicho proyecto en la empresa distribuidora.

En este documento se plasmará el procedimiento seguido en forma de modelo en la planta industrial de Corporación Superior.

ABSTRACT

The progressive increase in load in the industrial sector is more common and usual than one would think, either by optimizing and increasing production or increasing new production lines, the plant is forced to increase its levels of consumption electricity. This growing leads to some anomalies because of overload and power saturation over the normal conditions on existing transformation equipment. Reason why the transformation capacity must be reassessed or in special cases is necessary to carry out the construction of another transformation center according to the needs of the new load power that the industry plans to implement.

This paper presents the guidelines, studies, electrical parameters and standards that should be used when designing an electrical project in the distribution area. As well as the documents required, to present and obtain the approval of said project in the distribution company.

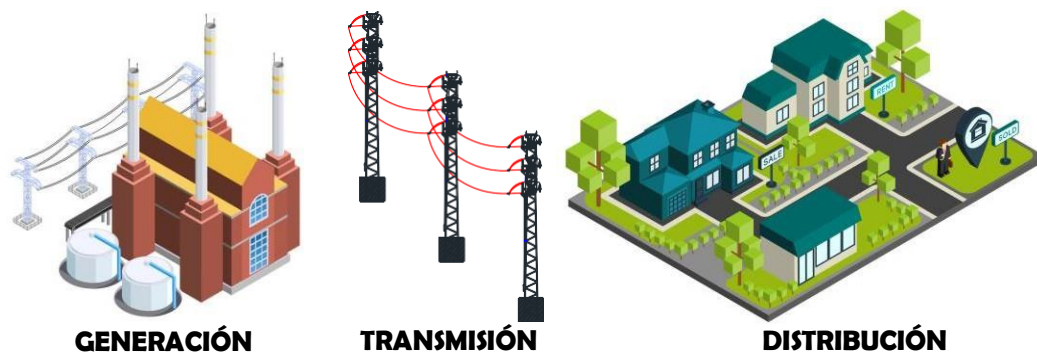
This document will reflect the procedure followed in the form of a model in the industrial plant of Superior Corp.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El sector eléctrico a nivel mundial tiene varias aristas de profesionalización dentro de la ingeniería eléctrica, una más compleja que otra, y cada una de ellas tiene sus propios códigos, normas y parámetros de guía para su diseño, ejecución y operación. Enfocando la visión en el sistema eléctrico ecuatoriano podemos ver que las aristas antes mencionadas van desde el sistema de generación, pasando por la transmisión, llegando al área de distribución eléctrica



*Figura 1. Sistema Eléctrico Genérico
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

Al ser temas extremadamente extensos en este trabajo se tratará el diseño en el área de distribución donde, dependiendo de la ciudad o de la empresa distribuidora la información y la entrega de documentos para la aprobación de proyectos varía de una a otra. Para el modelo que se tratará en los siguientes capítulos la empresa distribuidora será la Empresa Eléctrica Quito (EEQ).

Además, se dará una breve guía de los pasos y documentos que se deben entregar para obtener la aprobación de la EEQ y de esta forma tener un proyecto listo para una futura construcción. Dentro de los estudios preliminares para el desarrollo del diseño se realizará el estudio de carga y demanda, el dimensionamiento del equipo eléctrico a instalar, así como un listado de materiales, un presupuesto referencial y la construcción de una memoria técnica que generalice toda esta información.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo General

Realizar el diseño, presupuesto y memoria técnica para obtener la factibilidad de construcción del proyecto con la Empresa Eléctrica Quito (EEQ). El diseño consta de la red de medio voltaje (MV) subterránea, con sus protecciones, red de bajo voltaje (BV) subterránea con sus protecciones desde la cámara de transformación al tablero de distribución principal (TDP), así como también una cámara de medición y seccionamiento en MV.

1.2.2 Objetivos Específicos

Efectuar el estudio de carga y demanda de la nueva nave industrial para dimensionar equipos y materiales.

Determinar un presupuesto referencial tanto de la obra civil como equipos y materiales eléctricos.

Presentar una memoria técnica que plasme todo el trabajo ejecutado.

1.3 Alcance

El trabajo consiste en ejecutar tanto cantidades como rubros que están dentro del proyecto eléctrico.

Dentro de los temas a abordar tenemos:

- Estudio de carga y demanda de la nueva nave de producción.
- Diseño de la red de MV subterránea desde poste de la EEQ existente, hacia la cámara de transformación con sus respectivas protecciones.
- Diseño de la cámara de transformación dimensionada en base al estudio de carga, con sus respectivas protecciones.
- Diseño de la red de BV desde la cámara de transformación hasta el tablero de distribución principal (TDP).
- Diseño de una cámara de maniobras donde estarán los equipos de seccionamiento protección y medición.
- Planos referenciales de todos los elementos diseñados.
- Diseño de la Malla de puesta a tierra para la cámara de transformación de la nueva nave de producción.
- Presupuesto referencial para la construcción del proyecto.

1.4 Justificación

Cuando la necesidad de la empresa pública o privada requiere un aumento de producción la misma debe ser complementada con el diseño de los sistemas adicionales de distribución, protección, operación y medición necesarios y adecuados para tales labores.

1.5 Contenido

A continuación, se detalla en forma general lo que se desarrolla en cada capítulo con el fin de que se tenga una idea global del presente trabajo.

El capítulo 1, muestra la introducción, los objetivos tanto generales como específicos que se desplegará capítulos abajo, así como el alcance y la justificación del presente trabajo de investigación con el fin de tener una perspectiva clara de los aspectos que serán abordados.

El capítulo 2, información teórica de los elementos eléctricos, partes mecánicas, y obras civiles, dependiendo si es un diseño aéreo o soterrado todo esto dentro del marco de los sistemas de distribución en donde se incluyen equipos de transformación, medición, seccionamiento y protección.

El capítulo 3, en este segmento del trabajo se detallará la información necesaria para construir el diseño y dejarlo listo para aprobación y su futura implementación, dentro de este capítulo se abordan detalles constructivos y de operación para dimensionamiento y futura construcción.

El capítulo 4, se darán algunas conclusiones y recomendaciones para la implementación del proyecto y para futuros diseños, en función de los resultados obtenidos y la experiencia del autor con lo cual el proyecto de investigación y diseño devuelve resultados ligados a calidad y seguridad desde la tipografía.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN Y SU EQUIPAMIENTO

La cámara de transformación o también llamado centro de transformación eléctrica, es referido a la estructura o instalación que tiene como propósito la recepción de electricidad con características de alta tensión, por lo que es transformada en electricidad de mediana tensión [28].

Adicionalmente, la cámara de transformación es una instalación que engloba todos los factores que facilitan la evolución dentro de las cuales incluyen elementos de protección, medición y seccionamiento, tomando también en cuenta el componente para dicho cambio, el transformador.

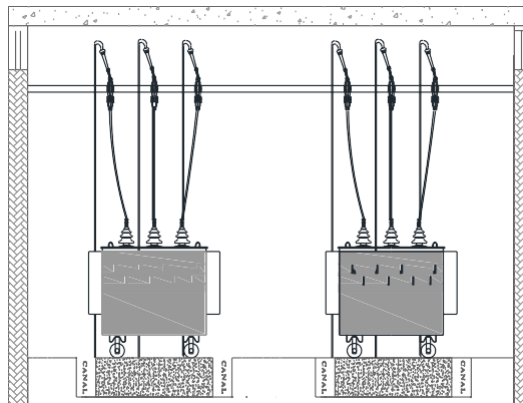


Figura 2. Cámara de Transformación CT
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

Los elementos que forman parte de una cámara de transformación se instituyen en la parte interior de una estructura física o mejor conocida como obra civil, tomando en consideración los factores deseados como, la energía a suministrar, las características de la empresa suministradora o distribuidora de la energía eléctrica para la alimentación de la carga a abastecer las protecciones tanto en medio voltaje como en bajo voltaje [29].

Generalmente, los niveles de voltaje a transformar dependerán del nivel de voltaje requerido por lo general o de forma standard (210 /127 voltios), las fases del secundario son tres o dos fases dependiendo del primario. La alimentación llega a un tablero eléctrico en el cual se hayan medidores que son proyectados y que serán convenientes en su barraje y la protección que debe suministrarse en relación a la demanda [30].

Adicionalmente, la cámara de transformación es construida de tal forma que permite la instalación y ventilación de forma adecuada de los componentes y equipos, así como el libre acceso al personal, de acuerdo a la normativa de la empresa distribuidora y las pautas tanto nacionales como internacionales.

Por otra parte, las cámaras o centros de transformación se pueden clasificar de acuerdo al lugar en las cuales están instalados, estos son:

- En la superficie del suelo: Estos suelen ser los más generales o comunes, y los que suelen visualizarse en mayor cantidad en calles y avenidas, se hallan en la parte interna de estructuras prefabricadas.

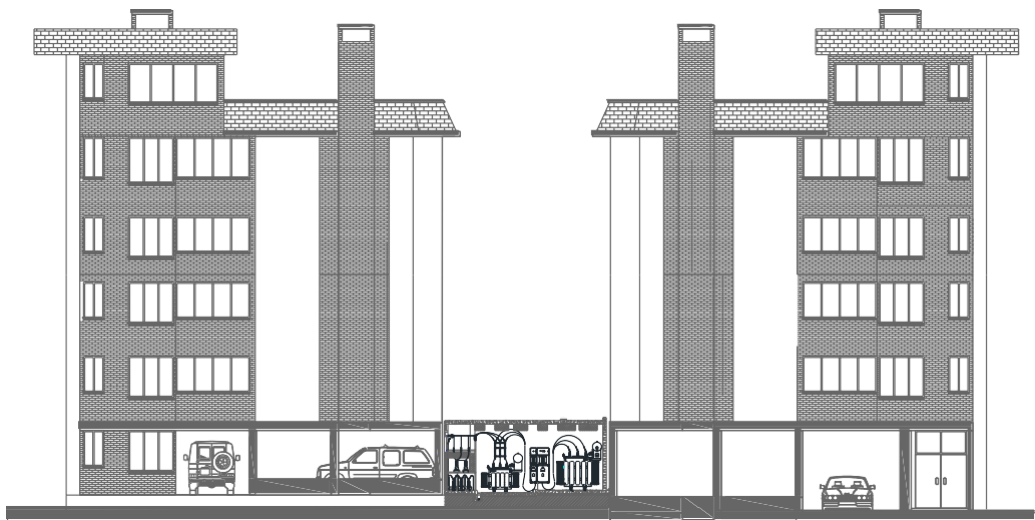


Figura 3. Cámara de transformación en la superficie
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

- A nivel subterráneo: Cuando no hay suficiente espacio en las zonas superficiales, son creados las cámaras de transformación en el suelo, sin embargo, no son aislados en su totalidad en lugar de ello para su ventilación se

dejan ventanillas o rejillas en las aceras para su funcionamiento de manera correcta.

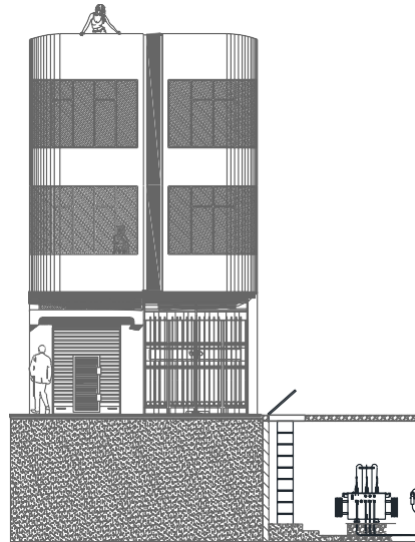


Figura 4 Cámara de Transformación subterránea
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

- En la parte interna de las edificaciones: Por factores técnicos, las pautas establecidas y la estética son construidos de manera interna en estructuras adecuadas para tal fin.

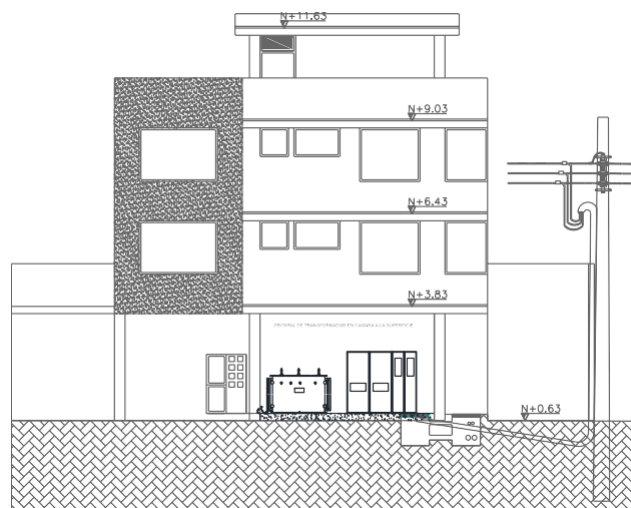


Figura 5. Cámara de Transformación en edificaciones
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

- Apoyados en torres eléctricas: son efectuados en zonas que no tienen condiciones para realizar estructuras, como las áreas rurales, por lo que son

instaladas al aire libre con apoyo de barras y estructuras que pueden implementarse en la altura, por lo que se aprovecha las torretas realizadas para la alta tensión, además, permite el ahorro de costos.



Figura 6. Cámara de Transformación en Torre
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas.

2.1.1 PROTECCION EN MEDIO VOLTAJE

Son dispositivos que son utilizados para la protección de los sistemas eléctricos, se implementan para evitar que sean dañados los componentes, equipos e instalaciones eléctricas debido a una falla que podría empezarse de forma simple o pueden extenderse de manera encadenada sin control. Estos sistemas, permiten el aislamiento de la zona en la cual se ha efectuado la falla, de tal manera que perturbe lo menos posible la red eléctrica, un ejemplo es el Relé Diferencial mostrado en la figura 7 [31].

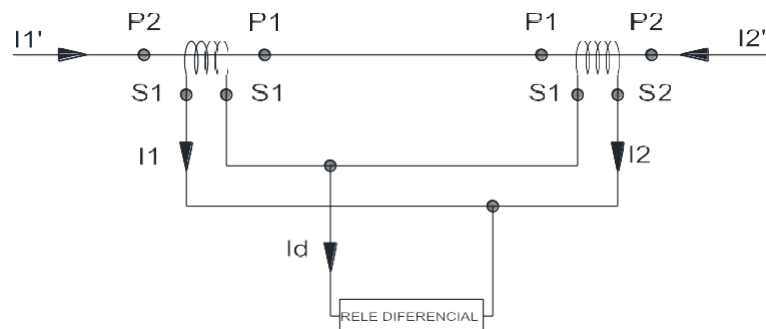


Figura 7. Esquema de protección eléctrica, relé diferencial
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas [31]

El objetivo de los sistemas de protección de medio voltaje, es brindar seguridad en el transporte e interrupción de las intensidades eléctricas, y la admisión de intensidades, y los requerimientos para garantizar que componentes y equipos tengan condiciones suficientes para la admisión de energía máxima. Adicionalmente, la protección de dichos equipos con relación a la sobreintensidad. Finalmente, la selectividad de los requerimientos que limitarían las caídas y fallos en el sistema eléctrico [32].

La protección de los sistemas de medio voltaje, requieren de especificaciones precisas para garantizar su objetivo, con ciertas características:

- Capacidad conveniente para las cargas a las que se desean implementar.
- Capacidad para la actuación a la sobrecarga en lapso de tiempo precisos.
- Tensiones correctas tanto a nivel primario y secundario para el sistema en general.
- Selección de transformadores adecuados y correctos para el sistema.

2.1.3.1 Seccionador Abierto

Un seccionador eléctrico es un elemento que adicionalmente es mecánico, y permite la separación de forma mecánica de un circuito con respecto a su alimentación, en este sentido, garantiza una distancia de satisfacción para un aislamiento eléctrico. Su objetivo principal, es el aseguramiento para la seguridad de los individuos para que trabajen en una parte aislada [33].

En un posicionamiento abierto, permite el aseguramiento en una distancia o longitud de seccionamiento que tiene requerimientos:

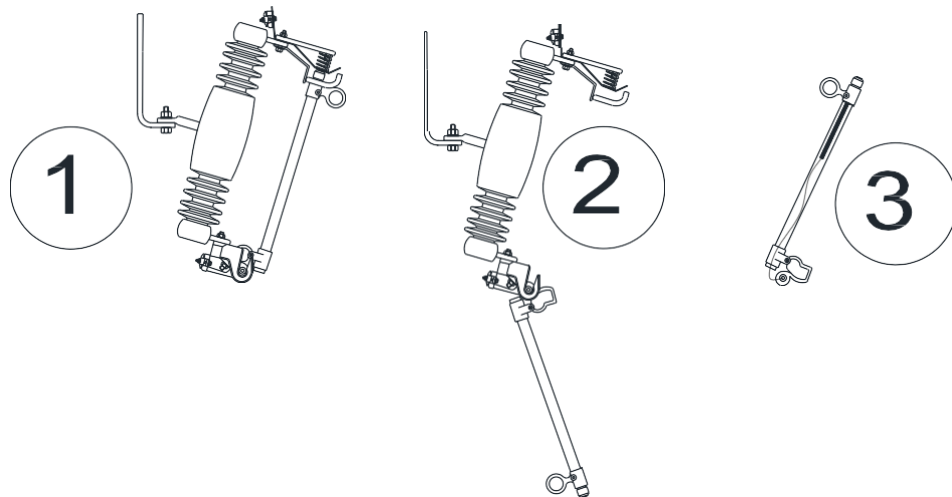
- El soporte de corriente en condiciones de normalidad en un circuito, en un lapso determinado, en condiciones no regulares.
- La apertura o cierre de un circuito cuando posee corrientes de interrupción o establecimiento, o cuando son producidas variantes de tensión en los terminales de cada polo.

Se trata, básicamente, de un dispositivo de seguridad, dado que su objetivo principal es proteger al personal que trabaja en la red o proteger a equipos transformadores o todo el sistema de distribución.

Hay distintos tipos de seccionadores, que se diferencian por las características de la conexión que establecen en el circuito (horizontal o vertical), del tipo de apertura que producen (simple o doble), del movimiento de su circuito principal, etc.

La elección del tipo de seccionador para usar depende de factores múltiples, normalmente relacionados con el diseño de la subestación en la que tiene que ubicarse (tensión asignada, disponibilidad y costo del terreno, tipo de conexión necesaria...) aunque entre ellos, a veces, prevalecen simplemente los hábitos de uso de un modelo determinado [34].

2.1.3.2 Composición



*Figura 8. Seccionador Convencional para red de distribución
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

1. Seccionador Abierto con cañuela cerrada paso de la electricidad con flujo constante por lo general elaborados de porcelana o polímeros dieléctricos, aislando las partes metálicas y mecánicas de los puntos de contacto eléctrico.
2. Seccionador Abierto con cañuela abierta perdiendo el paso de la energía eléctrica.
3. Cañuela: Elemento móvil del seccionador que en su interior se encuentra el fusible que según su capacidad y en presencia de una falla sea transitoria o

permanente, esta se rompe y el seccionador pierde la capacidad de servicio, quedando como seccionador abierto con cañuela abierta.

2.1.3.3 Voltaje Nominal

Es referido al voltaje por el cual una parte del sistema realiza una designación con respecto a ciertos elementos y características correspondientes al funcionamiento del sistema. Cada sistema que posee este voltaje pertenece a una porción del sistema que se encuentra limitado por transformadores o los componentes que se utiliza [32]. A nivel nacional los niveles de voltaje están dados por tabla 1:

*Tabla 1. Niveles de voltaje en el Ecuador
Reglamento de suministro de servicio 074/17 ARCONEL*

NIVEL DE VOLTAJE	RANGO	VOLTAJES STANDARD EC
Bajo Voltaje (BV)	$1V > BV \leq 600V$	3ϕ 220/127V - 1ϕ 240/120V
Medio Voltaje (MV)	$600V > MV \leq 40kV$	6.3kV – 22.8GRDY13.2kV – 13.2 GDRY / 7.6kV
Alto Voltaje 1 (AV1)	$40kV > AV1 \leq 138kV$	46kV – 69kV – 138kV
Alto Voltaje 2 (AV2)	$AV2 > 138kV$	230kV – 500kV

2.1.3.4 Aislamiento

El aislamiento de un seccionador como de todos los elementos que intervienen en un sistema de distribución es fundamental ya que de esto depende tanto la confiabilidad como la estabilidad del sistema. Por esta razón es importante tomar en cuenta el tipo de aislamiento acorde al nivel de voltaje al cual va a estar sometido. En ese aspecto para equipos de transformación la Empresa Eléctrica Quito menciona que la clase de aislamiento son 25, 15 y 1.2 [kV] mientras que el BIL es de 150, 95 y 30 [kV]; en cuanto a equipos de protección y seccionamiento se hace referencia a clases de aislamiento de 27, 15 y 7.8 [kV] mientras que el BIL se ubica en 150, 95 y 75 [kV], para celdas de protección y seccionamiento el voltaje máximo de diseño es de 24 (SF6) y 36 (aire) [kV] y BIL de 125 y 170 [kV].

Los elementos más usados para esta función son la porcelana y polímeros de silicón.

2.1.2 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

Los transformadores de distribución, son componentes fundamentales dentro del esquema de funcionamiento del sistema de distribución y conjuntamente con la red de energía eléctrica son los puentes de interconexión con los usuarios. Estos

transformadores realizan la disminución de los voltajes hasta índices apropiados para la utilización en las redes de distribución, el cual se encuentra en dependencia de cada región o localidad. Como se indicó en la tabla 1 donde el nivel de voltaje de entrada Será en los voltajes 6.3kV – 22.8GRDY13.2kV – 13.2 GDRY / 7.6kV y el voltaje de salida será 220/127V si la red del primario es trifásica o 240/120V si la red es monofásica.

2.1.3.1 Transformador Monofásico

Estos transformadores, son los más comunes y versátiles que se pueden usar en el área de distribución ya que pueden trabajar de forma independiente o conformando un banco de transformación polifásico, considerándose como una base fundamental para la constitución de los sistemas de transformación para la producción, distribución y consumo de electricidad, el cual está conformado por dos o más tensiones con igual potencia o con distintas fases que son constante, suministrando energía a las cargas en conexión con las líneas.

Los transformadores de esta tipología y que son clasificados como convencionales son los encontrados en poste, los cuales solo tiene una estructuración básica, no presentan equipos de protección alguna, y constan de las siguientes partes:

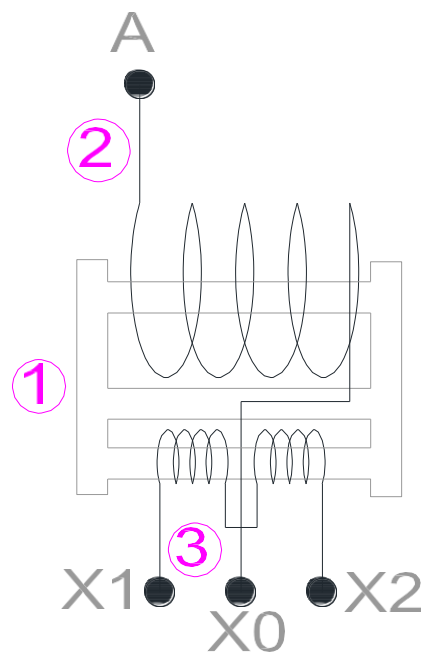
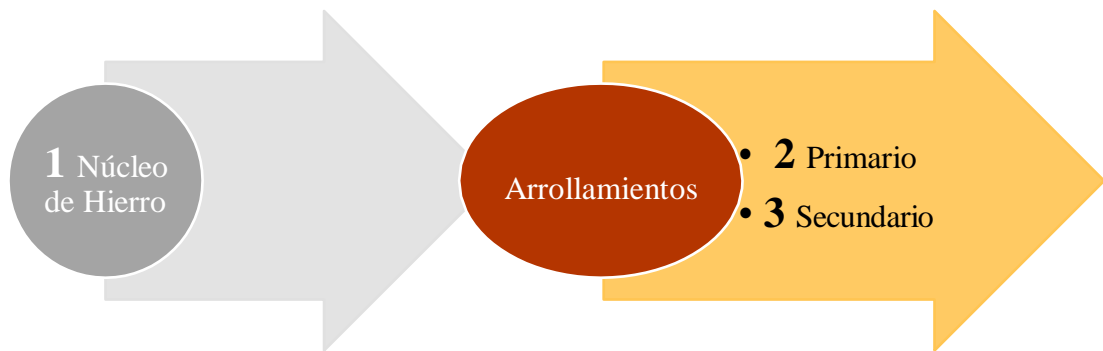


Figura 9. A: Estructura de un transformador monofásico. B: Bobinado Transformador monofásico convencional

Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

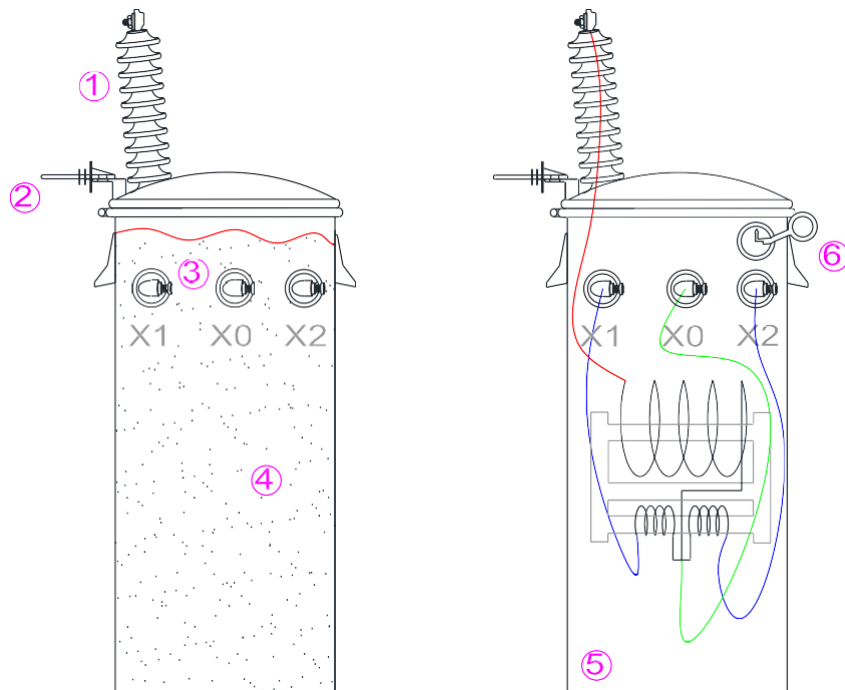


Figura 10. Partes del Transformador monofásico
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

1. Bushing primario
2. Base Apartarayos
3. Bushing's secundarios
4. Aceite dieléctrico refrigerante
5. Tanque contenedor
6. Switch on/off primario

Sin embargo, los transformadores autoprotegidos también son utilizados y entre sus elementos de protección se mencionan dispositivos contra sobretensiones transitorias, fusibles de protección entre los que se mencionan el fusible link encargado de fundirse ante fallos internos e impedir que el transformador pueda re-energizarse, de expulsión que desconecta el equipo ante una sobrecorriente y un interruptor encargado de brindar protección ante sobrecargas y/o cortocircuitos externos además de brindar un medio de operación para la distribuidora en caso de requerir control sobre un usuario.

2.1.3.2 Transformador Trifásico

Este tipo de transformadores, es uno de los más usados en la actualidad. Esto es debido a que la generación, distribución y consumo de energía eléctrica se efectúan en

corriente alterna trifásica. El transformador trifásico es usado para transmutar un sistema trifásico en equilibrio de voltajes en otro sistema en equilibrio de voltajes trifásicos, pero con distintos valores de corriente y voltaje [35].

Su configuración está definida por cada uno de los arrollamientos en una sola columna de un núcleo común, de tal forma que las pérdidas de flujo se disminuyan y la estructura del transformador genere simplicidad y resistencia.

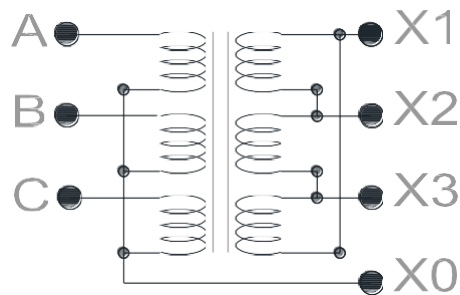


Figura 11. Bobinado Transformador trifásico Yd
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

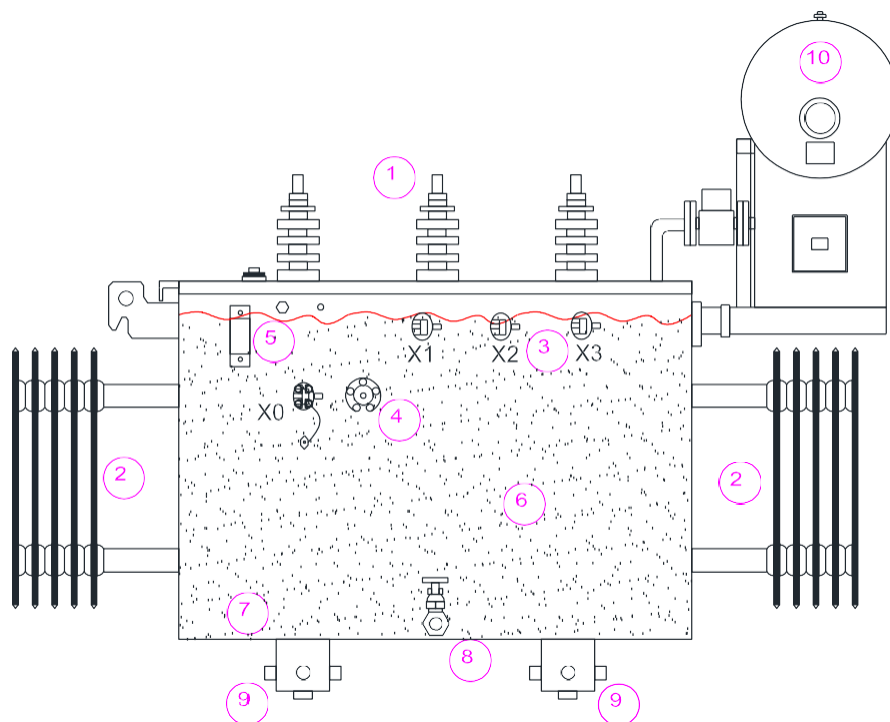


Figura 12. Partes del Transformador trifásico
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

1. Bushing primario
2. Alerones de enfriamiento
3. Bushing's secundarios

4. Tomas de regulación relación de transformación o Tap central
5. Medidor de nivel de aceite
6. Aceite dieléctrico sistema de enfriamiento
7. Tanque o cuba del transformador
8. Llave para cargar o desangrar el aceite
9. Ruedas para movimiento del equipo
10. Tanque de aceite parte del sistema de enfriamiento del transformador.

Se destaca a continuación los parámetros de un transformador trifásico:

- Tensión nominal primaria (V_p): es el voltaje con el que se ha propuesto la construcción del transformador, además, es el voltaje de la línea consiguiente de la tensión de fase; también es denominado voltaje compuesta V_L , puesto que depende de la clasificación conexiónada del transformador sea en triángulo o estrella. La ecuación (1) apreciamos que el V_L y V_F tienen el mismo nivel de voltaje en la conexión delta a diferencia de los voltajes de línea y de fase que podemos ver su cálculo en las ecuaciones (2) y (3)

$$\Delta V_L = V_f \quad (1)$$

$$Y V_L = \sqrt{3} * V_F \quad (2)$$

$$Y V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

- Voltaje nominal secundaria (V_s): Es el voltaje encontrado en la línea o la compuesta que se obtiene en el vacío de los bordes del componente secundario, cuando se aplica al primario el voltaje nominal.
- Intensidad nominal primaria (I_{1n}): Deriva de la multiplicación de V_s por la relación de la transformación. Dicha intensidad puede igualarse a la que transita por los arrollamientos (estrella) o la que es tres veces mayor.

- Intensidad nominal secundaria (I_{2n}): Es la intensidad general del circuito subsiguiente, que crea circular por la derivación de arrollamientos secundarios, la intensidad para la que se han elaborados. El mismo razonamiento que se ha efectuado para I_{1n} , también corresponde con la secundaria.
- Potencia nominal S_n : Es la triple multiplicación de la tensión de fase que se hallan en los arrollamientos secundarios, por la intensidad nominal que los cruzará. En derivación de la tensión por intensidad será una potencia aparente y se mide en VA o en kVA.

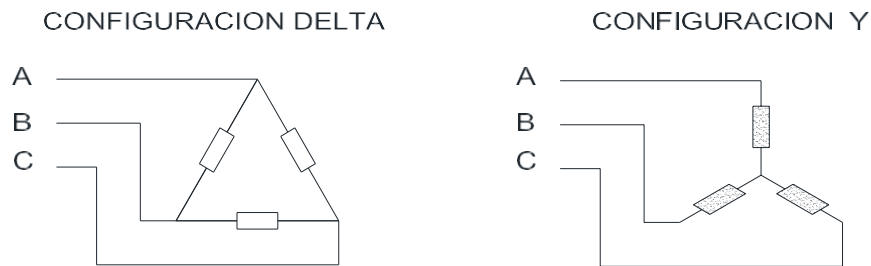


Figura 13. Conexión Estrella, Triángulo
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

2.1.3.3 Banco de transformadores

Se tratan de un conjunto de tres transformadores monofásicos, que se encuentran conectados entre sí para establecer una simulación de un transformador trifásico, pero el verdadero contexto es que esta configuración resulta más económica los transformadores trifásicos. Adicionalmente, está analogía es con respecto al tamaño, esto puesto que un banco de transformadores monofásicos es más grande que un transformador trifásico [14].

Los bancos de transformadores realizados con topología trifásica se pueden enlazar y distintas maneras, no obstante, es necesario resaltar que los devanados de las bobinas deben estar acoplados de manera interna, y dichas conexiones pueden ser en triángulo o en estrella.

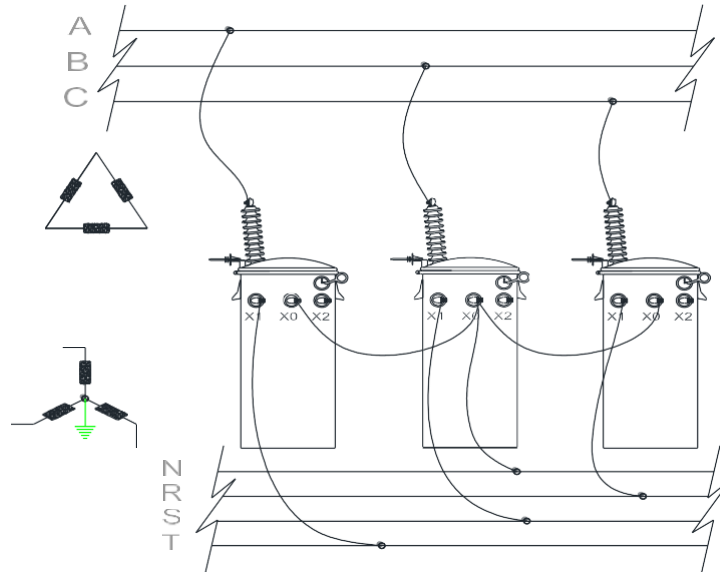


Figura 14. Banco de transformadores
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

2.1.3.4 Transformador Convencional

Un transformador eléctrico convencional es el más utilizado, para establecer la energía eléctrica se realiza una distribución en las áreas más pobladas en ciudades y pueblos, entre otros; a través de estas líneas primarias. Dichas líneas primarias trasladan la energía eléctrica a alta tensión con el fin de minimizar las mermas en los conductores [16].

En este sentido, se conserva la misma potencia si se incrementa el voltaje y se minimiza la corriente en la misma medida. Cuando se minimiza el número de calibre en los cables, estos no abarcan gran espesor. Al implementar un cable conductor más fino el costo se minimiza. Para el despacho de la electricidad por parte de los consumidores, la distribución debe realizarse a baja tensión, para alcanzar esto, la tensión, se usan transformadores de reducción.

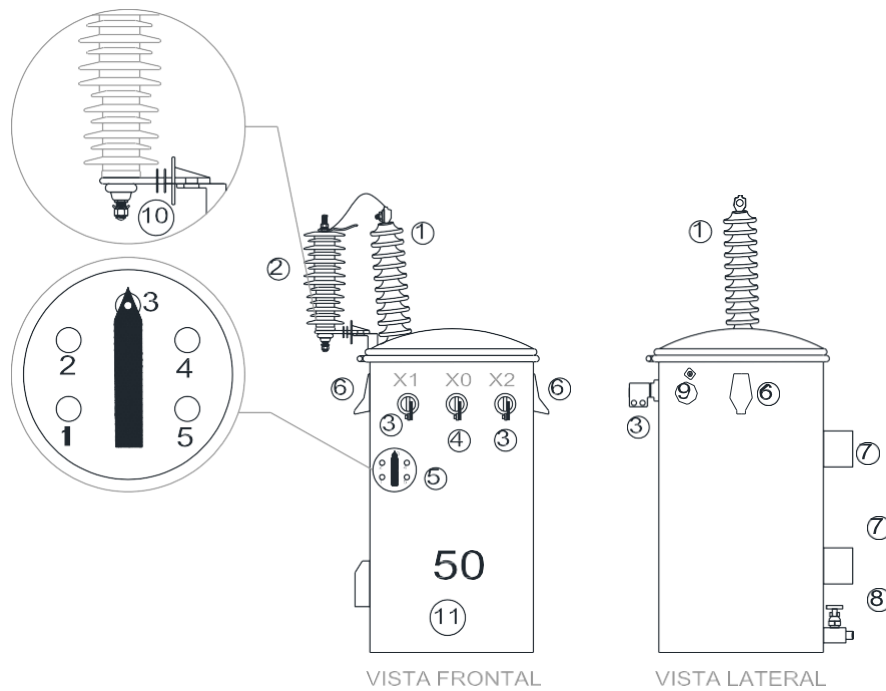


Figura 15. Transformador Monofásico Convencional
 Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

Siendo:

1. Bushing de medio voltaje
2. Apartarayos
3. Bushing's de bajo voltaje fases activas
4. Bushing de bajo voltaje Neutro-Tierra
5. Cambio de tomas para relación de transformación operación desenergizada
6. Ganchos de levantamiento.
7. Baje para montaje en poste
8. Conector puesta a tierra del tanque
9. Válvula de alivio de presión
10. Soporte para montaje del Apartarayos
11. Tanque o cuba

2.1.3.5 Transformador Auto-protegido

El transformador auto-protegido en esencia es el mismo o conserva las mismas características del transformador convencional, con la diferencia de poseer dos elementos adicionales como son las protecciones internas en medio y bajo voltaje [16]. La protección en medio voltaje consiste en un fusible en serie con el buje o bushing

primario, su principal función es proteger en caso de una falla interna en el transformador. Este transformador también posee una luz de señal para advertencia visual de las condiciones de sobrecarga y permite planificar un cambio de transformador si es necesario. La protección de bajo voltaje consiste en un interruptor que secciona o desconecta las salidas de las bobinas de bajo voltaje.

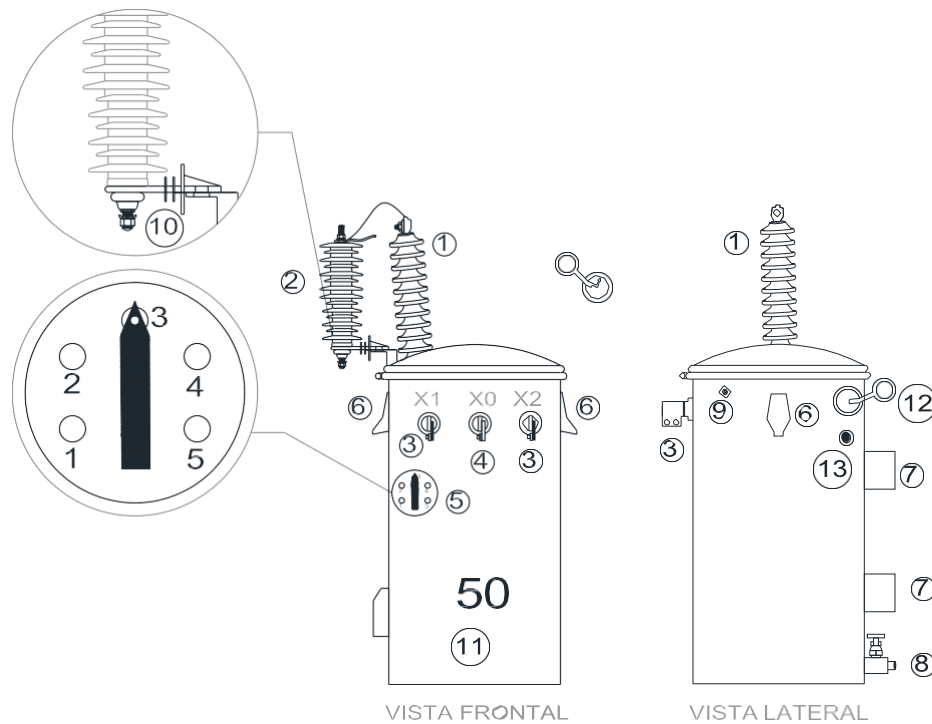


Figura 16. Transformador Monofásico Auto-protégido
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

Siendo:

1. Bushing de medio voltaje
2. Apartarayos
3. Bushing's de bajo voltaje fases activas
4. Bushing de bajo voltaje Neutro-Tierra
5. Cambio de tomas para relación de transformación operación desenergizada
6. Ganchos de levantamiento.
7. Baje para montaje en poste
8. Conector puesta a tierra del tanque
9. Válvula de alivio de presión
10. Soporte para montaje del Apartarayos
11. Tanque o cuba
12. Interruptor en bajo voltaje sumergido en aceite
13. Luz piloto de señalización visual

2.1.3.6 Grupos de Conexión

Los grupos de conexión son métodos implementados por la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) que sirven para clasificar las distintas configuraciones de conexión de los bobinados de baja y alta tensión en los transformadores trifásicos. Los grupos de conexión muestran la disposición de los bobinados y la discrepancia en el ángulo de fase que se halla entre ellos [36].

En otros elementos, las fases de un transformador con múltiples fases que se pueden enlazar internamente de formas distintas, adicionalmente, dependen de las peculiaridades solicitadas para el transformador. Si se enlazan los bobinaos de manera distinta, se formarán distintos ángulos de fases entre los voltajes de los bobinados.

El grupo de conexión, adicionalmente presenta simbologías predefinidas para poder indicar como se han efectuado las conexiones en la parte interna del transformador. De acuerdo, al IEC, se muestra un código que consta de 2 o 3 letras, seguidas de 1 o 2 números; las letras muestran la configuración de los bobinados, las cuales se indicaran a continuación:

Tabla 2. Nomenclatura configuración de conexiones

	PRIMARIO	SECUNDARIO
TRIANGULO	D	d
ESTRELLA	Y	y
ZIG - ZAG	Z	z

2.1.3.7 Aislamiento

Los transformadores poseen materiales que le permiten crear barreras aislantes, que incrementan a medida que acrecientan la capacidad del transformador, y presentan algunos de los siguientes materiales:

- Papel Kraft
- Cartón prensado con materiales de alta densidad.
- Cartón prensado laminado

- Cartón prensado o pressboard
- Porcelanas
- Esmaltes y barnices
- Algodón
- Polvo epóxico
- Líquidos dieléctricos como silicona o aceite mineral libres de PCB's.

Los sistemas aislados de forma eléctrica a los devanados, partes de acero, el núcleo que constituyen la estructura. En el caso del aceite mineral, proporciona enfriamiento eficiente, rigidez dieléctrica, entre otras características [37].

En este sentido, se crean transformadores que están diseñados de manera magnética y eléctrica para garantizar el suministro eléctrico, con respecto a las cargas no lineales. Son caracterizados por ser de bajas pérdidas y altas eficiencias para la avalar la continuidad en el tiempo de vida y el servicio [38].

2.1.3.8 Sistema de enfriamiento

El método para realizar un enfriamiento en un transformador es fundamental para poder disipar el calor, influyendo en la calidad del sistema y el tiempo de vida, adicionalmente su costo y la zona de la instalación [39]. En este sentido, se han realizado normativas que han definido algunas metodologías de enfriamiento en los transformadores, los cuales son los siguientes:

- Tipo AA: Son clasificados de tipo seco, con enfriamiento interno, siendo el aire el material aislante que rodea las bobinas y el núcleo, con capacidad menor o igual al 2.000 kVA y voltajes inferiores a 15 kV.
- Tipo AFA: De tipo seco, posee enfriamiento con aire forzado, empleado para incrementar la potencia disponible a los AA. Posee sopladores o ventiladores para disipar el calor.

- Tipo AA/FA: También es de tipo seco, poseen refrescamiento natural y con enfriamiento por aire forzado, es un tipo AA que le agregan ventiladores para incrementar su capacidad para esfumar el calor.
- Tipo OA: Es una clasificación que se sumerge en aceite para realizar el refrescamiento natural, esto por medio a aislantes que circulan por convección natural dentro de un recipiente.
- Tipo OA/FA: Es una tipología que se sumerge en líquidos aislantes, adicionalmente con enfriamiento propio y por aire forzado, principalmente es OA, pero con añadidura de ventiladores.
- Tipo OA/FOA/FOA: Es una tipología que se sumerge en líquidos aislantes, con refrescamiento propio y con aceite forzado o aire forzado/ aceite forzado/ aire forzado. Con este tipo de refrescamiento se trata de aumentar el régimen de carga del transformador OA a través de combinación de ventiladores o bombas.
- Tipo FOA: Es inmerso en líquido aislante con refrescamiento por aceite forzado y aire forzado. Además, pueden impregnarse de cualquier carga de altas cargas calóricas en plena capacidad e ir bajando sin dejar de trabajar.
- Tipo OW: Es inmerso en líquidos aislantes, pero con refrescamiento por agua, la cual es trasladada por serpentines que se encuentran en contacto con aceite aislante por convección natural que se encuentra en el transformador, drenándose por gravedad o a través de una bomba independiente.
- Tipo FOW: Es inmerso en líquido aislante y con refrescamiento de aceite forzado, además cuenta con enfriadores de agua forzada.

2.1.3.9 Cambiador de tomas o taps

La existencia de equipos de transformación con devanados que permiten su conexión en diferentes puntos de los mismos permite realizar un control discreto sobre los

voltajes del primario o secundario. Si bien es cierto, en redes de transmisión mallada es compleja debido a la existencia de diversos equipos que confluyen en un mismo punto y la modificación de un solo equipo podría modificar los flujos sobre las líneas más no el voltaje, en redes de distribución radiales la operación es más sencilla dado que el cambio en el tap del transformador provocará un cambio en el voltaje del nodo. Lo usual es encontrar el cambiador de tomas en el lado primario del transformador y su principal uso de regulación es compensar deficiencias en la calidad del servicio prestado por la distribuidora en cuanto se refiere a la existencia de valores inferiores o mayores al voltaje de diseño, sin embargo, las tomas se diseñan para valores fijos paso a paso por lo que variaciones significativas no podrán ser compensadas. Es usual también que los cambiadores de tomas sean manuales excepto en aquellos casos en donde la carga es fluctuante, caso contrario el manejo será manual mientras que la operación bajo carga también deberá ser justificada dado que su uso puede representar un 5% más en el costo del transformador.

2.1.3 PROTECCION EN BAJO VOLTAJE

La protección para bajo voltajes permite la garantía de sistemas eléctricos cuando se presentan bajas en la capacidad de tensión eléctrica para la administración o gestión; enviando o bloqueando los voltajes para resguardar el sistema general. Dichas protecciones cumplen funciones específicas para los dispositivos o componentes del sistema. Adicionalmente, permiten la continuidad de la prestación del servicio, por lo que se debe contar con protecciones adecuadas.

2.1.3.1 Protección Fusible NH

Estos fusibles de alta capacidad de corte están destinados a la protección de las líneas de bajo voltaje de la red y equipos eléctricos, contra sobrecargas y cortocircuitos con tensiones nominales de hasta 500 V CA (+ 10%) y 690 V CA (+ 5%). La capacidad de corte nominal es de 80 kA a 690 V o 120 kA a 500 V. El rango comprende fusibles desde el tamaño NH000 hasta NH4, con corrientes nominales desde 2A hasta 1250A. Fabricado con cuerpo cerámico con alta resistencia a la presión interna y al choque térmico, que permite una alta capacidad de ruptura. Los contactos de cuchilla están

hechos de cobre plateado o latón. Se fabrican de acuerdo con las normas IEC / EN60269 y VDE0636.

Para dimensionar la capacidad de los fusibles NH se usa la siguiente ecuación (4):

$$I_n = \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot V_n} \quad (4)$$

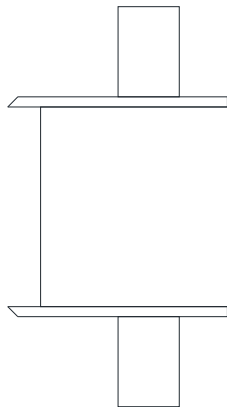
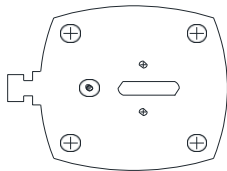
Donde:

In: Corriente nominal

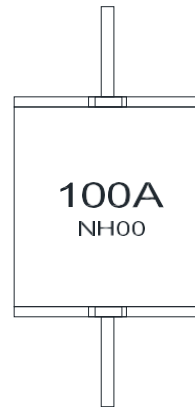
St: Potencia del transformador

Vn: Voltaje nominal L-N

VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

Figura 17. Fusible NH
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

2.1.3.2 Protección Termomagnética fija

La mayoría de los interruptores de protección son termomagnéticos, logran protección eléctrica al combinar dos mecanismos que responden al calor y los campos magnéticos, respectivamente. Así por ejemplo la acción magnética se produce por el aporte energético proporcionado por la corriente eléctrica que circula por una unión

bimetálica durante un tiempo conocido, que interseca en un punto dado y corresponde al 30% de sobrecarga durante un periodo de 2 horas. El calentamiento del bimetálico puede generarse de manera directa o indirecta siendo el calentamiento directo utilizado en interruptores de baja corriente dado que la corriente circula por el bimetálico utilizado y que posee una constante de tiempo baja comparable con la constante de tiempo del conductor que protege. Por otro lado, aquellas protecciones de calentamiento indirecto utilizan un conductor que se envuelve alrededor del conjunto bimetálico produciendo una conducción de temperatura entre ambos elementos mencionados, normalmente estos dispositivos son utilizados para corrientes elevadas y la constante del bimetálico suele ser muy inferior a la constante de los conductores que protege.

La etapa magnética del dispositivo en cuestión es activada por la corriente anómala resultante de un evento de cortocircuito misma que genera un campo magnético suficientemente fuerte para producir el movimiento de una pequeña lámina que libera el mecanismo de retención, el tiempo de actuación cuando se alcanza un umbral de entre 5 y 10 veces la corriente nominal es de 50 milisegundos mientras que cuando la corriente aumenta el tiempo puede situarse cercano a los 10 milisegundos[40].

Se utilizan dos mecanismos simultáneamente para ofrecer un resultado final que combina las características de respuesta de cada uno, pero el objetivo de ambos es el mismo: proteger los conductores y el equipo conectado al interruptor de una corriente excesiva [41].

2.1.3.3 Protección Termomagnética Regulable

Permite la regulación en relación al tiempo y la magnitud en la longitud del retardo, adicionalmente de la magnitud, en este sentido, se emplean para garantizar la protección de los alimentadores, sub alimentadores e interruptores del sistema distribución en general. En general la regulación de estos dispositivos responde a la alteración del entrehierro o de la tensión del resorte en el elemento magnético pudiendo disponer o no de un temporizador de retardo [41][40].

2.2 CABLEADO ELÉCTRICO

El propósito de los cables es la conducción de la energía eléctrica de un lugar a otro para poder beneficiarse de ella, adicionalmente, uno de sus fines es la realización de

una unión metálica de enlace eléctrico entre dos sitios de alimentación y de carga, cumpliendo ciertas condiciones para la conducción óptima y el favorable aislamiento. El cableado eléctrico debe estudiarse de acuerdo a las condiciones y elementos del sistema a estructurar [42].

Adicionalmente se puede mencionar, que generalmente los cables implementados son de cobre, el cual es un material de gran conductividad, o también de aluminio, que poseen mínima conductividad, pero es liviano y más económico. El aislamiento de manera general es de alrededor de 500 μm hasta 5 centímetros, de material plástico y el grueso del mismo depende del grado de tensión a soportar, la corriente nominal, y los niveles de temperatura del medioambiente en el cual será utilizado.

2.2.1 RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE

Son estructuradas en función del área a implementarse, pudiendo ser urbanas o rurales, en relación a su instalación aéreas o subterráneas. Asimismo, deben cumplir con ciertos componentes de diseño, construcción y mantenimiento de redes, debe poseer un buen enlace electromecánico, un calibrado adecuado todo ello en relación al sistema eléctrico a instalar.

2.2.3.1 RED AÉREA

Es una de las redes de distribución más implementadas en el sistema de distribución eléctrico, debido a su diseño económico y técnico es más simple en relación al diseño subterráneo, dichos costos son reducidos de manera significativa debido a al sistema, pero también al estudio de los elementos geográficos y la distribución de líneas existentes a estructurarse en la planeación de dichas redes [43].

En el presente los conductores más utilizados para la elaboración de redes aéreas son los conductores de acero reforzado o ACSR aunque también se ha innovado con el uso de AAAC que presenta una menor cantidad de pérdidas con una mejora en su rendimiento contra la corrosión y aumento de la conductividad, el AAAC entre otros incluyendo ACSS e incluso ACSR y AAC pero en sus presentaciones trapezoidales. Los principales factores a considerar son la capacidad de transmisión, aumento de temperatura permitida, efectos frente al campo eléctrico, respuesta a condiciones

ambientales como el ruido, interferencia de radios, contaminación, fuerza mecánica requerida, condiciones especiales y ambientales e incluso el precio y su rendimiento a lo largo de toda la vida útil.

2.2.3.2 CABLES

Es un término utilizado para llamar a una cuerda o manguera que poseen composiciones aislantes y de protección que contiene un conductor o también llamado hilo eléctrico, que se encuentra aislado que generalmente suelen ser de cobre o aluminio. Su propósito principal es la conducción de electricidad, compuestos de: un elemento conductor; un aislante que recubre el conductor para que no haya circulación de la electricidad fuera del conductor; la capa de relleno para conservarlo en su forma cilíndrica, y la cubierta que garantizan la protección de todos los elementos internos de los agentes externos [44].

Los cables son uno de los elementos más importantes cumple la vital tarea de transportar potencia, operar de manera segura y confiable además cumplir con aspectos ambientales. Al analizar los parámetros físicos de los materiales se deberán considerar aquellas características eléctricas en que las necesidades de corriente sean cubiertas mientras que en el aspecto mecánico se espera que cumpla con el rendimiento mecánico y de seguridad esperados incluso en aquellas condiciones en que la altitud, clima e incluso largas distancias a cubrir sean cubiertas por un material con la resistencia mecánica adecuada.

2.2.1.2.1 Cable AAC

Es nombrado así por su denominación en inglés All Aluminum Conductor, o lo que significa en español todo el conductor de aluminio. Están hechos a partir de material de aluminio que es refinado de forma electrolítica con pureza de un índice del 99,5% y con una conductividad pequeña del 61%, teniendo como particularidades una larga vida, bajo peso, alta resistencia mecánica, buena conductividad eléctrica, bajo mantenimiento, entre otros [45].

2.2.1.2.2 Cable AAAC

Es denominado por sus siglas en inglés All Aluminum Alloy Conductor, que significa Conductor de Aleación de Aluminio [45], están compuestos de hilos aleados de aluminio, la cual presenta una composición de 98,7% de aluminio, 0,5% de silicio, 0,3% de hierro y 0,5% de magnesio. Se usan en líneas de distribución de energía eléctrica en las redes aéreas, con mayor relación cuando por motivos de diseño de la línea se requiere una gran magnitud de carga de rotura-peso, esto para optimizar las flechas en longitudes largas. Adicionalmente, posee buena tenacidad ante la corrosión, por lo que son fundamentales para instalaciones en la costa y con altos índices de contaminación [44].

2.2.1.2.3 Cable ASCR

Denominado ASCR por sus siglas en inglés, que denominan Aluminum Conductors Steel Reinforced, que significa Conductor de Aluminio reforzado con acero. Están constituidos por hilos de aluminio puro que se refuerzan con hilos de acero que son revestidos con Zinc que también son denominados como alma de acero y son implementados en líneas de distribución aérea de energía eléctrica. Asimismo, ofrecen buena carga de rotura, y se encuentran en variadas formaciones [45].

2.2.1.2.4 Cable preensamblado

Están constituidos por ser cables con composiciones unipolares aislado, que reúnen condiciones helicoidales en su estructura están alrededor de un elemento neutro portante o conjunto con este. Dicho elemento neutro portante puede estar dispuesto o con estructura recta en la longitud del eje conjunto en el que se emplean los esfuerzos de tracción, adicionalmente, este está construido por aleaciones de aluminio. Silicio y magnesio los cuales se utilizan en zonas aéreas desnudas, por lo que pueden presentar cargas de rupturas de 30 kg/mm^2 [46].

2.2.1.2.5 Estructuras en Medio Voltaje

Las estructuras de medio voltaje, presentan condiciones operativas para su operación en las redes, las cuales se presentarán a continuación:

- Se debe mantener un solo calibre para la conducción para la troncal de la red, mientras que en los cascos urbanos la troncal se proyecta en calibres alrededor de 266.8 MCM, y los ramales en 2.0, al menos que sean requeridos conductores de mayor capacidad.
- En relación a las redes rurales el calibre del material conductor debe ser soportado por mediciones electromecánicas adecuadas, además que el calibre mínimo es #2 AWG.
- Sobre la troncal principal no deben instalarse fusible en serie.
- La red principal concierne a la ruta del tramo de mayor calibre desde la estación o subestación hasta el último punto de estudio.

Otros requerimientos relacionados con las estructuras mencionan:

- Deberán soportar las condiciones de operación natural además de aquellas condiciones ambientales incluyendo hielo, viento y cargas artificiales adicionales durante todo el tiempo para el que se diseñan además de esfuerzos adicionales durante la fase constructiva.
- Se debe considerar aspectos públicos como lo son la seguridad, resistencia, concordancia con el ambiente, restricciones de costo y permitir un adecuado mantenimiento pudiendo incluso considerar factores visuales o de diseño correspondientes con regulaciones locales.

2.2.1.2.6 Estructuras en Bajo Voltaje

Los componentes que pueden componer una estructura de bajo voltaje son las siguientes:

- Conectores de cable trenzado, con alimentaciones de distribución con una capacidad máxima de 45 kVA.
- El desbalance de corriente por fases en los transformadores de distribución no debe superar un índice del 20%.
- Para dichas redes se construirán postes de concreto o material ensayado o probado, o fibra de vidrio en caso de ser redes aéreas mientras que se deberán considerar las canalizaciones necesarias en caso de que la red sea subterránea.
- En toda la red se deberá avalar la misma topología, para la troncal y los circuitos que lo ramifican.

2.2.3.3 RED SUBTERRÁNEA

Es descrita como una infraestructura que se enfoca en la distribución o transmisión de energía eléctrica, con elementos subterráneos. Generalmente se efectúa por finalidades estéticas en contextos urbanos, sin embargo, adicionalmente su propósito puede ser debido a falta de espacios o porque las líneas podrían estar expuestas a condiciones climáticas de gran impacto como tormentas [47].

2.2.3.4 Cable apantallado

O también denominado cable blindado, es un cable eléctrico de 1 o más elementos conductores que se encuentran aislados y recubiertos por una capa conductora común, la cual acciona como jaula de Faraday para contrarrestar el ensamble de ruidos y otros elementos que causen interferencias a nivel interno como externo. Adicionalmente, la pantalla puede ser variada, conteniendo varios conductores apantallados, con el fin de contrarrestar la diafonía entre sí [48].

Los cables empleados en medio voltaje pueden ir enterrados o ser canalizados por medio de ductos, es común encontrar un aislante conocido como XLPE (aislante de cloruro reticulado) para operar a 90°C en operación normal, para periodos de sobrecarga a 130°C y puede llegar a 150°C en situaciones cortocircuito. Cuentan también con capas semiconductoras, mallas de alambres e incluso una cubierta de PVC que resiste condiciones ambientales y retarda la llama.

2.2.1.4.1 Conductor

Estos dependerán de su nivel de tensión y los requerimientos del espacio, pudiendo ser de aluminio, compactos con secciones circulares con varios alambres cableados, con aislamiento dieléctrico seco o unipolares. Es un elemento metálico con facilidad para el paso de corriente siendo los materiales más usados el cobre o aluminio

2.2.1.4.2 Capa semiconductor interna

Recubre el material conductor con el propósito de optimizar la distribución del campo eléctrico al ponerse en contacto con la superficie y tiene la función de disminuir el esfuerzo producido por el campo eléctrico, se efectúa con componentes poliméricos con altas concentraciones y en color negro humo, es reticulado y adherible al aislamiento [49]. Al analizar su interacción con los demás componentes existentes dado que disminuye el gradiente eléctrico se reduce el riesgo ligado a la ionización del aislante en la zona donde el estrés por el campo eléctrico es más fuerte.

2.2.1.4.3 Aislamiento

Este componente mantiene el flujo eléctrico dentro del conductor y los elementos que lo cubren, aísla el interior cable a elementos que se encuentran en el exterior que pueden alterar sus atributos eléctricos [49]. Al analizar físicamente, sus electrones se mantienen fuertemente ligados por lo que no se permite una fácil interacción o flujo de corriente, es fundamental que dicho material tenga un espesor variable en función de la tensión del conductor cumpliendo además con condiciones relacionadas a un aspecto químico sobre todo ya está relacionado con absorción de agua, resistencia a la humedad, resistencia a rayos ultravioleta, resistencia a la oxidación e incluso resistencia a agentes corrosivos. Por otro lado, las condiciones físicas como son termoplaticidad, resistencia al agretamiento, envejecimiento y torsión son aspectos que no se puede descuidar.

2.2.1.4.4 Capa semiconductor externa

Esta capa permite recubrir el aislamiento, el cual se efectúa con elementos poliméricos con altas concentraciones con color negro humo para la obtención de la propiedad de semiconductor, de igual manera, se usan con materiales fáciles de pelar para la facilitación de la preparación de conexiones [49]. El principal aspecto a considerar radica en la existencia de esfuerzos eléctricos radiales, tangenciales y longitudinales dichos fenómenos contribuyen a un desgaste del aislante si el campo eléctrico involucrado no está adecuadamente distribuido. Como principal característica se exige que esta capa sea tersa y lisa con el fin de evitar la formación de burbujas y su necesaria construcción con materiales semiconductores que garanticen la no ionización frente a descargas.

2.2.1.4.5 Pantalla

Generalmente es de material metálico que se encuentra en contacto con la capa semiconductor de la parte externa, la cual está compuesta por fibras de cobre que se colocan en forma helicoidal que recubre de manera uniforme todo el perímetro del cable [49]. Debe estar conformada por hilos y cintas de cobre, su principal función radica en la protección de la vida humana ya que permite la conexión a tierra. Dependiendo principalmente de su función la pantalla puede variar en su técnica constructiva así por ejemplo, las pantallas para fines electrostáticos deberán estar construidas de materiales no magnéticos bien sean alambres, cintas o cubiertas metálicas de aluminio o incluso plomo. Aquellas encargadas de conducir corrientes de falla deben garantizar una conductancia alta y finalmente las utilizadas como hilo de neutro para sistemas monofásicos.

2.2.1.4.6 Cinta Poliéster

Se trata de un material fajado que recubre la pantalla y que evita la extrusión de la cubierta invadiendo los hilos y que dificulten la retirada de la misma al momento de realizar las estructuraciones [49].

2.2.1.4.7 Configuraciones de los cables subterráneos

Dada la naturaleza unipolar o multipolar de los cables es necesario conocer sus características y configuraciones.

2.2.1.4.7.1 Cable unipolar

Están conformados por un único elemento conductor que será adecuadamente diseñado y protegido por los elementos antes descritos.

2.2.1.4.7.2 Cable multipolar

Constituidos por más de un conductor independiente en donde se pueden incluir conductores de neutro o protección además de cables de menor sección con los cuales se pueden ejecutar tareas de control a distancia. Cada conductor tendrá su propio aislamiento y el conjunto puede acompañarse por un aislante capaz de proteger a cada

conductor de los fenómenos físicos y ambientales a los que se exponen los cables de este tipo.

En cuanto a su configuración se pueden encontrar conductores bipolares conformados por 2 conductores independientes, tripolares conformados por tres conductores desplazados 120° entre cada uno de ellos, podemos encontrar conductores de ensamble sectoral que sin embargo son utilizados en tensiones inferiores a los 10 kV dado que los esfuerzos eléctricos que son aplicados a los aislantes aumenta el efecto que se ve reducido en aquellos de sección circular, finalmente también es posible encontrar cables de tipo triplomo los mismo que tiene una sección triangular en su sección exterior con lo cual existe un ahorro en material aislante. Por otro lado los cables tetrapolares llevan 4 conductores, dichos cables usualmente incluyen el conductor de neutro, es común que el conductor de neutro tenga una menor sección que los conductores activos. Los cables tetrapolares pueden tener todos sus conductores sección circular o en su defecto variar los conductores activos a sección sectoral, en general la recomendación radica en que el neutro se mantenga separado dado que facilita las tareas de aterrizamiento del mismo además de que reduce la dificultad al momento de realizar empalmes.

2.2.1.4.8 Pozos y Ductos

Estos deben ser de componentes que reúnan ciertas condiciones, como los presentados a continuación:

- No higroscópicos
- Tener un nivel de protección apropiada con la utilización.
- Avalar que no deteriores el aislamiento de los conductores.

Adicionalmente, se pueden implementar tubos corrugados de PVC que posean doble pared o de polietileno de alta densidad para garantizar el amparo térmico de los cables. Se mantendrán a un trayecto útil de alrededor de 20 centímetros entre el borde externo y cualquier otro servicio. Por otra parte, los conductores deben conservar sus parámetros y adecuación en toda su longitud o trayecto [45]. Por parte de la empresa distribuidora existirán ciertas unidades de propiedad que se deben respetar con el fin de satisfacer la normativa vigente en el caso de la Empresa Eléctrica Quito estos pozos son mencionados en la Parte B de sus Normas para sistemas de distribución en su

sección B70 en donde se mencionan canalizaciones para circuitos de media tensión, baja tensión y alumbrado público, ductos para cruces de vías y tipos de cruce y finalmente tipos de pozos de revisión para media tensión y baja tensión bien sea en aceras o cruces de vía

2.3 CÁMARA DE MEDICION Y SECCIONAMIENTO

2.3.1 Celda de ingreso o conexión tipo “I”

Son celdas que recibe líneas externas del centro, se encuentran equipadas con un interruptor o también un interruptor – seccionador.

2.3.2 Celda porta-cables tipo “A”

Son utilizadas para el soporte de conductores eléctricos de control para que se estructuren de forma segura y con versatilidad al interior de los espacios o instalaciones eléctricas.

2.3.3 Celda de salida o TMR

Es una instalación eléctrica que recibe energía con alta tensión o media tensión y la entrega en condiciones de baja a media tensión para su uso por los consumidores.

2.3.4 Celda de medición en Medio Voltaje

Son utilizadas en redes de distribución de medio voltaje de hasta un total de 24 kV, el cual seccionan, protegen y miden. Adicionalmente pueden ampliarse debido a sus módulos en cada una de sus unidades manteniendo altos índices de fiabilidad y seguridad.

2.3.5 Puntas Terminales

Son puntos en los que un conductor de un elemento eléctrico llega a su final y suministra un punto de conexión para circuitos, puede hallarse al final de un cable. De

igual manera se especifica en las unidades de propiedad de la EEQ en su Parte B sección B30 que se deberá hacer uso de un terminal para cable unipolar y aislado de 23 kV para exterior, en esencial el terminal mencionado consiste en una punta terminal con condiciones de protección especiales para su operación en exteriores en el poste en donde se instale la transición aérea a subterránea.

2.4 MALLA DE PUESTA A TIERRA

Las mallas o sistemas de puesta a tierra poseen al menos un conductor o un punto que generalmente es neutro o un punto común que es conectado a tierra. Por elementos prácticos y de bajos costos que no incluyan sistemas de protección y cuenten con las características eléctricas y mecánicas necesarias para asegurar un potencial similar al de tierra entre una instalación y un conjunto de electrodos con dimensiones y condiciones de terreno adecuadas [50].

La conexión a tierra disminuye las fluctuaciones de voltaje y los desequilibrios que puedan ocurrir de otra manera. Asimismo, otra ventaja es que puede utilizar relés residuales para la detección de fallas antes de que se conviertan en fallas de fase a fase, lo que puede disminuir los daños reales causados y la solicitud de cargas impuesta en otras partes del sistema eléctrico. Para ello se plantea la existencia de 2 tipos de sistema de Tierra, una de protección encargada de prevenir accidentes sobre las personas y también aquellas de servicio pensadas para conectar los centros de las conexiones triángulo en generadores y transformadores.

2.4.1 Resistividad del suelo

Existe un sinnúmero de factores que alteran las condiciones de resistencia del terreno entre los que se encuentran la composición del terreno, concentración de sales que en conjunto con la presencia de agua pueden formar un electrolito capaz de ser un elemento conductor, la humedad del terreno relacionada también con las condiciones de clima e incluso la época, la temperatura ambiental también permite mejorar la resistividad dado que esto tiene influencia en la humedad del terreno.

2.4.3.1 Materiales para disminuir la resistividad del suelo

El proceso para reducir la resistividad del terreno consiste en la introducción de materiales adicionales en las inmediaciones del electrodo o varilla a utilizar, de este modo se puede optar por colocar el material específico durante la inserción del elemento con el fin de que la zona de contacto con el terreno sea también enriquecida aunque si bien es cierto de manera indirecta se incrementa el tamaño del electrodo dado que la resistencia será inferior a la del terreno, existen diferentes tipos de elementos aceptables para cumplir con esta tarea.

La bentonita es parte de los materiales aceptados para la reducción de la resistencia del terreno, a nivel físico su comportamiento le permite absorber la humedad circundante en una proporción de 5 veces su peso y puede llegar a extenderse hasta 30 veces su volumen seco, tiene una resistividad de alrededor de 5 ohmios por metro y no es corrosiva, su forma en estado inerte es similar a un gel y es usada como relleno al compactarse fácilmente y generar una adherencia fuerte.

La marconita es otro elemento utilizado que se comporta como un concreto conductor que genera poca corrosión y una baja resistividad, aunque se han registrado pequeños procesos de corrosión durante el fraguado de la mezcla también se ha comprobado que una vez culminado este paso el proceso desaparece. Es usada en ambientes cálidos o secos dado que mantiene su humedad incluso en condiciones secas, se dice que la resistividad del terreno es de 2 ohmios por metro.

El yeso también es utilizado ocasionalmente sólo o mezclado con bentonita, es poco soluble por lo que no se desprende al lavarse, no produce ninguna corrosión sobre el cobre además de ser barato y es fácil de mezclar y es ideal para zonas en las que las sales pueden diluirse por efecto de las lluvias o movimiento de agua sin embargo estas mismas propiedades hacen que su concentración no puede esparcirse en el terreno cercano con lo cual la mejora no será excesiva, pero será adecuada.

2.4.2 Electrodo para puestas a tierra

Aquellos electrodos que son inalterables a la humedad además de resistir la acción química del terreno se denominan artificiales que pueden estar contruidos por materiales como lo son el cobre, hierro o acero galvanizado o acero sin galvanizar, pero con protección catódica respetando la condición de que la sección no debe ser

inferior a la cuarta parte de la sección del conductor que forma parte de la conexión central del sistema de tierra. Los electrodos puede ser electrodos simples o pueden estar constituidos por barras, tubos, placas, pletinas e incluso otros perfiles; se encuentran también anillos o mallas que están constituidos por los elementos antes mencionados.

En cuanto a forma hay también una cantidad variada, existen electrodos en forma de pica las cuales tienen forma parecida a un tubo o varilla, existen aquellos en forma de placa y también los denominados pletina que son placas enterradas de manera horizontal, aquellos denominados bucle cuyo conductor se cierra sobre sí mismo, los denominados radiales constituidos por conductores ramificados o en forma de malla cuya longitud de mallado no deberá sobrepasar los 20 metros.

La varilla de cobre es uno de los elementos artificiales más utilizados; posee una excelente dureza, conductividad eléctrica y resistencia a la tracción durante su uso. Al ser enterradas adecuadamente garantiza la protección de la vida humana, de equipos, instalaciones eléctricas, permitiendo en su instalación disipar la energía proveniente de descargas eléctricas y atmosféricas.

Los electrodos naturales por otro lado son constituidos por redes de agua que estén elaboradas con tubería metálicas y que tienen una gran longitud sin interrupciones o accesorios y también se consideran electrodos naturales la cubierta de plomo de cables de baja tensión, la condición en ese caso será que las cubiertas estén en la tierra sin aislantes, la continuidad de la cubierta se garantiza y por último que la unión en los empalmes tengas por lo menos la misma continuidad que la envolvente metálica de los cables.

2.4.3 Suelda exotérmica

Las conexiones aluminotérmicas se usan como conexiones de conductores eléctricos. El uso de la soldadura exotérmica para puestas a tierra garantiza la conductividad eléctrica sin riesgo de que las conexiones se degraden o deterioren con el tiempo. De hecho, solo las uniones por soldaduras exotérmicas están reconocidas como forma de conexión eléctrica válida por la IEEE, como cable continuo no empalmado. Una buena soldadura deberá respetar ciertas condiciones para ser validadas entre las que se mencionan que deberán poseer un punto de fusión muy alto que pueda soportar los efectos de un fallo, un bajo valor de resistencia es fundamental para evitar que la

conexión pueda disminuir la eficacia del sistema y por último debe cumplir con criterios de simplicidad y fiabilidad[51], [52].

Los elementos más utilizados y necesarios para desarrollar una suelda de este tipo son:

- Molde: deberá ser de grafito dividido en varias partes con sus respectivas cámaras para albergar la reacción, chimenea de descenso del material, una cámara de soldadura y los agujeros por los cuales pasarán los cables, pletinas, y demás materiales a soldar.
- Tenaza: necesario para la manipulación segura del molde dada la elevada temperatura que el mismo puede alcanzar por efectos del proceso.
- Cartucho: dispositivo que contiene la mezcla bien sea de óxido de cobre, aluminio en polvo o feldespato mezclado por capas con la llamada masa de ignición compuesta por fósforo rojo, peróxido de bario o aluminio micronizado y que debe estar siempre por encima de la masa de aporte.
- Disco de contención: utilizado para evitar que el material de aporte pueda caer en la cámara donde se producirá la soldadura.
- Pistola de ignición: dispositivo capaz de producir chispa para producir la reacción en la masa de ignición con lo cual da inicio a la reacción con la masa de aportación.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DEL PROYECTO CORPORACIÓN SUPERIOR NAVER
WAFER

CAMARA DE TRANSFORMACION DE 1 MVA

22.8/13.2 kV – 440/254 V

3.1 DISEÑO DEL PROYECTO

3.1.1 Estudio de Carga y demanda

La industria que es analizada previo a la instalación que es objeto de la presente investigación posee dos cámaras de transformación, la primera compuesta por dos transformadores de 750 kVA y una segunda cámara compuesta por cinco transformadores, uno de 750 kVA, 500 kVA, 300 kVA y dos transformadores adicionales de 400 kVA cada uno, con ello la primera cámara de transformación cuenta con una capacidad de transformación de 1500 kVA mientras que la segunda cámara tiene una capacidad de 2350 kVA. Sin embargo, existe la necesidad de aumentar la potencia de transformación para la construcción de una nueva nave de producción. Para lo cual se proyecta la existencia de las cargas listadas a continuación con sus respectivas potencias nominales individuales, divididos en 2 grupos de análisis.

Tabla 3. Cargas proyectadas, bloque A

Aparato eléctrico o de alumbrado	Cantidad	Pn (W)	Potencia total (W)
Rosca AHSG-160-01	3	1500	4500
Soplante MGGF-GM-10S	1	18500	18500
Cernedor Plano MPAK-826	1	12600	12600
Limpiadora Salvado MKLA-30/80	1	2550	2550
Limpiadora MDL-300G	1	3450	3450
Disgregador Rebote MJZE-36	2	4600	9200
Disgregador Rebote MJZF-45-7.5-3600-F	1	8600	8600
Blanqueadora Vert. BSPB	1	55000	55000
Esclusa MPSN-25/23G	2	550	1100

Tabla 4. Cargas proyectadas, bloque B

Aparato eléctrico o de alumbrado	Cantidad	Pn (W)	Potencia total (W)
Línea Wafer Fox 53	1	175000	175000
Línea Wafer Fox 75-1	1	210000	210000
Línea Wafer Fox 75-2	1	210000	210000
Iluminación Led de Galpon	40	100	4000
Iluminacion Led Exterior de Planta	10	150	1500
Iluminacion de Area Administrativa	50	35	1750

Ventilador MXE180-040036-00	3	148000	444000
Limpiadora Salvado MKLA-45/110	1	6300	6300
Compresor - Secador	1	130000	130000
Computadoras	20	300	6000
Impresoras	5	400	2000
Bodega materia prima	1	150000	150000

3.1.3.1 Factor de simultaneidad

El factor de simultaneidad hace referencia a un valor porcentual que se basa en la utilización de los artefactos o equipos durante las horas o periodos pico. Los equipos de mayor utilización o primordiales tomarán valores elevados y de manera análoga los menos esenciales tomarán valores bajos, aunque si bien es cierto este parámetro se toma en consideración en estudios residenciales dado que para clientes industriales se entiende que las máquinas son utilizadas en mayores proporciones a lo largo del día. Las tablas ilustran los factores de simultaneidad ligados a cada carga con la misma separación implementada en la sección anterior[53].

Tabla 5. Factor de simultaneidad, bloque A

Aparato eléctrico o de alumbrado	FS (%)
Rosca AHSG-160-01	70
Soplante MGGF-GM-10S	60
Cernedor Plano MPAK-826	60
Limpiadora Salvado MKLA-30/80	70
Limpiadora MDL-300G	70
Disgregador Rebote MJZE-36	60
Disgregador Rebote MJZF-45-7.5-3600-F	70
Blanqueadora Vert. BSPB	60
Esclusa MPSN-25/23G	70

Tabla 6. Factor de simultaneidad, bloque B

Aparato eléctrico o de alumbrado	FS (%)
Línea Wafer Fox 53	60
Línea Wafer Fox 75-1	60
Línea Wafer Fox 75-2	60
Iluminación Led de Galpón	70
Iluminación Led Exterior de Planta	60
Iluminación de Área Administrativa	70
Ventilador MXE180-040036-00	60
Limpiadora Salvado MKLA-45/110	60

Compresor - Secador	60
Computadoras	70
Impresoras	50
Bodega materia prima	70

3.1.3.2 Factor de Frecuencia de Uso

Este factor denominado también FFUn es un factor que relaciona porcentualmente la posibilidad de existencia de un aparato o mecanismo de alumbrado que se promedia entre todos los usuarios y el usuario de mayor carga. Para el caso presente se especifica que para todas las cargas el FFU toma un valor del 100% dado que es el único usuario que se encuentra en estudio y dispone de la totalidad de equipos listados.

Con lo antes expuesto se procede a realizar las correcciones del caso con lo cual la DMU o Demanda Máxima Unificada para cada elemento es la listada en las tablas que continúan

Tabla 7. Demanda máxima unificada, bloque A

Aparato eléctrico o de alumbrado	DMU (W)
Rosca AHSG-160-01	3150
Soplante MGGF-GM-10S	11100
Cernedor Plano MPAK-826	7560
Limpiadora Salvado MKLA-30/80	1785
Limpiadora MDL-300G	2415
Disgregador Rebote MJZE-36	5520
Disgregador Rebote MJZF-45-7.5-3600-F	6020
Blanqueadora Vert. BSPB	33000
Esclusa MPSN-25/23G	770

Tabla 8. Demanda máxima unificada, bloque B

Aparato eléctrico o de alumbrado	DMU (W)
Línea Wafer Fox 53	105000
Línea Wafer Fox 75-1	126000
Línea Wafer Fox 75-2	126000
Iluminación Led de Galpón	2800
Iluminación Led Exterior de Planta	900
Iluminación de Área Administrativa	1225
Ventilador MXE180-040036-00	266400
Limpiadora Salvado MKLA-45/110	3780
Compresor - Secador	78000
Computadoras	4200
Impresoras	1000
Bodega materia prima	105000

3.1.3.3 Determinación de demanda requerida

Con la información antes mostrada es posible determinar la potencia del transformador a ser instalado al considerar otros factores como lo son el factor de potencia y el factor de diversidad, en ese aspecto se menciona que el factor de diversidad toma un valor unitario mientras que el factor de potencia considerado es de 0.85 con lo cual la carga para el primer bloque de equipos corresponde a 83.91 [kVA] mientras que la carga del segundo bloque de cargas toma un valor de demanda requerida de 965.06 [kVA]. La tabla que continúa muestra un resumen que permitirá determinar la potencia del transformador a utilizar.



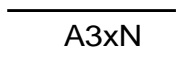


Tabla 9. Parámetros de diseño.



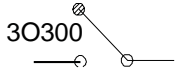


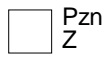

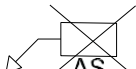
Carga instalada	1456.05 kW
Demanda máxima unitaria	1048.97 kVA
Demanda máxima proyectada	1048.97 kVA
kVAt	944.07 kVA
Voltaje B.V.	440/254 V
Capacidad del transformador	1000 kVA

3.1.2 Red de medio voltaje

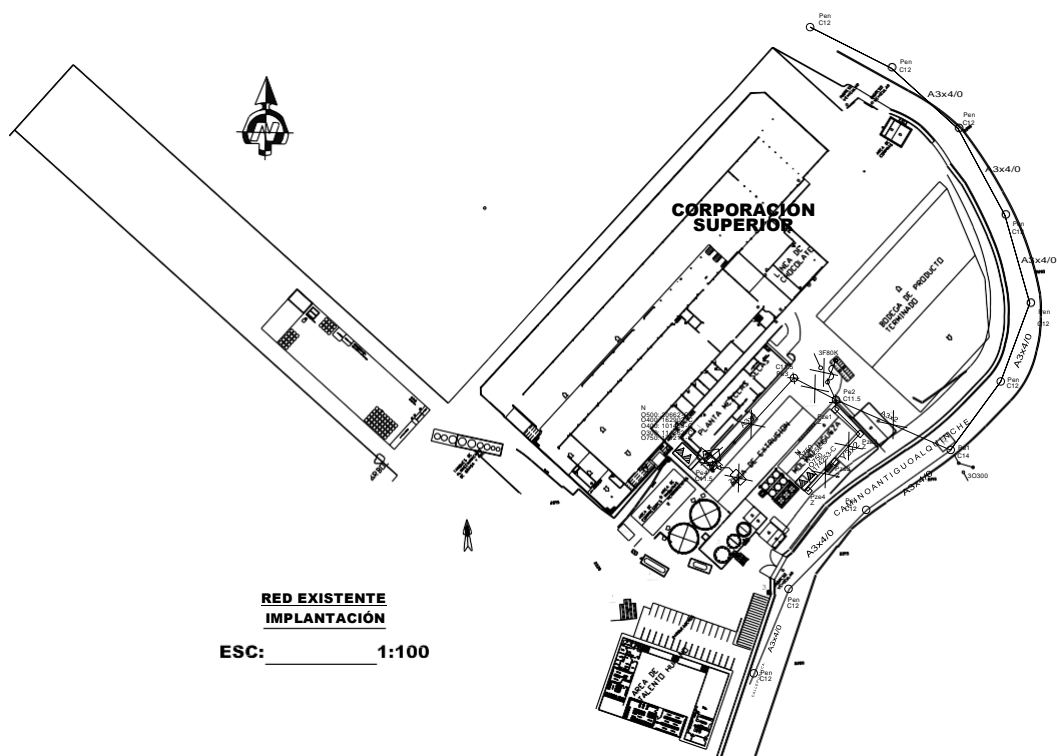
Dado el emplazamiento actual del proyecto se dispone en las cercanías de una red de medio voltaje propiedad de la Empresa Eléctrica Quito misma que tiene una configuración 22.8/13.2 [kV], GRD Y. Desde dicha red se proyecta generar una derivación hacia la industria que es objeto de estudio por medio de una red subterránea. La situación actual del emplazamiento se muestra en la figura 18 al igual que su simbología en la tabla 10.

Tabla 10. Nomenclatura redes existentes

Simbología	
	Poste de H.C, 500kg, Existente. m: número de poste, n: altura de poste
	Poste de H.C, 11.5m, 400kg, A retirar. M: número de poste
	Red aérea de medio voltaje trifásica 22.8/13.2 kV GRD Y, N: Calibre de conductor, Existente
	Red aérea de medio voltaje trifásica 22.8/13.2 kV GRD Y, N: Calibre de conductor, A retirar
	Red subterránea de medio voltaje trifásica 22.8/13.2 kV GRD Y, N: calibre conductor, A retirar

	Reconectador, con medio de extinción en SF6, control electrónico, capacidad nominal 630A, 27kV, BIL 150kV, con tablero de control y comunicaciones, existente.
	Interruptor en medio voltaje, a retirar
	Seccionador barra unipolar con disp. Rompearcos, 27kV, 300A, Existente
	Seccionador portafusible unipolar tipo abierto con disp. Rompearcos, 27kV, A retirar
	Cámara de transformación a nivel, existente
	Pozo de revisión de medio voltaje tipo Z, dimensiones 100x100x100cm, Existente
	Transformador trifásico convencional en cámara de transformación de potencia n, Existente
	Transición aérea - subterránea, A retirar.


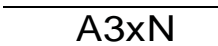
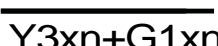
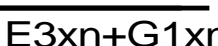

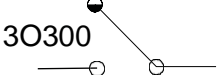




REDES EXISTENTES


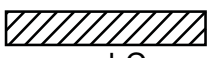
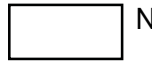
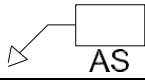



*Figura 18. Situación del emplazamiento actual.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

Con lo antes expuesto la red subterránea a ser construida partirá del poste Pe1 por medio de una estructura de tipo SSV-3RS (transición aérea subterránea) hasta la planta de CORPORACIÓN SUPERIOR con un cable apantallado de cobre de 25 kV, 4/0 AWG tipo XLPE en el caso de las fases mientras que en el caso del neutro se optará por un conductor de cobre desnudo # 3/0 AWG. La acometida con una distancia aproximada de 29m ingresará hacia la cámara de seccionamiento, protección y medición que se proyecta como se puede observar en la figura 19 y su simbología en la tabla 11, la representación de acuerdo a lo sugerido por la EEQ se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 11. Nomenclatura redes proyectadas

Simbología	
	Poste de H.C, m: número de poste, n: altura de poste en metros, Existente
	Red aérea de medio voltaje trifásica 22.8/13.2 kV GRD Y, N: calibre conductor, Existente
	Red subterránea de medio voltaje trifásica 22.8/13.2 kV GRD Y, con cable apantallado de 25 kV, Tipo XLPE, Cu para las fases y conductor de cobre desnudo para el neutro, (n: calibre en AWG), Proyectado
	Red subterránea de medio voltaje trifásica 22.8/13.2 kV GRD Y, con cable apantallado de 25 kV, Tipo XLPE, Al para las fases y conductor de cobre desnudo para el neutro, (n: calibre en AWG), Proyectado
	Reconectador con medio de extinción en SF6, control electrónico, capacidad nominal 630A, 27 kV, BIL 150kV con tablero de control y comunicaciones, Existente
	Seccionador barra unipolar de con disp. Rompearcos, 27 kV, 300A, Existente
	Cámara de transformación, Existente
	Transformador trifásico convencional en cámara de transformación de potencia n, Existente
	Cámara de transformación a nivel, proyectada. 1 transformador convencional trifásico, 1000 kVA, 22.8/13.2 kV - 440/254 V, TAP +1 a -3 x 2.5%, Proyectado
	Pozo de revisión de medio voltaje tipo c, dimensiones 120x120x120 cm, proyectado.

 axbBn	Banco de ductos, configuración axb ductos con tubería PVC de 110 mm, Proyectoado. n=1 en acera, 2 en calzada, a=número de filas, b=número de columnas
 axbCn	Banco de ductos, configuración axb ductos con tubería PVC de 160 mm, Proyectoado. n=1 en acera, 2 en calzada, a=número de filas, b=número de columnas
 N	Cámara de medición, seccionamiento y medición a nivel, Proyectoada.
 AS	Transición aéreo - subterránea en MV, Proyectoada.
 nT	Medidor totalizador, n: número de usuarios, Proyectoado

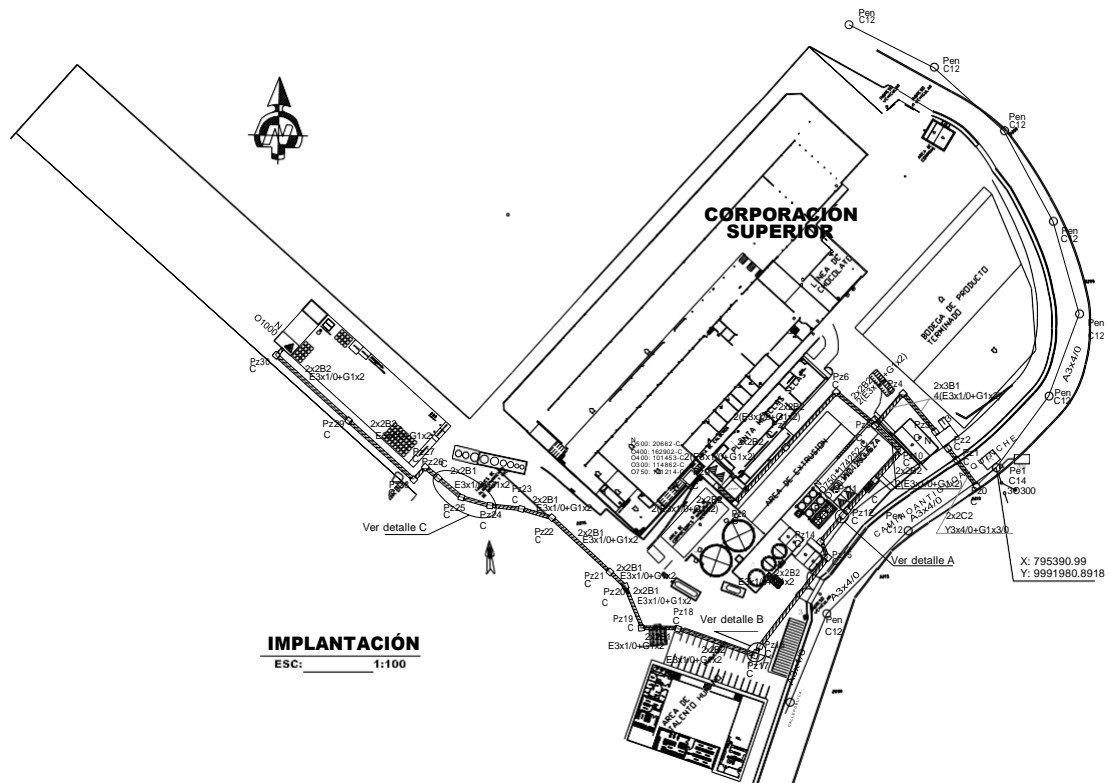
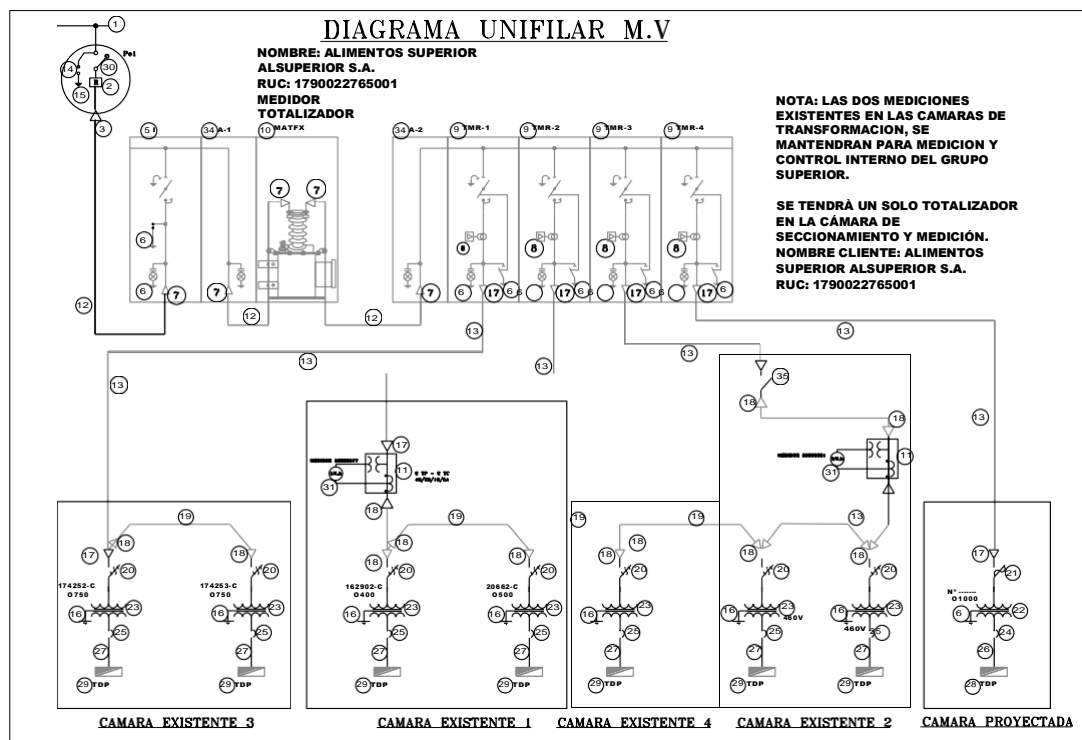


Figura 19. Situación proyectada.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

Para la cámara mencionada con anterioridad se proyecta la instalación de unas celdas de seccionamiento, medición, remonte y protección aisladas en SF6 para un nivel de voltaje de 27 [kV]. Con ello se tendrá un alimentador de salida en medio voltaje hasta la nueva cámara de transformación de manera subterránea con un conductor apantallado de aluminio # 1/0 AWG tipo XLPE para los conductores activos mientras que el conductor de neutro será implementado con un conductor desnudo de calibre # 2 AWG de cobre.

El ducto subterráneo se realizará con un ducto de PVC de 110 mm interconectados por medio de pozos de revisión tipo C de 120x120x120 cm, el recorrido y configuración de la red de acometida para la nueva cámara de transformación se puede apreciar en la figura 19 al igual que en la figura 20 donde se aprecia la conexión de las celdas.



*Figura 20. Diagrama unifilar proyectado.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

Tabla 12. Nomenclatura proyección.

Simbología	
1	RED AEREA TRIFASICA 22.8/13.2 kV, DE MEDIO VOLTAJE EXISTENTE.
2	RECONECTADOR, CON MEDIO DE EXTINCION EN SF6, CONTROL ELÉCTRICO, CAPACIDAD NOMINAL 630A, 27kV, BIL 150kV, CON TABLERO DE CONTROL Y COMUNICACIONES, EXISTENTE.
3	TERMINAL PARA CABLE UNIPOLAR, No 4/0 AWG, 25KV, PARA EXTERIOR, PROYECTADO.
4	TERMINAL PARA CABLE UNIPOLAR, No 4/0 AWG, 25KV, PARA INTERIOR, PROYECTADO.
5	CELDA DE SECCIONAMIENTO PRINCIPAL TIPO "I", PARA OPERACIÓN BAJO CARGA In: 630A, PROYECTADO.
6	MALLA DE PUESTA A TIERRA, CONFORMADA 6 VARILLAS COPPERWELD DE 5/8" DE 1.8m, UNIDAS EXOTERMICAMENTE CON CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO 2/0 AWG, PROYECTADA
7	TERMINAL PARA CABLE UNIPOLAR, No 4/0 AWG, 25KV, PARA INTERIOR, PROYECTADO.
8	RELE DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES Y FALLAS A TIERRA, CON 3 TC's, PROYECTADO.

9	CELDA DE PROTECCIÓN CON RELÉ "TMR", PARA OPERACIÓN BAJO CARGA In: 630A, PROYECTADO
10	CELDA DE MEDICIÓN, EN M.V CON TRANSFORMADOR COMBINADO PARA MEDICION, CONFORMADO POR: 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 100 / 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 30VA, 60Hz, BIL 150kV; 3 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV; CON BORNERAS PARA CONEXION EN B.V., PROYECTADO.
11	TRANSFORMADOR COMBINADO EN CAMARA DE TRANSFORMACION, EXISTENTE: 2 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 50/ 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 15VA, 60Hz, BIL 150kV; 3 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV
12	ACOMETIDA DE MV SUBTERRANEA CON CONDUCTOR APANTALLADO, CALIBRE 3X4/0 AWG, TIPO XLPE, 25 KV, Cu, UNIPOLAR + 1X3/0 AWG, CU,DESN., PROYECTADO.
13	ACOMETIDA DE MV SUBTERRANEA CON CONDUCTOR APANTALLADO, CALIBRE 3X1/0 AWG, TIPO XLPE, 25 KV, Al, UNIPOLAR + 1X2 AWG, CU,DESN., PROYECTADO.
14	PARARRAYO CLASE DISTRIBUCION POLIMERICO DE 18kV, EXISTENTE.
15	PUESTA A TIERRA, EXISTENTE.
16	MALLA DE PUESTA A TIERRA, EXISTENTE.
17	TERMINAL PARA CABLE UNIPOLAR, No 1/0 AWG, 25KV, PARA INTERIOR, PROYECTADO
18	TERMINAL PARA CABLE UNIPOLAR, 25KV, PARA INTERIOR, EXISTENTE.
19	PUENTES EN MEDIO VOLTAJE CON CABLE APANTALLADO TIPO XLPE, 25kV, EXISTENTE.
20	SECCIONADOR PORTAFUSIBLE TIPO ABIERTO, 27 kV, 100 A, EXISTENTE
21	SECCIONADOR PORTAFUSIBLE TIPO ABIERTO, 27 kV, 100 A, CON TIRAFUSIBLE TIPO "K" DE 65A, PROYECTADO.
22	TRANSFORMADOR TRIFASICO CONVENCIONAL DE 1MVA, 22.8/13.2kV- 440/254 V, TAP +1 a -3.x2.5%, PROYECTADO.
23	TRANSFORMADOR TRIFASICO CONVENCIONAL, 22.8/13.2kV, EN CAMARA DE TRANSFORMACION, POTENCIA n, EXISTENTE.
24	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR TIPO CAJA MOLDEADA, REGULABLE DE 1250A HASTA 1600A, PROYECTADO.
25	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR, TIPO CAJA MOLDEADA, EXISTENTE.
26	ACOMETIDA DE B.V., 3x(4x500 MCM, TTU)(3x500 MCM, TTU)+1x4/0AWG, Cu, DESN., PROYECTADO.
27	ACOMETIDA DE B.V., EXISTENTE.
28	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL DE 1300A., PROYECTADO.
29	TABLERO DE DISTRIBUCION PRINCIPAL, EXISTENTE.
30	SECCIONADOR UNIPOLAR TIPO BARRA ABIERTO CON DISPOSITIVO ROMPEARCOS, 27kV, 300A, EXISTENTE.
31	MEDIDOR EXISTENTE DE LA EEQ, A SER REEMPLAZADO POR OTRO PRIVADO DE GRUPO SUPERIOR.
32	ATERRIAJE DE ESTRUCTURAS METALICAS CON CONDUCTOR 2AWG, Cu, DESN., PROYECTADO.
33	ESPACIO PROYECTADO PARA INSTALACION DE FUTURAS CELDAS
34	CELDA PORTACABLES O DE REMONTE TIPO "A", PROYECTADA
35	SECCIONADOR UNIPOLAR TIPO DE BARRA ABIERTO, 27kV, 300A, EXISTENTE

Las figuras que continúan ilustran la configuración proyectada para los ductos y canalizaciones necesarias en materia civil para llevar a cabo la interconexión necesaria. Así por ejemplo la figura 21 muestra la configuración seleccionada para instalación de los ductos de PVC planteados, de acuerdo a lo indicado se colocarán 4 tubos en total en forma cuadrada con los 2 tubos por capa teniendo un total de 2 capas, la tubería será instalada utilizando separadores de 12 milímetros de diámetro, los separadores serán instalados cada 300 centímetros, los ductos serán emplazados debajo de una capa de 20 centímetros de hormigón 140 [kg/cm²], 10 centímetros de ripio y 45 centímetros de material de relleno incluyendo la colocación de la cinta de señalización entre la capa de ripio y el material de relleno.

DISPOSICION DE BANCOS DE DUCTOS
0B2x2B1

ESCALA ----- 1 :25

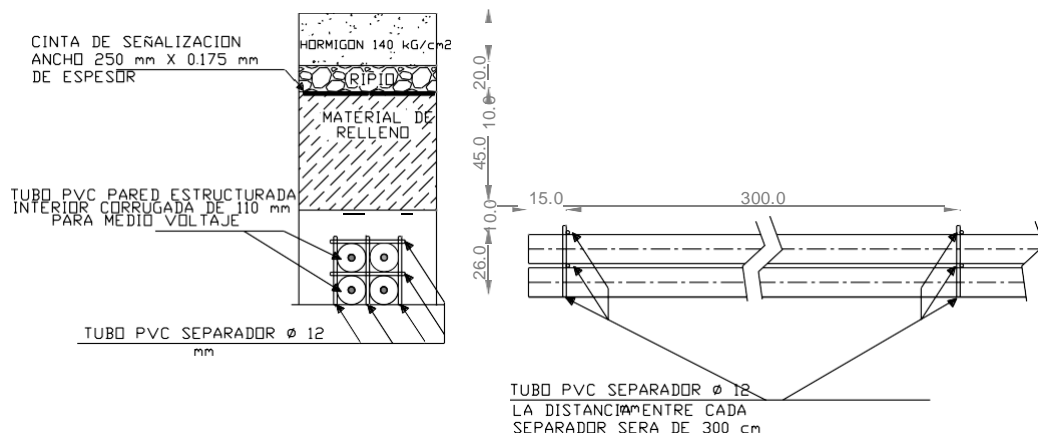
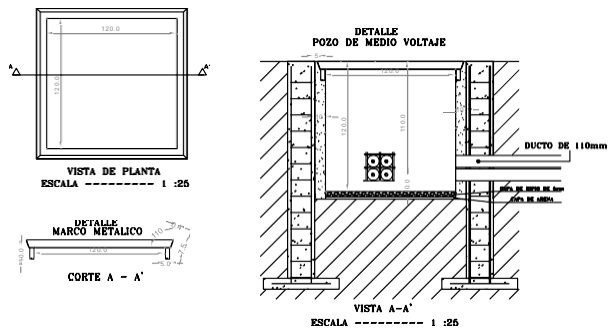


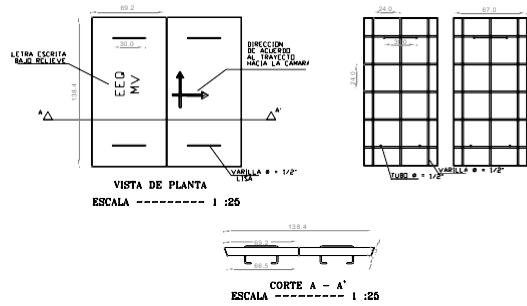
Figura 21. Configuración de ductos
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

Tanto la figura 22 como la figura 23 ilustran los detalles constructivos a ser considerados para los pozos de revisión de tipo C notando que dependiendo del emplazamiento se podrá contar con construcciones tipo con y sin soportes, las representaciones ahora asiladas se encuentran representadas de acuerdo a lo sugerido por le EEQ en el Anexo 4.

DETALLE OBRA CIVIL, POZO DE REVISION TIPO C PARA MEDIO VOLTAJE
CON COLUMNAS DE SOPORTE.

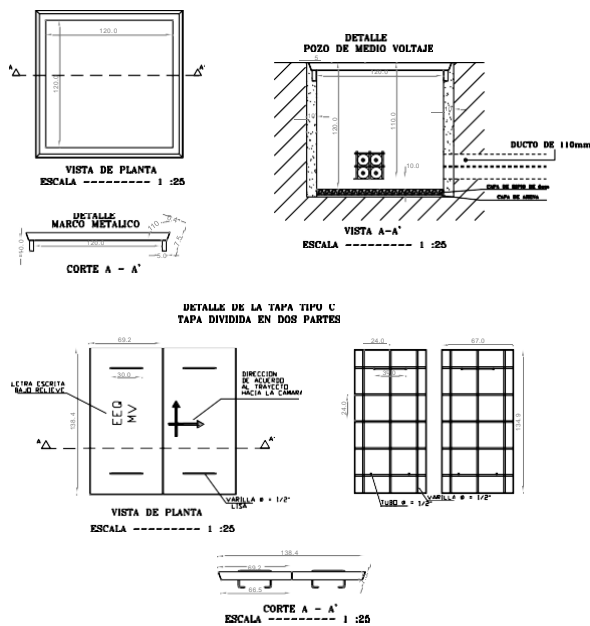


DETALLE DE LA TAPA TIPO C
TAPA DIVIDIDA EN DOS PARTES

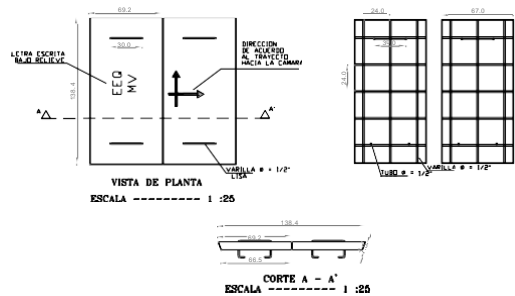


*Figura 22. Detalle pozo tipo C, con soportes
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

DETALLE OBRA CIVIL, POZO DE REVISION TIPO C PARA MEDIO VOLTAJE
CON TAPA DE HORMIGON



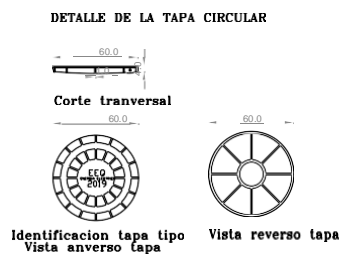
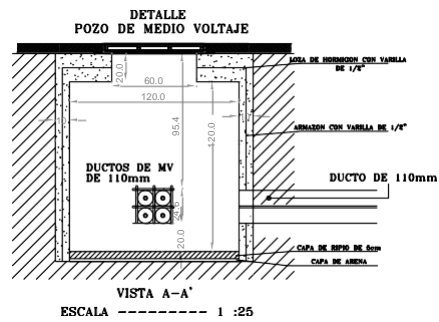
DETALLE DE LA TAPA TIPO C
TAPA DIVIDIDA EN DOS PARTES



*Figura 23. Detalle pozo tipo C sin soportes, tapa de hormigón
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

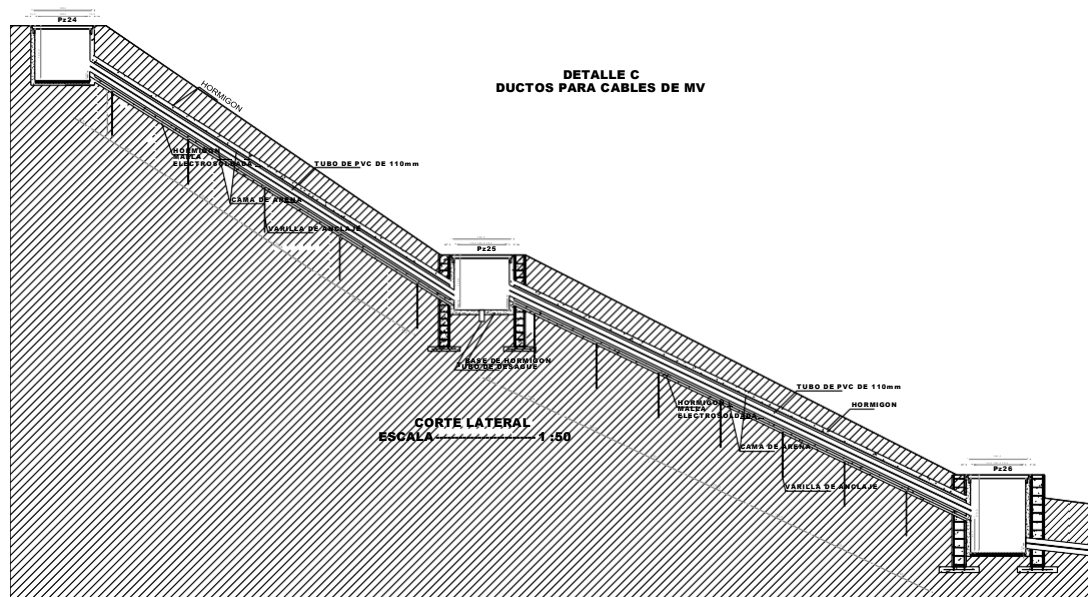
La figura 24 hace referencia al retalle constructivo del mismo tipo de pozo sin embargo y a diferencia de lo mostrado en anteriores figuras, la figura 24 muestra el detalle para un pozo con tapa de hierro fundido.

DETALLE OBRA CIVIL, POZO DE REVISION TIPO C DE MV
CON TAPA CIRCULAR DE HIERRO FUNDIDO



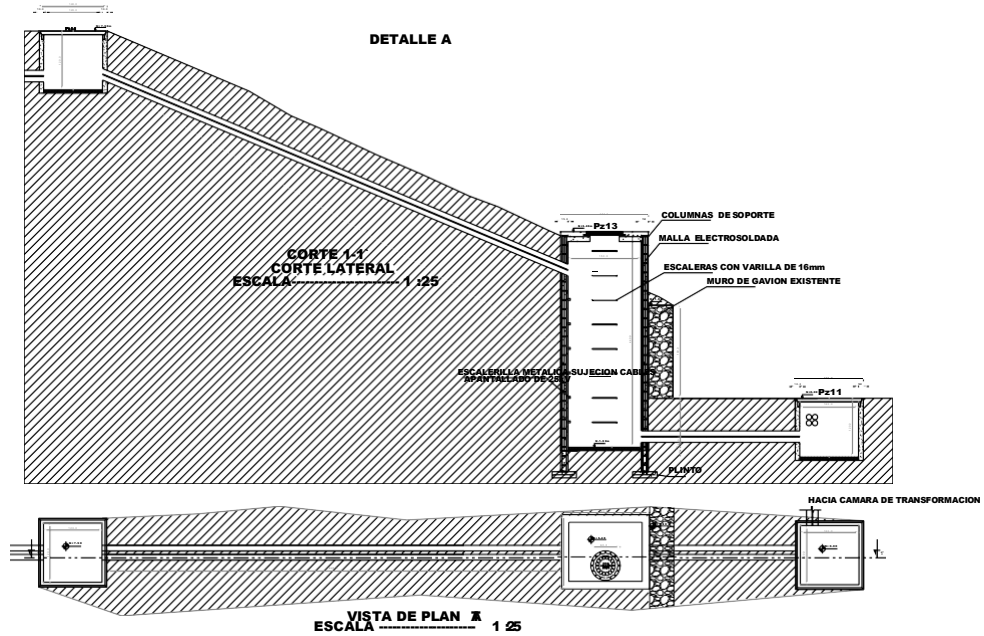
*Figura 24. Detalle pozo tipo C, tapa de hierro fundido.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

La figura 25 muestra un corte lateral de la disposición de los pozos a nivel de altura y en concordancia con el desnivel natural de la zona pudiendo notar que los pozos ubicados en los dos niveles más bajos son de tipo C con soporte a diferencia del pozo inicial mismo que no contempla el uso de soportes.



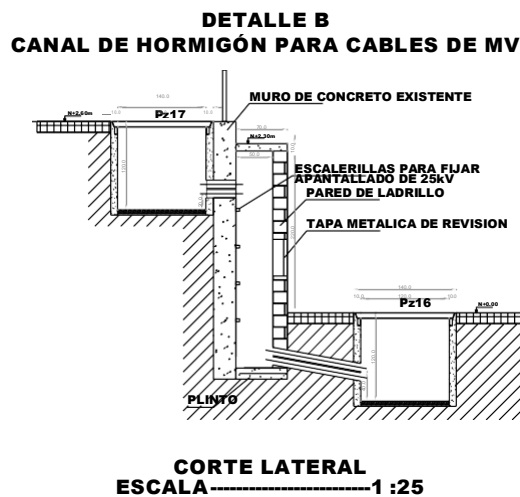
*Figura 25. Corte lateral disposición de pozos.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

La figura 26 también ilustra detalles constructivos de los pozos y estructuras a ser construidas para sortear desniveles más pronunciados con el fin de alcanzar un nivel horizontal y corresponde al detalle A mostrado en el diseño proyectado en la figura 19 con un desnivel total de 3.40 metros entre cada pozo final.



*Figura 26. Corte lateral, pozos adicionales
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

La figura 27 por otro lado muestra el detalle constructivo de la solución utilizada y que corresponde al detalle B mostrado en la figura 19, el detalle muestra un desnivel de 2.60 metros entre cada pozo.



**CORTE LATERAL
ESCALA 1:25**

*Figura 27. Detalle constructivo.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

3.1.3 Cámara de seccionamiento, protección y medición

La cámara para las celdas pertinentes tendrá unas dimensiones de 7 metros de largo por 5.1 metros de ancho y una altura de 4 metros con el objetivo de cumplir con las distancias de seguridad planteadas por la Empresa Eléctrica Quito. Se tendrán cuatro tipos de celdas de media tensión entre las que se mencionan seccionamiento principal, remonte, medición y seccionamiento y protección. La celda de medición será utilizada para realizar medidas de manera indirecta con una medición centralizada del total de la planta. Las celdas serán aisladas en SF6 tendrán una tensión nominal de 27 [kV], 630 A y 150 [kV] de BIL con la inclusión también de un relé interno para seteo de protecciones de cada alimentador. Se prevé la instalación de tres tableros metálicos para medición con una altura de 1.30 metros, dichos tableros se interconectarán con el canal de medio voltaje por medio de manguera negra de 2". La figura 28 muestra la configuración a utilizar en cuanto a las celdas se refiere.

Tabla 13. Nomenclatura celdas MV

Simbología	
5	CELDA DE SECCIONAMIENTO PRINCIPAL TIPO "I", PARA OPERACIÓN BAJO CARGA In: 630A, PROYECTADO.
9	CELDA DE PROTECCIÓN CON RELÉ "TMR", PARA OPERACIÓN BAJO CARGA In: 630A, PROYECTADO
10	CELDA DE MEDICIÓN, EN M.V, TRANSFORMADOR COMBINADO PARA MEDICION, CONFORMADO POR: 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 100 / 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 30VA, 60Hz, BIL 150kV; 3 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV; CON BORNERAS PARA CONEXION EN B.V., PROYECTADO.
12	ACOMETIDA DE MV SUBTERRANEA CON CONDUCTOR APANTALLADO, CALIBRE 3x4/0 AWG, TIPO XLPE, 25 KV, Cu, UNIPOLAR + 1X3/0 AWG, CU,DESN., PROYECTADO.
13	ACOMETIDA DE MV SUBTERRANEA CON CONDUCTOR APANTALLADO, CALIBRE 3X1/0 AWG, TIPO XLPE, 25 KV, Al, UNIPOLAR + 1X2 AWG, CU,DESN., PROYECTADO.
31	BARRA DE PUESTA A TIERRA, PROYECTADA.
32	ATERRIAJE DE ESTRUCTURAS METALICAS CON CONDUCTOR 2AWG, Cu, DESN., PROYECTADO.
33	ESPACIO PROYECTADO PARA INSTALACION DE FUTURAS CELDAS
34	CELDA PORTACABLES O DE REMONTE TIPO "A", PROYECTADA

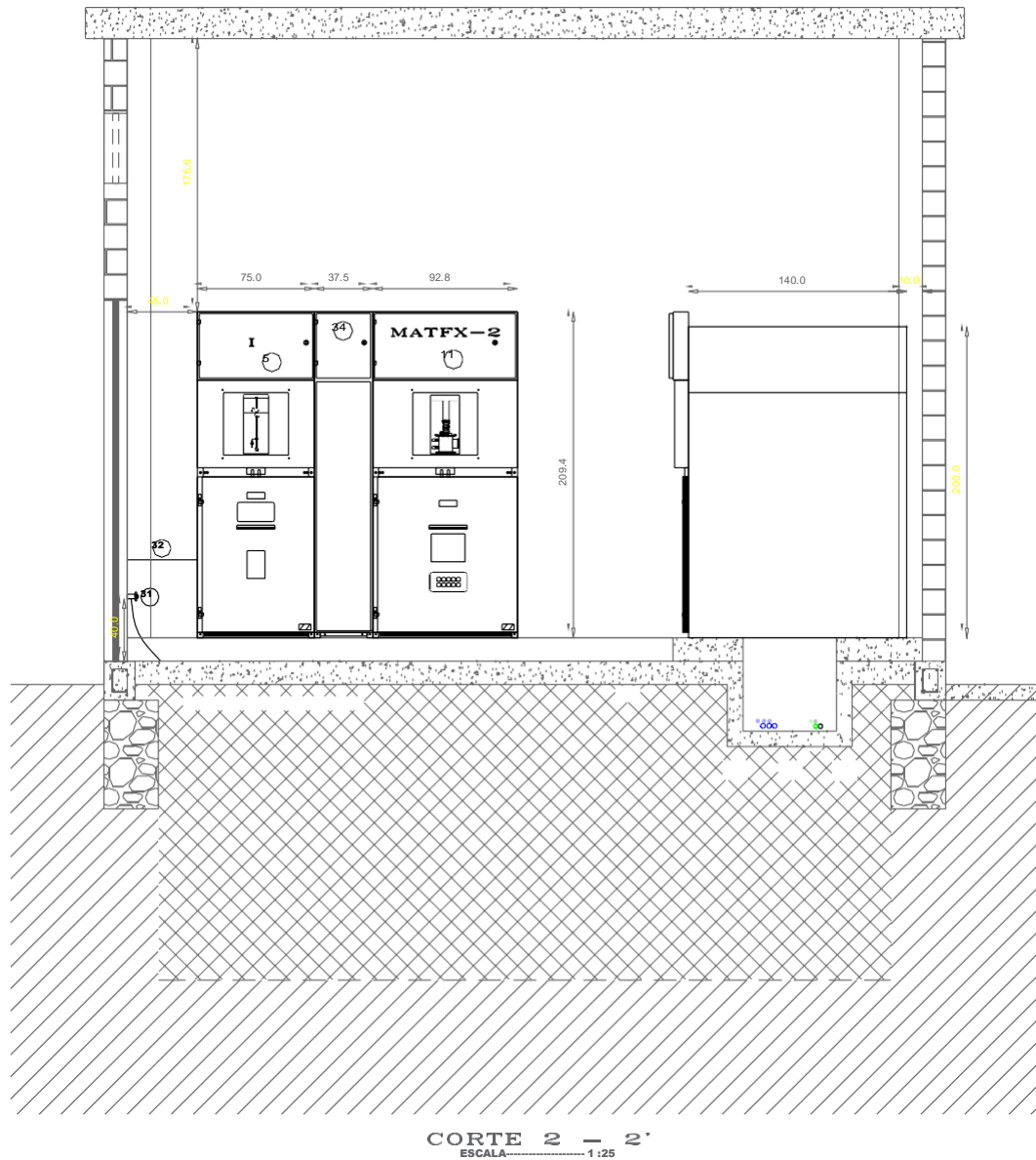
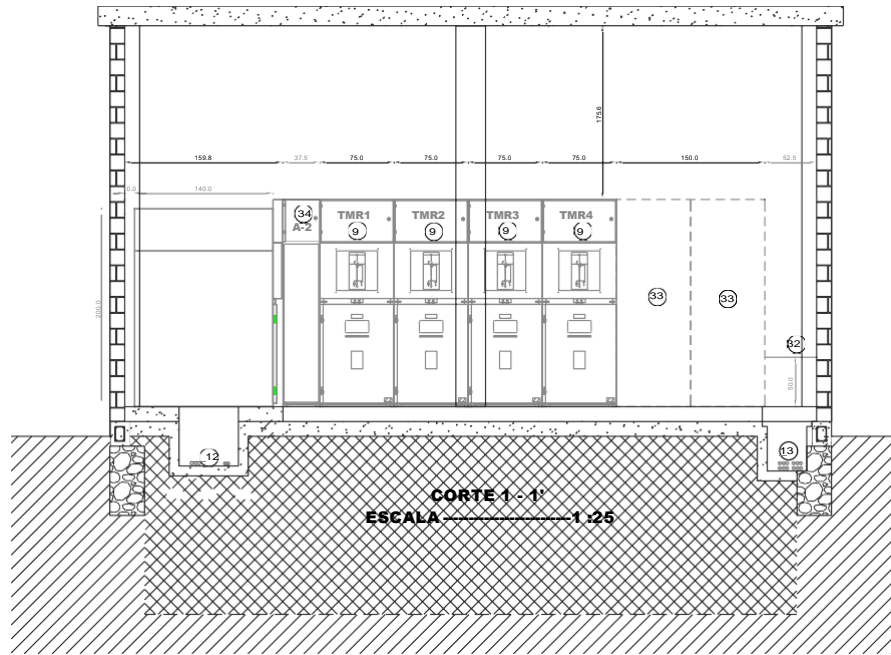
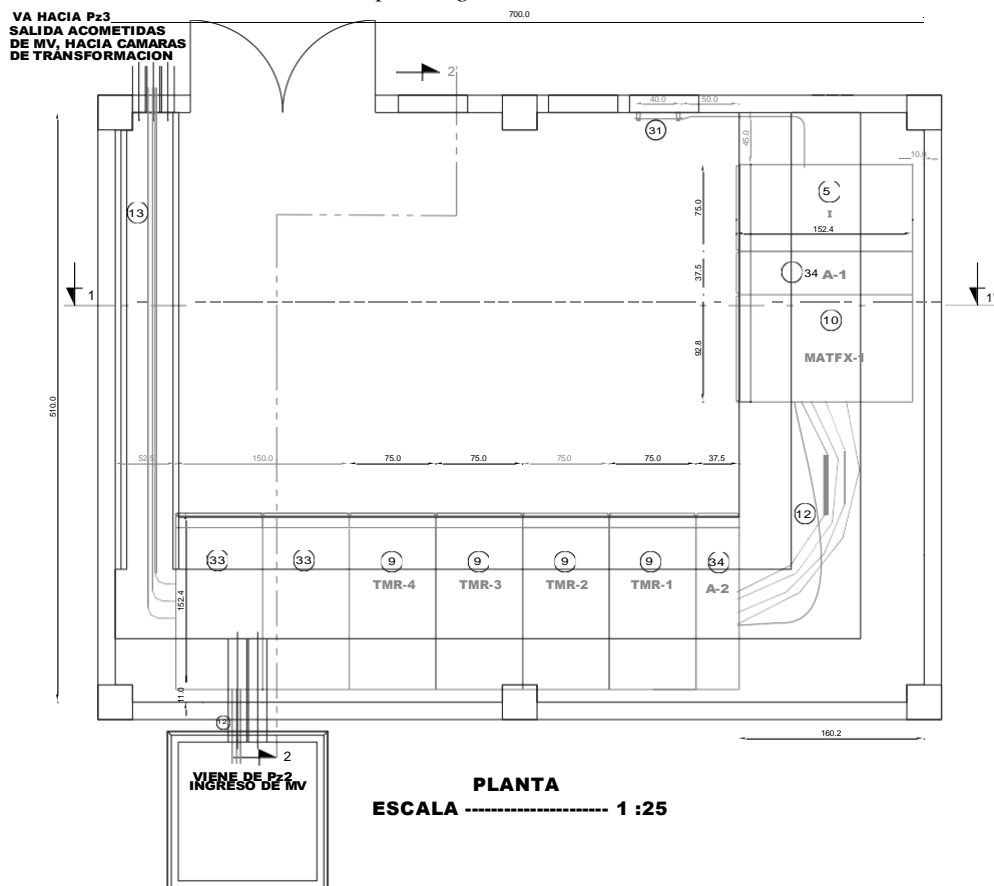


Figura 28. Corte lateral, cámara de celdas.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

Como se puede observar en las figuras 28 y 29 se tiene un conjunto de celdas interconectadas por medio de un pozo de media tensión, las celdas mencionadas en párrafos anteriores están distribuidas de modo que las celdas de seccionamiento se encuentran en un solo bloque mientras que las celdas de medición y seccionamiento principal se encuentran en otro bloque.



*Figura 29. Corte frontal, cámara de celdas
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*



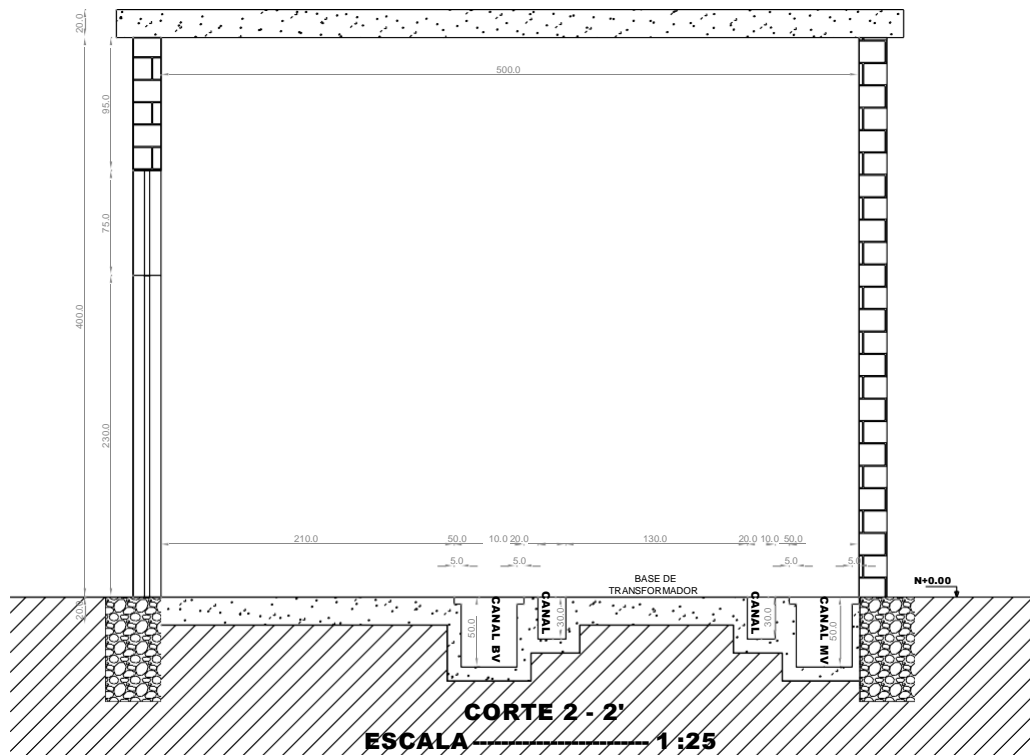
*Figura 30. Vista superior, cámara de celdas
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

La figura 30 muestra una perspectiva general de la disposición de las celdas a ser implementadas, se puede observar que la salida de las acometidas para cada cámara de transformación se realizará por medio de un ducto de media tensión subterráneo, por otro lado, el ingreso de la acometida principal también se realiza por medio de un ducto subterráneo.

3.1.4 Cámara de transformación

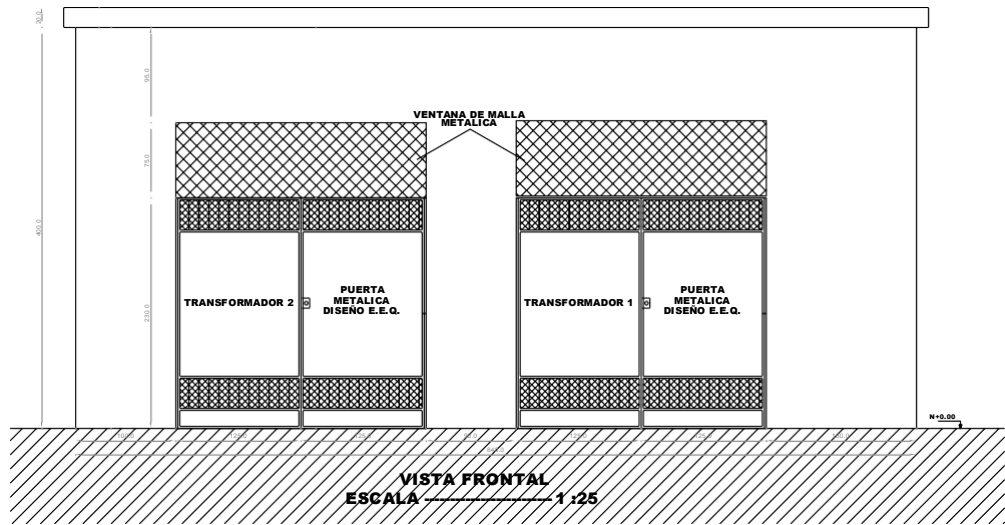
De acuerdo a lo mostrado en la sección 3.1.1 se requiere de un transformador de 1000 kVA para suplir la demanda proyectada para el nuevo bloque, el transformador proyectado será trifásico convencional con una conexión primaria 22.8 / 13.2 [kV] GRD-Y y voltaje secundario de 440 / 254 [V] adicional a un selector de tomas +1 a - 3 x 2.5%. La cámara de transformación proyectada tendrá una dimensión total de 8 metros de largo por 5 metros de ancho y 4 metros de altura.

Desde la figura 31 hasta la figura 34 se muestran los detalles netamente constructivos y de dimensiones físicas de la cámara de transformación en donde se incluyen detalles relacionados a los ductos y consideraciones a nivel civil.



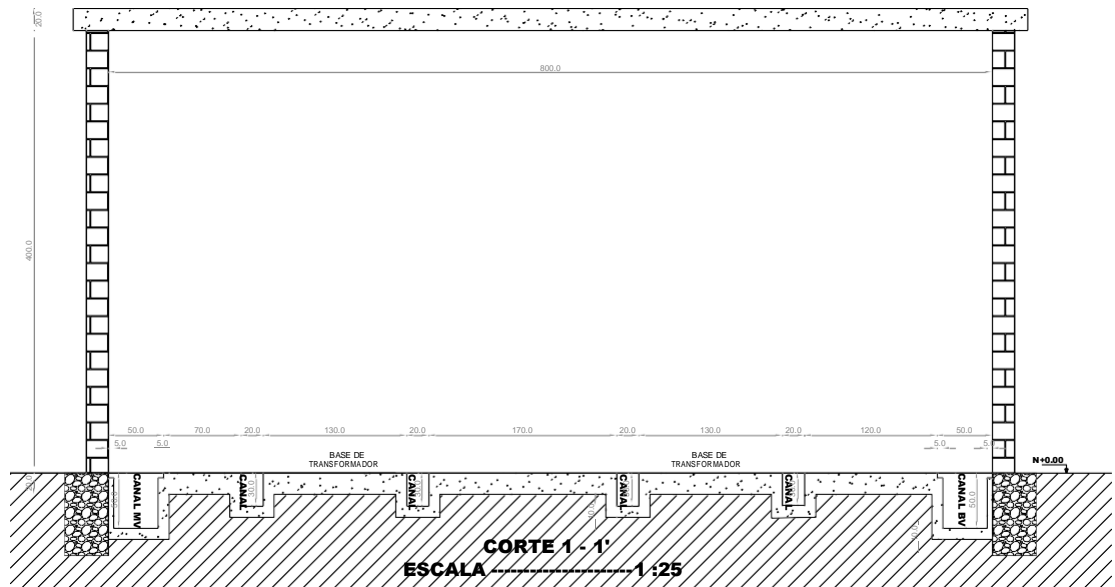
*Figura 31. Detalle constructivo A, cámara de transformación.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

La figura 32 muestra las puertas de ingreso hacia cada uno de los transformadores proyectados.



*Figura 32. Detalle constructivo cámara de transformación, ingresos.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

La figura 33 muestra un corte lateral de la cámara de transformación en donde se puede observar la existencia y dimensiones de diversos canales tanto de media como de baja tensión además de las posiciones planificadas para los transformadores.



*Figura 33. Detalle constructivo cámara de transformación, detalle lateral.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

Finalmente, la figura 34 ilustra la vista superior de la cámara de transformación proyectada con sus respectivas canalizaciones y posiciones físicas de los equipos de transformación.

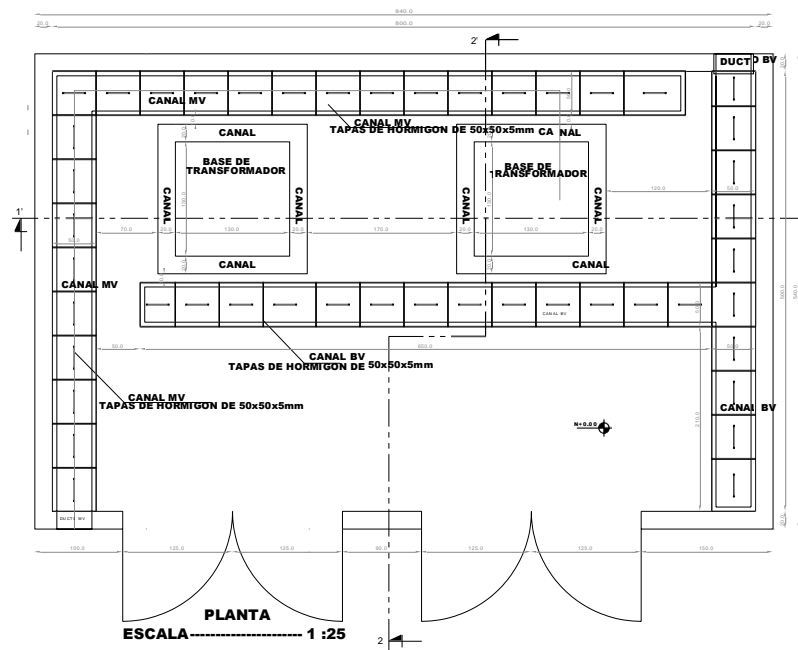
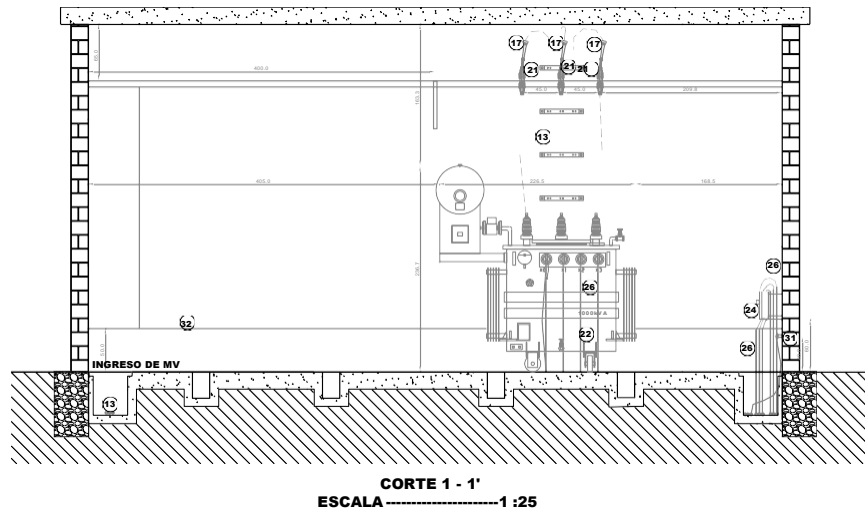


Figura 34. Vista superior, cámara de transformación.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

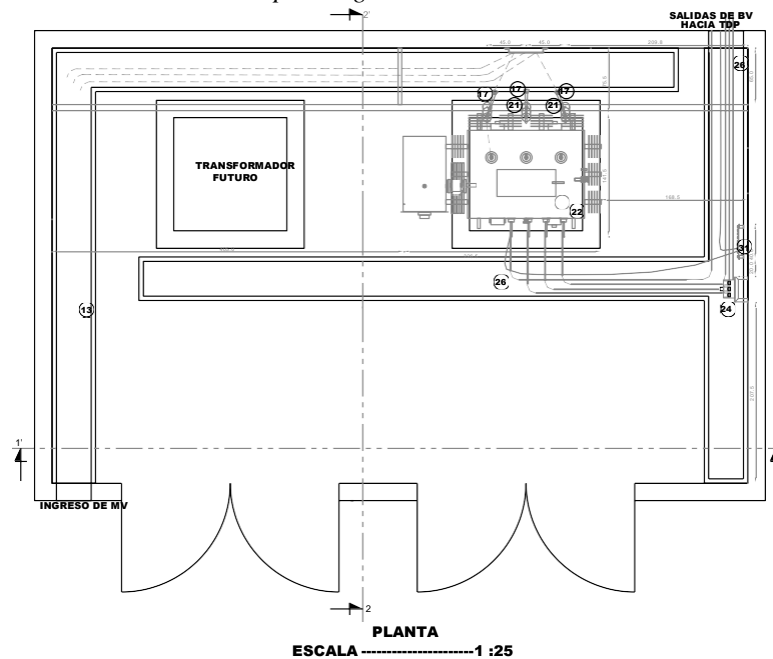
En adelante se revisa la disposición de los equipos eléctricos dentro de la cámara de transformación antes revisada a nivel civil.

Tabla 14. Nomenclatura cámara de transformación.

Simbología	
13	ACOMETIDA DE MV SUBTERRANEA CON CONDUCTOR APANTALLADO, CALIBRE 3x1/0 AWG, TIPO XLPE, 25 KV, Al, UNIPOLAR + 1x2 AWG, CU, DESN., PROYECTADO.
17	TERMINAL PARA CABLE UNIPOLAR, No 1/0 AWG, 25KV, PARA INTERIOR, PROYECTADO
21	SECCIONADOR PORTAFUSIBLE TIPO ABIERTO, 27 kV, 100 A, CON TIRAFUSIBLE TIPO "K" DE 65A, PROYECTADO.
22	TRANSFORMADOR TRIFASICO CONVENCIONAL DE 1MVA, 22.8/13.2kV- 440/254 V, TAP +1 a - 3.x2.5%, PROYECTADO.
24	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR TIPO CAJA MOLDEADA, REGULABLE DE 1250A HASTA 1600A, PROYECTADO.
26	ACOMETIDA DE B.V., 3x(4x500 MCM, TTU)(3x500 MCM, TTU)+1x4/0AWG, Cu, DESN., PROYECTADO.
31	BARRA DE PUESTA A TIERRA, PROYECTADA
32	ATERRIJAJE DE ESTRUCTURAS METALICAS CON CONDUCTOR 2AWG, Cu, DESN., PROYECTADO.

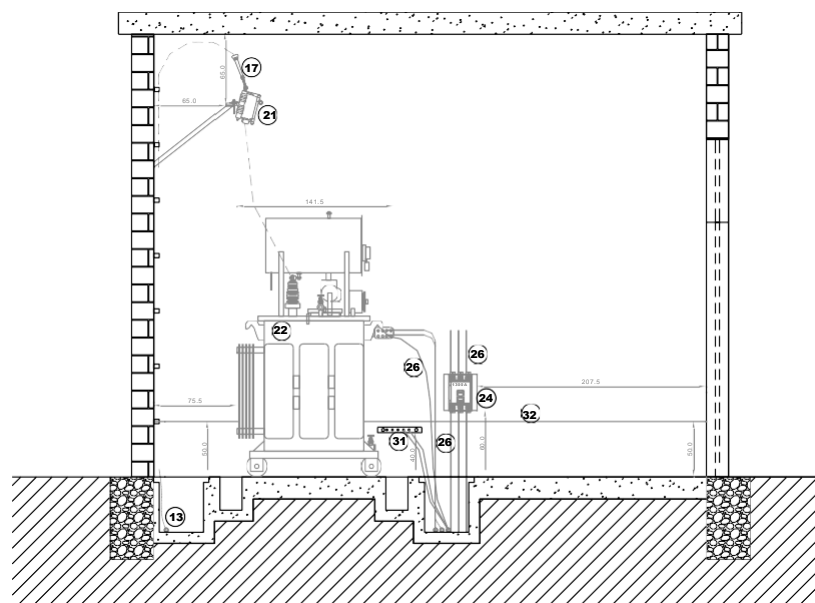


*Figura 35. Vista frontal cámara de transformación.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*



*Figura 36. Vista superior cámara de transformación.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

Como se puede observar en la gráficas 35 y 36 a pesar de que la cámara de transformación está diseñada para colocar 2 transformadores se utiliza únicamente la posición del transformador 2, dicho equipo se encuentra alimentado en su lado primario por la red de media tensión proveniente de la cámara de seccionamiento mientras que su lado de baja tensión es canalizada por el ducto de baja tensión hacia una protección de tipo caja moldeada ubicada en la pared más cercana al transformador y sobre el ducto de baja tensión.



CORTE 2 - 2'
ESCALA -----1 :25

*Figura 37. Vista lateral cámara de transformación.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

3.1.2. Red de bajo voltaje

Según lo mostrado en la sección anterior la cámara de transformación está destinada a generar bajo voltaje es por ello que a la salida de los bushings del secundario del transformador se instala una protección termomagnética tripolar de tipo caja moldeada regulable de 1280 a 1600 [A] en la cercanía del transformador de acuerdo a lo mostrado en la figura 39. La conexión entre la protección y el transformador se realiza por medio de cuatro cables de cobre por cada fase con un calibre 500 MCM y de tipo TTU. La conexión de neutro se realiza directamente hacia el tablero de distribución principal con tres cables de calibre 500 MCM y de tipo TTU, en el mismo punto neutro del transformador se conectará un conductor de cobre desnudo de calibre 4/0 AWG hacia la barra de tierra ubicada en el tablero de distribución principal.

3.1.3. Protecciones

3.1.3.1. Medio Voltaje

En secciones anteriores se trató el tema de la celda de seccionamiento, hablando en detalle de la misma se proyecta la instalación de una celda de seccionamiento con seccionador a tierra para control de la totalidad de la demanda de la planta mientras que para cada uno de los alimentadores que servirán para suplicar de carga a las diferentes cámaras de transformación se plantea el uso de celdas equipadas con

protección de relé, los relés serán configurados en función de las corrientes nominales de cada carga individual (transformador).

Tabla 15. Datos circuitos Medio Voltaje

Carga	Alimentador	Potencia aparente [kVA]	Corriente [A]
Cámara de transformación 3	1	1500	38
Cámara de transformación 1	2	900	22.8
Cámara de transformación 2 y 4	3	1450	36.7
Cámara de transformación proyectada	4	1000	25.3

Además, dentro de la cámara de transformación proyectada se colocará un sistema de protección trifásico compuesto por seccionadores unipolares de tipo abierto con tirafusibles de tipo K y con una corriente nominal de 65 [A].

3.1.4. Malla de puesta a tierra

Se proyecta la construcción de mallas de tierra para la cámara de transformación al igual que para la cámara de seccionamiento constituidas por varillas de tipo copperweld de 1.80 metros de largo y 15 milímetros de diámetro haciendo uso de suelda exotérmica para la unión de los elementos en donde se incluye un conductor de cobre desnudo de calibre 2/0 AWG, el Anexo 5 muestra los cálculos ejecutados para la determinación de la geometría y disposición de elementos para cada malla de puesta a tierra propuesta respetando lo dictado por la norma IEEE 80. Al realizar un análisis del terreno en donde se proyecta realizar la implantación se encuentra que el valor de resistividad del terreno es de 600 ohmios por metro de acuerdo a mediciones realizadas en campo por lo cual es necesario realizar un proceso de mejora del terreno, ante esta necesidad se proyecta reemplazar la tierra actual con otro tipo de tierra denominado chocoto a una profundidad de 1.50 metros por debajo del nivel del piso terminado mejorando así mejor confiabilidad de las mallas.

Por otro lado, se plantea también el uso de fundas de GEM (Ground Enhancement Material) conformado por carbón mineral puro, material conductor que mejora la resistividad del terreno manteniendo sus características por largo tiempo al ser un material no degradable. Finalmente, la conexión con la barra de tierra se realizará con conductor de cobre desnudo calibre 2/0 AWG unido a la malla sólidamente por medio de suelda exotérmica. Las figuras ilustran la configuración y detalles constructivos de las mallas de puesta a tierra.

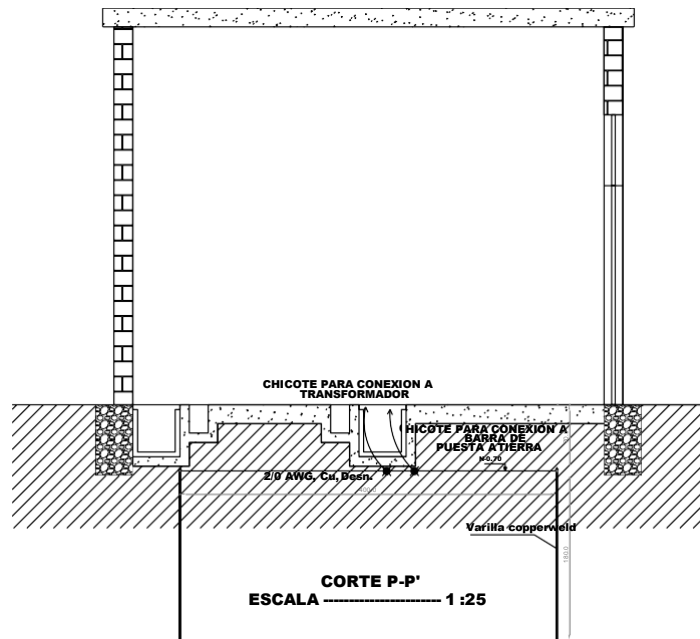


Figura 38. Corte lateral malla a tierra cámara de transformación.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

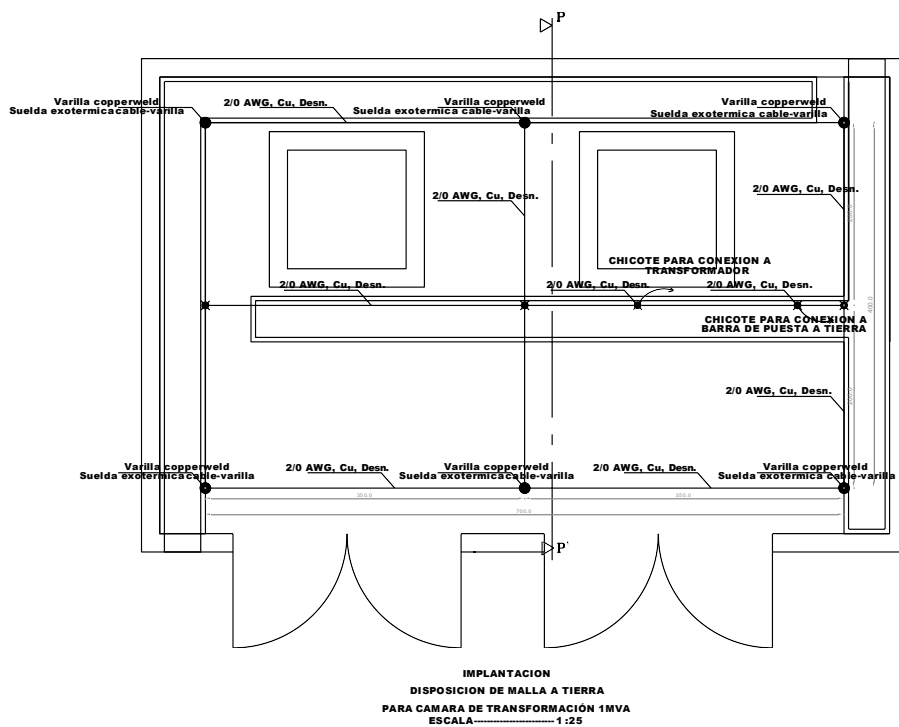


Figura 39. Vista superior malla a tierra cámara de transformación.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

La figura 38 y 39 muestran las características constructivas de la malla ubicada en la cámara de transformación, se puede observar que existen un total de 6 varillas de cobre y un total de 6 corridas de conductor unidas por sueldas exotérmicas con los

respectivos chicotes previstos para la conexión de la tierra en el tablero y el neutro del transformador.

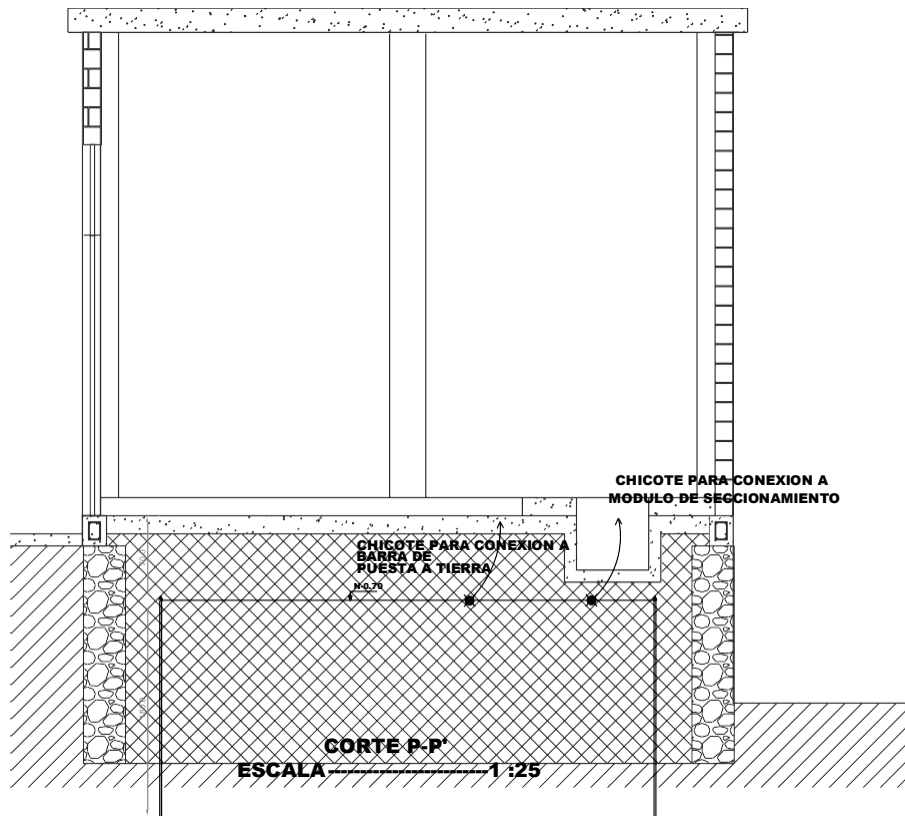


Figura 40. Corte lateral malla a tierra, cámara de seccionamiento
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

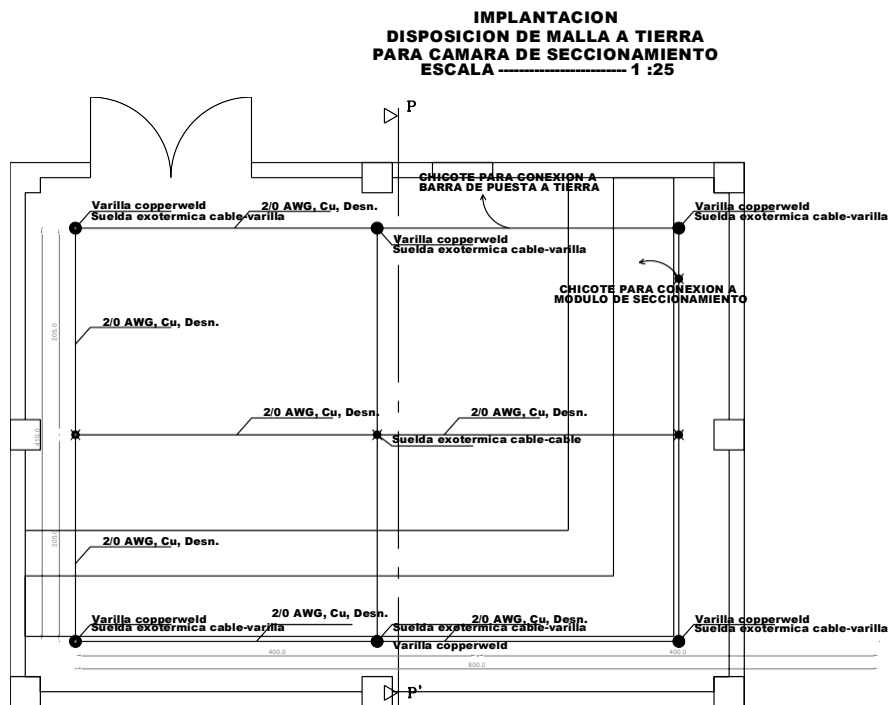


Figura 41. Vista superior malla a tierra cámara de seccionamiento.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas

3.1.5. Medición de energía

Dadas las condiciones de la industria se plantea la instalación de un sistema de medición totalizador considerando los 4850 [kVA] (incluida la potencia proyectada en el presente proyecto) y una posible expansión de 1000 [kVA] adicionales en el espacio disponible en la cámara de transformación proyectada en el presente proyecto, se selecciona un transformador combinado con las especificaciones mostradas en la tabla en primer lugar para los TP's y en segundo lugar para los TC's.

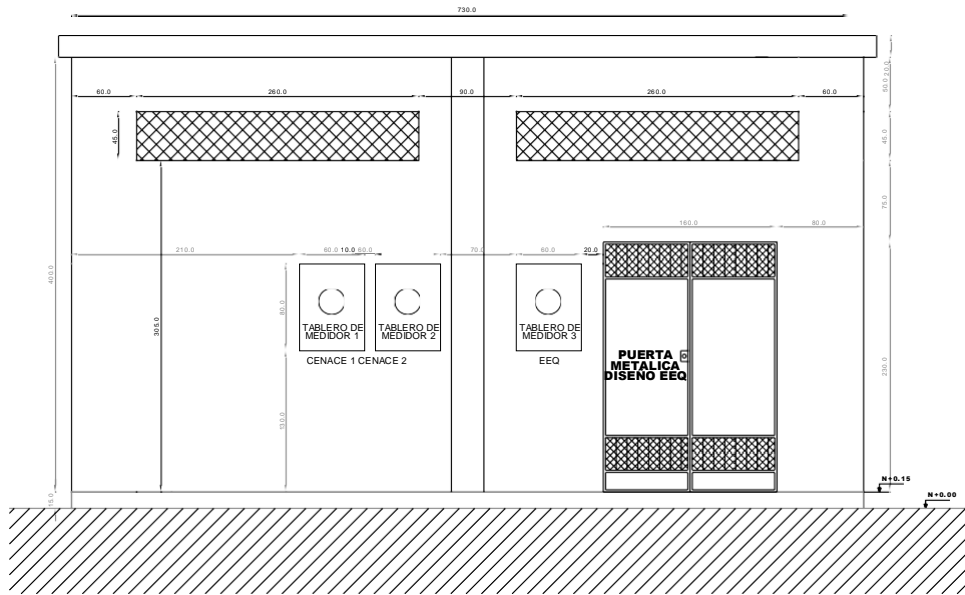
Tabla 16. Datos técnicos TP's.

Relación de transformación	13.2 kV / 120 [V]
Potencia	3 x 50 [VA]
Conexión	YNyn0
Precisión	0.2
Nivel de aislamiento	24/50/125/170 [kV]
Refrigeración	ONAN

Tabla 17. Datos técnicos TC's

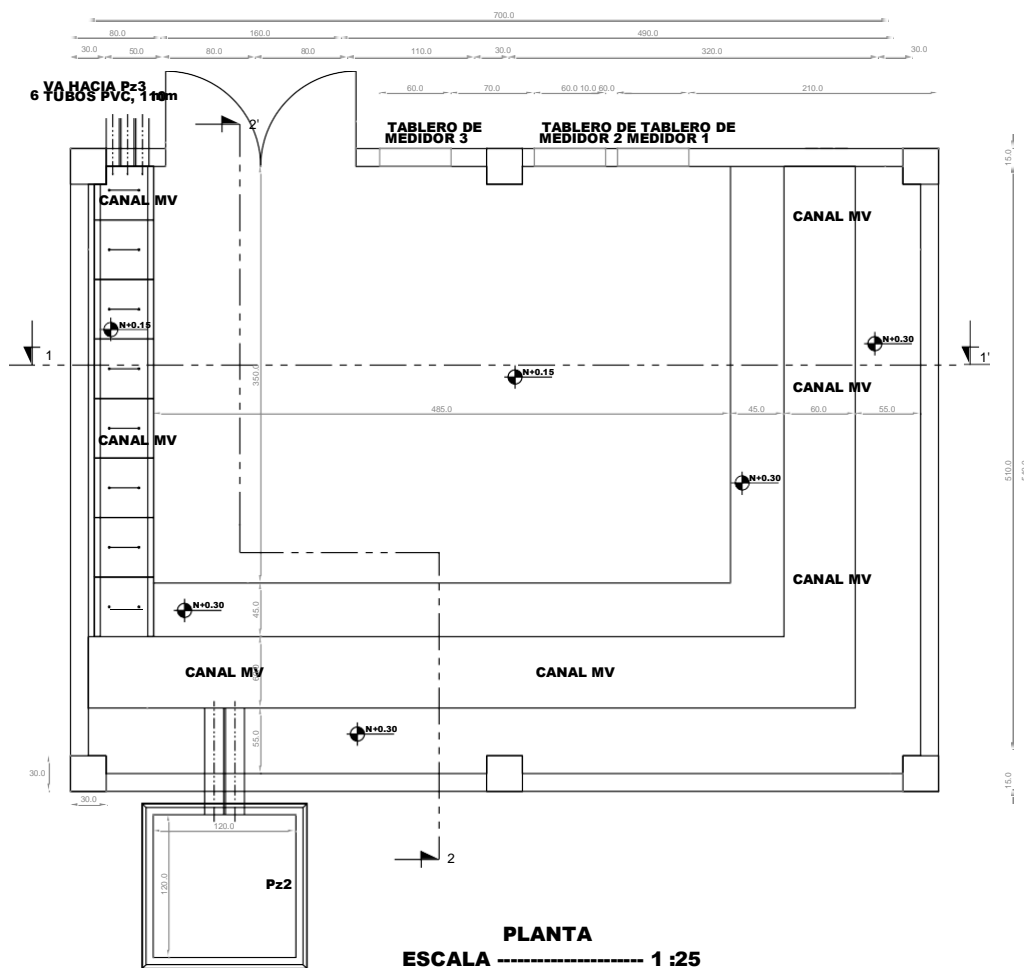
Relación de transformación	100 / 5 [A]
Potencia	3 x 30 [VA]
Conexión	YNyn0
Precisión	0.2 S
Nivel de aislamiento	24/50/125/170 [kV]
Refrigeración	ONAN

En la pared frontal de la cámara de seccionamiento y medición se instalarán 3 tableros metálicos de 80 x 60 x 40 centímetros, como se mencionó en secciones anteriores estos tableros se conectarán por medio de manguera negra de 2" con el canal de medio voltaje, la razón para la colocación de tres tableros radica en la necesidad actual de la medición por parte de la Empresa Eléctrica Quito sin embargo, existe la posibilidad de considerar a la industria como gran consumidor y el CENACE requiere de 2 tableros adicionales. Adicional como un pedido del usuario se mantienen medidores combinados existentes en otras cámaras de transformación para medición privada. Cabe recalcar que el transformador combinado será instalado en la cámara de seccionamiento, protección y medición de acuerdo a lo mostrado en la sección 3.1.3 en donde se contempla disposición y detalles constructivos.



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:25

*Figura 42. Vista frontal, tableros de medidores.
 Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*



PLANTA
ESCALA 1:25

*Figura 43. Vista superior, tableros de medidos en cámara de seccionamiento.
 Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

3.1 RESUMEN DEL PROYECTO

3.1.3.1 Planilla de demanda

Se adjunta planilla de demanda de acuerdo a lo indicado por la Empresa Eléctrica Quito en donde se detalla las cargas a ser suplidas además de los factores relacionados a la frecuencia de uso y el factor de simultaneidad además de parámetros importantes como lo son el factor de potencia, cantidad de usuarios y el factor de diversidad.

Q	EMPRESA ELECTRICA QUITO	EMPRESA ELECTRICA QUITO		Codigo PP-FAC-F02A			
		DIRECCION DE DISTRIBUCION		2019	12	17	
		ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA		aa	mm	dd	
				Hoja:	1	de	2
Nombre del Proyecto : <input type="text" value="CORPORACION SUPERIOR S.A."/>							
Actividad Tipo : <input type="text" value="COMERCIAL"/>							
Localizacion : <input type="text" value="KM 2 1/2 VIA ANTIGUA AL QUINCHE y S/N"/>							
Usuario Tipo : <input type="text" value="COMERCIAL"/>							
Numero de Usuarios : <input type="text" value="1"/>							
PLANTA: NAVE WAFER							
PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑOS							
Item	Aparato Electrico y de Alumbrado Descripcion	Cant	Pn (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FS n	DMU (W)
1	Línea Wafer Fox 53	1.00	175,000.00	100.00	175,000.00	60.00	105,000.00
2	Línea Wafer Fox 75-1	1.00	210,000.00	100.00	210,000.00	60.00	126,000.00
3	Línea Wafer Fox 75-2	1.00	210,000.00	100.00	210,000.00	60.00	126,000.00
4	Iluminación Led de Galpon	40.00	100.00	100.00	4,000.00	70.00	2,800.00
5	Iluminacion Led Exterior de Planta	10.00	150.00	100.00	1,500.00	60.00	900.00
6	Iluminacion de Area Administrativa	50.00	35.00	100.00	1,750.00	70.00	1,225.00
7	Ventilador MXE180-040036-00	3.00	148,000.00	100.00	444,000.00	60.00	266,400.00
8	Limpiadora Salvado MKLA-45/110	1.00	6,300.00	100.00	6,300.00	60.00	3,780.00
9	Compresor - Secador	1.00	130,000.00	100.00	130,000.00	60.00	78,000.00
10	Computadoras	20.00	300.00	100.00	6,000.00	70.00	4,200.00
11	Impresoras	5.00	400.00	100.00	2,000.00	50.00	1,000.00
12	Bodega materia prima	1.00	150,000.00	100.00	150,000.00	70.00	105,000.00
					1,340,550.00		820,305.00
					1340.55		820.31
Factor de potencia		<input type="text" value="0.85"/>		Factor Demanda		<input type="text" value="0.61"/>	
DMU (KVA)		<input type="text" value="965.06"/>		Demanda Requerida		<input type="text" value="965.06 KVA"/>	
DD=DMU x N/FD							
N= 1							
FD= 1.00							
Carga 1 : DD1=		<input type="text" value="965.06 KVA"/>					
OBSERVACIONES							

*Figura 44. Planilla para cálculo de demanda, bloque A
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

Q EMPRESA ELECTRICA QUITO	EMPRESA ELECTRICA QUITO		Codigo PP-FAC-F02A			
	DIRECCION DE DISTRIBUCION		2019	12	17	
	ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA		aa	mm	dd	
			Hoja:	2	de	2

Nombre del Proyecto :	CORPORACION SUPERIOR S.A.
Actividad Tipo :	COMERCIAL
Localizacion :	KM 2 1/2 VIA ANTIGUA AL QUINCHE y S/N
Usuario Tipo :	COMERCIAL
Numero de Usuarios :	1

PLANTA: NAVE WAFER

PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑOS

Item	Aparato Electrico y de Alumbrado	Cant	Pn (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FS n	DMU (W)
1	Rosca AHS-160-01	3.00	1,500.00	100.00	4,500.00	70.00	3,150.00
2	Soplante MGGF-GM-10S	1.00	18,500.00	100.00	18,500.00	60.00	11,100.00
3	Cernedor Plano MPAK-826	1.00	12,600.00	100.00	12,600.00	60.00	7,560.00
4	Limpiadora Salvado MKLA-30/80	1.00	2,550.00	100.00	2,550.00	70.00	1,785.00
5	Limpiadora MDL-300G	1.00	3,450.00	100.00	3,450.00	70.00	2,415.00
6	Disgregador Rebote MJZE-36	2.00	4,600.00	100.00	9,200.00	60.00	5,520.00
7	Disgregador Rebote MJZF-45-7.5-3600-F	1.00	8,600.00	100.00	8,600.00	70.00	6,020.00
8	Blanqueadora Vert. BSPB	1.00	55,000.00	100.00	55,000.00	60.00	33,000.00
9	Esclusa MPSN-25/23G	2.00	550.00	100.00	1,100.00	70.00	770.00
					115,500.00		71,320.00
					115.50		71.32
Factor de potencia	0.85	Factor Demanda		0.62			
DMU (KVA)	83.91	Demanda Requerida		83.91 KVA			
DD=DMU x N/FD							
N= 1							
FD= 1.00							
Carga 2 : DD2=	83.91 KVA						

OBSERVACIONES	
RESUMEN	
Demanda total (DDt): DD1+DD2	
DDt=	1,048.97 KVA
In=	1,376.46 A
kVA _t =DDT*0,9	
kVA_t=	944.07
CIR= 1456.05 kW	
SE INSTALARA UN TRANSFORMADOR DE 1MVA, BV: 440/254V	

*Figura 45. Planilla para cálculo de demanda, bloque B.
Elaborado por Jorge Marcelo Cumba Cuestas*

3.1.3.2 Planilla cálculo de caída de voltaje

Se muestra en la tabla 18 la planilla requerida por la Empresa Eléctrica Quito para el cálculo de la caída de tensión para el proyecto que es objeto de la presente investigación. El anexo 1 muestra el cálculo realizado para la determinación de la caída de tensión.

Tabla 18. Resumen caída de voltaje

Tipo instalación	Subterránea
Voltaje [V]	440
Límite caída voltaje [%]	3
N° de fases	3
Centro transformación [kVA]	1000
Tipo usuario	Comercial
DMU [kVA]	1048.97
Circuito N°	1
Material conductor	TTU (Cu)
Longitud Tramo [m]	25
Conductores por fase	4
Calibre	500
Capacidad de corriente [A]	1520
Corriente calculada	1312
1.2*I	1574.64
Protección [A]	1300
Caída porcentual	0.46

3.1.3.3 Planilla de estructuras

Se muestra a continuación la planilla correspondiente a las estructuras que serán retiradas o instaladas con el fin de realizar los cambios necesarios entre la situación actual de emplazamiento y la requerida para cumplir con las exigencias del cliente y cobertura de demanda. Cabe mencionar que las estructuras mencionadas en la tabla que continúa son aquellas estructuradas aprobadas por la Empresa Eléctrica Quito con lo cual los materiales además de la forma o condiciones constructivas corresponden a la normativa vigente que aplica la empresa distribuidora en la zona de concesión, en este caso la Empresa Eléctrica Quito, en adelante los materiales que sean mencionados responderán a esta necesidad. El anexo 2 detalla la planilla de estructuras en donde muestran aquellas estructuras existentes que se mantendrán y aquellas a retirar al igual

que las modificaciones a realizar tanto a nivel aéreo como subterráneo mientras la tabla 19 muestra un resumen.

Tabla 19. Resumen estructuras y montajes

Total estructuras existentes	2
Total estructuras retiro	10
Total montajes existentes	3
Total estacamientos retiro	9
Pozos a construir	30

3.1.3.4 Planilla de materiales

Los materiales a ser utilizados corresponden a la totalidad de elementos o equipos necesarios para la construcción de lo mencionado durante el presente proyecto, de ese modo se hace referencia a todos los equipos y accesorios necesarios para la construcción de la cámara de transformación, seccionamiento, medición además de las canalizaciones necesarias para la red de medio voltaje y los elementos de protección tanto de equipos como de personal incluyendo la malla de puesta a tierra, el Anexo 3 detalla los materiales a ser utilizados en la totalidad del proyecto mientras que la tabla 20 es un resumen general.

Tabla 20. Resumen de materiales

Cantidad	Descripción
1	Transformador Trifásico Tipo Convencional de media potencia, 1000 kVA, M.V: 22,8/13,2 kV B.V: 440/254 V, TAP: +1 a -3x2.5%.
3	SECCIONADOR UNIPOLAR ABIERTO 27KV, 100 A
1	CELDA DE MEDIO VOLTAJE PARA SECCIONAMIENTO PRINCIPAL, AISLAMIENTO EN SF6, 630A, 27kV, 150kVBIL
2	CELDA DE MEDIO VOLTAJE PORTA CABLES O DE REMONTE. 27kV, 630A, 150kVBIL
6	CELDA DE MEDIO VOLTAJE, PARA PROTECCION CON RELE, AISLAMIENTO EN SF6, 630A, 27kV, 150kVBIL
1	CELDA DE MEDICION EN MV: TRANSFORMADOR COMBINADO PARA MEDICION, RANGO EXTENDIDO, CONFORMADO POR: 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 200 / 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 15VA, 60Hz, BIL 150kV 3 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV
2	CELDA DE MEDICION EN MV: TRANSFORMADOR COMBINADO PARA MEDICION, RANGO EXTENDIDO, CONFORMADO POR: 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 50/ 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 15VA, 60Hz, BIL 150kV 3 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV
1	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR REGULABLE DE 3Px1250A - 1600, TIPO CAJA MOLDEADA
78	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO, NO. 2 AWG

943	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO, NO. 1/0 AWG
80	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO, NO. 2/0 AWG
31	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO, NO. 4/0 AWG
93	CONDUCTOR DE COBRE APANTALLADO TIPO XLPE, 25kV, CALIBRE 4/0 AWG
2821	CONDUCTOR DE ALUMINIO APANTALLADO TIPO XLPE, 25kV, CALIBRE 1/0 AWG
400	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO PVC, 2000 V, TTU 500 MCM
30	MULTICONDUCTOR PARA SEÑALES DE VOLTAJE Y CORRIENTE 7x18 AWG
2	CONECTOR RANURA PARALELAS CU-AL, 2-4/0 AWG A 6-4/0 AWG
32	TERMINALES PARA SOLDAR TIPO OJO # 500 MCM
10	TERMINALES PARA SOLDAR TIPO OJO # 4/0 AWG
153	TERMINALES PARA SOLDAR TIPO OJO # 1/0 AWG
3	PUNTA TERMINAL ,AT. INTERIOR 25 KV, PARA CALIBRE 4/0AWG
42	PUNTA TERMINAL ,AT. INTERIOR 25 KV, PARA CALIBRE 1/0AWG
3	PUNTA TERMINAL ,AT. EXTERIOR 25 KV, PARA CALIBRE 4/0AWG
5	CINTA SEMICONDUCTORA, 13
100	CINTA AISLANTE DE AT ,23M AUTOFUNDENTE
180	CINTA ELECTRICA PARA BAJA TENSION, SUPER 33 + 3M
10	CINTA MALLADA 25
12	VARILLA COPPERWELD ALTA CAMADA
72	ECUAGEM MEJORAMIENTO DE RESISTENCIA
44	SUELDA EXOTERMICA 90
1	CRUCETA FE. GALV. ANGULO "L" DE 75 X 75 X 6 MM Y 2.00 M LONG, UNIVERSAL
1	PERNO MAQUINA ACERO GALV. 16 MM DIAM, 51 MM LONG. CON TUERCA, ARAND. PLANA Y PRESION
1	PERNO "U" ACERO GALV. 16 MM DIAM. 150 MM ANCHO DENTRO DE LA U, 2 TUERCAS Y 4 ARANDELAS PLANAS Y PRESION, PARA CRUCETA
1	PIE AMIGO DE 80 cm EN L
1	ABRAZADERA 3 PERNOS
1	JUEGO DE FLEJES
300	TUVOS PVC, CORRUGADOS, COLOR TOMATE DE 4"
153	TAPONES HEMBRA DE PVC 4"
29	POZOS DE REVISION DE MEDIO VOLTAJE, TIPO C, DIMENSIONES 120x120x120cm
1	HERRAJES PARA CAMARA DE TRANSFORMACION
1	TUBO POSTE DE ACERO GALVANIZADO 4"
3	CAJA PARA MEDIDOR TIPO INDUSTRIAL DE 60x80x30cm
2	BARRA DE PUESTA A TIERRA DE 50cm DE LONGITUD

32 Presupuesto referencial

En función de las necesidades antes mostradas se procede a realizar un presupuesto referencial de los materiales y equipos necesarios que respeten los diseños que son objeto del presente proyecto técnico. La tabla 21 muestra un resumen de los valores referenciales para cada sección o rubro de construcción a considerar sea a nivel civil o eléctrico. Por otro lado, el Anexo 6 muestra el detalle presupuestario para cada rubro mostrado a continuación.

Tabla 21. Resumen de presupuesto referencial.

EQUIPO ELÉCTRICO	\$174,918.76
CONDUCTORES Y TERMINALES	\$ 48,300.17
HERRAJES	\$ 77.59
ACCESORIOS	\$ 4,911.88
OBRA CIVIL	\$ 79,681.97
PUESTA A TIERRA	\$ 4,215.97
INGENIERÍA DE DISEÑO	\$ 6,242.13
TOTAL, INCLUIDO IMPUESTOS	\$356,550.28

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones

Se valida la necesidad de abordar un proyecto desde diferentes perspectivas al realizar un diseño completo que contempla sistemas de medio y bajo voltaje dentro de lo solicitado por el grupo propietario incluyendo redes de distribución tanto aéreas como subterráneas, canalizaciones, sistemas de transformación, celdas de maniobra y medición además de sistemas de protección y todas las implicaciones civiles que se requiere, con lo cual se cumple lo propuesto en la presente investigación.

El conocimiento básico de los detalles operativos de cada una de las máquinas, equipos e instalaciones de la nueva nave industrial posibilita el correcto dimensionamiento de los sistemas dado que los valores nominales son una visión clara del rendimiento a largo plazo, el estudio ha sido correctamente realizado en el presente proyecto técnico.

Determinar un presupuesto referencial tanto de la obra civil como equipos y materiales eléctricos para tener una proyección de los costos y de esta manera mirar de donde se

buscan los fondos para poder llevar a cabo este diseño, priorizando en todo momento el uso de materiales de la mejor calidad y que cumplan con regulaciones tanto nacionales como internacionales para garantizar la calidad y funcionalidad de la instalación.

El presente documento principalmente el capítulo 3 aborda los detalles fundamentales que deben ser considerados para el desarrollo de un proyecto de ampliación de capacidad de transformación y distribución añadiendo el uso de cámaras de transformación y seccionamiento. Los aspectos eléctricos y civiles han sido considerados.

Las regulaciones vigentes en determinadas zonas geográficas implican la aceptación y uso de las mismas desde la fase de diseño hasta la puesta en marcha de un proyecto ya que esto garantiza parámetros de confiabilidad, calidad y seguridad en todas las fases que implica el suministrar de energía eléctrica un usuario de cualquier categoría.

La existencia de planillas para el cálculo de la demanda, caídas de voltaje, determinación de estructuras, etc, posibilitan la estandarización de los criterios de diseño a seguir con lo cual se consigue que independientemente del contratista o constructor cada proyecto se lleva a cabo bajo lineamientos comunes.

El correcto dimensionamiento de las cargas a ser suplidas y una correcta inspección o conocimiento de la situación actual de un proyecto facilita las tareas de diseño dado que desde el momento cero y en cada fase secuencial el diseñador puede hacer uso de estructuras existentes con lo cual se puede mejorar el aspecto económico de un proyecto a la vez que se evita sobre dimensionamientos en equipos y estructuras.

El uso de materiales de calidad y reconocidos por los entes reguladores garantiza el buen funcionamiento además del mejor rendimiento de los equipos seleccionados con lo cual los equipos colocados aguas abajo estarán expuestos a condiciones seguras y a su vez se garantiza la seguridad de los usuarios que se encontrarán en directa interacción con el sistema.

4.1.1 Innovación o impacto

La implementación de un sistema de transformación, seccionamiento, protección y medición en la industria requiere de un conocimiento total de la situación actual del proyecto. Para el caso específico que ha sido objeto de la presente investigación se prioriza la centralización de la medición de carga a la vez que también centraliza la operación de las diferentes cámaras de transformación y equipos de potencia al insertar una cámara de seccionamiento misma que incluye relés de protección y equipos de maniobra. La centralización de maniobra y medición facilita incluso las tareas de mantenimiento y seguridad de los operadores durante las tareas mencionadas. Del mismo modo, el centralizar la medición con miras hacia convertir al usuario a un gran consumidor y la implementación de tableros proyectados para tales fines muestra la apertura y disponibilidad del diseñador para preparar las instalaciones a futuro.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda implementar un estudio de demanda mucho más profundo con operadores de planta y fabricantes con el fin de conocer de primera mano las condiciones reales de cada equipo, máquina o instalación. Un mayor conocimiento de dichas condiciones podría optimizar las tareas de diseño además del rendimiento o eficiencia de la instalación proyectada si bien es cierto se conocen los factores de simultaneidad y frecuencia de uso los mismos podrían ser ajustados por la experiencia de los usuarios en futuras tareas de diseño.

Se recomienda también, implementar técnicas de optimización para el despliegue de centros de transformación y seccionamiento además de los sistemas de puesta a tierra con lo cual se podrían considerar restricciones de costo o incluso mejorar las condiciones operativas sin alterar la ubicación de la o las mallas de los sistemas de puesta a tierra.

Se recomienda por último la utilización de software de diseño y simulación para validar la información obtenida por medio de las planillas de cálculo esto con el fin de corroborar la validez de los mismos e incluso contemplar nuevas características que se

encuentran en vanguardia en pro de mejorar la seguridad y eficiencia además de entregar un valor agregado desde la fase de diseño, implementación y mantenimiento futuro.

Referencias Bibliográficas

- [1] M. Angel and R. Pozueta, “AISLANTES Y CONDUCTORES UTILIZADOS EN LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA.”
- [2] J. Juan, M. Blancas, M. I. César, E. B. Joyner, and I. Mecánico Electricista, “Diseño de Alimentadores para un Sistema Eléctrico en Baja Tensión P R E S E N T A UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA.”
- [3] M. D. E. Y. E. RENOVABLE, “Sección 1 Sección 1 Manual De Construcción Del,” *Meer*, p. 61.
- [4] M. Ángel and R. Pozueta, “Máquinas Eléctricas II Este tema se publica bajo Licencia: Crea5ve Commons BY--NC--SA 4.0,” 2018.
- [5] C. J. Zapata, “CONFIABILIDAD DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA PEREIRA COLOMBIA 2011.”
- [6] D. Morales and J. Luyando, “RESIDENCIAL EN EL AREA METROPOLITANA DE MONTERREY , N . L ., MÉXICO Dionicio Morales Ramírez * José Raúl Luyando Cuevas **,” *Resid. En El Area Metrop. Monterrey , N . L ., México*, vol. XXXI, pp. 27–47, 2014.
- [7] B. FAL, “Consumo de energía y eficiencia energética: nuevos retos del comercio con contenedores frigoríficos en las terminales de contenedores de América del Sur,” *Unidad Serv. Infraestruct.*, no. 3, p. 10, 2010.
- [8] G. B. Chacón, “Diseño del sistema eléctrico, análisis de cortocircuito y estudio de arco eléctrico para nueva planta de MATRA,” 2017.
- [9] K. Mantari, “Análisis de la calidad de tensión en el suministro de energía eléctrica a la Localidad de Panti, Distrito de Pariahuanca,” Huancayo, 2019.
- [10] D. Gutiérrez, “Potencial eléctrico,” San José, 2017.
- [11] D. Martínez, “Diseño de redes de distribución y centro de transformación para una urbanización de vivienda,” 2014.
- [12] CFE, “Diseño de subestaciones eléctrica de distribución en bajo perfil y encaps,” Ciudad de México, 2014.
- [13] I. Alberto, O. Malavé, P. Andrés, R. Pineda, I. Jorge, and R. Espinoza, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.”

- [14] E. Castro, B.; Vásquez, “Actualización de factores de demanda para el diseño de instalaciones eléctricas en El Salvador,” Ciudad Universitaria, 2018.
- [15] D. Elam, C. Estrada, S. Gracia Villar, F. Fernández Diez, and L. A. Dzul, “El recalentamiento eléctrico por termoconducción. Una perspectiva ® sicoquímica del calentamiento eléctrico The thermal electrical overheating. A physicochemical perspective of the electrical warming,” 2012.
- [16] J. García-López, J. C. Morante, A. C. Ogueta-Alday, J. González-Lázaro, J. A. Rodríguez-Marroyo, and G. Villa, “El uso de fotocélulas de haz simple y doble para medir la velocidad en carreras: DSD Laser System®,” *RICYDE Rev. Int. Ciencias del Deport.*, vol. 8, no. 30, pp. 324–333, 2012.
- [17] P. Ledesma, “Regulación de frecuencia y potencia,” 2008.
- [18] A. Portalanza, “Proyecto de norma para tirafusibles tipo expulsión de medio voltaje,” Quito, 2004.
- [19] I. T. J. Farina, “Inducción Electromagnética Física Capítulo 4 Inducción electromagnética,” 2015.
- [20] I. Daysi, P. Landázuri, M. M. Ing, Y. I. Rumipamba, and R. C. Luis, “ESTUDIO Y PROPUESTA DE UN TIPO DE INTERRUPTOR A SER IMPLEMENTADO EN LA LÍNEA DE 500 kV MEDIANTE MODELACIÓN EN ATP.”
- [21] J. Manuel, D. Aznar, P. Ángel, and B. Espinosa, “Apuntes de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión,” 2016.
- [22] R. Alepuz, “PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE 5.8 MW PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, SITUADA EN ALMANSA,” Valencia, 2017.
- [23] M. E. B. de las C. A. P. M. L. A. G. P. O. Á. A. G. E. Q. de Bastera, “Protecciones Eléctricas de la Subestación Cayo Santa María,” *Ing. Energética*, vol. 39, no. 3, 2018.
- [24] F. Estrada, “Interconexión Eléctrica Regional.”
- [25] D. Martínez, “Diseño de redes de distribución y centros de transformación para una urbanización de viviendas.,” 2014.
- [26] Boletín Científico Técnico INIMET, “El mantenimiento de la unidad de resistencia eléctrica en Argentina,” *Boletín Científico Técnico INIMET*, no. 1, pp. 30–43, 2005.

- [27] D. Codina, “Estudio teórico para un motor alternativo sin árbol de levas para distribución,” 2016.
- [28] S. Guayaquil *et al.*, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Previo a la obtención del título de "Diseño para la conversión a un sistema subterráneo de la red de.”
- [29] G. Carrillo, *ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DE LAS CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A. RUTA 2, AMBATO - CENTRO*. Ambato, 2009.
- [30] M. Gussow, *Fundamentos de electricidad*. 2014.
- [31] G. F. J. ACUÑA, “Coordinación De Protecciones En Una Red De Media Y Alta Tensión ”,” 2016.
- [32] S. R. Castaño, “Redes de Distribución de Energía,” 2004.
- [33] S. Espinosa, “Estudio de esquemas de control de equipo de alto voltaje,” Quito, 2005.
- [34] J. C. Vaschetti, J. C. Gomez, and J. C. Amatti, “Modelado y simulación de un seccionador tensión-tiempo para protección inteligente con inclusión de generación distribuida de electricidad,” *Inf. Tecnol.*, vol. 23, no. 2, pp. 99–108, 2012.
- [35] J. Játiva, J. Maldonado, and V. Mena, “Diseño y Construcción de un Transformador Trifásico para Control de Voltaje en el Laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia,” *Rev. Politécnica*, vol. 43, no. 1, pp. 23–36, 2019.
- [36] N. Muñoz-Galeano, J. M. López-Lezama, and F. Villada-Duque, “Metodología para la determinación del desplazamiento angular en transformadores trifásicos Methodology for determining angular displacement in three-phase transformers,” 2017.
- [37] E. Alejandro Becerra Hernández, “Protección de Sistemas Eléctricos.”
- [38] Petroquimex, “Transformador de Aislamiento,” 2015. .
- [39] J. C. Corrales León, “TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL,” QUITO/EPN/1999, 1999.
- [40] G. Gutierrez, “SISTEMA DE PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITOS Y SOBRE CORRIENTES EN BAJA TENSION,” UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, 2017.
- [41] D. López Cortón Alumno and A. M^a Moreno Parcero, “ANÁLISIS DE CRITERIOS Y FILOSOFÍA DE PROTECCIÓN DE TRANSFORMADORES

DE POTENCIA: APLICACIÓN A TRANSFORMADOR 220/132 kV DE 150 MVA Tutor,” Jul. 2016.

- [42] K. Ayala, “Manual de instalaciones electricas,” 2009. .
- [43] E. B. Herrera-Cisneros, E. Mauricio, and I. -Ortega, “Número 2 • diciembre,” vol. 15, 2018.
- [44] G. Pachamaca, Hector; Rivera, “Estudio y diseño de las instalaciones eléctricas del ‘Zoológico de Guayllabamba,’” Quito, 2014.
- [45] M. Palo, “Cálculo de la capacidad térmica en estado estable para conductores AAAC y ACSR usados en líneas de transmisión en 138 KV,” Arequipa, 2018.
- [46] PRYSMIAN, “Cables para todas las Aplicaciones,” 2009.
- [47] D. Blanco, “Instalación de nueva red subterránea de media tensión, centro de transformación prefabricado de compañía de 400 kVA y red subterránea de baja tensión para urbanización de 40 viviendas.,” Leganés, 2015.
- [48] E. Pérez, O. Francés, and V. Senosiáin Miquélez, “ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN ‘DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BOBINA TESLA.’”
- [49] M. Terol, S.; González, Juan; Aparicio, “Instalaciones de distribución,” 2015. .
- [50] M. Antón and B. Giménez, “CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS INTERIORES DE VIVIENDAS Profesores.”
- [51] A. Quinde, J. Oswaldo, N. Morocho, and J. Carlos, “Proyecto de especificaciones técnicas para el diseño de redes subterráneas de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur S.A.,” 2012.
- [52] V. Diego, “Diseño, construcción y montaje de una cámara de transformación de 500 kVA para la planta industrial ‘Govaira,’” p. 124, 2010.
- [53] E. E. Quito, *Normas para sistemas de distribución - Parte A*. 2009, p. 99.

Anexo

5.1 Anexo 1

5.1.1 Planilla caída de voltaje

No.	ESQUEMAS			NUMERO DE USUARIOS	DEMANDA			VOLTAJE (V)	ip=cosφ	CONDUCTOR			AISLAMIENTO	CAPACIDAD DE CORRIENTE CIRCUITO (A)		SISTEMA 3Ø (3) Ø 1Ø (2)	RESISTENCIA					CORRIENTE A	1.2 ^{ti}	BREAKER	SISTEMA 3Ø Ø 1Ø	Caída voltaje	CAIDAS %	Caida voltaje TOTAL	
	TRAMO		LONG. (m)		kW	kVA	kVA(d)			No. conduc por fase	CALIBRE AWG o MCM	MATERIAL (AL/CU)		1° Conductor	n° Conductor		r	x	R	X	K								
	DESIGNACION	TABLERO N HASTA TABLERO M																											
1	00-01	CT-1 hasta TDP	25	1	1000.00	1000.00	440	0.85	4	500	CU	TTU	380	1520	3	10	0.089	0.128	0.02	0.032	0.0000	1,312.20	1,574.64	1300	3	0.46	0.46	PVC 4"	0.46

Oficina: _____
 PLAN DE ALCAZAR N° 43-200 V FRANCISCO COBO
 4 SOGEMAS
 Quito, Ecuador

CORPORACION SUPERIOR NAVE WAFER CAMARA DE TRANSFORMACION DE 1 MVA

Nº PROYECTO:	CENTRO DE TRANSFORMACION:	1000 KVA
TIPO DE INSTALACIÓN: SUBTERRANEA	TIPO USUARIO:	COMERCIAL
VOLTAJE: 440 V	DMU (KVA):	1048.97
LIMITE CAIDA VOLTAJE: 3.00%	Nº FASES: 3	CIRCUITO Nº: 1
	MATERIAL CONDUCTOR:	TTU (Cu)

CÁLCULO DE CAIDAS

ESQUEMA

El diagrama muestra un tramo de cable de 25 metros de longitud que conecta un tablero etiquetado como '00' (dentro de un símbolo de triángulo invertido con 'O1000' encima) con un TDP etiquetado como '01' (dentro de un símbolo de triángulo con 'O1' encima).

TRAMO	TABLERO N HASTA TABLERO M	TRAMO Long (m)	Nº Usuarios	DEMANDA KVA(d)	No. conduc por fase	Calibre	MATERIAL	CAPACIDAD DE CORRIENTE	CORRIENTE CALCULADA (I)	1.2 ^{ti}	PROTECCIÓN	COMPUTO CAIDAS%		
												PARCIAL	TOTAL	
00-01	CT-1 hasta TDP	25	1	1000.00	4.00	500	TTU	CU	1520.00	1312.20	1574.64	1300	0.46	0.46

5.2 Anexo 2

5.2.1 Planilla de estructuras

ANEXO 2

DIVISION INGENIERIA DE DISTRIBUCIÓN								
PLANILLA DE ESTRUCTURAS								
NOMBRE DE LA OBRA:			CORPORACION SUPERIOR - NAVE WAFER					
PROYECTO No:			PARTIDA PRESUPUESTARIA:					
POSTE			ESTRUCTURATIPO		MONTAJE TIPO			OBSERVACIONES
No.	Descripción	M.T.	B.T.	A.P.	EQUIPO	TENSOR	TIERRA	
ESTACAMIENTO EXISTENTE Y RETIRO								
Pe1	PHC14_500_e	ESV-3CP_e / ESV-3CR_r	ESE-1EP_e		SPV-3RS630_150_e	TAV-0FS_e	PT0-ODC2_2_e	SE RETIRA ESTRUCTURA DE RETENCION
Pe2	PHC11,5_400_r	ESV-3CD_r	ESE-1ED_r	APD-0PLCS70AC_r	SPV-3E100_r / SPV-3P18_r / SSV-3RS_r		PT0-ODC2_2_r	POSTE A RETIRAR, SE RETIRA EQUIPO DE MEDICION EN MEDIO VOLTAJE, TRAFOMIX
Pe3	PHC11,5_2000_r	ESV-3CP_r / ESV-3CR_r	2(ESE-1ER_r) / 2(ESE-1EP_r)					POSTE A RETIRAR
Pe4	PHC11,5_400_r	ESV-3CR_r	ESE-1ER_r / 2(ESD-1ER_r)		SPV-3I300_r / SPV-3P18_r / SSV-3RS_r	TAV-0TS_r	PT0-ODC2_2_r	POSTE A RETIRAR, SE RETIRARA INTERRUPTOR EN MEDIO VOLTAJE
NOTA:	e: existente							
	r: retiro							

ESTACAMIENTO NUEVO

Pe1			SSV-3RS	INSTALARA ESTRUCTURA PARA TRANSICION AEREO-SUBTERRANEA
Pz1	EU0-OPC	EU0-0B2x2C1		
Pz2	EU0-OPC	EU0-0B2x2C2		
	EU0-OCN	EU0-0B2x2C1	12(SSV-3E3_600)	CAMARA DE SECCIONAMIENTO Y MEDICION
Pz3	EU0-OPC	EU0-0B2x3B1		
Pz4	EU0-OPC	EU0-0B2x3B1		
Pz5	EU0-OPC	EU0-0B2x3B1		POZO Pze1, REMODELADO
Pz6	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2		
Pz7	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2		
Pz8	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2		
Pz9	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2		
	EU0-OCN_e		TRV-3O500_e / TRV-3O400_e / TRV-3O700_e / TRV-3O300_e / TRV-3O400_e	
Pz10	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2		POZO Pze2, REMODELADO
Pze3	EU0-OPC_e	EU0-0B2x2B2		
Pz11	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2		POZO Pze4, REMODELADO
	EU0-OCN_e		TRV-3O750_e / TRV-3O750_e	
Pz12	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1		
Pz13	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1		
Pz14	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1		

Pz15	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2
Pz16	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz17	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2
Pz18	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz19	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz20	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz21	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz22	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz23	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz24	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz25	EU0-OPC	EU0-0B2x2B1
Pz26	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2
Pz27	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2
Pz28	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2
Pz29	EU0-OPC	EU0-0B2x2B2
	EU0-OCN	

TRV-3O1000 / SPV-
3S100

5.3 Anexo 3

5.3.1 Planilla de materiales

ANEXO 3

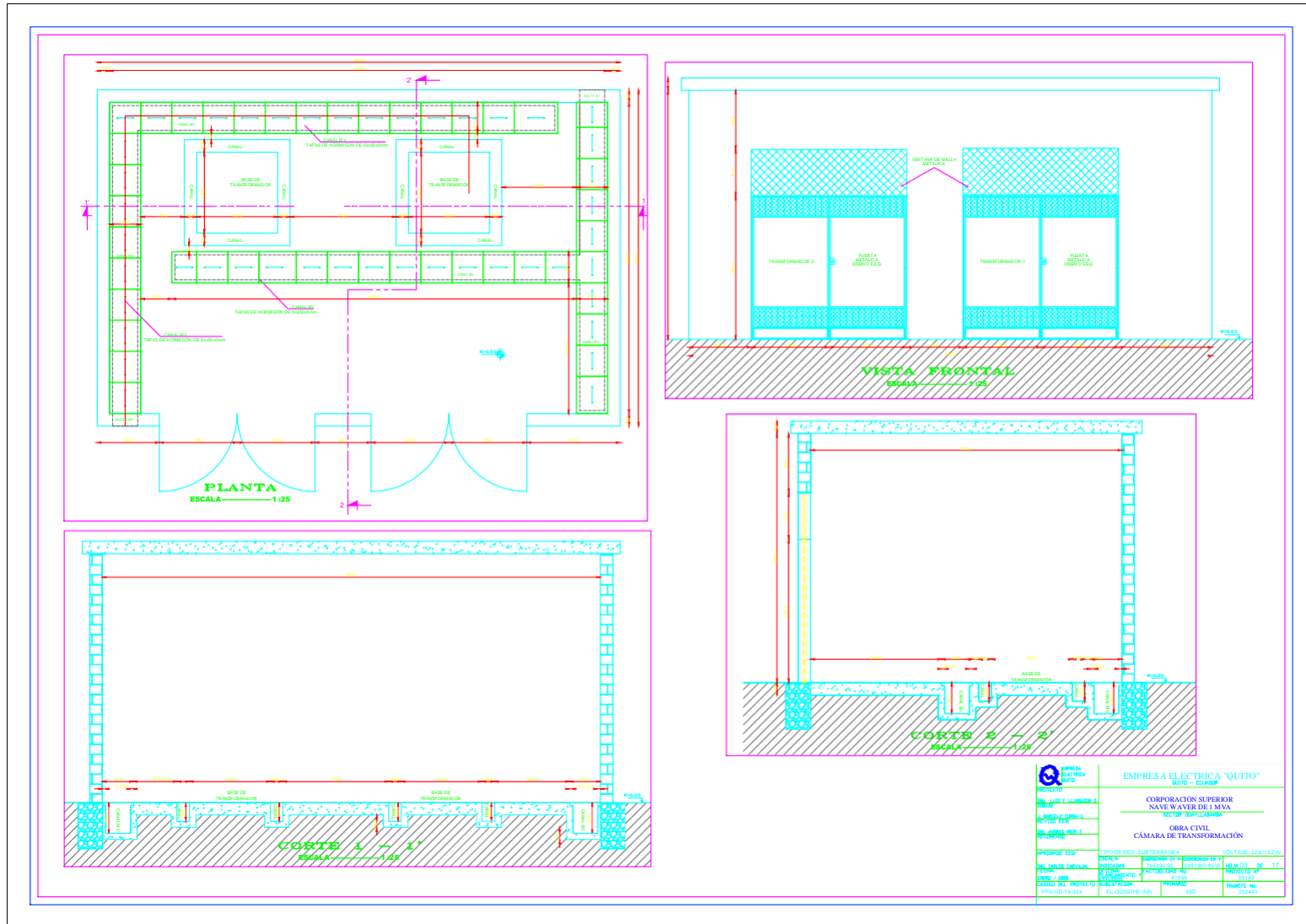
EMPRESA ELECTRICA QUITO				
DIVISION INGENIERIA DE DISTRIBUCION				
DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES				
FINANCIAMIENTO:				
NOMBRE PROYECTO:				
CORPORACION SUPERIOR. - NAVE WAFER CAMARA DE TRANSFORMACION DE 1000KVA				
PROYECTO No.:				
PARTIDA PRESUPUESTARIA No.:				
TIPO DE INSTALACION:				
SUBTERRANEA				
TRANSFORMADORES				
PARTIDA A:	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION
CODI_MATE	1			Transformador Trifásico Tipo Convencional de media potencia, 1000 kVA, M.V: 22,8/13,2 kV B.V: 440/254 V, TAP: +1 a - 3x2.5%.
Subtotal.....				
PARTIDA B:	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION
CODI_MATE	3			SECCIONADOR UNIPOLAR ABIERTO 27KV, 100 A
	1			CELDA DE MEDIO VOLTAJE PARA SECCIONAMIENTO PRINCIPAL, AISLAMIENTO EN SF6, 630A, 27kv, 150kVBIL
	2			CELDA DE MEDIO VOLTAJE PORTA CABLES O DE REMONTE. 27kv, 630A, 150kVBIL
	6			CELDA DE MEDIO VOLTAJE, PARA PROTECCION CON RELE, AISLAMIENTO EN SF6, 630A, 27kv, 150kVBIL

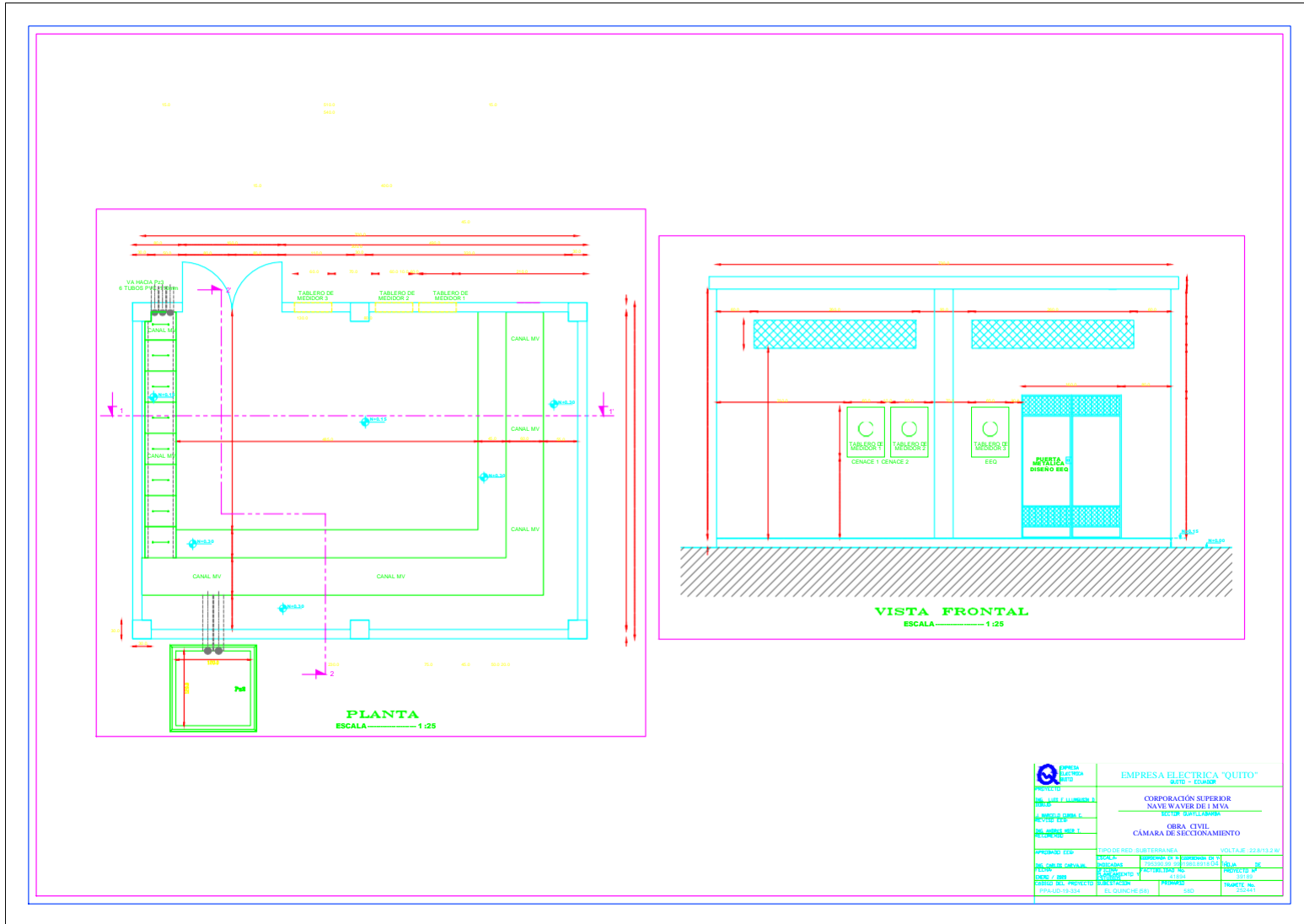
1				CELDA DE MEDICION EN MV: TRANSFORMADOR COMBINADO PARA MEDICION, RANGO EXTENDIDO, CONFORMADO POR: 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 200 / 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 15VA, 60Hz, BIL 150kV 3 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV
2				CELDA DE MEDICION EN MV: TRANSFORMADOR COMBINADO PARA MEDICION, RANGO EXTENDIDO, CONFORMADO POR: 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 50/ 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 15VA, 60Hz, BIL 150kV 3 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV
1				INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR REGULABLE DE 3Px1250A - 1600, TIPO CAJA MOLDEADA
Subtotal.....				
PARTIDA C:		EQUIPOS DE ALUMBRADO PUBLICO		
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION
Subtotal.....				
PARTIDA D:		AISLADORES		
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION
Subtotal.....				
PARTIDA E:		CONDUCTORES DESNUDOS		
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION
	78			CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO, NO. 2 AWG
	943			CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO, NO. 1/0 AWG
	80			CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO, NO. 2/0 AWG
	31			CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO, NO. 4/0 AWG


Subtotal.....				
PARTIDA F:		CONDUCTORES AISLADOS		
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION
	93			CONDUCTOR DE COBRE APANTALLADO TIPO XLPE, 25KV, CALIBRE 4/0 AWG
	2821			CONDUCTOR DE ALUMINIO APANTALLADO TIPO XLPE, 25KV, CALIBRE 1/0 AWG
	400			CONDUCTOR DE COBRE AISLADO PVC, 2000 V, TTU 500 MCM
	30			MULTICONDUCTOR PARA SEÑALES DE VOLTAJE Y CORRIENTE 7x18 AWG
Subtotal.....				
PARTIDA G:		ACCESORIOS PARA CONDUCTORES		
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION
	2			CONECTOR RANURA PARALELAS CU-AL, 2-4/0 AWG A 6-4/0 AWG
	32			TERMINALES PARA SOLDAR TIPO OJO # 500 MCM
	10			TERMINALES PARA SOLDAR TIPO OJO # 4/0 AWG
	153			TERMINALES PARA SOLDAR TIPO OJO # 1/0 AWG
	3			PUNTA TERMINAL ,AT. INTERIOR 25 KV, PARA CALIBRE 4/0AWG
	42			PUNTA TERMINAL ,AT. INTERIOR 25 KV, PARA CALIBRE 1/0AWG
	3			PUNTA TERMINAL ,AT. EXTERIOR 25 KV, PARA CALIBRE 4/0AWG
	5			CINTA SEMICONDUCTORA, 13
	100			CINTA AISLANTE DE AT ,23M AUTOFUNDENTE
	180			CINTA ELECTRICA PARA BAJA TENSION ,SUPER 33 + 3M
	10			CINTA MALLADA 25
Subtotal.....				
PARTIDA H:		MATERIAL PARA CONEXION A TIERRA		
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION
	12			VARILLA COPPERWELD ALTA CAMADA
	72			ECUAGEM MEJORAMIENTO DE RESISTENCIA
	44			SUELDA EXOTERMICA 90
Subtotal.....				

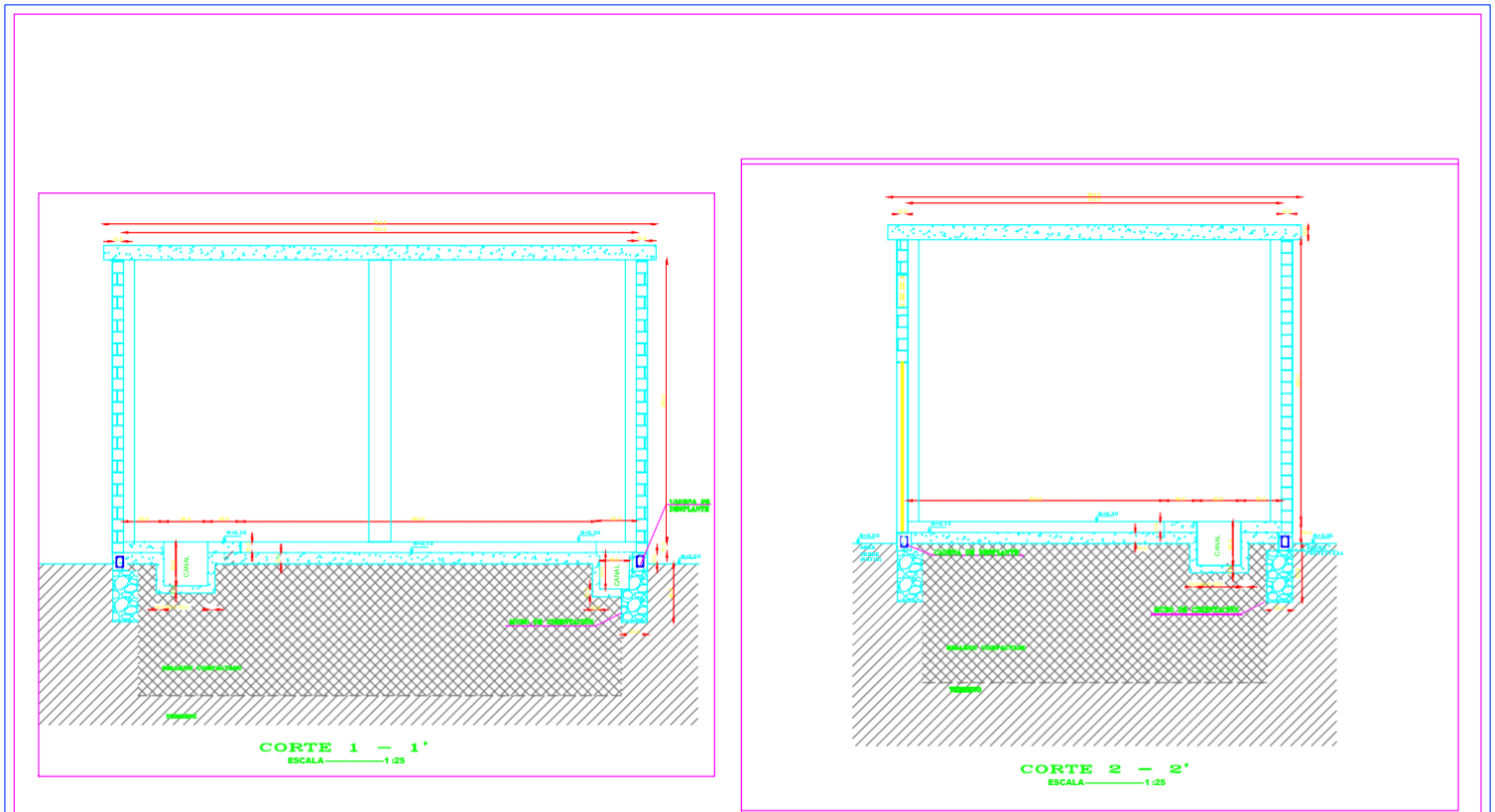
PARTIDA I:		POSTES			
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION	
Subtotal.....					
PARTIDA J:		HERRAJES GALVANIZADOS Y CABLES DE ACERO			
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION	
	1			CRUCETA FE. GALV. ANGULO "L" DE 75 X 75 X 6 MM Y 2.00 M LONG, UNIVERSAL	
	1			PERNO MAQUINA ACERO GALV. 16 MM DIAM, 51 MM LONG. CON TUERCA, ARAND. PLANA Y PRESION	
	1			PERNO "U" ACERO GALV. 16 MM DIAM. 150 MM ANCHO DENTRO DE LA U, 2 TUERCAS Y 4 ARANDELAS PLANAS Y PRESION, PARA CRUCETA	
	1			PIE AMIGO DE 80 cm EN L	
	1			ABRAZADERA 3 PERNOS	
	1			JUEGO DE FLEJES	
Subtotal.....					
PARTIDA K:		MATERIAL DE RED SUBTERRANEA			
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION	
	300			TUVOS PVC, CORRUGADOS, COLOR TOMATE DE 4"	
	153			TAPONES HEMBRA DE PVC 4"	
	29			POZOS DE REVISION DE MEDIO VOLTAJE, TIPO C, DIMENSIONES 120x120x120cm	
Subtotal.....					
PARTIDA L:		MISCELANEOS			
CODI_MATE	CANT	VALOR_UNIT	VALOR_TOTAL	ESPECIFICACION	
	1			HERRAJES PARA CAMARA DE TRANSFORMACION	
	1			TUBO POSTE DE ACERO GALVANIZADO 4"	
	3			CAJA PARA MEDIDOR TIPO INDUSTRIAL DE 60x80x30cm	
	2			BARRA DE PUESTA A TIERRA DE 50cm DE LONGITUD	


Subtotal.....

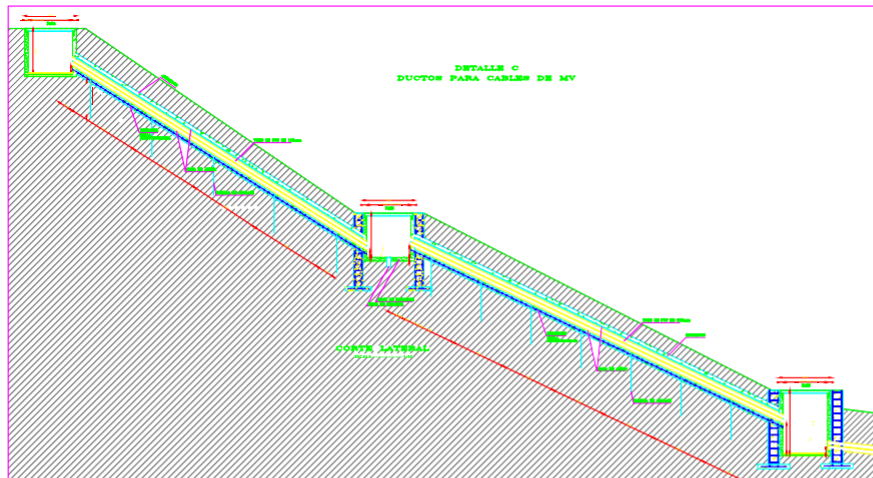




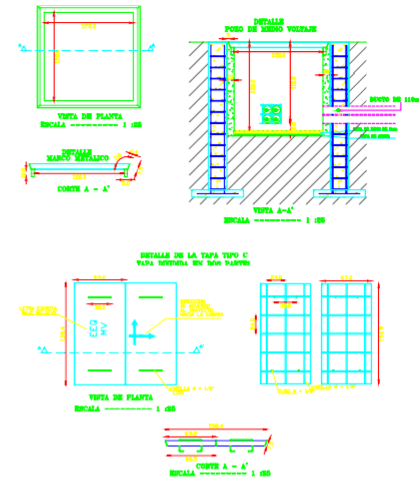
 EMPRESA ELECTRICA "QUITO" QUITO - ECUADOR	
PROYECTO DEL LOTE 7 (LINDEROS 1) DEL LOTE 8 (LINDEROS 2) LINDEROS 3 (LINDEROS 4) DEL LOTE 9 (LINDEROS 5) DEL LOTE 10 (LINDEROS 6)	
CLIENTE CORPORACION SUPERIOR NAVIE WAVEER DEL IMAVA SECTOR GUAYLMBAMB	
OBRA CIVIL CÁMARA DE SECCIONAMIENTO	
PROYECTO PPLA-UD-19-334	VOLTAJE 220/110 V
FECHA 2020/09/02	PROYECTISTA 2020/09/02
PROYECTISTA EL QUINICHE S.A.	PROYECTISTA EL QUINICHE S.A.



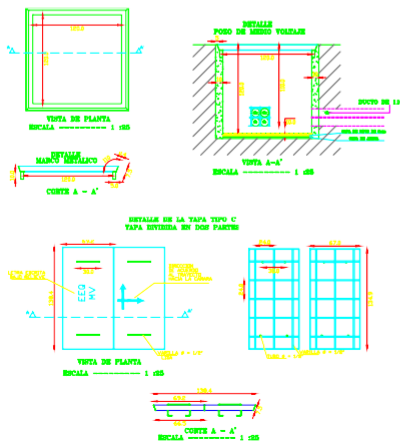
 EMPRESA ELECTRICA QUITO QUITO - ECUADOR	
CORPORACION SUPERIOR NAVE WAYER DE I MVA SECTOR QUITADORA	
OBRA CIVIL CAMARA DE SECCIONAMIENTO	
PROYECTO: NAVE WAYER DE I MVA UBICACION: SECTOR QUITADORA ESTADIO: 1	TIPO DE RED: SUBTERRANEA VOLTAGE: 220/132 KV
PROYECTO: NAVE WAYER DE I MVA UBICACION: SECTOR QUITADORA ESTADIO: 1	AREA: 200000.00 PERIMETRO: 2000.00
DISEÑO: 2000 CANTIDAD: 40.000	VALOR: 200.000.000
COTIZACION: 2000.000	MONEDA: USD
PROYECTO: NAVE WAYER DE I MVA UBICACION: SECTOR QUITADORA ESTADIO: 1	PLAN: 200.000



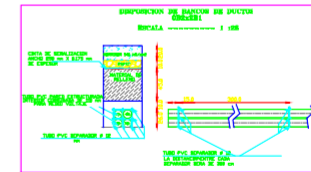
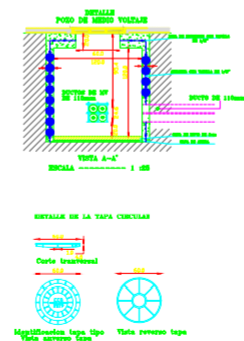
DETALLE OBRA CIVIL, POZO DE REVISION TIPO C PARA MEDIO VOLTAGE CON COLUMNAS DE SOPORTE.




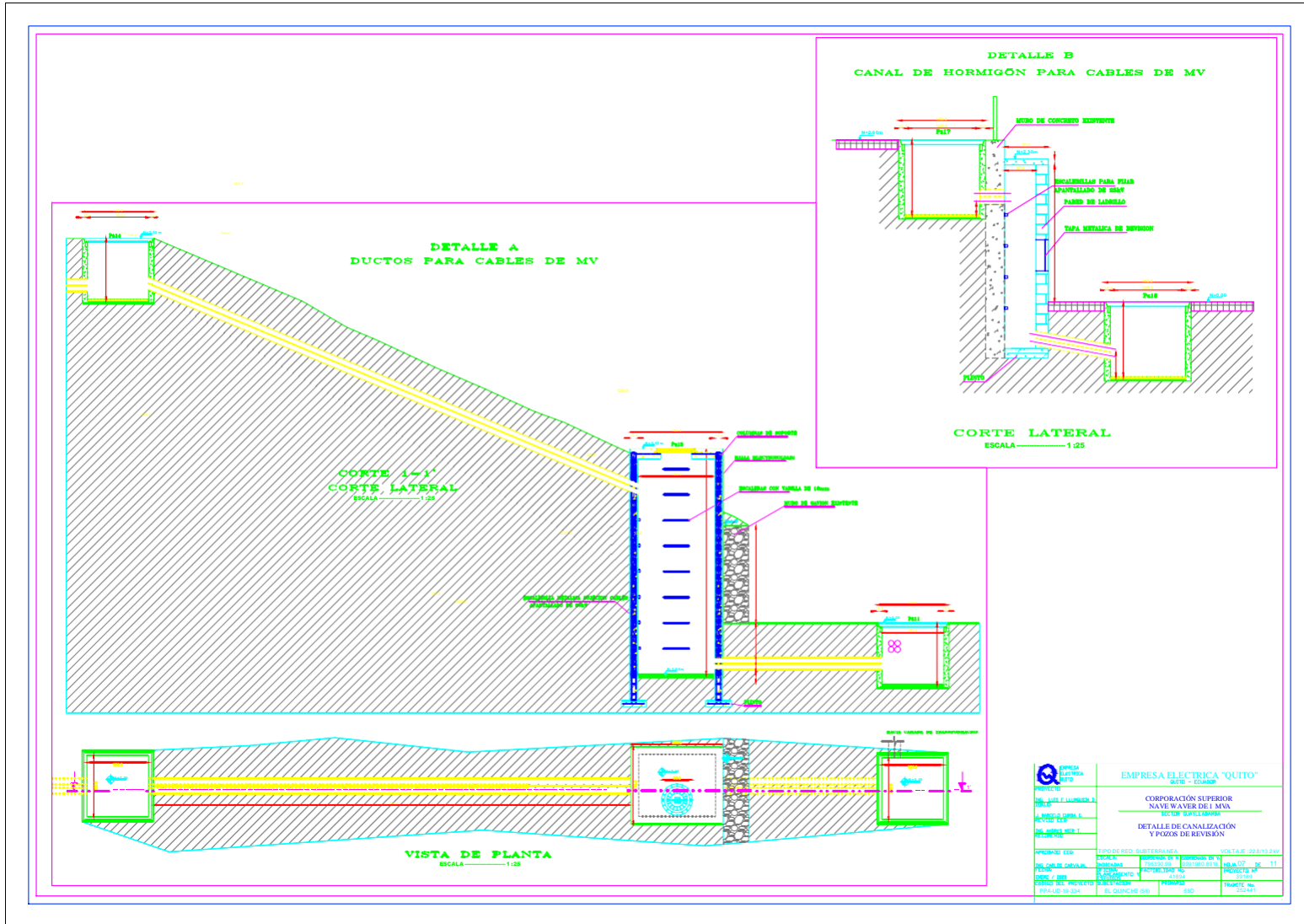
DETALLE OBRA CIVIL, POZO DE REVISION TIPO C PARA MEDIO VOLTAGE CON TAPA DE HORMIGON



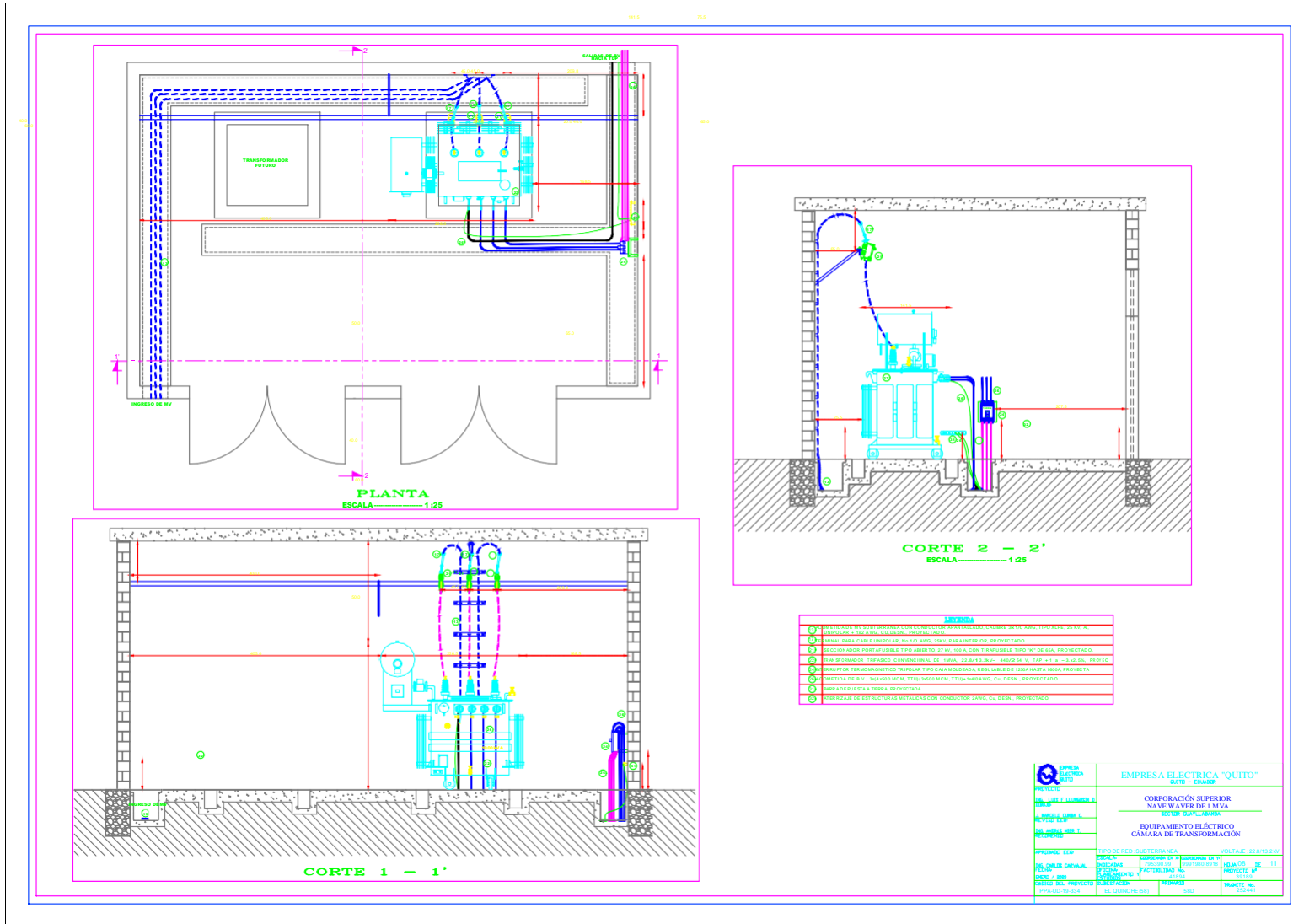
DETALLE OBRA CIVIL, POZO DE REVISION TIPO C DE MV CON TAPA CIRCULAR DE HIERRO FUNDIDO

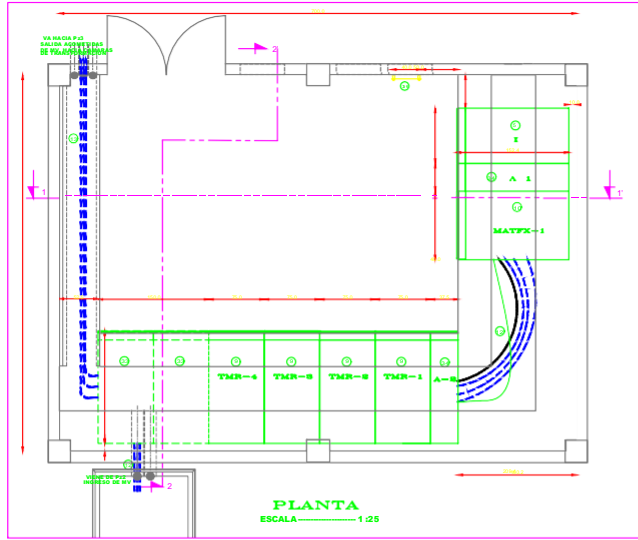


 EMPRESA ELECTRICA "QUITO" QUITO - ECUADOR		
PROYECTO:		
INGENIERO:		
DISEÑO:		
ELABORADO:		
APROBADO:		
FECHA:		
ESCALA:		
TÍTULO:		
VOLTAGE:		
PROYECTO:	TÍTULO:	VOLTAGE:
INGENIERO:	DISEÑO:	ELABORADO:
DISEÑO:	ELABORADO:	APROBADO:
FECHA:	ESCALA:	TÍTULO:
ESCALA:	TÍTULO:	VOLTAGE:
PROYECTO:	TÍTULO:	VOLTAGE:
INGENIERO:	DISEÑO:	ELABORADO:
DISEÑO:	ELABORADO:	APROBADO:
FECHA:	ESCALA:	TÍTULO:
ESCALA:	TÍTULO:	VOLTAGE:

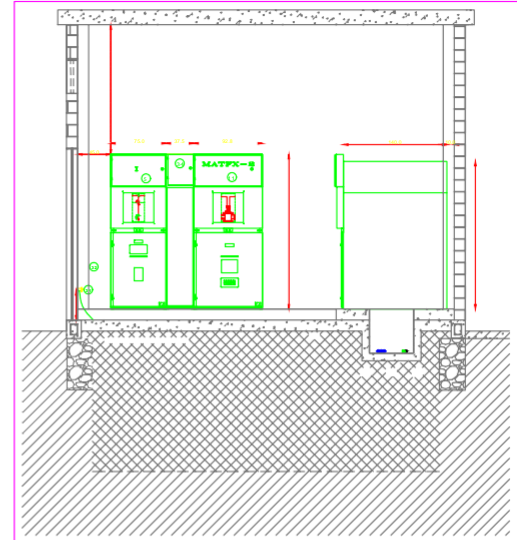


	EMPRESA ELÉCTRICA "QUITO"	
	QUITO - ECUADOR	
PROYECTO:	CORPORACIÓN SUPERIOR	
DEL PLAN Y CALIBRES:	NAVE WALTER DE LA MATA	
LA OBRA:	SECTOR SUPERABARRA	
DETALLE DE:	DETALLE DE CANALIZACIÓN	
REVISIÓN:	Y POCOS DE REVISIÓN	
PROYECTADO POR:	TITO DE RED: SUPERABARRA	VOLTAGE: 220/110/220V
REVISADO POR:	INGENIERO: J. GONZALEZ	FECHA: 07/08/11
APROBADO POR:	INGENIERO: J. GONZALEZ	PROYECTO: 11
ESTADO DEL PROYECTO:	PROYECTADO	PROYECTO: 11
PROYECTO: 11-334	EL QUINICHE (B)	SBO
		BOQUETE: 11

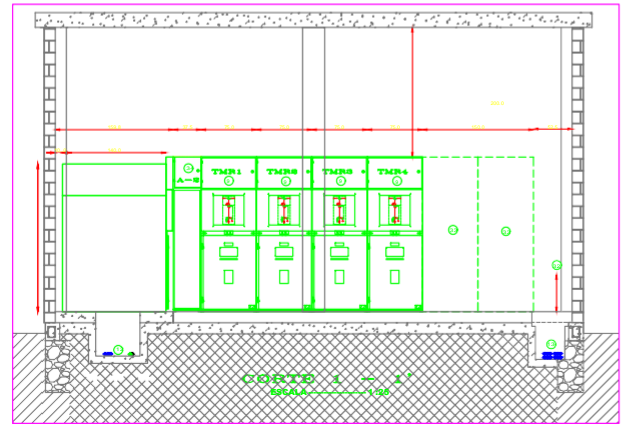




PLANTA
ESCALA 1:25



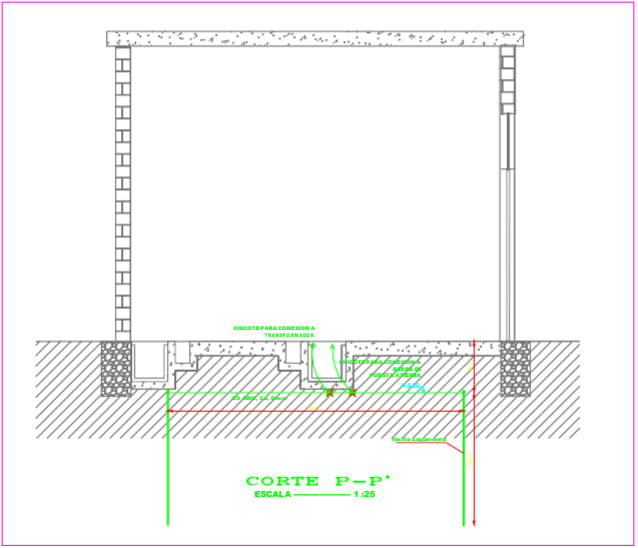
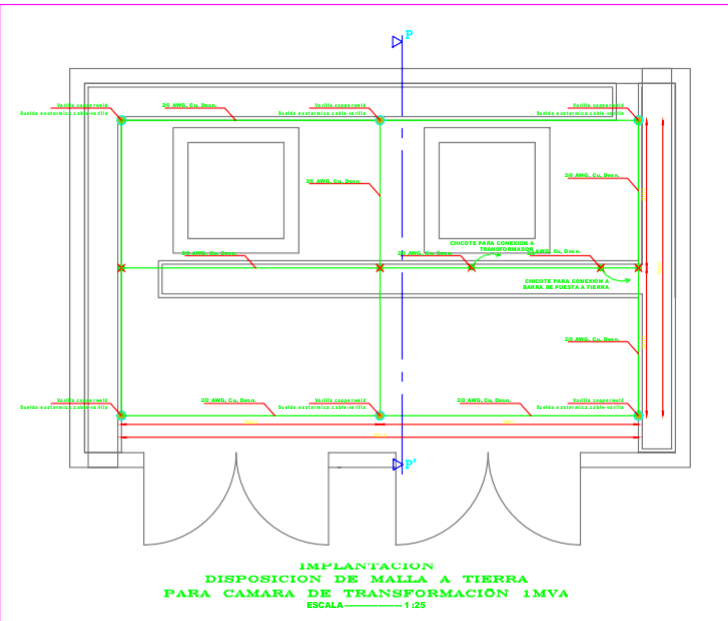
CORTE 2 - 2'
ESCALA 1:25




CORTE 1 - 1'
ESCALA 1:25

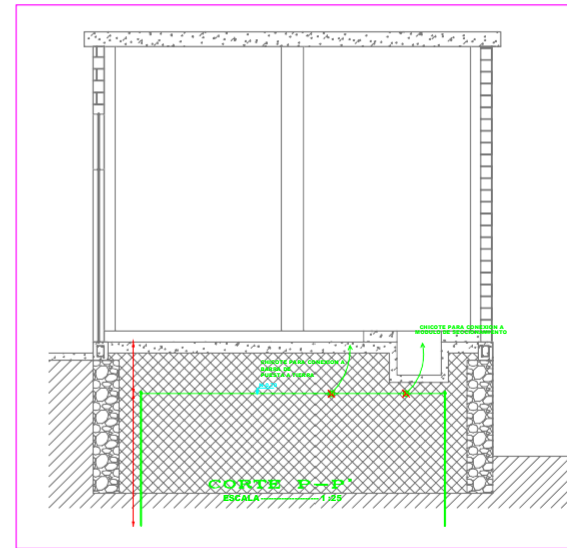
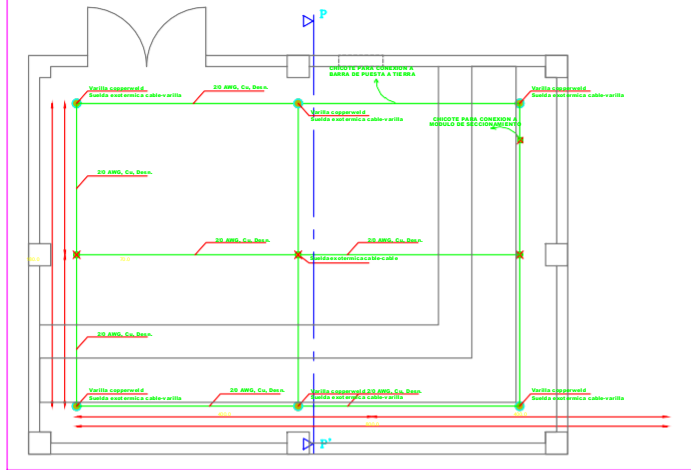
LEYENDA	
①	BARRA DE SECCIONAMIENTO PRINCIPAL TIPO Y PARA OPERACION BAJO CARGA N. 400A, PROYECTADO.
②	BARRA DE PROTECCION CON BEELE TMR PARA OPERACION BAJO CARGA N. 400A, PROYECTADO.
③	SEÑAL DE MEDICION, N. 6/4.
④	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE PARA MEDICION, CONFORMADO POR: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 100/5 CA CLASE 0.1% 3000V 30VA, 60VA, 90, 150V; TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 100V/100V CLASE 0.2% 50VA, 90, 150V; CONDENSADOR 0.1μF 500V CONFORME A N. 6/4, PROYECTADO.
⑤	INTERRUPTOR AUTOMATICO PARA CORTA CIRCUITO DE 4PANTALLAS CABLES 500V 400A TIPO SUPR. 25 2P. 63.
⑥	CONDUCTOR PARA CABLES PARA CORTA CIRCUITO DE 4PANTALLAS CABLES 500V 400A TIPO SUPR. 25 2P. 63.
⑦	CONDUCTOR PARA CABLES PARA CORTA CIRCUITO DE 4PANTALLAS CABLES 500V 400A TIPO SUPR. 25 2P. 63.
⑧	SEÑAL DE FASE N. 6/4 PARA PROYECTOS.
⑨	ATERRIZAJE DE ESTRUCTURA METALICA CON CONDUCTOR AWG 10 CU. BUELO, PROYECTADO.
⑩	SEÑAL DE PROYECTADO PARA INSTALACION DE FUTURAS CÉLULAS.
⑪	SEÑAL PARA CABLES DE CABLES TIPO N. 6/4, PROYECTADO.

	EMPRESA ELECTRICA "QUITO"	
	QUITO - ECUADOR	
	CORPORACION SUPERIOR	
	NAYE WAYER DELI MAYA	
SECTOR GUAYLMBAMB		
EQUIPAMIENTO ELECTRICO		
CAMARA DE SECCIONAMIENTO		
PROYECTO:	TIPO DE RED: SUBESTACION	VOLTIAJE: 220/112.2kV
FECHA:	PROYECTADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA	REVISADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA
FECHA:	PROYECTADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA	REVISADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA
FECHA:	PROYECTADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA	REVISADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA
FECHA:	PROYECTADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA	REVISADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA
FECHA:	PROYECTADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA	REVISADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA
FECHA:	PROYECTADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA	REVISADO POR: NAYE WAYER DELI MAYA



 EMPRESA ELECTRICA "QUITO" QUITO - ECUADOR	
CORPORACION SUPERIOR NAVE WAWER DE I MVA SECTOR QUITOCARDENAS	
IMPLANTACION Y DISPOSICION MALLA A TIERRA CAMARA DE TRANSFORMACION	
PROYECTO: 001 DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES	TITULO DE RED SUBTERRANEA: VOLTAGE 220/132KV SERVICIO: 220/132KV ESTACION: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV
PROYECTO: 001 DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES	TITULO DE RED SUBTERRANEA: VOLTAGE 220/132KV SERVICIO: 220/132KV ESTACION: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV
PROYECTO: 001 DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES	TITULO DE RED SUBTERRANEA: VOLTAGE 220/132KV SERVICIO: 220/132KV ESTACION: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV
PROYECTO: 001 DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES	TITULO DE RED SUBTERRANEA: VOLTAGE 220/132KV SERVICIO: 220/132KV ESTACION: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV
PROYECTO: 001 DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES DISEÑO: J. LLANES	TITULO DE RED SUBTERRANEA: VOLTAGE 220/132KV SERVICIO: 220/132KV ESTACION: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV DISEÑO: 220/132KV

IMPLANTACION
DISPOSICION DE MALLA A TIERRA
PARA CAMARA DE SECCIONAMIENTO
ESCALA 1:25



 EMPRESA ELÉCTRICA QUITO	EMPRESA ELÉCTRICA "QUITO" QUITO - ECUADOR	
	CORPORACION SUPERIOR NAVE WAWER DEL MVA SECTOR GUAYLMBAY	
FECHA: 11/08/2011 PROYECTO:	IMPLANTACION Y DISPOSICION MALLA A TIERRA CAMARA DE SECCIONAMIENTO	
DISEÑO: J. J. J. J. DIBUJO: J. J. J. J. REVISOR: J. J. J. J.	TITULO DE RED: SUBESTACION VOLTAGE: 22.8/13.2KV	FECHA: 11/08/2011 PROYECTO:
DISEÑO: J. J. J. J. DIBUJO: J. J. J. J. REVISOR: J. J. J. J.	DISEÑO: J. J. J. J. DIBUJO: J. J. J. J. REVISOR: J. J. J. J.	DISEÑO: J. J. J. J. DIBUJO: J. J. J. J. REVISOR: J. J. J. J.
PPLA-10-334	EL QUINICHE (S1)	S10 TARETA: N° 253-011

5.5 Anexo 5

5.5.1 Cálculo malla de puesta a tierra cámara de transformación.

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA

IEEE - 80

Datos del Suelo

ρ			
ρ_s	25	Ohm/m	(resistividad del suelo)
h_s	600	Ohm/m	(resistividad superficial)
	0.5	m	(Profundidad de la capa superficial)

Geometría de la malla

Ver Diagrama

Largo (X):	7	m		Cantidad de varillas:	6	
Ancho (Y):	4	m		Largo:	1.8	m
Área:	28	m^2		Con varillas en las esquinas		
Espacio Vertical (Ey)	2	m	<i>D</i>	LR:	10.8	m
Espacio Horizontal (Ex)	3.5	m				
Conductores verticales:	3					
Conductores Horizontales:	3					
Lc:	33	m (Longitud total de la malla)		Lm:	52.68	m
h:	0.50	m (Profundidad de la malla)		Lt:	43.80	m

Parámetros eléctricos

0.5 ▼

Ts: 0.5 s (Tiempo de duración de la falla)
3I0: 7.11 A (3X I0 Corriente de falla)

[Calcular](#)

Conductor de la malla

Cobre Comercial ▼

Tipo:
Conductividad: 97 % respecto al cobre puro
Factor α : 0.00381 @20°C [1/°C]
K0 a 0°C: 242
Tm: 1084 [°C] (Temperatura de fusión)
pr a 20°C: 1.78 [$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]
TCAP: 3.42 [J/cm³·°C] Capacidad termica

} IEEE 80-2000
Sec 11.3 Tabla 1
Con temperatura de referencia 20°C

Soldada ▼

Tipo de Union:
Temp Max de la Union: 450 °C
Ta: 25 °C (temperatura ambiente)

Akcmil: 0.03 kcmil
Area minima: 0.02 mm²
Diámetro mínimo: 0.0002 mm

Características mínimas del conductor de tierra

2 AWG ▼

Conductor de diseño:
área: 33.63 mm²
diámetro: 0.0065 mm

Factores de paso y toque

K: -0.92 (factor de reflexión)

Cs: 0.92 (factor de reducción)

70 ▼

Peso de la persona: kg

Es: 958.10 V (Voltaje de paso Max, para el peso indicado)

Et: 406.05 V (Voltaje de toque Max)

Resistencia de la malla

Rg: 2.37 Ω (Resistencia de la malla)

Corriente de Malla

IG: 0.01 kA

[Calcular](#)

Incremento de potencial

GPR: 24.64 V (Incremento de potencial en la malla)

Voltaje de malla

Em: 4.55 V (Voltaje de la malla en falla)

Voltaje de paso

Es: 3.76 V

El Diseño cumple con la norma

5.5.2 Cálculo malla de puesta a tierra cámara de seccionamiento.

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA IEEE - 80

Datos del Suelo

ρ			
ρ_s	25	Ohm/m	(resistividad del suelo)
h_s	600	Ohm/m	(resistividad superficial)
	0.5	m	(Profundidad de la capa superficial)

Geometría de la malla

Ver
Diagrama

Largo (X):	8	m	Cantidad de varillas:	6
Ancho (Y):	4.1	m	Largo:	1.8 m
Área:	32.8	m^2	Con varillas en las esquinas	<input type="checkbox"/>
Espacio Vertical (Ey)	2.05	D	LR:	10.8 m

Espacio Horizontal (Ex) **4** m
 Conductores verticales: 3
 Conductores Horizontales: 3
 Lc: 36.3 m (Longitud total de la malla)
 h: **0.50** m (Profundidad de la malla)

Lm: **55.68** m
 Lt: 47.10 m

Parámetros eléctricos

Ts: **0.5** s (Tiempo de duración de la falla)
 3I0: 7.11 A (3XI0 Corriente de falla)

[Calcular](#)

Conductor de la malla

Tipo:
 Conductividad: 97 % respecto al cobre puro
 Factor α_r : 0.00381 @20°C [1/°C]
 K0 a 0°C: 242
 Tm: 1084 [°C] (Temperatura de fusión)
 ρ_r a 20°C: 1.78 [$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]
 TCAP: 3.42 [J/cm³·°C] Capacidad termica

 Tipo de Union:
 Temp Max de la Union: 450 °C
 Ta: **25** °C (temperatura ambiente)

IEEE 80-2000
Sec 11.3 Tabla 1
Con temperatura de referencia 20° C

Características mínimas del conductor de tierra

Akcmil:	0.03	kcmil
Area mínima:	0.02	mm ²
Diámetro mínimo:	0.0002	mm

2 AWG ▼

Conductor de diseño:

área:	33.63	mm ²
diámetro:	0.0065	mm

Factores de paso y toque

K:	-0.92	(factor de reflexión)
Cs:	0.92	(factor de reducción)

70 ▼

Peso de la persona:		kg
ES:	958.10	V (Voltaje de paso Max, para el peso indicado)
Et:	406.05	V (Voltaje de toque Max)

Resistencia de la malla

Rg:	2.21	Ω (Resistencia de la malla)
-----	------	-----------------------------

Corriente de Malla

IG:	0.01	kA
-----	------	----

[Calcular](#)

Incremento de potencial

GPR:	22.97	V (Incremento de potencial en la malla)
------	-------	---

Voltaje de malla

Em: 4.49 V (Voltaje de la malla en falla)

Voltaje de paso

Es: 3.39 V

El Diseño cumple con la norma

5.6 Anexo 6

5.6.1 Presupuesto referencial

PRESUPUESTO REFERENCIAL								
ITEM	UNI.	CONCEPTO	CANT.	C. UNIT	COSTO MANO DE OBRA	COSTO SUBTOTAL	COSTO TOTAL	
1		EQUIPO ELECTRICO					\$	174,918.76
	unid	Transformador Trifásico Tipo Convencional de media potencia, 1000 kVA, M.V: 22,8/13,2 kV B.V: 440/254 V, TAP: +1 a -3x2.5%.	1	7,600.00	1520.00	9120.00		
	unid	SECCIONADOR FSBLE.ABIERTO, 27KV-100A, ABB	3	123.00	73.80	442.80		
	unid	CELDA DE MEDIO VOLTAJE PARA SECCIONAMIENTO PRINCIPAL, AISLAMIENTO EN SF6, 630A, 27kV, 150kVBIL	1	7,200.00	1440.00	8640.00		
	unid	CELDA DE MEDIO VOLTAJE PORTA CABLES O DE REMONTE. 27kV, 630A, 150kVBIL	2	1,380.00	552.00	3312.00		
	unid	CELDA DE MEDIO VOLTAJE, PARA PROTECCION CON RELE, AISLAMIENTO EN SF6, 630A, 27kV, 150kVBIL	6	13,800.00	16560.00	99360.00		
	unid	CELDA DE MEDICION EN MV: TRANSFORMADOR COMBINADO PARA MEDICION, RANGO EXTENDIDO, CONFORMADO POR: 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 200 / 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 15VA, 60Hz, BIL 150kV 3 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV	1	12,960.00	2592.00	15552.00		
	unid	CELDA DE MEDICION EN MV: TRANSFORMADOR COMBINADO PARA MEDICION, RANGO EXTENDIDO, CONFORMADO POR: 3 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 50/ 5A, CLASE 0.2s, BURDEN 15VA, 60Hz, BIL 150kV 3 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 13200/120V, CLASE 0.2, 50VA ; BIL 150kV	2	11,760.00	4704.00	28224.00		
	unid	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR REGULABLE DE 3Px1250A - 1600, TIPO CAJA MOLDEADA	1	2,234.44	446.89	2681.32		
	unid	PUNTA TERMINAL ,AT. INTERIOR 25 KV, PARA CALIBRE 4/0AWG	3	131.20	78.72	472.32		
	unid	PUNTA TERMINAL,AT.INTERIOR 25 KV, 3M QTIII	42	131.20	1102.08	6612.48		
	unid	PUNTA TERMINAL ,AT. EXTERIOR 25 KV, PARA CALIBRE 4/0AWG	3	139.40	83.64	501.84		

2	CONDUCTORES Y TERMINALES						\$ 48,300.17
	m	COND. CABLEADO, DESNUDO, CU SEMIDURO,NO. 2 AWG	78	3.55	55.38	332.28	
	m	COND. CABLEADO, DESNUDO, CU SEMIDURO,NO. 1/0 AW	943	6.04	1139.14	6834.86	
	m	COND. CABLEADO, DESNUDO, CU SEMIDURO,NO. 2/0 AW	80	7.50	120.00	720.00	
	m	COND. CABLEADO, DESNUDO, CU SEMIDURO,NO. 4/0 AW	31	11.63	72.11	432.64	
	m	COND APANTALLADO TIPO XLPE, 25 KV, 4/0 AWG, COBRE	93	19.93	370.70	2224.19	
	m	COND APANTALLADO TIPO XLPE, 25 KV, 1/0 AWG, ALUMINIO	2821	6.59	3718.08	22308.47	
	m	COND. CBL.,CU,AISLAM. 2000V, 500 MCM, TIPO TTU	400	30.46	2436.80	14620.80	
	m	MULTICONDUCTOR PARA SEÑALES DE VOLTAJE Y CORRIENTE 7x18 AWG	30	4.07	24.42	146.52	
	unid	TERMINALES DE COMPRESION CU 500 MCM, SC240-16L	32	9.64	61.70	370.18	
	unid	TERMINALES DE COMPRESION CU 4/0, SC120-12L	10	4.28	8.56	51.36	
	unid	TERMINALES DE COMPRESION CU 1/0, SC70-8L	153	1.41	43.15	258.88	
3	HERRAJES						\$ 77.59
	unid	CRUCETA "L" 75X75X6.3 MM Y 2.00 M (MV2)	1	37.81	7.56	45.37	
	unid	PERNO MAQUINA 15 MM DIAM, 5 CM LONG COMPLETO	1	0.71	0.14	0.85	
	unid	PERNO U, 15 mm, 72 cm LONG(5/8"x28")	1	5.80	1.16	6.96	
	unid	PIE AMIGO L, (38x38x6,3mm) 1 1/2x1 1/2x1/4", 80 cm, long.	1	9.73	1.95	11.68	
	unid	ABRAZADERA DE 3 PERNOS 6.3 MM	1	4.70	0.94	5.64	
	unid	JUEGO DE FLEJES	1	5.91	1.18	7.09	
4	ACCESORIOS						\$ 4,911.88
	unid	CONECTOR RANS. PLAS. AL/CU 8-2/0 6-4/0 AWG GRANDE, EEQ	2	5.17	2.07	12.41	
	unid	CINTA AISLANTE SEMICONDUCTORA ,13M, 3M	5	22.14	22.14	132.84	
	unid	CINTA AISLANTE DE AT ,23M AUTOFUNDENTE	100	13.53	270.60	1623.60	
	unid	CINTA ELECTRICA PARA BAJA TENSION ,SUPER 33 + 3M	180	6.64	239.04	1434.24	

	unid	CINTA ELECTRICA, P TIERRA 25, 3M, (1/2"X15FT), 3M	10	77.49	154.98	929.88	
	unid	TUBO POSTE 4", GALVANIZADO, 6 METROS	1	62.78	12.56	75.34	
	unid	GABINETE 80X60X30 CON TRATAMIENTO ANTICORROSIVO	1	158.47	31.69	190.16	
	unid	BARRA DE COBRE 3.00M 1/4"X1 1/2" 600A	2	213.92	85.57	513.41	
5	OBRA CIVIL						\$ 79,681.97
	unid	POZOS DE REVISIÓN DE MEDIO VOLTAJE TIPO C, DIMENSIONES 120x120x120cm, CON TAPA CIRCULAR DE HIERRO FUNDIDO Y LOZA DE 20cm	7	704.10	985.74	5914.44	
	unid	POZOS DE REVISIÓN DE MEDIO VOLTAJE TIPO C, DIMENSIONES 120x120x120cm, CON TAPA DE HORMIGON	17	591.00	2009.40	12056.40	
	unid	POZOS DE REVISIÓN DE MEDIO VOLTAJE TIPO C, DIMENSIONES 120x120x120cm, CON TAPA DE HORMIGON, CON PLINTOS DE 2m DE ALTURA TOTAL	4	648.80	519.04	3114.24	
	unid	COLUMNAS DE 1.5m PARA SUJECION DE TUBERIA PVC EN TALUD	4	273.69	218.95	1313.73	
	unid	CANAL DE HORMIGON DE 50x50 cm CON SOPORTES PARA FIJACIÓN DE CABLES DE MEDIO VOLTAJE, CON PUERTAS DE REVISIÓN CADA 4 METROS.	1	6,166.67	1233.33	7400.00	
	unid	TUBO PVC 4" 110MMX6M	293	20.10	1177.86	7067.16	
	m ²	CAMARA DE SECCIONAMIENTO DE DIMENSIONES INTERNAS LIBRES, LARGO 9m, ANCHO 5,1m, Y ALTURA 4m. ESTARA A NIVEL 1,40m Y SU FACHADA FRONTAL ESTARÁ UBICADA FRENTE A LA VÍA ANTIGUA AL QUINCHE, PARA LO CUAL SE REALIZARÁ UN MURO DE CIMENTACIÓN PARA PODER REALIZAR EL RELLENO Y COMPANTACIÓN DEL SUELO ANTES DE REALIZAR EL CONTRAPISO.	95.33	200.00	3813.33	22880.00	
	m ²	CAMARA DE TRANSFORMACION DE DIMENSIONES INTERNAS LIBRES, LARGO 7m, ANCHO 5,4m, Y ALTURA 4m.	83.07	200.00	3322.67	19936.00	
6	PUESTA A TIERRA						\$ 4,215.97
	unid	VARILLA COPPERWELD 5/8"X6(180cmx15mm) ALTA CAMADA	12	10.33	24.79	148.75	
	unid	ECUA-GEM (MEJORADOR DE TIERRAS) 25 LBS	72	22.00	316.80	1900.80	
	unid	SUELDA EXOTERMICA 115, THERMOWELD	44	5.47	1148.14	1388.82	

	m³	RECONFORMACION DE SUELO SUSTITUCION DE MATERIAL POR TIERRA NEGRA DE BAJA RESISTENCIA.	90	7.20	129.60	777.60	
7	INGENIERIA DE DISEÑO						\$ 6,242.13
		Dirección técnica y responsabilidad	1	4681.60			
		Planos ASBUIT	1	1560.53			
COSTOS GLOBALES							
					SUBTOTAL	SUBTOTAL	\$ 318,348.46
					12% IVA	IVA12%	\$ 38,201.82
					DSCTO	DSCTO	
					TOTAL	TOTAL	\$ 356,550.28