

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSION DE  
22.9 KV COMO FACTOR DE RENTABILIDAD; CASO: HOTEL  
ORQUIDEAS.”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**QUISPE HUAMANI, JOSE ANTONIO**

**Villa El Salvador**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme y ayudarme a ser una persona de bien.

A mi gran familia, por su gran apoyo moral y material, siempre me apoyaron en cada instante de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A los Docentes de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur por compartirnos sus conocimientos y experiencias cada día en las aulas de clase con el objetivo de contribuir en mi formación profesionalmente.

A mi familia que siempre me apoyaron con sus consejos y apoyo moral me ayudaron en mi proceso para ser el profesional y la persona que soy ahora.

A la empresa AYA EDIFICACIONES S.A.C por permitirme poner en práctica los conocimientos adquiridos en mi formación profesional.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
INTRODUCCIÓN .....	ix
CAPITULO I .....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	10
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	10
1.2.1 Técnica. ....	10
1.2.2 Económica.....	10
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	11
1.3.1 Teórica.....	11
1.3.2 Temporal.....	11
1.3.3 Espacial. ....	11
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.4.1 Problema General.....	11
1.4.2 Problemas Específicos .....	11
1.5 OBJETIVOS .....	12
1.5.1 Objetivo General.....	12
1.5.2 Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO II .....	13
MARCO TEÓRICO .....	13
2.1 ANTECEDENTES .....	13
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	13
2.1.2 Antecedentes nacionales .....	15

2.2 BASES TEÓRICAS .....	17
2.2.1 Redes eléctricas de distribución .....	17
2.2.2 Interruptor de hexafluoruro de azufre (SF6). .....	17
2.2.3 Tensión utilizada en el sistema eléctrico de media tensión .....	18
2.2.4. Transformadores .....	18
2.2.4.1 Partes de un transformador .....	19
2.2.4.2 Principio de funcionamiento .....	19
2.2.5. Sistema de puesta a tierra.....	20
2.2.5.1 Partes de un sistema puesta a tierra .....	20
2.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	21
CAPÍTULO III .....	23
DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL .....	23
3.1 MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO.....	23
3.1.1. Generalidades .....	23
3.1.2. Ubicación.....	23
3.1.3. Subestación.....	23
3.1.4. Sistema de puesta a tierra subestación.....	24
3.1.5. Suministro de energía eléctrica .....	24
3.1.6. Características básicas de la red primarias .....	24
3.1.7. Máxima demanda .....	25
3.1.8. Cálculos justificativos .....	26
3.1.8.1. Cálculo de la sección mínima del conductor subterráneo .....	26
3.1.8.2 Calculo de corriente de carga del cable subterráneo. ....	28
3.1.8.3. Cálculos de caída de tensión .....	34
3.1.8.4. Cálculos de corriente de cortocircuito en el sistema .....	35
3.1.8.5. Cálculo por corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable ( $I_{km}$ ) .....	36

3.1.8.6. Cálculo de protección de la S.E. proyectada .....	37
3.1.8.6.1. Cálculo de la potencia y corriente de corto circuito de la subestación. ....	37
3.1.8.6.2 Cálculo de la ventilación.....	40
3.1.8.6.3. Cálculo de resistencia de puesta a tierra.....	41
3.1.9. Especificaciones técnicas de materiales .....	41
3.1.9.1. Conjunto de celdas modulares con aislamiento integral en SF6, 24 kV, 630 a, 20 kA. ....	41
3.1.9.2. Transformador de distribución tipo seco encapsulado en resina epoxi.....	44
3.1.9.3 Cable subterráneo .....	47
3.1.9.4. Pozo de puesta a tierra.....	48
3.1.10. Presupuesto del diseño de sistema de utilización. ....	49
3.2 RESULTADOS .....	52
3.2.1. Inversión.....	52
3.2.2. Análisis tarifario máximo del servicio público de electricidad .....	52
3.2.3. Importe del consumo en baja tensión.....	53
3.2.4. Simulación de costo en tarifa de baja tensión. ....	54
3.2.5. Simulación de costo en tarifa de media tensión .....	55
3.2.6. Rentabilidad del proyecto .....	55
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES .....	59
BIBLIOGRAFÍA .....	60
ANEXOS .....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de un transformador .....	19
Figura 2. Funcionamiento del transformador.....	19
Figura 3. Puesta a tierra con conducción enterrada (conductor o electrodo en anillo).....	20
Figura 4. Detalle de instalación cable subterráneo .....	32
Figura 5. Esquema de instalación del sistema de utilización 22.9 kV.....	37
Figura 6. Conjunto de celdas modulares con aislamiento integral en SF6, 24 kV, 630 a, 20 kA.....	44
Figura 7. Transformador de distribución tipo seco encapsulado en resina epoxi.....	47

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de carga del Hotel Orquídeas .....	25
Tabla 2. Factores de corrección relativos a la temperatura del suelo. ....	29
Tabla 3. Resistividad térmica del suelo en °C cm/w según composición y grado de humedad .....	29
Tabla 4. Factores de corrección de la capacidad de corriente relativos a la resistividad térmica del suelo (°C cm/W), para cables unipolares con aislamiento termoplástico. ....	30
Tabla 5. Factores de corrección de la capacidad de corriente relativos a la profundidad de tendido. ....	30
Tabla 6. Factores de corrección de la capacidad de corriente relativos al tendido en ductos.....	31
Tabla 7. Parámetros eléctricos del conductor N2XSY 18/30 kV.....	34
Tabla 8. Presupuesto de la mano de obra. ....	49
Tabla 9. Presupuesto de materiales.....	50
Tabla 10. Pliego tarifario MT3 del servicio público de electricidad .....	52
Tabla 11. Pliego tarifario BT4 del servicio público de electricidad.....	53
Tabla 12. Importe del consumo de baja tensión BT4 .....	54
Tabla 13. Simulación de costo en tarifa BT4.....	54
Tabla 14. Simulación de costo en tarifa MT3 .....	55
Tabla 15. Recuperación de la inversión año 2020 .....	56
Tabla 16. Recuperación de la inversión año 2021 .....	56
Tabla 17. Análisis del VAN y TIR .....	57

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva como título “DISEÑO DE SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN DE 22.9 kV COMO FACTOR DE RENTABILIDAD; CASO: HOTEL ORQUÍDEAS” para optar el título de ingeniero Mecánico Electricista por el alumno. QUISPE HUAMANI JOSE ANTONIO.

La red de media tensión particular proyectada comprenderá su inicio desde el Punto de Diseño proyectado por luz del sur S.A.A. ubicado en calle orquídeas, donde se encuentra el punto de medición subterránea hasta llegar a la subestación particular, dicha red comprende de un sistema trifásico, de tres hilos, tensión nominal de 22.9 kV, frecuencia de 60 Hz. La construcción y el diseño de la red de media tensión primaria será tipo subterránea.

Para ello el diseño eléctrico se desarrolló cumpliendo las normas vigentes como el código nacional de electricidad, ley de concesiones eléctricas D.L.N° 25844, entre otros. Para el presente proyecto se realizó los cálculos justificativos, las especificaciones técnicas de los materiales y equipos utilizados como el montaje de celdas de media tensión, transformador de potencia, tendido del conductor tipo subterráneo. A su vez debe cumplir la regulación de tensión según el código nacional de electricidad. El presente proyecto de Investigación se evalúa y analiza los cálculos de cortocircuitos ante una falla eléctrica y la buena selectividad de los equipos de protección para el transformador.

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El proyecto surge con la necesidad de elaborar el recorrido de la acometida subterránea de media tensión y la selección del equipamiento que conforma el sistema de utilización, se requiere realizar el diseño del suministro eléctrico para abastecimiento del Hotel Orquídeas. Por tal motivo, el propósito de esta tesis es diseñar el sistema de utilización en media tensión a nivel de 22.9 kV y acometida a subestación tipo convencional. Seleccionando cada componente de la subestación analizando a futuro para un aumento de carga, también analizando el costo y presupuesto de la ejecución del mismo. Con la finalidad de que el diseño realizado de manera simplificada y eficiente cumpla con estándares de calidad en base a normas exigidas por la concesionaria.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1 Técnica.**

Este estudio servirá como previo sustento técnico para luego proceder con la elaboración de un expediente técnico, el cual será presentado ante la concesionaria luz del sur, que es la entidad suministradora de energía eléctrica en la zona sur, dicha Concesionaria dará aprobación, inicio de obra, pruebas eléctricas y conexión del sistema de utilización que se expone en la presente.

#### **1.2.2 Económica.**

El diseño del sistema de utilización ha surgido como necesidad de aportar una solución para satisfacer la demanda de energía que necesita el nuevo Hotel Orquídeas, considerando como factor de rentabilidad a nivel de costo de ejecución y consumo energía.

## **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.3.1 Teórica.**

El presente diseño de sistema utilización tipo subterráneo, selección del equipamiento de la subestación tipo convencional tomando en cuenta las consideraciones normativas de la red de media tensión.

### **1.3.2 Temporal.**

Comprende el periodo de aprobación del proyecto: octubre de 2019 a diciembre de 2019

### **1.3.3 Espacial.**

El proyecto se estará ubicado en Calle Las Orquídeas, distrito de San Isidro, departamento Lima.

## **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 Problema General**

¿Cómo el sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV permite mejorar el factor de rentabilidad del Hotel Orquídeas?

### **1.4.2 Problemas Específicos**

¿Cómo la selección del cable subterráneo del sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV permite mejorar el factor de rentabilidad del Hotel Orquídeas?

¿Cómo la selección del transformador y la celda del sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV permiten mejorar el factor de rentabilidad del Hotel Orquídeas?

¿Cómo la selección del sistema puesta a tierra del sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV permite mejorar el factor de rentabilidad del Hotel Orquídeas?

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

Determinar el sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV para mejorar el factor de rentabilidad del Hotel Orquídeas.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

Determinar la selección del cable subterráneo del sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV para mejorar el factor de rentabilidad del Hotel Orquídeas.

Determinar el transformador y la celda del sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV para mejorar el factor de rentabilidad del Hotel Orquídeas.

Determinar la selección del sistema de puesta a tierra para el sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV para mejorar el factor de rentabilidad del Hotel Orquídeas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

**Carrión y Vicente. (2017)**, “Diseño de la red subterránea de media y baja tensión, centros de transformación y alumbrado público del sector sur de la Av. Pio Jaramillo Alvarado de la ciudad de Loja” – ECUADOR.

Resumen: El presente proyecto consiste en realizar el diseño para el soterramiento del servicio eléctrico de media tensión, baja tensión y alumbrado público del sector sur de la Av. Pio. J. Alvarado (entre Av. Benjamín Carrión y Av. Reinaldo Espinosa), considerando las normas locales, nacionales y/o internacionales vigentes para las distintas etapas del diseño, así también, haciendo uso de bibliografía y metodologías referentes a cada campo de diseño del presente proyecto. Para el análisis de costos presentado en esta investigación se consultaron los precios de los equipos y materiales que conforman el proyecto en el mercado local, nacional e internacional, luego se elaboró el análisis de precios unitarios. El proyecto implica cerca de 3.7 km de conductor para media tensión 7.96/13.8 kV, 6.5 km de conductor para baja tensión 127/220 V, 4.7 km de conductor para alumbrado público 127/220 V, 5.3 km de zanjas, cerca de 250 pozos subterráneos, 116 postes metálicos con su respectiva luminaria led y 6 cámaras de transformación subterránea, para satisfacer la demanda eléctrica de alrededor de 540 usuarios; la inversión total del proyecto se aproxima a USD \$ 2.5 millones, y finalmente se determina si la ejecución del proyecto es económicamente rentable mediante el uso de indicadores financieros como el VAN y el TIR.

**González H. (2015), DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN 13.8 kV DEL PARQUE INDUSTRIAL “EL HUASTECO” LOCALIZADO EN ALTAMIRA, TAMAULIPAS. – MÉXICO.**

Resumen: Se diseñó la red de distribución en 13.8 kV en el parque industrial “EL HUASTECO” localizado en el puerto industrial de Altamira estado de Tamaulipas, en base a las normatividades vigentes en la república mexicana, como son la norma de distribución construcción de sistemas subterráneos diseño, proyecto, construcción y especificaciones en baja y media tensión. Para elaborar este diseño se estudiaron los arreglos de las redes de distribución analizando sus ventajas y desventajas al momento de presentarse una falla, una vez de haber analizado los tipos de arreglos se calcularon los parámetros de operación como son impedancia, regulación de tensión, sobre cargas y cortocircuito y de instalación como son tensión de jalado y radios mínimos de curvatura los cuales permitieron diseñar una red de distribución confiable permitiendo tener posibilidad de un aumento carga futura

Además de los parámetros de operación e instalación que permitieron seleccionar los equipos, accesorios y cable de energía con clase 15 kV necesarios para un óptimo funcionamiento. Teniendo lo anterior se seleccionaron los registros de media tensión y los bancos de ductos que componen la obra civil.

Con lo anterior se elaboró un presupuesto estimado de la red de distribución basada en la estructura de los precios unitarios. La red de distribución se diseñó con un arreglo en operación en anillo con punto abierto con tensión de operación en 13.8 kV, se compone de 4 circuitos en 200 A formando así 2 anillos, estos son alimentado por 2 circuitos troncales o primarios en 600 A. En el diseño se contempló la preparación para la conexión de cada usuario por cada lote industrial por medio de cajas derivadores ubicadas en el límite de cada predio.

### 2.1.2 Antecedentes nacionales

**Bravo R. (2018)**, “Diseño del Sistema de Utilización en Media Tensión a Nivel de 22.9 kV y Subestación Tipo Caseta de 1000 kVA para la Empresa Congelados Gutiérrez”. Concluye: La empresa implementara una planta industrial productora de hielo en bloques, por lo tanto, debido a la magnitud del proyecto de expansión y sus equipos que lo conforman, necesitara el diseño de un sistema de utilización en media tensión a nivel de 22.9 kV y subestación eléctrica tipo caseta de 1000 kVA de potencia con protección mediante interruptor automático en gas SF6. En la presente tesis se detalla el diseño del sistema de utilización que comprende la acometida área mediante cable CAAPI de 35mm<sup>2</sup> soportados en postes C.A.C de 13/400 con la respectiva ferretería eléctrica (aisladores PIN, aisladores suspensión, seccionadores cut out, etc.), desde el punto de diseño como toma de energía hasta la fachada del predio donde se ubica el PMI (sistema de medición) y acometida subterránea mediante cable N2XSY de 35mm<sup>2</sup> con terminaciones Termo contraíble desde el PMI hasta la subestación tipo caseta. La Subestación está conformada por un transformador de potencia de 1000 kVA 22.9/0.4 – 0.23 kV marca Epli y celdas de seccionamiento SM6 DM1-A con celda de remonte GAM-2 para entrada de cable Subterráneo, estas de marca Schneider Electric. Cabe mencionar que el cálculo justificativo, dimensionamiento y montaje de los equipos compuestos por la subestación tipo caseta y sus componentes, como también de la acometida área y subterránea fueron realizados de acuerdo a los requerimientos vigentes del CNE (Código Nacional Eléctrico) y norma DGE dispuestos por el Ministerio de Energía y Minas. Determinado el dimensionamiento del sistema de utilización, se elaboraron planos de diseño que detallan el montaje de la acometida aérea y subterránea como también los equipos y/o componentes de la subestación tipo caseta, los cuales, tenemos planimetría y ubicación de estructuras, armados de derivación y alineamiento, armado PMI, unidades a tierra, plano de montaje electromecánico, planos civiles de subestación, diagrama unifilar y señalización eléctrica. Por último, se detalla las especificaciones técnicas

de equipos y montaje electromecánico como guía para la ejecución del sistema de utilización para garantizar la calidad, eficacia y seguridad de las instalaciones. Palabras Clave: utilización, subestación, interruptor, transformador.

**Simbaña C. (2018).** “Diseño de una estación de bombeo de agua de riego con su respectivo sistema de utilización 22.9 Kv, 3 $\phi$ , para el sector mallaritos, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana, departamento de Piura”. La finalidad del diseño es realizar una estación de bombeo mediante electrobombas, para beneficiar a los socios de la cooperativa pequeños propietarios de banano orgánico S.A del caserío de mallaritos, distrito de marcavelica, que actualmente cuentan con 85 hectáreas de cultivo de banano; el diseño tiene la finalidad de minimizar el costo de regado de los cultivos, debido a que el regado lo realizan mediante bomba accionada por un grupo electrógeno que funciona con combustible. Se ha diseñado, la parte hidráulica, eléctrica, control y potencia; se determinaron los requerimientos y los procesos técnicos que involucran este diseño. Se analizó físicamente la forma del regadío, el tiempo y el costo que les genera regar actualmente sus cultivos con una bomba que es accionada por un grupo electrógeno. Se analizó físicamente el material de trabajo, realizando un levantamiento topográfico de la zona donde se ha proyectado el diseño de la caseta de bombeo, se tomaron nivel del terreno, niveles del agua del canal, entre otros; por lo que se seleccionaron y diseñaron los diferentes mecanismos de acuerdo a estos requerimientos, logrando que este sistema de bombeo cuente con la capacidad de caudal para que riegue eficientemente los cultivos. Del resultado de la tesis, se tiene que la caseta de bombeo estará constituida por un sistema: hidráulico, eléctrico, control y potencia de 38.00 kW. Finalmente, se realizó el presupuesto económico del posible suministro y montaje electromecánico de la caseta de bombeo, teniendo un costo de S/. 657,223.63 incluido IGV; de lo cual se concluye que el costo proyectado en el tiempo sería rentable, comparado al costo de regar los cultivos con bomba accionada mediante un grupo electrógeno.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

**2.2.1 Redes eléctricas de distribución.** Juárez (1995) afirma que las redes de distribución son importantes en los sistemas de potencia porque toda la potencia que se genera se tiene que distribuir entre los usuarios y éstos se encuentran dispersos en grandes territorios. Así pues, la generación se realiza en plantas de gran capacidad y la distribución en grandes territorios con cargas de diversas magnitudes. Por esta razón el sistema de distribución resulta todavía más complejo que el sistema de potencia. El sistema eléctrico de potencia (SEP) es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución que operan como un todo. En operación normal todas las máquinas del sistema operan en paralelo y la frecuencia en todo el SEP es constante. Los elementos de un sistema de distribución son subestación principal de potencia, sistema de subtransmisión, subestación de distribución, alimentador primario, transformador de distribución, secundarios y servicios. (p.11)

**2.2.2 Interruptor de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).** Trashorras (2015), en sus investigaciones indica que el interruptor de hexafluoruro de azufre tiene excelentes propiedades aislantes y de extinción del arco. Las características de este gas son: inerte, no tóxico, inodoro, extremadamente estable, alta rigidez dieléctrica, conductividad térmica elevada, gran capacidad térmica y pequeña constante de tiempo de arco. Los productos de descomposición del arco son buenos aislantes. Los principios de extinción del arco son: soplador; en la posición cerrada pasa la corriente sobre los contactos y todo el volumen del polo está sujeto a la misma presión. El pre compresión del SF<sub>6</sub> gaseoso comienza con la operación de apertura. En el instante de separación de los contactos de arqueo se alcanza la presión que se requiere para extinguir el arco. Autosoplado; en el supuesto de corriente alta, la energía del arco calienta el gas y da lugar a una elevación de presión en el volumen de calentamiento. Esta presión enfría luego el arco. En el caso de corriente baja, un soplador auxiliar genera suficiente presión para la interrupción. (p.166)

### **2.2.3 Tensión utilizada en el sistema eléctrico de media tensión.**

Código nacional de electricidad (2011) afirma que el rango de media tensión es desde 1 Kv hasta 33 kV.

**2.2.4. Transformadores.** Baselga (2017) afirma: El transformador es una máquina estática (sin partes móviles) de corriente alterna que transforma una señal alterna en otra señal alterna de distinta tensión o intensidad. El transformador es una de las máquinas eléctricas más utilizadas, está presente en todo el sistema eléctrico, desde la generación hasta los receptores. Sus principales ventajas son su alto rendimiento y su reversibilidad, pudiendo funcionar en los dos sentidos, elevando o reduciendo la tensión de entrada. Según se necesite. Se emplean en el transporte y distribución de energía eléctrica para adaptar los niveles de tensión a los valores adecuados a cada parte de la red eléctrica. Permiten la conversión de la energía en alta tensión (AT) para el transporte de electricidad a grandes distancias con pérdidas reducidas, y su posterior conversión a baja tensión (BT) para poder ser utilizada por los consumidores. También se utilizan para reducir la tensión en fuentes de alimentación de equipos electrónicos, como los acopladores de impedancias en sistemas de audio, para generar alto voltaje, como dispositivo de protección contra contactos indirectos mediante aislamiento y muy baja tensión, etc. No hay conexión eléctrica entre la bobina de entrada y la salida de un transformador. La interacción entre ambas se produce a través de un campo magnético variable. Esta característica permite usar el transformador como elemento de protección, aislando las partes de baja tensión de las partes en alta tensión. (p.183)

**2.2.4.1 Partes de un transformador.** Baselga (2017) indica que un transformador está constituido básicamente descrito por la figura 1.

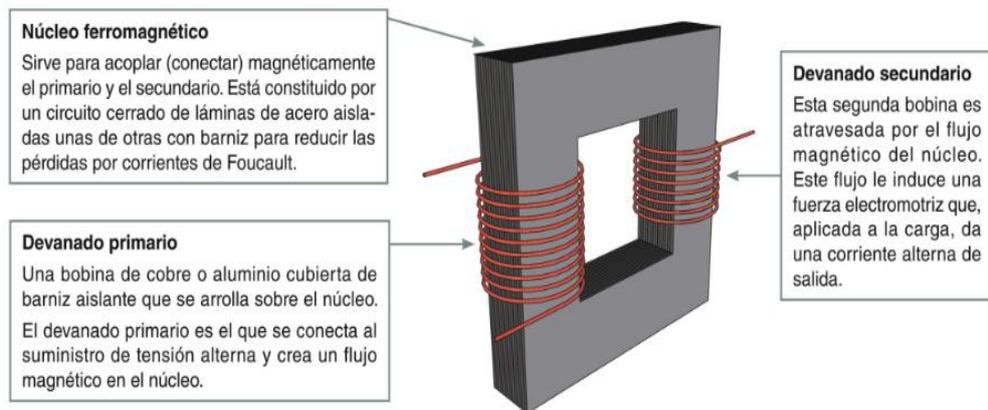


Figura 1. Partes de un transformador

Fuente. Baselga (2017)

**2.2.4.2 Principio de funcionamiento.** Baselga (2017) básicamente nos indica que un transformador hace una doble conversión de energía, transforma la energía eléctrica alterna aplicada en el bobinado primario en energía magnética y a su vez, en el secundario convierte esa energía magnética que circula por el núcleo en energía eléctrica, observamos el funcionamiento en la siguiente figura 2.

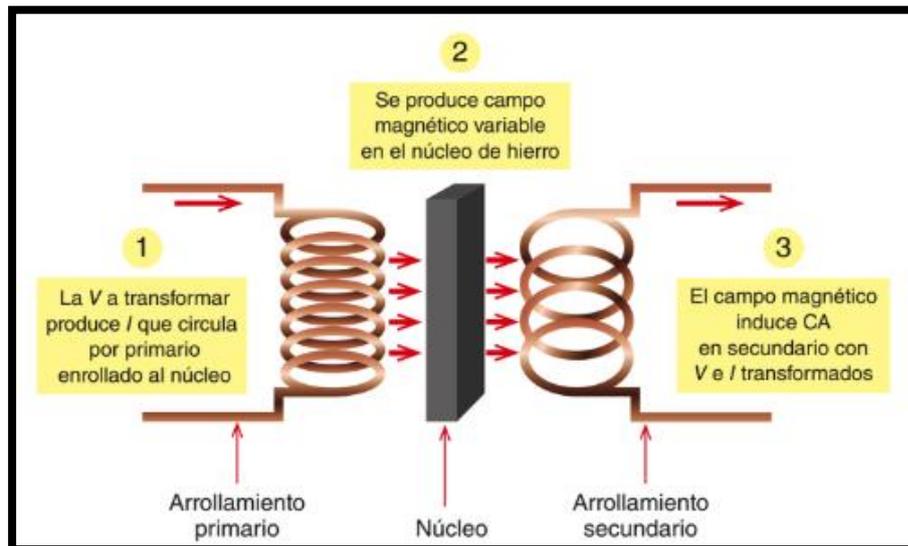


Figura 2. Funcionamiento del transformador

Fuente. Baselga (2017)

**2.2.5. Sistema de puesta a tierra.** Mujal (2000) afirma que el reglamento eléctrico de baja tensión (REBT) sobre puesta a tierra es. “la de denominación puesta a tierra comprende toda la ligación metálica directa, sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objetivo de conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que el mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falla o de las descargas de origen atmosférico”. El sistema de protección tiene como finalidad de impedir que se produzcan tensiones o diferencias de potencial, mediante la colocación de conductores paralelos a los conductores de fase, capaces de enviar a tierra cualquier corriente de fuga, de derivación, o las debidas a descargas atmosféricas. (p.202)

**2.2.5.1 Partes de un sistema puesta a tierra.** Mujal (2000) indica que la puesta a tierra en la parte exterior está conformada por las derivaciones de la línea principal de tierra y conductores de protección que constan de los elementos mostrados en la figura 3.

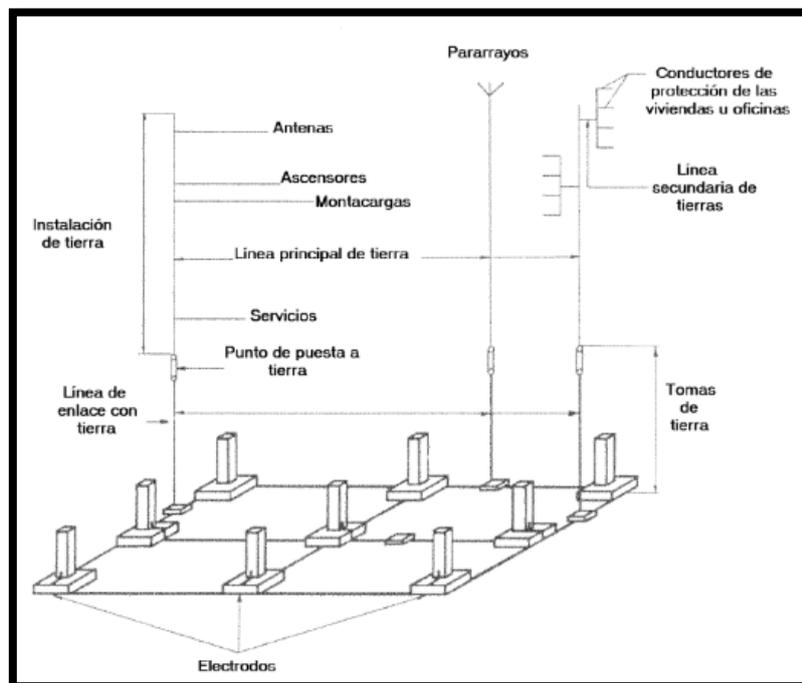


Figura 3. Puesta a tierra con conducción enterrada (conductor o electrodo en anillo)

Fuente. Mujal (2000)

## 2.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

Código nacional de electricidad suministro (2011) define:

**Aislador.** Es un tipo de material diseñado para soportar físicamente un conductor y aislarlo eléctricamente de otros conductores o materiales.

**Cable subterráneo.** Es un conjunto de conductores con una o más cubiertas que están aislados entre sí, que están directamente enterrados.

**Conductor.** Es un tipo de material capaz de conducir la corriente eléctrica.

**Capacidad de corriente.** Es cuando el conductor tiene la capacidad de conducir corriente bajo condiciones térmicas expresadas en amperes.

**Conductor neutro.** Proporcionar un camino de retorno de la corriente hacia la fuente y se diferencia con el conductor de fase.

**Conductor de puesta a tierra.** Conductor utilizado para conectar el equipo o sistema de cableado a uno o a varios electrodos de puesta a tierra.

**Conductores terminales.** Son accesorios instalados que permiten la conexión segura en los extremos de los conductores con los demás elementos que conforman un circuito eléctrico, para las condiciones preestablecidas, incluyendo las sobre intensidades.

**Punto de diseño.** Es el punto en el cual se inicia el proyecto del sistema de distribución o de utilización en media tensión, en el cual es asignado por el concesionario.

**Punto de entrega.** Es el empalme que se realiza en las instalaciones de la propiedad del usuario con las instalaciones del concesionario a ello se le considera como punto de entrega.

**Subsistema de distribución primaria.** Están comprendidas con un nivel de tensión desde 1 kV hasta 30 kV pueden ser redes y subestaciones.

**Sistema de utilización en media tensión.** Está constituido por el conjunto de instalaciones eléctricas de media tensión, comprendida del punto de entrega hasta los bornes de baja tensión del transformador, destinado a suministrar energía eléctrica a un predio.

**Suministro eléctrico.** Es el abastecimiento que el concesionario brinda al usuario dentro del régimen establecido por la ley de concesiones eléctricas y su reglamento.

**Usuario.** Es la persona natural que tiene la capacidad de hacer uso legal del suministro eléctrico correspondiente; es el responsable de cumplir con las obligaciones técnicas y económicas que se derivan de la utilización de la electricidad.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

#### 3.1 MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO

##### 3.1.1. Generalidades

La red de media tensión particular proyectada comprenderá su inicio desde el punto de diseño proyectado por luz del sur S.A.A. ubicado en Calle orquídeas, donde se encuentra el punto de medición subterránea hasta llegar a la subestación particular ubicada en el sótano 2 de la propiedad, dicha red comprende de un sistema trifásico, de tres hilos, tensión nominal de 22.9 kV, frecuencia de 60 Hz.

La red será subterránea cable tipo N2XSJ de 50 mm<sup>2</sup> de 18/30 kV directamente enterrado hasta el ingreso del predio y posteriormente en bandeja como se describe en los planos presentados.

##### 3.1.2. Ubicación

Este proyecto está ubicado en la calle. Las orquídeas 505-527 esq. armador merino Reyna 320 urb. Jardín, distrito de san isidro. La trayectoria del punto de diseño se indica en el Anexo 7.

##### 3.1.3. Subestación

La subestación proyectada de tipo convencional ubicada en el sótano 02 del edificio, estará conformada por lo siguiente:

- 01 Celdas remonte de cables
- 01 Celda modular de aislamiento integral con función de línea
- 01 Celda modular de aislamiento integral con función de línea-protección de pararrayos.
- 01 Cabinas de Transformación equipada con un (01) transformador trifásico de 1000 KVA, con relación de transformación de 22.9/0.38kV.

La tensión de 220V se obtendrá mediante circuitos monofásicos línea – neutro (380).

#### **3.1.4. Sistema de puesta a tierra subestación**

Estará comprendido por tres (01) y (03) pozos de puesta a tierra ubicados en el 2° Sótano y 3° respectivamente del edificio, preparados con tierra vegetal, Sal industrial y Bentonita. Uno para el lado de media tensión con resistencia equivalente no mayor de 25 ohm y otro para el lado de baja tensión con resistencia equivalente no mayor de 15 ohm la cual se unirá a la malla de puesta a tierra del edificio. Existirá una toma de tierra para el sistema de media tensión y otro para el lado de baja tensión, así como también para el neutro del transformador.

#### **3.1.5. Suministro de energía eléctrica**

El punto de diseño está dado desde una celda de MT ubicadas al interior de la Subestación Eléctrica del tipo Convencional proyectada en el predio, fijado por luz del sur, ubicado en la Av. Rivera Navarrete, esq. Armador Merino Reyna 411 Urb. Jardín, distrito de San Isidro. En lo cual se visualiza en el Anexo 7.

#### **3.1.6. Características básicas de la red primarias**

El proyecto se elaboró considerando los siguientes parámetros:

Tensión Nominal	: 22.9 kV
Caída de Tensión permisible	: 5%
Potencia de cortocircuito (22.9 kV)	: 570.00 MVA
Actuación de la protección	: 0.2 seg.
Factor de potencia	: 0.85
Frecuencia Nominal	: 60 Hz
Potencia de diseño (01 Transformador)	:1000 KVA
Demanda Máxima	: 650 kW

El proyecto se elaboró tomando en cuenta lo indicado en:

- Código Nacional de Electricidad Utilización 2006, aprobado con Resolución Ministerial N° 037 2006-MEM/DM del 17 de febrero del 2006.

- Norma de Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de la distribución, aprobada con Resolución Directoral N° 018-2002- EM/DGE del 26 de setiembre de 2002.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos D.S. N° 020-97-EM

### 3.1.7. Máxima demanda

Para realizar el siguiente cálculo se está considerando las siguientes cargas:

Tabla 1. Cuadro de carga del Hotel Orquídeas

<b>CUADRO DE CARGAS</b>				
De acuerdo con el CNE - Utilización, se realizó el cálculo de las cargas.				
DESCRIPCION	Pot. Inst.(W)	F.D.	D.M.(W)	
Área total del hotel	4655.00 m2			
<b>Carga básica del hotel</b>	<b>4655.00 m2 x 20</b>	<b>93100.00</b>	<b>1</b>	<b>71268.981</b>
<b>Carga de alumbrado especial</b>		<b>35000</b>	<b>0.8</b>	<b>28175</b>
<b>Carga de calefacción (resistencia 148 habitaciones).</b>		<b>296000</b>	<b>1</b>	<b>296000</b>
<b>Otras cargas (no se considera bomba contra incendio).</b>		<b>250000</b>	<b>0.6</b>	<b>137500</b>
<b>otros ambientes</b>		<b>44458</b>	<b>0.7</b>	<b>31120.6</b>
Estacionamiento	1386.00 m2 x 8	11088	0.7	<b>7761.6</b>
Ambientes de uso común	599.00 m2 x 15	8985	0.7	<b>5840.25</b>
Pasadizos	2225.00 m2 x 10	22250	0.6	<b>13350</b>
Jardines	427.00 m2 x 5	2135	0.7	<b>1387.75</b>
				0
<b>Restaurante Hotel</b>		<b>190180</b>		<b>151844</b>
Área	656.00 m2			0
Carga básica	656.00 m2 x 30	19680	0.8	15744
Equipamiento de cocina 1º piso, sótano 1 y 2		164500	0.8	131600
Sistema de inyección y extracción		6000	0.8	4500
				0
<b>Salas de Uso Múltiple y Oficinas Hotel</b>		<b>14700</b>	<b>0.80</b>	<b>11759.939</b>
Área	196.00 m2			0
Carga básica	196.00 m2 x 50	9800	0.8	7840
Carga estabilizada	196.00 m2 x 25	4900	0.8	3920
				0
<b>Escaleras Presurizadas (7 kW / 9 kW)</b>		<b>16000</b>	<b>0.5</b>	<b>8000</b>
<b>Ascensores (2-20,0 kW y 1 - 13,8 kW)</b>		<b>53800</b>	<b>0.7</b>	<b>37660</b>
<b>Monta vehículos (2 - 30 kW)</b>		<b>60000</b>	<b>0.6</b>	<b>33000</b>
<b>Montacargas (9.30 kW)</b>		<b>9300</b>	<b>0.7</b>	<b>6510</b>
<b>Extractor sótanos (2 – 0.335 kW/ 5.1 kW/ 1.3 kW/ 0.241 kW/ 0.464 kW)</b>		<b>7775</b>	<b>0.6</b>	<b>4665</b>

Inyector sótanos (1,9 kW/ 3,6 kW/4 - 1,5 kW/ 1,7 kW/ 0,464 kW)	13664	0.6	8198.4
Inyector habitaciones (1 – 3,1 kW)	3100	0.6	1860
Extractor baños habitaciones (1 – 4,5 kW)	4500	0.6	2700
Extractor baños sótano 1 (1 – 1,0 kW)	1000	0.6	589
Sistema de seguridad	6000	0.7	4200
Central telefónica	1000	0.7	748.88
Calentador de Grupo Electrónico	5000	0.8	3750
Bombas de Petróleo (2 - 1HP)	1500	0.8	1125
Carga estabilizada	40000	0.8	30000
Bomba de agua (3-10 HP/ 4-5.5HP/ 4-7 HP/ 3-3 HP/ 2-3.5/2-2.5HP/ 2-2.5HP)	79076	0.5	39538
Bomba Sumidero (2-3.5 kW/ 3-3.6kW)	17800	0.6	9790
Bomba para piscina (2-2.5 HP)	3730	0.5	1678.5
<b>Carga total</b>	<b>1246683.00</b>		<b>921681.3</b>
Carga total del hotel sin calefacción	950683.00		625681.3
Cargas de calefacción	296000	0.8	236800.00
Hotel con área > de 900 m2			
Potencia restante : 625,681.30 W			
Área : 4,655.00 m2			
La carga por m2 será : 134.41 W/m2			
Carga por los primeros : 900.00 m2 x 134.41	120969.53	0.8	96775.624
Carga para el área restante : 3755.00 m2 x 134.41	504711.77	0.65	328062.651
<b>CARGA TOTAL DEL HOTEL</b>	<b>921681.3</b>		<b>661638.27</b>
<b>CARGA INSTALADA :</b>			<b>921.68 kW</b>
<b>MÁXIMA DEMANDA :</b>			<b>661.64 kW</b>
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD :</b>			<b>0.98</b>
<b>MÁXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA :</b>			<b>648.41 kW</b>
<b>MÁXIMA DEMANDA A CONTRATAR :</b>			<b>650.00 kW</b>

Fuente. FMT INGENIEROS S.A.C.

### 3.1.8. Cálculos justificativos

#### 3.1.8.1. Cálculo de la sección mínima del conductor subterráneo

Los criterios para determinar la sección mínima del conductor para cables subterráneos son los siguientes:

- a) Por corriente de carga
- b) Por caída de tensión
- c) Por corriente de corto circuito

Sección mínima por corriente de carga. La corriente de carga es la capacidad máxima de corriente que tiene un conductor en específico bajo condiciones normales de operación y en régimen permanente.

Para conductores subterráneos enterrados en ducto, sea el caso que la corriente admisible no esté en las condiciones normales de operación será afectada por el factor equivalente de corrección ( $F_{eq}$ ), la corriente admisible ( $I_{Adm.S2}$ ) se calculó mediante la fórmula 3.1, como se expresa en la siguiente relación:

$$I_{adm.s2} = I_{adm.s1} \times F_{eq} \quad (3.1)$$

*Donde:*

$I_{Adm.S2}$  Intensidad de corriente admisible del cable subterráneo en condiciones particulares (A).

$I_{Adm.S1}$ : Intensidad de corriente admisible del cable subterráneo en condiciones normales de operación (A).

$F_{eq}$ : Factor equivalente de corrección.

Por lo tanto, Para todos los casos se debe cumplir con la siguiente condición 3.2:

$$I_{adm.s2} > Id \quad (3.2)$$

Para los cálculos se ha considerado los siguientes datos para los dos niveles de tensión.

Datos para el nivel de tensión de 22.9 kV:

Tensión nominal	: 22.9 kV
Caída de tensión permisible	: 5%
Potencia de corto circuito MVA	: 570.00

Actuación de la protección	: 0.85
Factor de potencia	: 0.2 seg
Demanda máxima	: 650 kW
Temperatura del suelo °c	: 30
Tipo de cable a utilizar	: N2XSY

Datos para el nivel de tensión de 10 kV:

Tensión nominal	: 10 kV
Caída de tensión permisible	: 5%
Potencia de corto circuito MVA	: 157.00
Actuación de la protección	: 0.85
Factor de potencia	: 0.2 seg
Demanda máxima	: 650 kW
Temperatura del suelo °c	: 30
Tipo de cable a utilizar	: N2XSY

**3.1.8.2 Calculo de corriente de carga del cable subterráneo.**

Se está considerando para el factor de corrección por condiciones de instalación para 10 kV y 22.9 kV.

Resistividad térmica del suelo 120(°C-cm/W)	: 0.92
Temperatura del suelo 30°C	: 0.91
Profundidad de instalación de 1.2m	: 0.95
Cables unipolares en ducto enterrado	: 0.82

Los siguientes datos se obtienen del código nacional de electricidad norma suministro (2011) que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 2. Factores de corrección relativos a la temperatura del suelo.

MÁXIMA TEMPERATURA ADMISIBLE DE LOS CONDUCTORES DEL CABLE °C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
80	1.12	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.71
75	1.13	1.09	1.05	1.00	0.95	0.90	0.85	0.79	0.73	0.67
70	1.14	1.09	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63
65	1.15	1.10	1.05	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67	0.58
60	1.16	1.11	1.06	1.00	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50

Fuente. Código nacional de electricidad norma suministro (2011)

De la tabla 2, para una máxima temperatura admisible del conductor de 80°C y temperatura del suelo de 30°C se obtiene.

$$F_{ts} = 0.91$$

Tabla 3. Resistividad térmica del suelo en °C cm/w según composición y grado de humedad

Composición	Muy húmedo saturado	Húmedo	Semi - húmedo	Seco	Muy seco
Arcilla y humus (tierra de cultivo de fácil compactación.	50	60	80	120	120
Arena y arcilla con algo de humus semicompactado	60	80	100	150	180
Arena y arcilla con piedras pequeñas. Terrenos calcarreos de poca compactación	-	100	120	180	220
Arena, algo de arcilla y piedras medianas sin compactación.	-	-	150	200	250
Arena y piedras grandes, imposibles de compactar	-	-	-	250	280
Acumulación de rocas en la que no existe retención de arena o arcilla	-	-	-	-	300

Fuente. Código nacional de electricidad norma suministro (2011)

En la tabla 3, indica que la resistividad térmica del suelo en °C cm/W según composición y grado de humedad (arena y arcilla con piedras pequeñas, terrenos calcáreos de poca compactación), detalla en el CNE suministro 2011, la cual es de 120 °C cm/W.

Tabla 4. Factores de corrección de la capacidad de corriente relativos a la resistividad térmica del suelo (°C cm/W), para cables unipolares con aislamiento termoplástico.

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	50	70	80	100	120	150	200	250	300
6 – 500	1.39	1.17	1.11	1.00	0.92	0.83	0.73	0.65	0.60

Fuente. Código nacional de electricidad norma suministro (2011)

De la tabla 4, el tipo de aislamiento para el conductor subterráneo y el factor de corrección por resistividad térmica del suelo a 120 °C cm/W, se obtiene:

$$Frts = 0.92$$

Tabla 5. Factores de corrección de la capacidad de corriente relativos a la profundidad de tendido.

Profundidad de tendido	Hasta 300 mm <sup>2</sup>	Mayor 300 mm <sup>2</sup>
0.5	1.02	1.03
0.6	1.01	1.02
0.7	1.00	1.00
0.8	0.98	0.97
1.00	0.96	0.95
1.20	0.95	0.94
1.50	0.94	0.92

Fuente. Código nacional de electricidad norma suministro (2011)

La tabla 5, nos indica que para una profundidad 1.2 mt de tendido se obtiene un factor:

$$F_{pt} = 0.95$$

Tabla 6. Factores de corrección de la capacidad de corriente relativos al tendido en ductos

<i>Tendido en ductos</i>	<i>Sección mm<sup>2</sup></i>	<i>Cable multipolar</i>	<i>Sistema de cables unipolares</i>
<i>Un solo ducto</i>	<i>Hasta 50</i>	<i>0.81</i>	<i>0.81</i>
	<i>70 - 150</i>	<i>0.80</i>	<i>0.79</i>
	<i>185 - 400</i>	<i>0.79</i>	<i>0.76</i>
	<i>500 o más</i>	<i>-</i>	<i>0.69</i>
<i>Tres ductos (no ferrosos):</i>			
<i>En línea horizontal</i>	<i>Hasta 50</i>	<i>-</i>	<i>0.82</i>
	<i>70 - 150</i>	<i>-</i>	<i>0.80</i>
	<i>185 - 400</i>	<i>-</i>	<i>0.77</i>
	<i>500 o más</i>	<i>-</i>	<i>0.70</i>
<i>En triangulo</i>	<i>Hasta 50</i>	<i>-</i>	<i>0.83</i>
	<i>70 - 150</i>	<i>-</i>	<i>0.81</i>
	<i>185 - 400</i>	<i>-</i>	<i>0.78</i>
	<i>500 o más</i>	<i>-</i>	<i>0.71</i>

Fuente. Código nacional de electricidad norma suministro (2011)

La tabla 6, indica que para el tendido de tres ductos en línea horizontal y sección del conductor de hasta 50mm<sup>2</sup>, el factor de corrección es:

$$F_{td} = 0.82$$

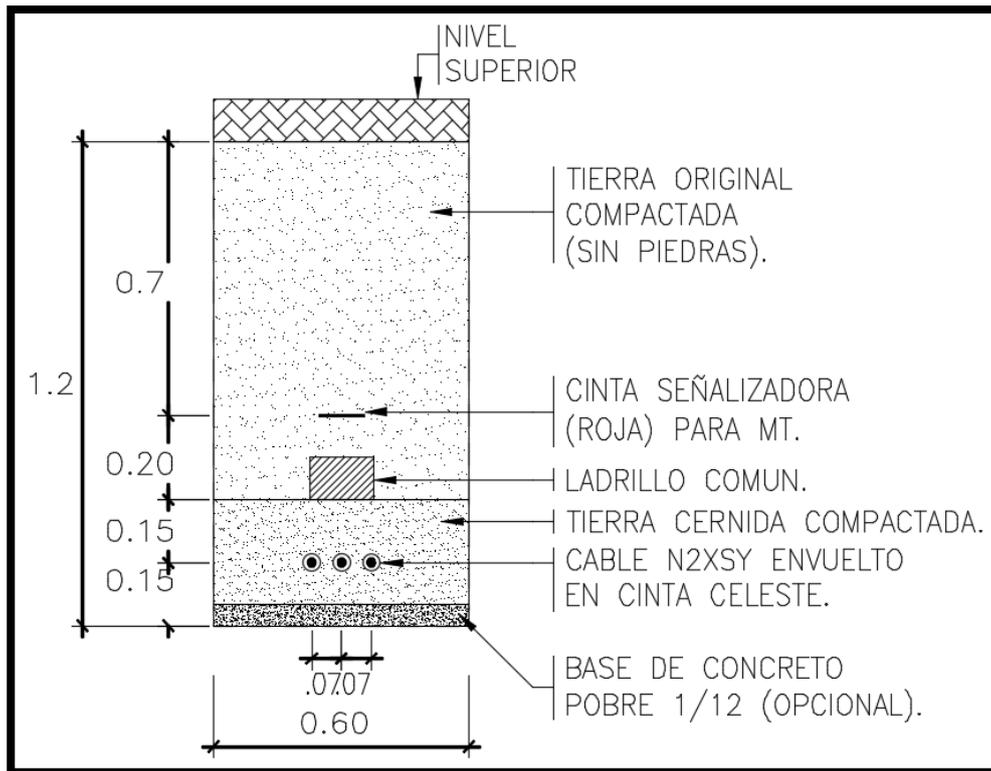


Figura 4. Detalle de instalación cable subterráneo

Fuente. Elaboración propia.

Por lo tanto, determinados los factores de corrección, se determina el factor de corrección equivalente ( $F_{eq}$ ) mediante la fórmula 3.3:

$$F_{eq} = F_{ts} \times F_{rts} \times F_{pt} \times F_{td} \quad (3.3)$$

$$F_{eq} = 0.92 \times 0.91 \times 0.95 \times 0.82 = 0.65$$

Cable seleccionado para ambos niveles de tensión tanto para 10 kV y 22.9 Kv es de 50 mm<sup>2</sup> de la marca INDECO tipo N2XSJ.

Dato:

La ampacidad del conductor de 50 mm<sup>2</sup> de acuerdo a la tabla es 250 A.

$$I_{adm. s2} = I_{adm. s1} \times F_{eq}$$

$$I_{adm. s1} = 250 \text{ A}$$

$$I_{adm. s2} = 163.045 \text{ A}$$

Hallar la corriente de la carga mediante la fórmula (3.4)

$$I_C = \frac{P(kW)}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \quad (3.4)$$

Para el nivel de tensión de 10 kV

$$I_{C(10\text{ kv})} = 44.15\text{ A}$$

Se considera los siguientes parámetros:

$$P = 650\text{ kW}$$

$$V = 10\text{ kV}$$

Para el nivel de tensión de 22.9 kV

$$I_{C(22.9\text{ kv})} = 19.28\text{ A}$$

Se considera los siguientes parámetros:

$$P = 650\text{ kW}$$

$$V = 10\text{ kV}$$

Donde:

Ic: Intensidad de corriente a transmitir (A)

P: Potencia Activa (kW)

V: Tensión nominal de la línea primaria (kV)

Para todos los dos casos se debe cumplir con la siguiente condición:

$$I_{adm. s2} > I_d$$

Para la acometida principal:

$$\text{Para el caso 10 kV: } 163.045\text{ A} > 44.15\text{ A}$$

$$\text{Para el caso 22.9 kV: } 163.045\text{ A} > 19.28\text{ A}$$

Por lo tanto, la corriente admisible para ambos casos, el cable subterráneo seleccionado (N2XS-Y 3-1x50mm<sup>2</sup>) es mayor que la corriente a transmitir respectivamente y cumple con la condición.

Finalmente, dicho cable seleccionado con sección de 50mm<sup>2</sup> es correcto ya que soportara la corriente de diseño a transmitir y la posible carga futura, cumple para ambos niveles de tensión.

### 3.1.8.3. Cálculos de caída de tensión

Para hallar la caída de tensión se considerará la siguiente fórmula 3.5:

$$\Delta Vt = \frac{\sqrt{3} \times Ic(1)}{1000} \times (r1 \times \cos \phi + x1 \times \sin \phi) \times L \quad (3.5)$$

De la siguiente tabla 7, se usará los siguientes parámetros eléctricos del cable de energía tipo N2XSY de la marca INDECO.

Tabla 7. Parámetros eléctricos del conductor N2XSY 18/30 kV.

SECCIÓN NOMINAL	RESISTENCIA DC	RESISTENCIA AC	REACTANCIA INDUCTIVA	AMPACIDAD ENTERRADO	AMPACIDAD AIRE
mm <sup>2</sup>	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(A)
50	0.387	0.94	0.2761	250	280
70	0.268	0.342	0.2638	305	350
95	0.193	0.247	0.2528	365	425
120	0.153	0.196	0.2439	410	485
240	0.0754	0.098	0.2211	580	720
300	0.0601	0.078	0.2143	645	815
500	0.0366	0.05	0.2004	770	1015

Fuente. Catálogo de INDECO.

Para el nivel de tensión de 22.9 kV

Reemplazando valores:

$$\Delta Vt(22.9 \text{ kV}) = 2.08$$

$$\%Vt(22.9 \text{ kV}) = 0.0091$$

Datos:

$$L = 110 \text{ mt}$$

$$S = 50 \text{ mm}^2$$

$$r = 0.4940 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$x = 0.2761 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$Ic(2) = 19.28 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \Phi = 0.85$$

$$\text{Sen } \Phi = 0.527$$

$$V = 22.9 \text{ kV}$$

Para el nivel de tensión de 10 kV

Reemplazando valores:

$$\Delta V_t(10 \text{ kV}) = 4.76$$

$$\%V_t(10 \text{ kV}) = 0.0476$$

Datos:

$$L = 110 \text{ mt}$$

$$S = 50 \text{ mm}^2$$

$$r = 0.4940 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$x = 0.2761 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$I_c(1) = 44.15 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \Phi = 0.85$$

$$\text{Sen } \Phi = 0.527$$

$$V = 10 \text{ kV}$$

#### **3.1.8.4. Cálculos de corriente de cortocircuito en el sistema**

Para hallar la corriente de cortocircuito del sistema se considerará la siguiente fórmula 3.6:

Condiciones:

$S_{cc}$  : Potencia de cortocircuito

$V$  : Tensión nominal

$T$  : Tiempo de actuación (seg)

$I_{cc}$ : Corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}(MVA)}{\sqrt{3} \times V(kV)} \quad (3.6)$$

Para el nivel de tensión de 22.9 Kv

$$S_{cc} = 570 \text{ MVA}$$

$$V = 22.9 \text{ kV}$$

Reemplazando valores hallamos la corriente de corto circuito:

$$I_{cc}(kA) = 10.84$$

Para el nivel de tensión de 10 kV

$$S_{cc} = 157 \text{ MVA}$$

$$V = 10 \text{ kV}$$

Reemplazando valores hallamos la corriente de corto circuito:

$$I_{cc}(kA) = 9.06$$

**3.1.8.5. Cálculo por corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable ( $I_{km}$ )**

Para hallar la corriente de cortocircuito térmicamente admisible en el cable se considerará la siguiente fórmula 3.7:

Condiciones:

$I_{km}$  : Corriente de cortocircuito térmicamente admisible por el cable.

$S$  : Sección del cable.

$T$  : Tiempo de actuación de la protección.

$$S = 50 \text{ mm}^2$$

$$t = 0.2 \text{ s}$$

$$I_{km} = \frac{0,143 \times S}{\sqrt{t}} \quad (3.7)$$

Reemplazando valores hallamos el valor de  $I_{km}$ :

$$I_{km} = 15.99 \text{ kA}$$

Debe cumplirse que:

$$I_{km} > I_{cc}$$

Para el nivel de tensión de 22.9 kV:  $15.99 > 10.84$

Para el nivel de tensión de 10 kV:  $15.99 > 9.06$

Para ambos casos cumple con la condición, la selección del cable es la correcta.

### 3.1.8.6. Cálculo de protección de la S.E. proyectada

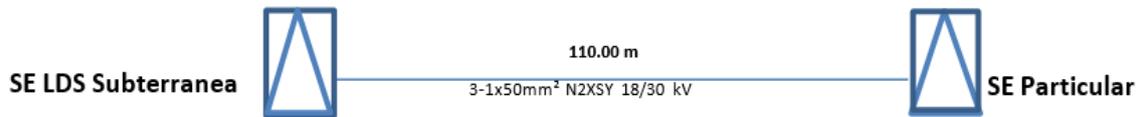


Figura 5. Esquema de instalación del sistema de utilización 22.9 kV

Fuente. Elaboración propia.

#### Condiciones para subestación con nivel de tensión 22,9 kV:

Potencia total conjunta requerida ( <i>kW</i> )	: 650
Demanda máxima requerida ( <i>kW</i> )	: 648
Tensión nominal ( <i>kV</i> )	: 22.9
Factor de potencia ( $\cos \phi$ )	: 0.85
Tiempo de actuación de protección ( <i>seg</i> )	: 0.2

#### Condiciones para subestación con nivel de tensión 10 kV:

Potencia total conjunta requerida ( <i>kW</i> )	: 650
Demanda máxima requerida ( <i>kW</i> )	: 648
Tensión nominal ( <i>kV</i> )	: 10
Factor de potencia ( $\cos \phi$ )	: 0.85
Tiempo de actuación de protección ( <i>seg</i> )	: 0.2

#### 3.1.8.6.1. Cálculo de la potencia y corriente de corto circuito de la subestación.

a) Cálculo de la impedancia del sistema ( $Z_s$ ) mediante la fórmula 3.8:

$$Z_s = \frac{V^2}{P_{cc}} \quad (3.8)$$

Datos de la concesionaria:

$$P_{cc(10\text{ kV})} = 157\text{ MVA}$$

$$P_{cc(22,9\text{ kV})} = 570\text{ MVA}$$

$$Z_s(10\text{ kV}) = 0.64\text{ Ohm}$$

$$Z_s(22.9\text{ kV}) = 0,92\text{ Ohm}$$

b) Cálculo de la impedancia del cable ( $Z_c$ ) ohm:

Para hallar la impedancia del cable se considerará la siguiente fórmula 3.9:

$$\text{Resistencia del cable} \quad : 0.4940\ \Omega/\text{Km}$$

$$\text{Reactancia del cable} \quad : 0.2761\ \Omega/\text{Km}$$

$$\text{Longitud del cable} \quad : 110\text{ mt}$$

$$Z_c = \frac{(r+jx) \times L}{1000} \quad (3.9)$$

$$r_c = 0.0543\text{ Ohm}$$

$$x_c = 0.0304\text{ Ohm}$$

$$Z_c = 0.0623\text{ Ohm}$$

c) Cálculo de la impedancia total ( $Z$ ) en la barra de media tensión de la subestación proyectada se determina de acuerdo a la siguiente fórmula 3.10:

$$Z_T = Z_s + Z_c \quad (3.10)$$

$$Z_{T(10\text{ kV})} = 0.6992\ \Omega$$

$$Z_{T(22.9\text{ kV})} = 0.9823\ \Omega$$

- d) Cálculo de la potencia de cortocircuito en la subestación proyectada se determina de acuerdo a la siguiente fórmula 3.11:

$$S_{cc} = \frac{V_n^2}{Z_T} \quad (3.11).$$

Donde:

$V_n$  : Tensión de trabajo (kV)

$Z_T$  : Impedancia de cortocircuito o total (ohm)

$$S_{cc(10 \text{ kV})} = 143.02 \text{ MVA}$$

$$S_{cc(22.9 \text{ kV})} = 533.88 \text{ MVA}$$

- e) Cálculo de la corriente de corto circuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times V(kV)} \quad (3.6)$$

Donde:

$S_{cc}$  : Potencia de cortocircuito en la subestación proyectada (MVA)

$V_n$  : Tensión de trabajo (kV)

$$I_{cc(10 \text{ kV})} = 8.26 \text{ kA}$$

$$I_{cc(22.9 \text{ kV})} = 13.46 \text{ KA}$$

- f) Cálculo de la corriente de choque (corriente máxima de cortocircuito) se determina de acuerdo a la siguiente fórmula 3.12:

$$I_{CH} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc} \quad (3.12)$$

$$I_{CH(10 \text{ kV})} = 21.027 \text{ kA}$$

$$I_{CH(22.9 \text{ kV})} = 34.26 \text{ kA}$$

### 3.1.8.6.2 Cálculo de la ventilación

#### Datos generales:

- Transformador : 1000 kVA
- Pérdida : 0.00 kW
- Temperatura ambiente : 30.0 °C

Como se tienen una subestación en el sótano, necesariamente se contará con una ventilación forzada a través de extractores de aire.

#### Forma cálculo para ventilación forzada

Se determina de acuerdo a la siguiente fórmula 3.13:

$$Q_{\left(\frac{m^3}{s}\right)} = 0,1 \times P(kW) \quad (3.13)$$

Donde:

$Q_{(m^3/s)}$  : Caudal de aire en m<sup>3</sup>/s

$P(kW)$  : Suma de las pérdidas en vacío y en carga del transformador expresada en kW a 120 °C

Las pérdidas para transformadores de 1000KVA son:

Perdidas en vacío (kW) : 2,70

Perdidas de carga a 120 °C (kW) : 13,35

Suma de pérdidas (kW) : 16,05

Reemplazando valores:

$$Q_{\left(\frac{m^3}{s}\right)} = 1,605$$

$$Q_{\left(\frac{m^3}{h}\right)} = 5776.2$$

$$Q_{(cfm)} = 3400,00$$

NOTA: Se proyecta 2 inyectores de aire y 2 extractores de aire para la ventilación del cuarto de la subestación de acuerdo a los cálculos obtenidos.

### **3.1.8.6.3. Cálculo de resistencia de puesta a tierra**

Electrodo vertical se determina de acuerdo a la siguiente fórmula 3.14:

$$R_v = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L} \times \left[ L_n \frac{4L'}{r'} - 1 \right] \quad (3.14)$$

Donde:

$\rho = 30 \text{ Ohm} - m$  (Resistividad específica) debido a la adición de bentonita y sal industrial.

$L = 2,4 \text{ m}$  (Longitud de la varilla)

$r = 0,0079 \text{ m}$  (Radio de la varilla)

En media tensión se debe obtener de acuerdo a la norma LDS: SD-3-160

$$R \leq 25,00 \text{ Ohm}$$

Reemplazando la formula obtenemos:

$$R = 12,14 \text{ Ohm}$$

## **3.1.9. Especificaciones técnicas de materiales**

### **3.1.9.1. Conjunto de celdas modulares con aislamiento integral en SF6, 24 kV, 630 a, 20 kA.**

El sistema CGMCOSMOS desarrollado por Ormazábal (España) está formado por un conjunto de celdas modulares y compactas con aislamiento integral en gas SF6, para configuración de cualquier esquema eléctrico en redes de distribución secundaria en media tensión hasta 24 kV.

## **Ámbitos de Implementación**

El sistema CGMCOSMOS es utilizado en una gran variedad de instalaciones, tanto públicas como privadas, principalmente:

- Distribución pública : Áreas urbanas y rurales
- Usuarios en media tensión:
  - Sector servicios
  - Sector industrial
  - Infraestructuras
- Energías renovables

## **Características Principales**

Protección y seguridad de personas, bienes y equipos ante los efectos de arcos internos, acreditados con los ensayos realizados conforme a la norma IEC 62271-200, según publicación 2003.

Los elementos de maniobra y de corte se encuentra dentro de una cuba de acero inoxidable llena de gas SF6, totalmente estanca y sellada de por vida, constituyendo así un equipo de aislamiento integral. La envolvente metálica de cada celda, fabricada con plancha de acero galvanizado, presenta rigidez mecánica, lo que garantiza indeformabilidad y protección en las condiciones previstas de servicio.

Seguridad y sencillez de operación mediante elementos de maniobra que integran enclavamientos de serie para prevenir operaciones inseguras. Los equipos disponen de una tapa frontal, debidamente enclavada, que permite tanto el acceso a los terminales de cables como a los porta fusibles (en disposición horizontal) de una forma práctica y segura.

Insensibilidad ante entornos ambientales agresivos (incluidas inundaciones temporales), teniendo larga vida útil y ausencia de mantenimiento de las partes activas, proporcionadas por su aislamiento integral en gas encerrado en una cuba de acero inoxidable y el uso de conectores apantallados.

Flexibilidad de configuración para todo tipo de sistemas. El conjunto de unión ORMALINK patentado por Ormazabal aporta modularidad total y extensibilidad futura, en ambas direcciones.

Fáciles tareas de manipulación e instalación gracias a unas dimensiones y pesos reducidos.

Facilidad de conexión de cables, mediante bornes enchufables o atornillables, dispuestos en línea frontalmente.

### **Datos Técnicos**

Las características eléctricas principales de CGMCOSMOS son:

Tensión y frecuencia asignada : 24 kV, 60 Hz

Corriente asignada :

- Barras e interconexión de celdas : 630 A

- Línea : 630 A

Corriente admisible asignada de corta duración : 21 kA a 1 s

Nivel de aislamiento asignado : 125 kV BIL

Clasificación de arco interno conforme a IEC 62271-200 : 20 kA/0.5 s

Grado de protección:

- Cuba de gas : IP67

Color :RAL7035/5005

Categoría de pérdida de continuidad de servicio : LSC2

Clase de compartimentación : PM



Figura 6. Conjunto de celdas modulares con aislamiento integral en SF6, 24 kV, 630 a, 20 kA.

Fuente. Catalogo manufacturas eléctricas S.A.

### 3.1.9.2. **Transformador de distribución tipo seco encapsulado en resina epoxi.**

El transformador encapsulado en resina desarrollado por TMC (Italia) está formado por un núcleo de chapa de acero al silicio con grano orientado, en donde se canaliza el campo magnético, un bobinado secundario sometido a una impregnación con resina bajo vacío, el cual está concéntrico montado en el núcleo y un bobinado primario encapsulado bajo vacío con resina epoxi y montado concéntrica y externamente al bobinado secundario.

#### Aplicaciones

El transformador encapsulado en resina se adapta a diferentes ambientes como por ejemplo:

- Plantas de energía eléctrica
- Energías renovables
- Aeropuertos

- Transportes: tracción eléctrica terrestre y marítima
- Centros de telecomunicaciones
- Edificios de oficinas, centros comerciales y culturales

### **Beneficios**

Las ventajas de los transformadores encapsulados en resina son:

- Presenta una alta resistencia al fuego y es auto extinguido.
- Ausencia de toxicidad en caso de incendio.
- El lugar de instalación no precisa características particulares, a diferencia de los transformadores en aceite que necesitan barreras contra el fuego o de recogida de aceite.
- Posibilidad de utilización en ambientes con fuertes contenidos de humedad y contaminación.
- Costos de instalación reducidos.
- Ausencia de mantenimiento (a diferencia de los transformadores en aceite).
- Valores reducidos de pérdidas durante el funcionamiento debido a la posibilidad de instalación del transformador junto a la carga a alimentar.
- Excelente resistencia al ensayo de cortocircuito.
- Excelente resistencia a las sobrecargas.
- Elevado nivel de aislamiento y ausencia de descargas parciales.
- Dimensiones reducidas respecto a los transformadores secos no encapsulados en resina.

### **Datos Técnicos**

Las características eléctricas principales del transformador son:

Regulación de tensión en vacío :  $\pm 2.5$  %,  $\pm 5$  %, en bobinado primario

Materiales de los bobinados : Aluminio

Tipo de bobinado : Encapsulado en resina epoxi (Primario) e Impregnado bajo vacío (Secundario).

Norma : IEC 60076-11

Instalación	: Interior
Grado de protección	: IP00
Tipo de refrigeración	: AN
Temperatura ambiente máxima	: 40 °C

### **Accesorios**

- Terminales en AT (3) y BT (4).
- 5 puntos de regulación.
- 2 placas de características según Normas CEI.
- 4 cáncamos de elevación para los desplazamientos horizontales.
- 2 tomas para la puesta a tierra.
- 4 ruedas bidireccionales orientables a 90°.
- 3 sondas de temperatura PT100.
- Relé de control de temperatura digital marca IBER Contrel, modelo TMD-T4S, con puerto RS-485, protocolo MODBUS RTU.

### **Envolvente Metálica**

La envolvente del transformador está fabricada con planchas de Fe LAF de 1.5mm (la mayoría de sus componentes). En la cubierta superior de la celda se encuentra un sistema de enmallado que permite la salida de aire caliente; el grado de protección de esta envolvente es IP21. También cuenta con una cajuela para la colocación de equipos (sensor de temperatura, borneras y fusibles).



*Figura 7. Transformador de distribución tipo seco encapsulado en resina epoxi.*

*Fuente. Catalogo manufacturas eléctricas S.A.*

### **3.1.9.3 Cable subterráneo**

El conductor se unipolar seco, con las siguientes características:

Capacidad	: 250.00 Amp.
Sección	: 50mm <sup>2</sup>
Tipo	: N2XSY
Tensión de diseño	: E/E = 18/30 kV.
Tensión nominal de trabajo	: 22.9 kV.
Corriente nominal de trabajo	: 250 A – 22.9 kV.

#### **Características de fabricación**

- Conductor de cobre suave
- Pantalla interna: capa semiconductora
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)
- Pantalla externa
- Cubierta exterior de Poli cloruro de vinilo (PVC) color rojo

### **Conformación**

Cable de energía con conductor de cobre electrolítico recocido, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta externa de cloruro de polivinilo (PVC)

### **Aislamiento y Pantallas Eléctricas**

El cable lleva sobre el conductor una capa de material semiconductor del tipo extruido, resistente a la deformación. El aislamiento es de polietileno reticulado (XLPE) con grado de aislamiento 18/30 kV y sobre éste es adherida una capa de semiconductor del tipo extruido de fácil retiro (easy – stripping).

#### ***3.1.9.4. Pozo de puesta a tierra.***

Llevará un pozo para el neutro, uno para el lado de media tensión, además cuenta con un SPAT de baja tensión, los pozos serán iguales y de las siguientes características:

- Dimensiones: 1,00 m de Ø x 3,00 m. de profundidad, adicionalmente se instalará un cuarto pozo para el neutro del transformador cuando opere en 22,9 kV.
- Relleno: Tierra vegetal, sal industrial y bentonita
- *Electrodo: Copperweld, dimensiones 5/8" Ø (16 mm<sup>2</sup>) x 2 400 mm*
- *Borne conector: Para conductor de cobre tipo LSOH 70mm<sup>2</sup> y electrodo*
- Conductor de cobre desnudo: Dimensión : 70 mm<sup>2</sup>
- La resistencia de puesta a tierra no será mayor a 25 ohm para el lado de 22,9 kV, el neutro de los transformadores.

### 3.1.10. Presupuesto del diseño de sistema de utilización.

En el presupuesto se está considerando el tiempo de ejecución de la siguiente forma:

Obtención de licencias de obra : 4 semanas

Red exterior (canalizaciones y cableados): 50mm<sup>2</sup> : 4 semanas

Recepción y puesta en marcha : 4 semanas

Plazo de ejecución red exterior : 12 semanas

Tabla 8. Presupuesto de la mano de obra.

PRESUPUESTO N° 060-2019					
<b>OBRA : Redes de M.T. 22.9 KV -HOTEL ORQUÍDEAS</b>					
<b>LUGAR : AV AMADO MERINO / LAS ORQUÍDEAS -SAN ISIDRO - LIMA</b>					
<b>RED PRIMARIA 22,9 KV SUBTERRÁNEA : MANO DE OBRA</b>					
ÍTEM	DESCRIPCION	Und	CANT	P.U (S/)	TOTAL (S/)
<b>1.00</b>	<b>TRANSPORTE</b>				
1.01	Transporte de herramientas ( Portabobinas ,eje, lampas picos y otros) Transporte de Equipos ( Cortadora ,compactadora ,rompe pavimentos, palitroquis y letreros) Incluye: Grúa Para levantar la bobinas de cables	Cjto	1.00	2500.00	2500.00
<b>2.00</b>	<b>SEGURIDAD</b>				
2.01	SCTR, EMOS ,Implementos de Seguridad EEPP , Señalización Para la Zona de trabajo y peatones, vehículos , arnés , y otros	CJT	1.00	4,200.00	4200.00
<b>3.00</b>	<b>CABLE N2XSY MT 22.9KV</b>				
3.01	Corte y rotura de vereda de concreto con maquina	M2	150.00	42.00	6300.00
3.02	Reparación de vereda	M2	150.00	40.00	6000.00
3.01	Corte y reparación de jardín	Mts	8.0	20.00	160.00
3.02	Excavación y perfilado de zanja de MT 1.15 x 0.60 + ROLLO +Sondeos	Mts	160.00	19.00	3040.00
3.03	Relleno y compactación material propio	Mts	160.00	13.00	2080.00
3.04	Recolocación de cables existentes de B.T. y A.P.	Mts	150.00	8.00	1200.00
3.05	Acarreo y relleno de arena gruesa ( 0.60 de ancho) 0.05 cmt esp solado	M3	5.00	25.00	125.00
3.06	Tendido de cable N2XSY 50 mm2 22.9 KV ( en zanja y ducto)	Mts	615.00	5.00	3075.00
3.07	Tendido de cable N2XSY 50 mm2 22.9 KV (en Bandeja y S.E.)	Mts	180.00	5.00	900.00
3.08	Relleno y acarreo de afirmado	M3	27.83	22.00	612.15
3.09	Instalación de tubo de 6" PVC SAP Para cables de M.T.	Mts	160.00	5.00	800.00
3.10	Instalación de Cinta de Señalización Azul de cable particular	Mts	615.00	0.50	307.50
3.11	Acarreo de material de desmonte a punto de acopio	M3	143.25	22.00	3151.51
3.12	Eliminación de material excedente	M3	143.25	38.00	5443.51
<b>4.00</b>	<b>CRUZADAS</b>				
4.01	Corte y rotura de pista de asfalto de 10 cmt de espesor con maquina ( Pista)	M2	20.00	45.00	900.00
4.02	Reparación de pista de asfalto	M2	20.00	110.00	2200.00
4.01	Corte y Rotura de pista de concreto de 20 cmt de espesor con maquina	M2	20.00	45.00	900.00
4.02	Reparación de pista de concreto	M2	20.00	40.00	800.00
4.03	Excavación y perfilado de zanja de MT 1.20 x 0.70	Mts	25.00	19.00	475.00
4.04	Relleno y compactación material propio	Mts	25.00	13.00	325.00
4.05	Instalación de Ducto de concreto de 4 Vías	Mts	25.00	50.00	1250.00
<b>5.00</b>	<b>BANDEJA</b>				
5.01	Instalación de bandeja tipo entrillada de 300x100 y accesorios	Mts	30.00	26.00	780.00
5.02	Instalación de bandeja tipo escalerilla de 300x100 y accesorios	Mts	15.00	26.00	390.00
5.03	Instalación de curvas, " T" de 300 Incluye curvas y accesorios	Und	6.00	55.00	330.00
5.04	Instalación de caja de pase de 800x800x1000 mm y accesorios para fijar	Und	1.00	300.00	300.00
5.05	Aterramiento de bandeja ( entre bandejas según plano)	Und	45.00	9.50	427.50

5.06	Aterramiento de bandeja con cable de 70 mm2 con conectores	Mts	45.00	8.00	360.00
5.06	Rotulación de bandeja	Mts	45.00	6.00	270.00
<b>6.00 TERMINACIÓN</b>					
6.01	Instalación de Terminación Interior de 22.9/30 KV 70-50 mm2 CODO	KIT	1.00	500.00	500.00
6.02	Instalación de Terminación Interior de 22.9/30 KV 70-50 mm2 CORTO	KIT	2.00	500.00	1000.00
6.03	Instalación de accesorios de Terminación Interior de 22.9/30 KV Crucetas ,abraz,Soportes metalicos,Pernerias , etc.	KIT	3.00	100.00	300.00
<b>7.00 SUB-ESTACIÓN</b>					
7.01	Celda de Llegada	Und	1.00	500.00	500.00
7.02	Celda de Protección	Und	1.00	500.00	500.00
7.03	Celda de Remonte	Und	1.00	500.00	500.00
7.04	Celda de Transformador Seco ( CABINA)	Und	1.00	600.00	600.00
7.05	Transformador de 650 Seco Incluye: Desmontaje en el pto de izaje ,Montaje de la S.E. en SOTANO	Und	1.00	2400.00	2400.00
7.05	Rieles Para trafo de 650 KVA tipo H y U 6"X2" 5 mm esp. Incluye : Picado de muro y resane Y FRENOS DE RUEDAS	Und	4.00	300.00	1200.00
<b>8.00 PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO</b>					
8.01	Pruebas de compresión axial de concreto vereda y pista	Cjto	1.00	1500.00	1500.00
8.02	Prueba de compactación Sub Base, Base, Ensayo Proctor Modif. De ambos	Cjto	1.00	1200.00	1200.00
8.03	Prueba de asfalto: Analisis granulométrico	Cjto	1.00	800.00	800.00
8.04	Pruebas y puesta en servicio de la SE	Cjt	1.00	1500.00	1500.00
8.05	Pruebas y puesta en servicio de sistema puesta a tierra	Und	1.00	1200.00	1200.00
<b>9.00 TRAMITES MUNICIPALES Y LUZ DEL SUR</b>					
9.01	Trámites municipales -Permisos No incluye : Pagos	Und	1.00	1500.00	1,500.00
9.02	Trámites municipales -recepción No incluye : Pagos	Und	1.00	700.00	700.00
9.03	Tramites LDS -inicio y termino de obra Incluye plano de replanteo	Und	1.00	1600.00	1,600.00

**SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA**

**S/ 67,102.17**

*Tabla 9. Presupuesto de materiales*

<b>PRESUPUESTO N° 061-2019</b>					
<b>OBRA : Redes de M.T. 22.9 KV -HOTEL ORQUÍDEAS</b>					
<b>LUGA R : AV AMADO MERINO / LAS ORQUÍDEAS -SAN ISIDRO - LIMA</b>					
<b>RED PRIMARIA 22,9 KV SUBTERRÁNEA : MATERIALES</b>					
ÍTEM	DESCRIPCION	Und	CAN T	P.U (S/)	TOTAL (S/)
<b>1.00 TRANSPORTE</b>					
1.01	Transporte de Materiales	Cjto	1.00	1500.00	1500.00
<b>2.00 CABLE N2XSY MT 22.9KV</b>					
2.01	Reparación de vereda	m3	15.75	241.20	3798.90
2.02	Reparación de pista CONCRETO LISTO	Bols	192.0	10.50	2016.00
2.03	Cemento para pulir y cruzadas	Bols	24.00	20.50	492.00
2.04	Cinta de señalización azul de cable particular	Roll	20.50	50.00	1025.00
2.05	Ladrillo para zanja y cruzada	Und	960.0	0.70	672.00
2.06	Cable N2XSY 50 mm2 22.9 KV	Mts	650.0	30.00	19500.00
2.07	Cinta señalizadora MT.	Rol	2.00	40.00	80.00
2.08	Cinta señalizadora H.T	Rol	3.00	40.00	120.00
2.09	Cinta señalizadora B.T	Rol	1.00	40.00	40.00
2.10	Tubo de 6" PVC SAP Para cables de M.T.	Mts	160.0	30.00	4800.00
2.11	Cintillos grandes	Paq	3.00	24.00	72.00
2.12	Pegamento de 1/4 Gal	Und	3.00	16.00	48.00
2.13	Afirmado	M3	27.00	50.00	1350.00
2.14	Arena gruesa	M3	5.00	45.00	225.00
<b>3.00 CRUZADAS</b>					
3.01	Ducto de concreto de 4 vías	Mts	25.00	38.00	950.00

3.02	Arena gruesa	M3	8.00	50.00	400.00
3.03	Material menudo ( Trapo ,brea )	Cjto	1.00	150.00	150.00
<b>4.00</b>	<b>BANDEJA</b>				
4.01	Suministro de bandeja tipo es trillada de 300x100 y escalerilla Incluye curvas y accesorios	Mts	45.00	105.00	4725.00
4.02	Suministro de curvas, de 300/100 Incluye curvas y accesorios	Und	6.00	150.00	900.00
4.03	Suministro de caja de pase de 800x800x1000 mm y accesorios para fijación	Und	1.00	600.00	600.00
4.04	Cable 1x70 mm2 para tierra	Mts	45.00	23.50	1057.50
4.05	Terminales o bornes de 70 mm2	Und	45.00	5.00	225.00
4.05	Aterramiento de bandeja ( entre bandejas según plano)Cable 16 mm2	Mts	18.00	6.00	108.00
4.06	Terminales de 16 mm2	Und	36.00	2.00	72.00
4.07	Material menudo ( Pintura, cinta aislante ,tuercas, pintura ,disco de cortes, otros )	Cjto	1.00	250.00	250.00
<b>5.00</b>	<b>TERMINACIÓN</b>				
5.01	Terminación Interior de 22.9/30 KV 70-50 mm2 Tipo Codo	KIT	1.00	1000.00	1000.00
5.02	Terminación Interior de 22.9/30 KV 70-50 mm2 Tipo Recto	KIT	1.00	1000.00	1000.00
5.02	Instalación de Terminación Interior de 22.9/30 KV 70-50 mm2 Raychem CORTO	KIT	1.00	980.00	980.00
5.03	Accesorios para sujeción y línea a tierra y accesorios	KIT	3.00	300.00	900.00
<b>6.00</b>	<b>SUB-ESTACIÓN</b>				
	<b>Celdas modulares con aislamiento integral en SF6, marca Ormazábal (España), 24 kV, 630 A, 20 kA, compuesto por:</b>				
	Celda de remonte de cables, modelo CGMCOSMOS-RCd.				
6.01	Celda de línea, modelo CGMCOSMOS-L, 24 kV, 630 A. Incluye kit de 3 pararrayos 24 kV, 10 kA, modelo 300SA Celda de protección con interruptor automático de corte en vacío, modelo CGMCOSMOS-V, 24 kV, 630 A, 20 kA de poder de corte en cortocircuito. Incluye relé de protección con funciones 50/51/50N/51N, modelo ekorRPG301A.	Und	1.00	83082.0	83082.00
	<b>Transformador de distribución tipo seco encapsulado en resina epoxi, marca TMC (Italia), 1000 kVA, 10-22.9/0.38 -0.22 kV, factor k=4, Ucc: 6%, arrollamiento en aluminio, clase F y certificación CESI E2-C2-F1. Incluye relé de temperatura con comunicación Modbus y sondas PT100. Con envolvente metálica IP21, de uso interior.</b>				
6.02		Und	1.00	96243.0	96243.00
6.03	Rieles Para trafo de 650 KVA tipo H y U 6"X2" 5 mm esp.	Und	4.00	300.00	1200.00
6.04	Incluye Pintado				
6.05	Fabricación de frenos para ruedas del trafo	Und	4.00	60.00	240.00
6.06	Suministro de mica de 1.00x1.00 para celda	Und	1.00	120.00	120.00
6.07	Sistema puesta a tierra	Und	1.00	1500.00	1500.00

**SUB-TOTAL DE MATERIALES**

**S/ 231,441.40**

## 3.2 RESULTADOS

### 3.2.1. Inversión.

Con los resultados obtenidos se realizó el presupuesto cumpliendo las características técnicas del equipamiento de la subestación tipo convencional. El presupuesto total del sistema de utilización para este proyecto es un monto de S/. 295,843.57

### 3.2.2. Análisis tarifario máximo del servicio público de electricidad

Según el organismo supervisor de la inversión en energía (OSINERGMIN) indica el pliego tarifario, para media tensión (MT3) y baja tensión (BT4) se indicaran en la siguientes tablas.

*Tabla 10. Pliego tarifario de media tensión (MT3) del servicio público de electricidad*

<i>Tarifa con doble medición de energía activa y contratación o medición de una potencia 2E1P</i>	<i>Unidad</i>	<i>Tarifa sin IGv</i>
<i>Cargo fijo mensual</i>	<i>S/./mes</i>	<i>3.16</i>
<i>Cargo por energía activa en hp.</i>	<i>S/./kW.h</i>	<i>20.88</i>
<i>Cargo por energía activa en hfp</i>	<i>S/./kW.h</i>	<i>17.23</i>
<i>Cargo por potencia activa de generación:</i>		
<i>Presentes en hp.</i>	<i>S/./kW-mes</i>	<i>43.77</i>
<i>Presentes en hfp.</i>	<i>S/./kW-mes</i>	<i>29.82</i>
<i>Cargo por potencia activa de redes de distribución:</i>		
<i>Presentes en hp.</i>	<i>S/./kW-mes</i>	<i>10.27</i>
<i>Presentes en hfp.</i>	<i>S/./kW-mes</i>	<i>10.26</i>
<i>Cargo por energía reactiva que exceda el 30% del total de la energía activa</i>	<i>S/./kVAR.h</i>	<i>4.21</i>

*Fuente. (OSINERGMIN)*

Tabla 11. Pliego tarifario de baja tensión (BT4) del servicio público de electricidad

<i>Tarifa con simple medición de energía activa y contratación o medición de una potencia 1E1P</i>	<i>Unidad</i>	<i>Tarifa sin IGV</i>
<i>Cargo fijo mensual</i>	<i>S./mes</i>	<i>3.16</i>
<i>Cargo por energía activa</i>	<i>S./kW.h</i>	<i>19.53</i>
<i>Cargo por potencia activa de generación:</i>		
<i>Presentes en hp.</i>	<i>S./kW-mes</i>	<i>47.75</i>
<i>Presentes en hfp.</i>	<i>S./kW-mes</i>	<i>32.71</i>
<i>Cargo por potencia activa de redes de distribución:</i>		
<i>Presentes en hp.</i>	<i>S./kW-mes</i>	<i>45.14</i>
<i>Presentes en hfp.</i>	<i>S./kW-mes</i>	<i>41.34</i>
<i>Cargo por energía reactiva que exceda el 30% del total de la energía activa</i>	<i>S./kVAR.h</i>	<i>4.21</i>

Fuente. (OSINERGMIN)

### 3.2.3. Importe del consumo en baja tensión

El comparativo tarifario se realizara tomando en cuenta los parámetros obtenidos del recibo ANEXO 5 desde febrero del 2016 hasta febrero del 2017. El recibo que se usa como base de dato cuenta actualmente con una potencia contratada de 300.00 kW.

Los datos que se han registrado a continuación son los “parámetros base” para el análisis comparativo.

Tabla 12. Importe del consumo de baja tensión BT4

Mes	Consumo HP (kW.h)	Consumo HFP (kW.h)	Consumo Total (kW.h)	Consumo HP (kW)	Consumo HFP (kW)	Energía Reactiva cap.(KVAR.h)	Energía Reactiva ind.(KVAR.h)
feb-16	15660.00	78780.00	94440.00	266.00	321.00	120.00	23360.00
mar-16	14360.00	72100.00	86460.00	259.20	314.40	80.00	22170.00
abr-16	13680.00	66600.00	80280.00	259.40	310.40	100.00	20980.00
may-16	13240.00	59800.00	73040.00	186.40	264.40	140.00	20920.00
jun-16	12920.00	51560.00	64480.00	162.00	196.60	240.00	18780.00
jul-16	10700.00	44960.00	55660.00	153.20	161.60	780.00	14160.00
ago-16	11160.00	46600.00	57760.00	146.60	158.60	1120.00	15260.00
sep-16	11060.00	46340.00	57400.00	145.20	161.60	1340.00	15060.00
oct-16	10900.00	46600.00	57500.00	146.00	191.00	1250.00	15640.00
nov-16	11600.00	48920.00	60520.00	168.20	227.60	1160.00	16220.00
dic-16	11700.00	54580.00	66280.00	203.41	247.00	950.00	19000.00
ene-17	13200.00	66280.00	79480.00	231.00	301.00	740.00	21780.00
feb-17	15660.00	78960.00	94620.00	266.00	331.00	680.00	24280.00

### 3.2.4. Simulación de costo en tarifa de baja tensión.

De acuerdo a los precios de la tarifa BT4, se realiza una simulación del costo de consumo de cada mes que se muestra en la siguiente tabla 13.

Tabla 13. Simulación de costo en tarifa BT4

Mes	Cargo fijo (S/.)	Man t. (S/.)	Cargo energía activa HP (S/.)	Cargo energía activa HFP (S/.)	Cargo energía reactiva a cap. (S/.)	Cargo Potencia activa gen. (S/.)	Cargo Potencia activa dis. (S/.)	Alumb rado público. (S/.)	I.G.V.	Electrifi cación Rural. (S/.)	Afianz amient o de Seguri dad energética. (S/.)	Total sin considerar intereses compensa torios ni moratorios. (S/.)
feb-16	3.16	5.31	3537.6	14684.6	10.1	10499.9	12856.7	450.0	7568.5	764.96	0.0	50380.91
mar-16	3.16	5.31	3243.9	13439.4	6.7	10284.0	13133.7	450.0	7301.9	700.33	0.0	48568.57
abr-16	3.16	5.31	3090.3	12414.2	8.4	10153.2	13133.7	450.0	7066.5	650.27	0.0	46975.11
may-16	3.16	5.31	2990.9	11146.7	11.8	8648.5	13133.7	450.0	6550.2	591.62	661.0	44192.98
jun-16	3.16	5.31	2918.6	9610.8	20.2	6430.8	13133.7	450.0	5863.1	522.29	661.0	39618.95
jul-16	3.16	5.31	2417.1	8380.5	65.7	7635.6	11858.3	402.5	5538.3	450.85	675.5	37432.81
ago-16	3.16	5.31	2521.0	8686.2	94.3	7493.9	11704.8	402.5	5564.0	467.86	663.0	37606.03
sep-16	3.16	5.31	2498.5	8637.8	112.8	7635.6	10061.7	402.5	5284.3	464.94	674.4	35780.94
oct-16	3.16	5.31	2462.3	8686.2	105.3	6247.6	9528.9	450.0	4948.0	465.75	661.5	33564.00
nov-16	3.16	5.31	2620.4	9118.7	97.7	7444.8	8768.2	450.0	5131.5	490.21	661.5	34791.50
dic-16	3.16	5.31	2643.0	10173.7	80.0	8079.4	9810.0	450.0	5624.0	536.87	651.5	38056.96
ene-17	3.16	5.31	2981.9	12354.6	62.3	9845.7	11327.2	450.0	6665.4	643.79	0.0	44339.33
feb-17	3.16	5.31	3537.6	14718.1	57.3	10827.0	13063.4	450.0	7679.1	766.42	0.0	51107.48

### 3.2.5. Simulación de costo en tarifa de media tensión

Con los datos del cuadro, se realizará una simulación de costo en la opción tarifaria MT3, tratando así generar al cliente un ahorro adecuado para la recuperación de la inversión del sistema de utilización en media tensión particular que pretende instalar.

Tabla 14. Simulación de costo en tarifa MT3

Mes	Cargo fijo (S/.)	Mant. (S/.)	Cargo energía activa HP (S/.)	Cargo energía activa HFP (S/.)	Cargo energía reactiva a cap. (S/.)	Cargo Potencia activa gen. (S/.)	Cargo Potencia activa dis. (S/.)	Alumbrado público. (S/.)	I.G.V.	Electrificación Rural. (S/.)	Afianzamiento de Seguridad energética. (S/.)	Total importe MT3 sin considerar intereses compensatorios ni moratorios. (S/.)
feb-16	3.16	27.4	3269.8	13573.8	10.1	9572.2	3190.9	450.0	5417.5	765.0	0.0	36279.8
mar-16	3.16	27.4	2998.4	12422.8	6.7	9375.4	3259.6	450.0	5137.8	700.3	0.0	34381.7
abr-16	3.16	27.4	2856.4	11475.2	8.4	9256.1	3259.6	450.0	4920.5	650.3	0.0	32907.1
may-16	3.16	27.4	2764.5	10303.5	11.8	7884.4	3259.6	450.0	4446.8	591.6	661.0	30403.8
jun-16	3.16	27.4	2697.7	8883.8	20.2	5862.6	3259.6	450.0	3816.8	522.3	661.0	26204.6
jul-16	3.16	27.4	2234.2	7746.6	65.7	7073.2	2697.9	402.5	3645.1	450.9	675.5	25022.1
ago-16	3.16	27.4	2330.2	8029.2	94.3	6941.9	2663.0	402.5	3688.5	467.9	663.0	25311.0
sep-16	3.16	27.4	2309.3	7984.4	112.8	7073.2	2289.2	402.5	3636.4	464.9	674.4	24977.7
oct-16	3.16	27.4	2275.9	8029.2	105.3	5695.6	2364.9	450.0	3411.3	465.8	661.5	23490.0
nov-16	3.16	27.4	2422.1	8428.9	97.7	6787.0	2176.2	450.0	3670.6	490.2	661.5	25214.8
dic-16	3.16	27.4	2443.0	9404.1	80.0	7365.5	2434.7	450.0	3997.4	536.9	651.5	27393.7
ene-17	3.16	27.4	2756.2	11420.0	62.3	8975.8	2811.2	450.0	4771.1	643.8	0.0	31921.0
feb-17	3.16	27.4	3269.8	13604.8	57.3	9870.4	3242.2	450.0	5494.5	766.4	0.0	36785.9

### 3.2.6. Rentabilidad del proyecto

Con los resultados obtenidos es necesario hacer una proyección de recuperación de inversión, esto se realizará con la simulación de la opción tarifaria en MT3 y se establecerá el tiempo de recuperación estimado, para lo cual tendremos como base un costo estimado de un sistema de utilización en media tensión con las siguientes características:

Tabla 15. Recuperación de la inversión año 2020

TARIFA	AÑO	MESES	COSTO BT4 SIMULADO. (S/.)	COSTO MT3 SIMULADO. (S/.)	AHORRO MENSUAL (S/.)	AHORRO TOTAL (S/.)
		ENERO	44339.33	31921.00	12418.33	12418.33
		FEBRERO	51107.48	36785.90	14321.58	26739.91
		MARZO	48568.57	34381.70	14186.87	40926.78
		ABRIL	46975.11	32907.10	14068.01	54994.79
MT3	2020	MAYO	44192.98	30403.80	13789.18	68783.97
		JUNIO	39618.95	26204.60	13414.35	82198.32
		JULIO	37432.81	25022.10	12410.71	94609.03
		AGOSTO	37606.03	25311.00	12295.03	106904.06
		SEPTIEMBRE	35780.94	24977.70	10803.24	117707.30
		OCTUBRE	33564.00	23490.00	10074.00	127781.30
		NOVIEMBRE	34791.50	25214.80	9576.70	137358.00
		DICIEMBRE	38056.96	27393.70	10663.26	148021.26

Tabla 16. Recuperación de la inversión año 2021

TARIFA	AÑO	MESES	COSTO BT4 SIMULADO. (S/.)	COSTO MT3 SIMULADO. (S/.)	AHORRO MENSUAL (S/.)	AHORRO TOTAL (S/.)
		ENERO	44339.33	31921.00	12418.33	160439.59
		FEBRERO	50380.91	36785.90	13595.01	174034.60
		MARZO	48568.57	34381.70	14186.87	188221.47
		ABRIL	46975.11	32907.10	14068.01	202289.48
MT3	2021	MAYO	45000.98	30403.80	14597.18	216886.66
		JUNIO	39908.95	26204.60	13704.35	230591.01
		JULIO	37432.81	25022.10	12410.71	243001.72
		AGOSTO	45075.11	25311.00	19764.11	262765.83
		SEPTIEMBRE	44339.33	24977.70	19361.63	282127.46
		OCTUBRE	44459.33	23490.00	20969.33	303096.79
		NOVIEMBRE	35000.50	25214.80	9785.70	312882.49
		DICIEMBRE	38056.96	27393.70	10663.26	<b>323545.75</b>

De acuerdo a los resultados obtenidos hay una gran variación en consumo de energía y costo mensual. Por lo cual se determinara si la ejecución del proyecto es económicamente rentable mediante uso de indicadores como el VAN y el TIR.

**a) Valor actual neto (VAN)**

Mediante la siguiente fórmula 3.15 se calcula el VAN, es un criterio de inversión en cuanto tiempo se va ganar lo invertido.

$$VAN = \frac{D}{(1+d)} + \frac{D2}{(1+d)^2} + \frac{D3}{(1+d)^3} + \dots + \frac{n}{(1+d)^n} - I \quad (3.15)$$

**b) Tasa de interés de retorno (TIR)**

Es la tasa interna de rentabilidad referente a una inversión. se calcula mediante la siguiente fórmula 3.16.:

$$TIR = I \text{ Cuando } VAN = 0$$

$$I = \frac{D}{(1+d)} + \frac{D2}{(1+d)^2} + \frac{D3}{(1+d)^3} + \dots + \frac{n}{(1+d)^n} \quad (3.16)$$

Tabla 17. Análisis del VAN y TIR

TIPO DE PRODUCTO	INVERSIÓN INICIAL	AÑO 1	AÑO 2	VAN	TIR
PROYECTO DE SISTEMA DE UTILIZACIÓN 22.9 kV	-295843.57	148021.26	205203.56	31254.74	12.0%

De acuerdo a la tabla 17 se obtuvo como resultado que el VAN es mayor que cero, por lo cual eso indica que se obtendrá un resultado positivo en dicha inversión. El TIR el resultado según la tabla 17 en la cual es mayor a la tasa de interés en lo cual es mayor y positivo en lo cual indica un buen rendimiento obtenido

Dado que el monto estimado del Sistema de Utilización en Media Tensión es de S/. 295843.57, entonces en (02) años, se recuperara la inversión para el sistema de utilización

## **CONCLUSIONES**

Se determinó los materiales y equipamiento para la red de media tensión tipo subterránea y la subestación tipo convencional, mediante cálculos justificativos cumpliendo con los valores mínimos y máximos de acuerdo a la norma del código nacional de electricidad suministro 2011 y DGE.

Se determinaron los costos por consumo de energía mensual realizando un comparativo de baja y media tensión en los dos casos, dando como resultado que el costo mensual de baja tensión es casi el doble que el de media tensión.

Se determinó que el diseño de sistema de utilización de media tensión, es económicamente rentable debido que el tarifario de la red de media es mucho más económica que la de baja tensión y ello conlleva a un ahorro económico que se refleja en un tiempo de dos años de acuerdo a los cálculos realizados y los indicadores utilizados VAN y TIR.

Se determinó que el conductor de media tensión tipo subterráneo N2XSY de la marca indeco cumple con las normas establecidas del código nacional de electricidad suministro (2011).

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda al personal de mantenimiento del hotel orquídeas una capacitación para la correcta operación de apertura y cierre de la celdas ya que los elementos de maniobra y de corte se encuentra dentro de una cuba de acero inoxidable llena de gas SF6.

Se recomienda realizar un plan de mantenimiento y seguridad en la subestación tipo convencional ubicada en el sótano 2 con el fin de realizar un procedimiento seguro y efectivo.

Se recomienda realizar un análisis de consumo mensual posteriormente con el fin de evitar un cargo de energía excesivo, ya que el cliente implementara cargas adicionales que probablemente reduzcan el ahorro considerado y alarguen el tiempo de recuperación de la inversión.

## BIBLIOGRAFÍA

Simbaña J. D. (2018). Diseño de una estación de bombeo de agua de riego con su respectivo sistema de utilización 22.9 kV, 3 $\phi$ , para el sector mallaritos, Distrito de Marcavelica, Provincia de Sullana, Departamento de Piura (tesis). Universidad Señor de Sipán, Perú – Chiclayo.

Bravo V. A. (2018). Diseño del sistema de utilización en media tensión a nivel de 22.9 kV y subestación tipo caseta de 1000kva para la Empresa Congelados Gutiérrez (tesis). Universidad Católica de Santa María, Perú – Arequipa.

Carrión y Vicente. (2015). Diseño de la red subterránea de media y baja tensión, centros de transformación y alumbrado público del sector sur de la Av. Pio Jaramillo Alvarado de la ciudad de Loja (tesis). Universidad Nacional de Loja, Ecuador - Loja.

González H. (2015). Diseño de la red de distribución subterránea En 13.8 kV del parque industrial "El Huasteco" Localizado en Altamira, Tamaulipas (tesis). Instituto Politécnico Nacional, México – Tamaulipas.

Mujal, R. M. (2000) *Tecnología eléctrica, Barcelona. España.*

Baselga, M. (2017) *Electrotecnia, Madrid. España*

Juárez, J. D (1995) *Sistema de distribución de energía eléctrica. México*

Trashorras, J. (2015) *Subestaciones eléctricas, Madrid, España.*

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Recuperado de: <https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=150000>

Código Nacional de Electricidad Suministro (2011)

Código Nacional de Electricidad Utilización 2006, aprobado con Resolución Ministerial N° 037-2006-MEM/DM del 17 de febrero del 2006.

Norma de Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de la distribución, aprobada con Resolución Directoral N° 018-2002- EM/DGE del 26 de setiembre de 2002.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Ficha técnica de celda modular de remonte

CELDA MODULAR DE REMONTE			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	OFERTADO
1.0	<b>DATOS GENERALES</b>		
1.1	Nombre del fabricante		ORMAZABAL
1.2	Modelo (designación de fábrica)		CGMCOSMOS-RC
1.3	Tipo		Modular
1.4	País de origen		España
1.5	Norma de referencia		IEC 62271-200
1.6	Instalación		Interior
1.7	Altitud de instalación	m.s.n.m.	1000
1.8	Acceso		Frontal
1.9	Construcción modular		Si
2.0	<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>		
2.1	Tensión asignada	kV	24
2.2	Frecuencia asignada	Hz	60
2.3	Grado de protección: Envoltente externa		3X
2.4	Color del equipo	RAL	Gris 7035 / azul 5005
2.5	Indicadores luminosos de presencia de tensión		Si

Fuente. Catálogo de manufacturas eléctricas S.A.

### ANEXO 2. Ficha técnica de celda modular de aislamiento integral con función de protección con interruptor automático

CELDA MODULAR DE AISLAMIENTO INTEGRAL CON FUNCION DE PROTECCION CON INTERRUPTOR AUTOMATICO			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	OFERTADO
1.0	<b>DATOS GENERALES</b>		
1.1	Nombre del fabricante		ORMAZABAL
1.2	Modelo (designación de fábrica)		CGMCOSMOS-V
1.3	Tipo		Modular
1.4	Tecnología		Aislamiento Integral
1.5	País de origen		España
1.6	Norma de referencia		IEC 62271-200
1.7	Instalación		Interior
1.8	Altitud de instalación	m.s.n.m.	1000
1.9	Acceso		Frontal
1.10	Construcción modular		Si
1.11	<b>Enclavamientos</b>		
	Entre interruptor-seccionador y seccionador de puesta a tierra		Si
	Entre puerta y seccionador de puesta a tierra		Si

2.0	<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>		
2.1	Tensión asignada	kV	24
2.2	Frecuencia asignada	Hz	60
2.3	Corriente asignada Ir		
	Barras e interconexión de celdas	A	630
2.4	<b>Corriente admisible asignada de corta duración</b>		
	con tk = 1 s	kA	20
	Valor de pico Ip	kA	52
2.5	<b>Nivel de aislamiento asignado</b>		
	Tensión soportada asignada a frecuencia industrial [1 min]	kV	50
	Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	kV	125
2.6	<b>Arco interno conforme a IEC 62271-200</b>	kA	20 x 0,5s
2.7	<b>Grado de protección: Cuba de gas</b>		IP-67
2.8	<b>Grado de protección: Envolverte externa</b>		3X
2.9	<b>Color del equipo</b>	RAL	Gris 7035 / azul 5005
2.10	<b>Categoría de pérdida de continuidad de servicio LSC</b>		LCS2
2.11	<b>Clase de compartimentación</b>		PM
2.12	<b>Compartimientos:</b>		
	Compartimiento de M.T. - Cuba de acero inox.		Si
	Compartimiento de B.T.		Si
	Compartimiento de Cables		Si
	Compartimiento de expansión de gases		Si
2.12	<b>Indicador de presión de gas</b>		Si
2.13	<b>Conexión frontal entrada/salida de cables</b>		Por Pasatapas
2.14	<b>Conexión lateral</b>		Extensible a ambos lados
2.15	<b>Tipo de conexión lateral</b>		Tulipas y/o Pasatapas
2.16	<b>Indicadores luminosos de presencia de tensión</b>		Si
3.0	<b>INTERRUPTOR AUTOMATICO</b>		
3.1	<b>Norma de referencia</b>		IEC 62271-100
3.2	<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)</b>		
	Valor tk = 1 s o 3 s	kA	20
	Valor de pico Ip	kA	52
3.3	<b>Poder asignado de corte y de cierre</b>		
	Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	A	630
	Poder de corte en corto circuito	kA	20
	Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	kA	52
3.4	<b>Secuencia de maniobra</b>		
	Sin reenganche automático		O-3 min-CO-3 min-CO
3.5	<b>Categoría del interruptor automático</b>		
	Endurancia mecánica (clase de maniobra)		2000-M1
	Endurancia eléctrica -clase		E2-C1
4.0	<b>SECCIONADOR DE TIERRA</b>		
4.1	<b>Norma de referencia</b>		IEC 62271-102
4.2	<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)</b>		
	Valor tk = 1 s o 3 s	kA	20
	Valor de pico Ip	kA	52
4.3	<b>Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)</b>	kA	52
4.4	<b>Categoría del seccionador de puesta a tierra</b>		

Fuente. Catálogo de manufacturas eléctricas S.A.

ANEXO 3. Ficha técnica de celda de aislamiento integral con función de línea.

CELDA MODULAR DE AISLAMIENTO INTEGRAL CON FUNCION DE LINEA			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	OFERTADO
1.0	<b>DATOS GENERALES</b>		
1.1	Nombre del fabricante		ORMAZABAL
1.2	Modelo (designación de fábrica)		CGMCOSMOS-L
1.3	Tipo		Modular
1.4	Tecnología		Aislamiento Integral
1.5	País de origen		España
1.6	Norma de referencia		IEC 62271-200
1.7	Instalación		Interior
1.8	Altitud de instalación	m.s.n.m.	1000
1.9	Acceso		Frontal
1.10	Construcción modular		Si
1.11	Enclavamientos		
	Entre interruptor-seccionador y seccionador de puesta a tierra		Si
	Entre puerta y seccionador de puesta a tierra		Si
2.0	<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>		
2.1	Tensión asignada	kV	24
2.2	Frecuencia asignada	Hz	60
2.3	Corriente asignada Ir		
	Barras e interconexión de celdas	A	630
2.4	Corriente admisible asignada de corta duración		
	con tk = 1 s	kA	20
	Valor de pico Ip	kA	52
2.5	Nivel de aislamiento asignado		
	Tensión soportada asignada a frecuencia industrial [1 min]	kV	50
	Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	kV	125
2.6	Arco interno conforme a IEC 62271-200	kA	20 x 0,5s
2.7	Grado de protección: Cuba de gas		IP-67
2.8	Grado de protección: Envolverte externa		3X
2.9	Color del equipo	RAL	Gris 7035 / azul 5005
2.10	Categoría de pérdida de continuidad de servicio LSC		LCS2
2.11	Clase de compartimentación		PM
2.12	Compartimientos:		
	Compartimiento de M.T. - Cuba de acero inox.		Si
	Compartimiento de B.T.		Si
	Compartimiento de Cables		Si
	Compartimiento de expansión de gases		Si
2.12	Indicador de presión de gas		Si
2.13	Conexión frontal entrada/salida de cables		Por Pasatapas
2.14	Conexión lateral		Extensible a ambos lados
3.0	<b>INTERRUPTOR AUTOMATICO</b>		
3.1	Norma de referencia		IEC 62271-100
3.2	Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)		
	Valor tk = 1 s o 3 s	kA	20
	Valor de pico Ip	kA	52
3.3	Poder asignado de corte y de cierre		
	Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	A	630
	Poder de corte en corto circuito	kA	20
	Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	kA	52
3.4	Secuencia de maniobra		
	Sin reenganche automático		O-3 min-CO-3 min-CO
3.5	Categoría del interruptor automático		
	Endurancia mecánica (clase de maniobra)		2000-M1
	Endurancia eléctrica -clase		E2-C1
4.0	<b>SECCIONADOR DE TIERRA</b>		
4.1	Norma de referencia		IEC 62271-102
4.2	Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierra)		
	Valor tk = 1 s o 3 s	kA	20
	Valor de pico Ip	kA	52
4.3	Poder de cierre del interruptor principal (valor de pico)	kA	52
4.4	Categoría del seccionador de puesta a tierra		

ANEXO 4. Ficha técnica de transformador seco encapsulado en resina EPOXY.

TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO EN RESINA EPOXY			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	OFERTADO
1.0	<b>DATOS GENERALES</b>		
1.1	Nombre del fabricante		TMC
1.2	Modelo (designación de fábrica)		TMCRES
1.3	Tipo		Seco
1.4	País de origen		Italia
1.5	Norma de referencia		IEC 60076-11
1.6	Instalación		Interior
1.7	Altitud de instalación	m	hasta 1000
2.0	<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b>		
2.1	Potencia	kVA	1000
2.2	Número de fases		3
2.3	Tensión primaria asignada	kV	10-22,9
2.4	Tensión secundaria (en vacío)	V	400-230
2.5	Frecuencia	Hz	60
2.6	Factor K		4
2.7	Conmutador de derivaciones sin tensión en primario		Si
2.8	Derivaciones primarias	%	± 2 x 2,5
2.9	Conexión primaria		Triángulo-Estrella
2.10	Conexión secundaria		Estrella + neutro
2.11	Grupo de conexión		Dyn5-YNyn6
2.12	Cantidad de terminales en primario		3
2.13	Cantidad de terminales en secundario		4
2.14	Nivel de aislamiento Lado Primario	kV	24
2.15	Tensión aplicada a 60 Hz 1 min Lado Primario	kV	50
2.16	Tensión de impulso Lado Primario	kV	125
2.17	Nivel de aislamiento Lado Secundario	kV	1.1
2.18	Tensión de impulso Lado Secundario	kV	3
2.19	Material de arrollamiento primario		Al
2.20	Material de arrollamiento secundario		Al
2.21	Tipo de aislante		Seco encapsulado
2.22	Grado de protección		IP00
2.23	Tipo de enfriamiento		Aire Natural
2.32	Temperatura ambiente	° C	40
2.24	Perdidas en vacío (aprox.)	W	2700
2.25	Perdidas en c.c. a 120 °C (aprox.)	W	10000
2.26	Tensión de cortocircuito	%	6
2.27	Nivel de ruido LpA a 1 mt	dB	64
2.28	Clasificación climática (EN 60726)		C2
2.29	Clasificación medioambiental (EN 60726)		E2
2.30	Clasificación del comportamiento al fuego (EN 60726)		F1
2.31	Clase de aislamiento		F
2.33	Calentamiento de los arrollamientos	° C	100
2.34	Sondas	( PT100)	si
2.35	Centralita / Termómetro digital		si
2.36	Peso aprox. (aprox.)	Kg	2300
3.0	<b>ENVOLVENTE</b>		
3.1	Dimensiones	mm	2300 x 1250 x 2300
3.2	Grado de protección		IP21
3.3	Peso aprox.	Kg	250
4.0	<b>CERTIFICACIONES</b>		
4.1	Certificación de Calidad ISO-9001		Si
4.2	Certificado de cumplimiento de la norma IEC 60076-11		Si
4.3	Certificado de ensayo especial de cumplimiento a la clase climática C2, a la clase ambiental E2 y al comportamiento al fuego, según norma IEC 60076-11		Si



ANEXO 6. Ficha de luz tarifario MT3

DIR. COBRANZA: PRIMAVERA 1050 PS 3 URB CHACARILLA DEL ESTANQUE  
SANTIAGO DE SURCO

Recibo Nro. 187610378 M - CAL-02358



**LUZ DEL SUR**

AV. CAROLINA Y NOROCCIDENTAL SAN ISIDRO  
RUC: 2020188000 www.luzdelsur.com.pe

N° SUMINISTRO	
---------------	--

DATOS DEL SUMINISTRO	
Sucursal	SURCARILLA
Conexión	Subestación 064
Ruta	30-149-0499
Potencia	Contratada 650.00 KW
Tarifa	MT3
Facturación	Variable
Nivel Tensión	22.8KV
Medidor	Térmico
Alimentador	Z-54
	Electrónico 3 hilos

DETALLE DE LOS ÍTEMES DE LAS FACTURAS			
Descripción	Precio Unitario	Consumo	Importe
Cargo Fijo			3.12
Mano y Reparación de Conexión			25.98
Consumo de Energía Hora Punta	0.2015	12340.00	2,468.04
Consumo de Energía Fuera Punta	0.1058	82380.00	8,738.88
Consumo de Energía Reactiva Inductiva	0.0427	2004.00	106.52
Potencia Generación Fuera de Punta	28.4480	214.00	6,087.87
Potencia Distribución Fuera de Punta	10.4620	254.00	2,657.35
Alumbrado Público			490.00
Interna Compensatorio			214.75
Nota Dólar Res. N° 060-2016-GR/CD			87.48
I.G.V.			3,757.81
Electrificación Rural (Ley N° 28746)	0.0079	64720.00	511.26
Afianzamiento Seguridad Energética			488.36
Interna Monedero			22.72
<b>SUBTOTAL DEL MES</b>			<b>25,855.48</b>
Desde Venta (1)			28,512.10
<b>TOTAL LUZ DEL SUR</b>			<b>54,367.58</b>

REGISTRO DE DEMANDA Y CONSUMO



Energía Activa (kWh)		
	Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual (25/05/2016)	252,950	1148,980
Lectura Anterior (25/04/2016)	256,780	1122,790
Diferencia entre lecturas	6,170	26,190
Factor de Medición	2000	2000
Consumo a facturar	12340.00	52380.00
Demanda (kW)		
	Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual (25/05/2016)	0.0020	0.1070
Lectura Anterior (25/04/2016)	0.0000	0.0000
Diferencia entre lecturas	0.0020	0.1070
Factor de Medición	2000	2000
Potencia Registrada	184.0000	214.0000
Calificación		Fuera de Punta
Factor de Calificación	0.440	
N° Horas de punta	130 horas	
Energía Reactiva (kVAR.h)		
	Inductiva	
Lectura Actual (25/05/2016)	420,220	
Lectura Anterior (25/04/2016)	409,270	
Diferencia entre lecturas	10,960	
Factor de Medición	2000	
Consumo Registrado	21926.00	
Consumo a facturar	2504.00	

**CONTABILIDAD**  
 P. N° 2016/56 / 03

Ajuste sencillo mes anterior	0.00
Ajuste sencillo mes actual	0.00

MONTOS A PAGAR ***54,167.50	
FECHA EMISIÓN	FECHA VENCIMIENTO
31-MAY-2016	15-JUN-2016
MENSAJE AL CLIENTE	

Evite el corte de su servicio por deuda.  
 Su fecha programada de corte es el 21-JUN-2016  
 El total a pagar incluye Recargo por FOSE (Ley 27516) \$/ 528.87

Secuencia	00137
Suministro	
Vencimiento	15-JUN-2016
Cuenta	
Tarifa	MT3
20160525	***54,167.50
CHACARILLA	
Total a Pagar	***54,167.50

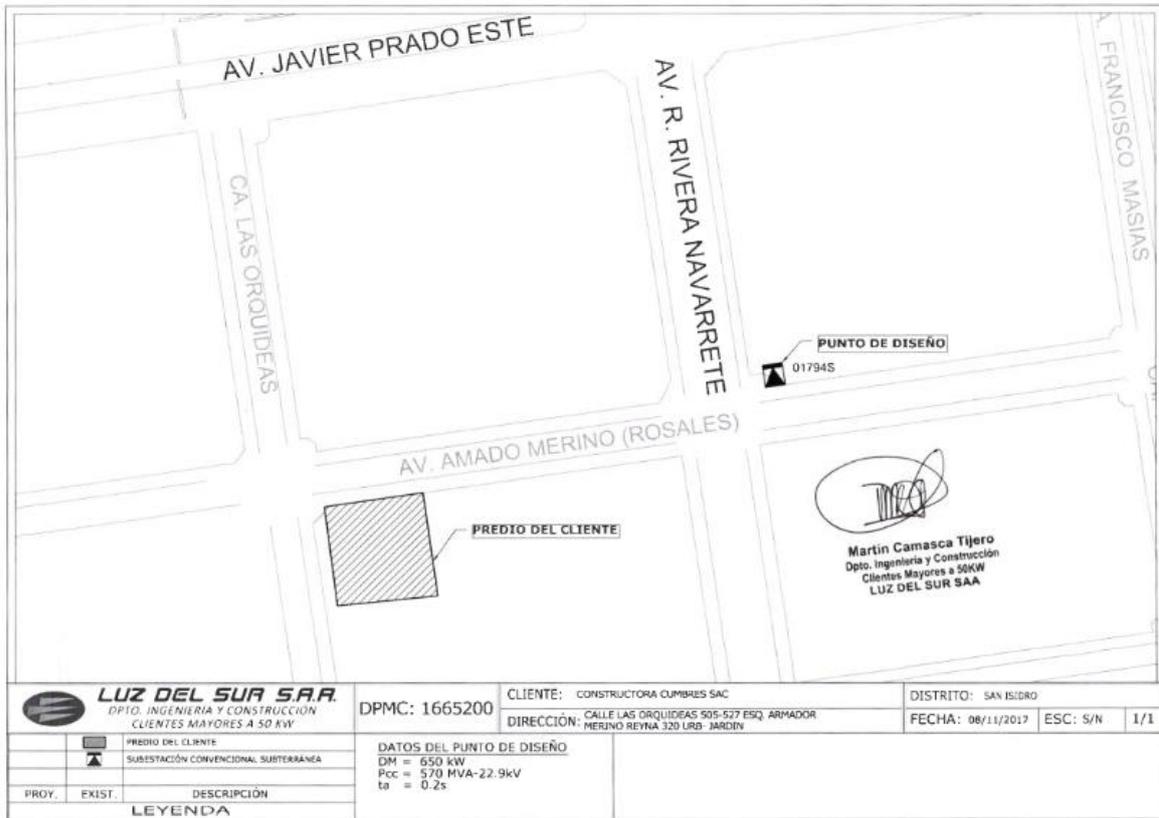
\$/ \*\*\*54,167.50



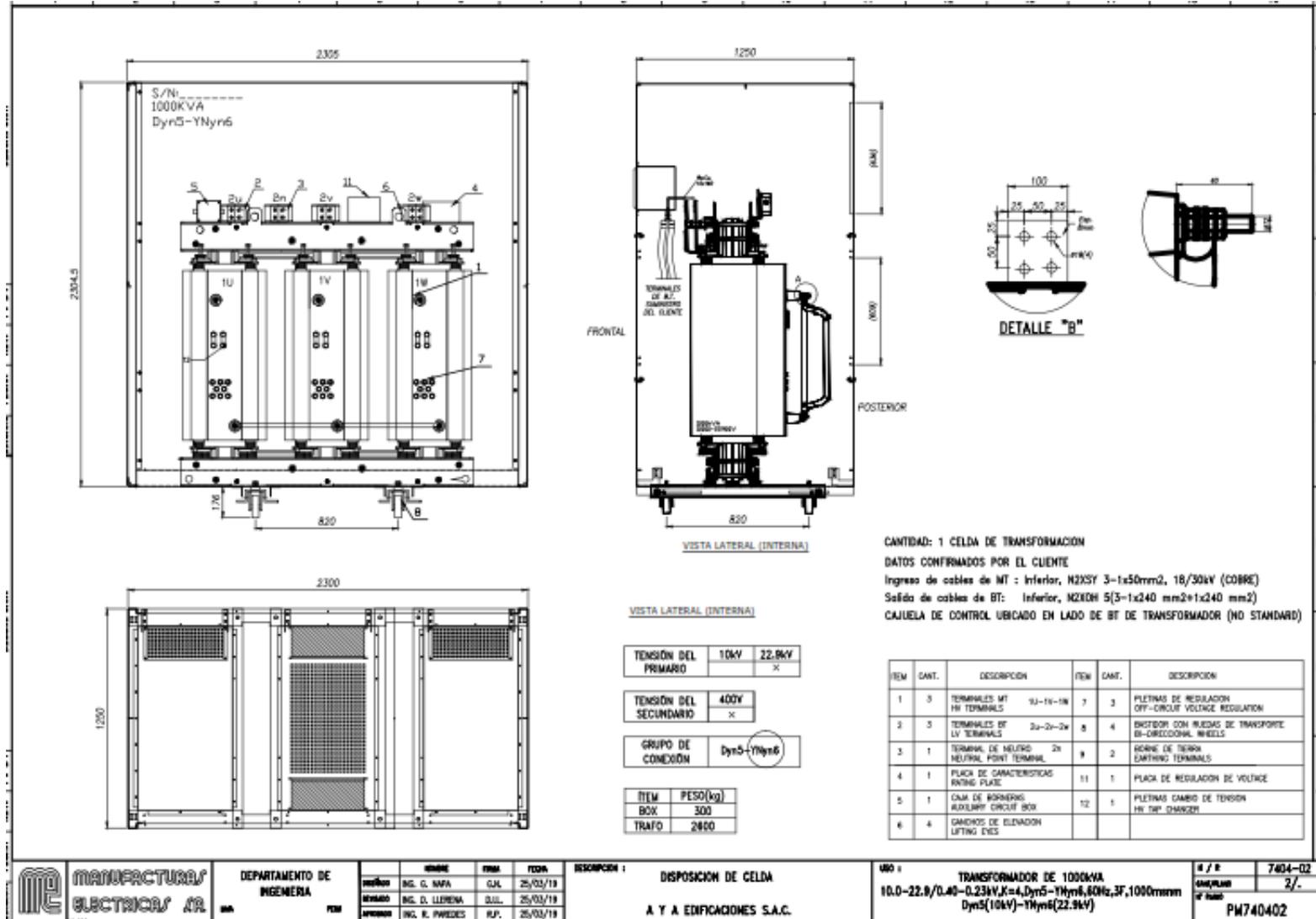
0500005416750

LUZ DEL SUR

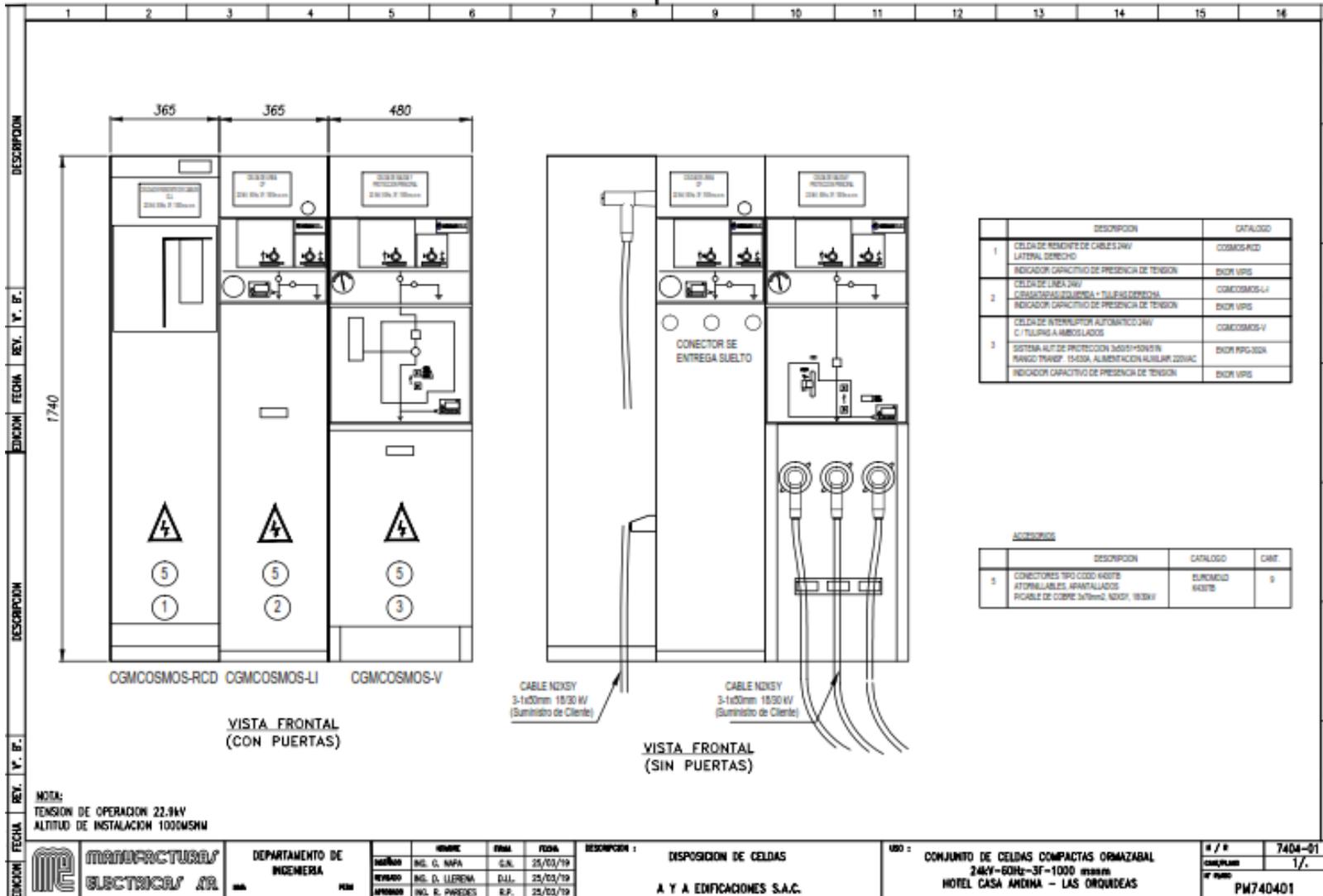
ANEXO 7. Ubicación del punto de diseño y el predio del cliente.



ANEXO 8. Plano mecánico de transformador.



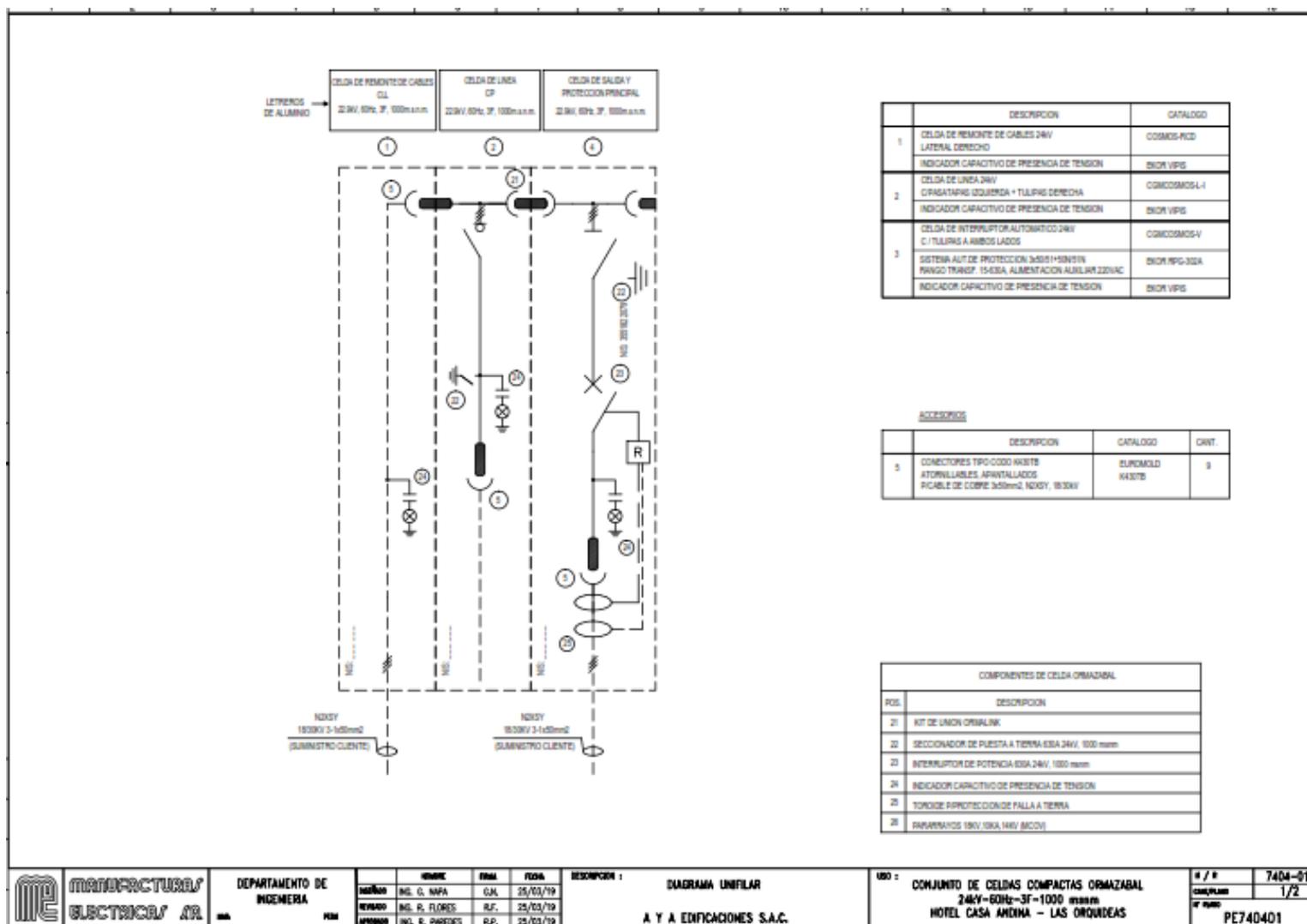
ANEXO 9. Plano mecánico de celdas modulares



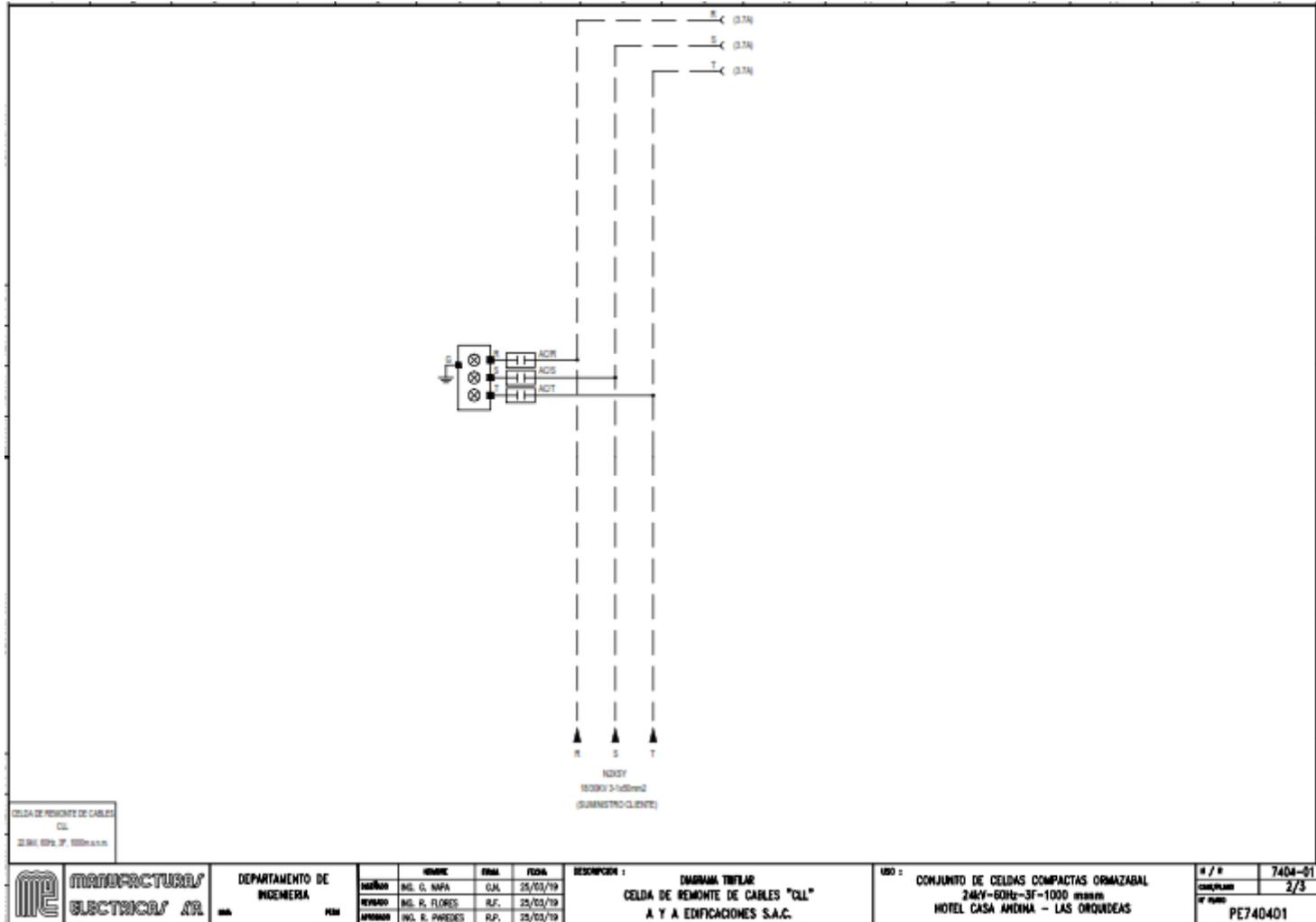
NOTA:  
TENSION DE OPERACION 22.9kV  
ALTITUD DE INSTALACION 1000MSNM

	<b>MANUFACTURAS ELECTRICAS SA</b>	<b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA</b>	<b>ING. G. NAPA</b>	<b>ING. D. UJERENA</b>	<b>ING. R. PAREDES</b>	<b>FECHA</b> 25/03/19	<b>FECHA</b> 25/03/19	<b>FECHA</b> 25/03/19	<b>DESCRIPCION 1</b> <b>DISPOSICION DE CELDAS</b> <b>A Y A EDIFICACIONES S.A.C.</b>	<b>USO</b> <b>CONJUNTO DE CELDAS COMPACTAS ORMAZABAL</b> <b>24kV-60Hz-3F-1000 mmmm</b> <b>HOTEL CASA ANDINA - LAS OROUDEAS</b>	<b>N.º / P.</b> <b>7404-01</b>	<b>CHIL/PLM</b> <b>1/1</b>	<b>W. PAREDES</b> <b>PW740401</b>

ANEXO 10. Diagrama unifilar.



ANEXO 11. Diagrama unifilar de celda remonte



**MANUFACTURAS**  
**ELECTRICAS SA**

DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA

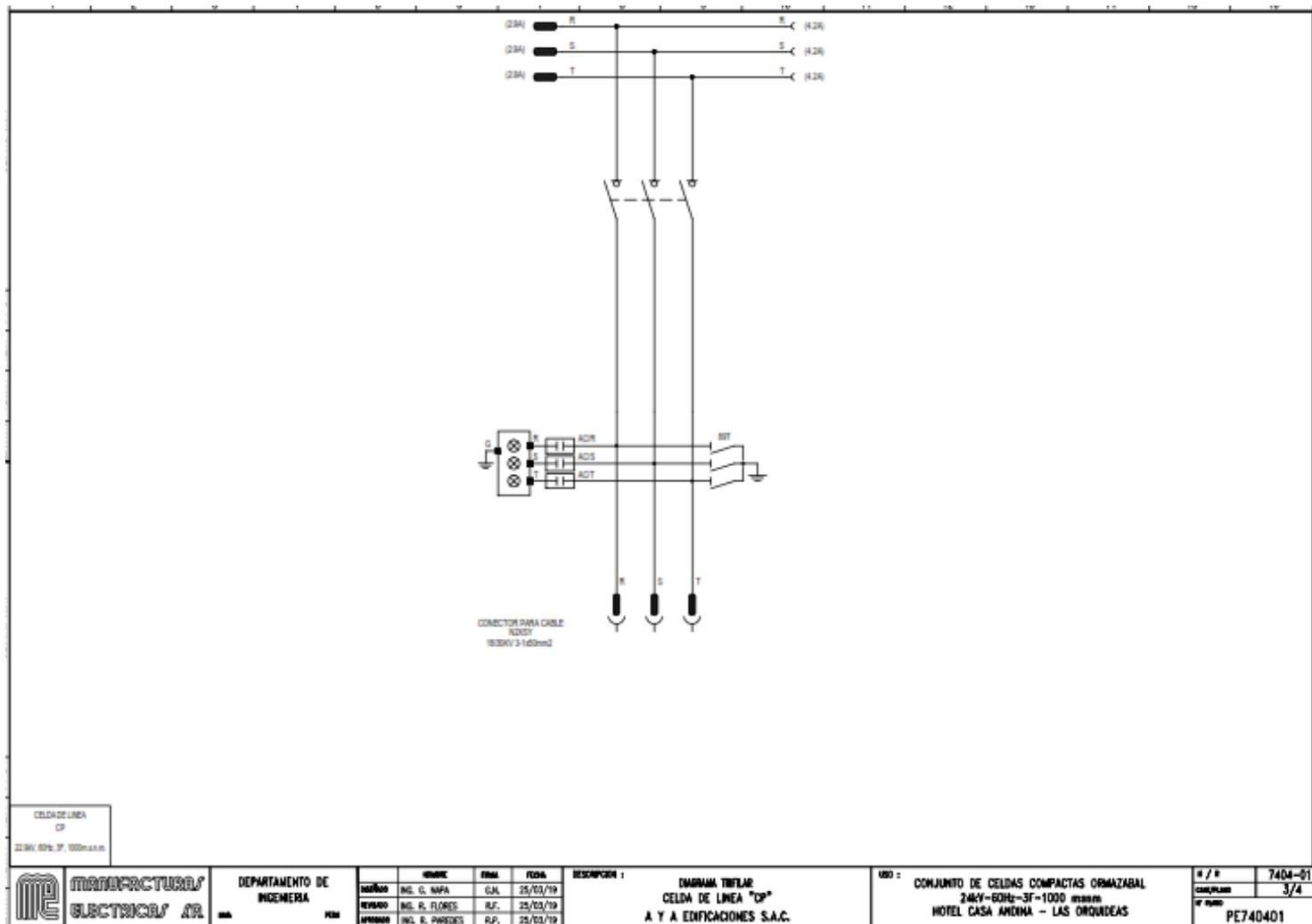
ESTADO	INGENIERO	FECHA
DESIGNADO	ING. G. NAFA	G.M. 25/03/19
REVISADO	ING. R. FLORES	R.F. 25/03/19
APROBADO	ING. R. PAREDES	R.P. 25/03/19

DESCRIPCION :  
DIAGRAMA UNIFILAR  
CELDA DE REMONTE DE CABLES "CLL"  
A Y A EDIFICACIONES S.A.C.

USO :  
CONJUNTO DE CELDAS COMPACTAS ORMAZABAL  
24kV-60Hz-3F-1000 mm2  
HOTEL CASA ANIMA - LAS ORQUIDEAS

N.º / N.	7404-01
COMP. PLAN	2/3
PE 7404	PE740401

ANEXO 12. Diagrama unifilar de celda de línea



ANEXO 13. Diagrama unifilar de celda de salida y protección principal.

