

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

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

### **ANÁLISIS DE COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEAS A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN COMPUTACIONAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**HUGO FABRICIO ANAGUANO ANGARA**

**fabri\_hcp@hotmail.com**

**DIRECTOR: MSC. ING. MIGUEL ÁNGEL LUCIO CASTRO**

**miguel.lucio@epn.edu.ec**

**CODIRECTOR: DR. ING. FABIÁN ERNESTO PÉREZ YAULI**

**fabian.perez@epn.edu.ec**

**Quito, Diciembre 2020**

# **AVAL**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Hugo Fabricio Anaguano Angara, bajo nuestra supervisión.

---

**MSc. Ing. Miguel Ángel Lucio Castro**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**Dr. Ing. Fabián Ernesto Pérez Yauli**  
**CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, Hugo Fabricio Anaguano Angara, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

---

HUGO FABRICIO ANAGUANO ANGARA

# DEDICATORIA

A MI MADRE <3

A MI PADRE <3

A MI HERMANO MAYOR <3

A MI HERMANO DEL MEDIO <3

A MI CUÑADA <3

A MI SOBRINA MAYOR <3

A MI SOBRINA DEL MEDIO <3

A MI ÚNICO SOBRINO <3

Y FINALMENTE,

A MI SOBRINITA MENOR <3

LOS QUIERO 3 MILLONES

HUGO FABRICIO

## **AGRADECIMIENTO**

Al Creador, que sin su movimiento de manos yo no existiría para haber creado este trabajo.

A mi madre, por alimentar mi cuerpo con su única y deliciosa comida, pero sobre todo por alimentar mi alma día a día, con sabiduría, cariño, amor y esperanza.

A mi padre, por su paciencia, consejo y amor incondicional.

A toda mi familia.

Al Ing. Miguel Lucio, por su guía y consejo en el desarrollo de este proyecto de titulación.

A la Ing. Merci Jácome, al Ing. Juan Gabriel Calderón y al Ing. Esteban Muñoz, cuya colaboración y apoyo en la EEQ. SA fue fundamental.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.2 ALCANCE .....	2
1.3 MARCO TEÓRICO.....	3
1.3.1 SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN [1] [2].....	3
1.3.2 COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN [1] [2] .....	4
1.3.2.1 Subestación de Distribución.....	4
1.3.2.2 Alimentador Primario o Red de Medio Voltaje.....	5
1.3.2.2.1 Alimentador Primario Tipo Troncal .....	5
1.3.2.2.2 Alimentador Primario Tipo Ramal o Derivación .....	5
1.3.2.3 Transformador de Distribución.....	5
1.3.2.4 Circuito Secundario o Red de Bajo Voltaje .....	6
1.3.2.5 Acometida Eléctrica .....	6
1.3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN .....	7
1.3.3.1 Red de Distribución Urbana .....	7
1.3.3.2 Red de Distribución Rural .....	8
1.3.3.3 Red de Distribución en Configuración Radial.....	8
1.3.3.4 Red de Distribución en Configuración Anillo .....	9
1.3.3.5 Red de Distribución en Configuración Malla o Mallada .....	10
1.3.3.6 Red de Distribución Aérea .....	12

1.3.3.7	Red de Distribución Subterránea [1] [2] .....	13
1.3.3.7.1	Normativa Homologada Establecida por el MEER para la Construcción de Redes de Distribución Subterráneas [13] .....	14
1.3.3.7.2	Guía Nemotécnica de Identificación para Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción en Redes de Distribución Subterráneas [13] .....	16
1.3.3.7.3	Componentes de una Red de Distribución Subterránea - Obra Civil .....	32
1.3.3.7.4	Componentes de una Red de Distribución Subterránea - Obra Eléctrica	37
1.3.4	MATLAB COMO SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN .....	53
1.3.4.1	Descripción General .....	53
1.3.4.1	APP Designer de MATLAB .....	54
2.	METODOLOGÍA .....	56
2.1	BASE DE DATOS Y COSTOS REFERENCIALES .....	56
2.2	CREACIÓN DE LA BASE DE COSTOS DE UP Y UC .....	58
2.2.1	OBRA CIVIL .....	58
2.2.1.1	Banco de Ductos .....	58
2.2.1.2	Pozos .....	76
2.2.1.3	Cámaras Eléctricas .....	93
2.2.2	OBRA ELÉCTRICA .....	111
2.2.2.1	Equipo de Seccionamiento y Protección .....	112
2.2.2.1.1	Interruptor Termomagnético .....	113
2.2.2.1.2	Barraje Desconectable .....	114
2.2.2.1.3	Conector Tipo Codo .....	121
2.2.2.1.4	Conector Codo Portafusible .....	124
2.2.2.1.5	Conector Tipo T .....	127
2.2.2.1.6	Descargador o Pararrayos Tipo Codo .....	129
2.2.2.1.7	Celdas de Medio Voltaje .....	131
2.2.2.1.8	Interruptor para Redes Subterráneas .....	133
2.2.2.1.9	Tablero de Distribución .....	135
2.2.2.1.10	Transición Aérea - Subterránea .....	137
2.2.2.2	Transformador en Redes Subterráneas de Distribución .....	139
2.2.2.3	Puesta a Tierra en Redes Subterráneas .....	143
2.2.2.4	Cables y Conductores .....	146
2.2.2.5	Acometida Domiciliaria .....	149

2.3	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN COMPUTACIONAL.....	151
2.3.1	LÓGICA DE PROGRAMACIÓN Y DIAGRAMA DE FLUJO.....	152
2.3.1.1	Diagrama de Flujo: Bloque A .....	153
2.3.1.1.1	Bloque A.1.....	153
2.3.1.1.2	Bloque A.2.....	154
2.3.1.1.3	Bloque A.3.....	154
2.3.1.2	Diagrama de Flujo: Bloque B .....	155
2.3.1.2.1	Bloque B.1.....	155
2.3.1.2.2	Bloque B.2.....	156
2.3.1.2.3	Bloque B.3.....	157
2.3.1.2.4	Bloque B.4.....	158
2.3.1.2.5	Bloque B.5.....	159
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	160
3.1	ESTUDIO DE CASO PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ” .....	160
3.1.1	ANTECEDENTES.....	160
3.1.2	UBICACIÓN.....	162
3.1.3	ALCANCE.....	163
3.2	RESULTADOS Y CÁLCULO DE PRESUPUESTO.....	163
3.2.1	PRESUPUESTO DE OBRA CIVIL.....	163
3.2.1.1	Banco de Ductos.....	164
3.2.1.2	Pozos Eléctricos.....	164
3.2.1.1	Cámara Eléctrica.....	165
3.2.2	PRESUPUESTO DE OBRA ELÉCTRICA.....	165
3.2.2.1	Transformador de Distribución .....	165
3.2.2.2	Equipos de Seccionamiento y Protección .....	166
3.2.2.3	Puesta a Tierra.....	167
3.2.2.4	Cables y Conductores.....	167
3.2.3	PRESUPUESTO TOTAL .....	168
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	170
4.1	CONCLUSIONES.....	170
4.2	RECOMENDACIONES .....	171
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	173
6.	ANEXOS.....	177
	ANEXO 1 .....	¡Error! Marcador no definido.



ANEXO 2 .....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 3 .....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 4 .....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO 5 .....	177
ANEXO 6 .....	186

## RESUMEN

El desarrollo del presente Proyecto de Titulación consiste en la implementación de una Aplicación Computacional o App (acortamiento de la palabra inglesa “Application”), que, mediante la creación de una base de datos, costos de estructuras y equipos eléctricos homologados por el MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, el cual, en la actualidad integra el vigente Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, MERNNR) en su época de vida jurídica; permite la obtención del presupuesto de construcción para una red eléctrica de distribución subterránea. La creación de la App se la realiza mediante la herramienta APP Designer, perteneciente al software de programación MATLAB.

La base de datos y costos creada constituye el centro de datos para la App y está compuesta por un listado de precios de materiales, herramientas, maquinaria y mano de obra con sus respectivos rendimientos, para el análisis de precios unitarios. La información utilizada para la creación y estructuración de la base de datos y costos es proporcionada por la Empresa Eléctrica Quito SA., a través de su Departamento de Estudios de Distribución y la Unidad de Proyecto Centro Histórico en base a proyectos eléctricos consolidados y también obtenida mediante consulta a empresas distribuidoras de material y equipo eléctrico.

La aplicación computacional conjuntamente con la base de datos y costos, están enfocadas en facilitar el cálculo de precios unitarios y presupuestos de construcción de redes subterráneas de distribución; la cual se aplica para obtener dichos valores de las redes para electrificar las instalaciones de la Unidad Educativa “ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ” en Guaranda, mediante el cual se presupuestan las obras Civil y Eléctrica; considerando en la parte civil: banco de ductos, pozos de revisión y paso y cámaras eléctricas; y en la parte eléctrica los cinco grupos de equipos y elementos: transformadores de distribución, equipos de seccionamiento y protección, puestas a tierra, conductores eléctricos y acometidas domiciliarias.

**PALABRAS CLAVE:** Aplicación Computacional, Base de Datos y Costos, Construcción de Redes Subterráneas, MEER, MERNNR, Precios Unitarios, Presupuesto, Sistema Eléctrico de Distribución.

## **ABSTRACT**

This Degree Project consists of the implementation of an App, which, by creating a database, costs of structures and electrical equipment approved by the MEER in their legal life period; allows obtaining the construction budget for an underground electrical distribution network. The creation of the App is done using the APP Designer tool, belonging to the MATLAB programming software.

The database constitutes the data center for the App and it is composed of a list of prices of materials, tools, machinery and labor with their respective yield values and unitarian price analysis. The information used for the creation and structuring of the database is provided by Empresa Eléctrica Quito SA., through its Distribution Studies Department and the "Centro Histórico" Project Unit based on consolidated electrical projects and also obtained by consulting to distribution companies of electrical material and equipment.

The App together with the database, are focused on facilitating the calculation of unitarian prices and construction budgets for underground distribution networks. The App is applied to obtain said values of the networks for the electrification of the Educational Unit "ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ" in Guaranda, through which the Civil and Electrical works are budgeted; considering in the civil part: bank of pipelines, electrical inspection and passage wells and electrical chambers; and in the electrical part the five groups of equipment and elements: distribution transformers, sectioning and protection equipment, grounding, electrical conductors and household connections.

**KEYWORDS:** App, Database, Construction of Underground Networks, MEER, Unitarian Prices, Budget, Electrical Distribution System.

# 1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de distribución de energía eléctrica, ya sea por mejorar la confiabilidad del sistema o para el cumplimiento de normas establecidas por las Empresas Distribuidoras, se ha optado por ejecutarlos en la modalidad subterránea, misma que es utilizada cada vez con mayor frecuencia en esta etapa del sistema eléctrico de potencia.

El presente trabajo permitirá, mediante una Aplicación Computacional (App) desarrollada en MATLAB y la creación de una base de datos referida a costos de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) homologadas por el MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, el cual, en la actualidad integra el vigente Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables); obtener el presupuesto de construcción de una red eléctrica de distribución subterránea, en sus dos componentes: obra civil y obra eléctrica.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar costos de construcción para redes de distribución subterráneas y desarrollar una aplicación computacional y su manual de usuario para que, por medio de ésta y la creación de una base de datos referida a costos de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) homologadas por el MEER; facilite la obtención de precios unitarios y presupuestos de construcción de redes eléctricas subterráneas de distribución.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una aplicación computacional que permita facilitar la obtención de presupuestos y costos constructivos, a partir de las alternativas que se presentan en las estructuras (obra civil) y los equipos eléctricos (obra eléctrica) homologados por el MEER para redes de distribución subterráneas.
- Crear una base de datos referida a costos de construcción de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) homologadas por el MEER; con el objetivo de fungir como fuente de información principal y *Data Center* para la aplicación computacional.

- Elaborar un manual de usuario que describa el funcionamiento de la aplicación computacional, en base a la normativa nacional existente y considerando los dos tipos de obras que intervienen en la construcción de un sistema de distribución subterránea; obra civil y obra eléctrica.

## **1.2 ALCANCE**

Tomando como base los procedimientos de homologación y la normativa existente provista por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), se desarrollará el análisis del abanico de posibilidades constructivas en redes de distribución subterráneas de medio y bajo voltaje. Este análisis se realizará mediante la investigación en campo a empresas distribuidoras para de esta manera obtener las alternativas constructivas más comunes utilizadas en la actualidad.

Se creará una base de datos y costos con los valores de mercado de materiales, herramientas, equipos e índices de rendimiento de mano de obra; la cual será estructurada mediante archivos y hojas de Excel, para una rápida y ágil modificación, de tal manera que la información registrada en la base de datos pueda ser actualizada y así mantenerla vigente.

El análisis de costos consistirá en la obtención de los precios unitarios de las Unidades de Construcción (UC) y Unidades de Propiedad (UP) homologadas por el MEER, así como la creación de rubros y precios unitarios de materiales, equipo eléctrico y actividades (mano de obra); esta información formará parte de la base de datos y costos, y será la fuente principal de información que funcionará como *Data Center* para la aplicación computacional (App).

La App a desarrollarse se la realizará en el paquete de programación MATLAB. Esta aplicación hará uso de la base de datos y costos antes mencionada para presentar los resultados del análisis de costos de las UP y UC, y de esta manera poder realizar el cálculo del presupuesto de construcción para una red eléctrica subterránea de distribución.

La herramienta computacional contará con una interfaz gráfica (GUI) y un manual de usuario.

## **1.3 MARCO TEÓRICO**

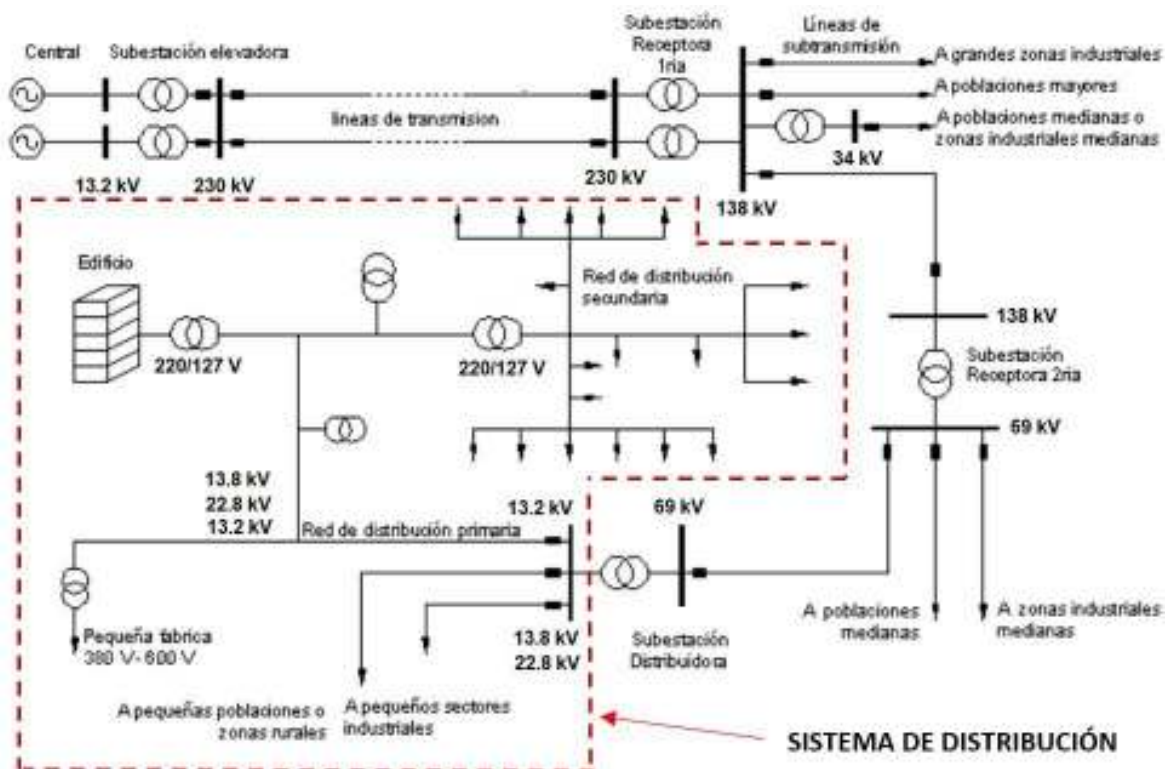
### **1.3.1 SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN [1] [2]**

Las redes de distribución forman una parte muy importante de los sistemas eléctricos de potencia debido a que 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 grandes bloques concentrados en plantas de gran capacidad mientras que la etapa de distribución se realiza en grandes territorios con cargas de diversas magnitudes; por esta razón el sistema de distribución resulta una parte muy compleja del sistema de potencia.

El sistema eléctrico de potencia (SEP) está compuesto por las etapas de generación, transmisión y distribución, y su objetivo primordial es la de llevar energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo, entregando al usuario energía que cumpla niveles de calidad y de una manera segura y confiable.

Al hablar de la inversión para un sistema eléctrico de potencia, aproximadamente las 2/3 partes del total de la inversión están dedicadas al sistema de distribución, lo que conlleva la necesidad de realizar un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño, construcción y operación del sistema de distribución; una tarea compleja, pero de gran trascendencia.

En el esquema de un sistema eléctrico de potencia, presente en la Figura 1.1, se puede evidenciar el sistema de distribución, sus etapas y algunos componentes que lo conforman.



**Figura 1.1.** Ubicación del sistema de distribución dentro de un SEP [1]

### 1.3.2 COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN [1] [2]

Analizando los componentes del sistema eléctrico de distribución, la definición clásica incluye los siguientes elementos, independientemente del tipo de carga, tanto en redes aéreas como en subterráneas:

- a) Subestación de Distribución
- b) Alimentadores Primarios
- c) Transformadores de Distribución
- d) Circuitos Secundarios y Alumbrado Público
- e) Acometida Eléctrica

#### 1.3.2.1 Subestación de Distribución

La subestación de distribución es el componente desde el cual se podría considerar estrictamente el inicio del sistema de distribución de energía eléctrica; su principal objetivo es la de recibir la potencia de las líneas de subtransmisión y reducir el voltaje a niveles correspondientes para alimentadores y circuitos de distribución primarios. El nivel de

voltaje que se maneja en una subestación de distribución es 69 kV en su primario y en el caso de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ.SA) es de 46 kV y 69 kV.

### **1.3.2.2 Alimentador Primario o Red de Medio Voltaje**

Es la red eléctrica que está constituida por los circuitos provenientes de la subestación de distribución y llevan el flujo de potencia hasta los transformadores de distribución a niveles de voltaje tales como 13.2 kV, 13.8 kV, 22.8 kV, y sus correspondientes valores monofásicos.

Para el caso de la EEQ.SA los voltajes para alimentadores primarios son: 6.3 kV, 22.8 kV y 13.2 kV para circuitos trifásicos y de 13.2 kV / 7.6 kV para circuitos monofásicos.

Un alimentador primario por su configuración topológica y nivel de cargabilidad puede ser de tipo troncal o derivación

#### **1.3.2.2.1 Alimentador Primario Tipo Troncal**

Este tipo de alimentador, debido a su capacidad de transmisión de potencia, es la parte principal de la red de medio voltaje; es el tramo de mayor capacidad de la red y es el responsable de la energización de los alimentadores ramales desde la subestación de distribución. Los circuitos de los primarios troncales están constituidos por conductores de grueso calibre.

#### **1.3.2.2.2 Alimentador Primario Tipo Ramal o Derivación**

El alimentador ramal está energizado desde el alimentador troncal. Es en este tipo de alimentadores donde se encuentra la mayor concentración de transformadores de distribución además de los llamados circuitos expresos (servicios particulares suministrados en medio voltaje). Los conductores utilizados para los alimentadores ramal son de menor calibre, en comparación con los alimentadores tipo troncal.

### **1.3.2.3 Transformador de Distribución**

Equipo eléctrico que es parte del sistema de distribución donde termina la red de medio voltaje e inicia la red de bajo voltaje; el transformador de distribución se encarga de reducir el voltaje del alimentador primario a niveles de operación para consumidores y abonados que se encuentran conectados a la red de bajo voltaje o circuito secundario.



Dependiendo del tipo de red de distribución, sea esta aérea o subterránea, el transformador de distribución puede estar instalado sobre una estructura de soporte (uno o dos postes) o puede instalarse dentro de una cámara de transformación construida a nivel de piso o subterránea; debiendo incluirse en esta mención a los transformadores tipo pedestal o PadMounted que son instalados a la intemperie.

Los transformadores para redes aéreas tienen potencias normalizadas de hasta 150 KVA y los utilizados para redes subterráneas de distribución hasta 750 KVA; en grandes edificios existen transformadores del orden de los 800 KVA, en nuestro medio.

#### **1.3.2.4 Circuito Secundario o Red de Bajo Voltaje**

La red de bajo voltaje está formada por circuitos que parten de los secundarios de los transformadores de distribución y es la encargada de distribuir la energía de éstos circuitos a los consumidores. Los niveles de voltaje que se manejan en esta red pueden ser de 127/220 V y 120/240 V.

Para el caso de la EEQ.SA los voltajes para circuitos secundarios son de 210 V y 220 V para circuitos trifásicos, siendo 220/127 V el valor normalizado; de 120 V, 121 V y 127 V para circuitos monofásicos y para circuitos monofásicos de 3 hilos, el voltaje manejado es de 240/120 V.

Una etapa que es parte de la red de bajo voltaje, es el alumbrado público, ya que está conectado y alimentado directamente por los circuitos secundarios para posteriormente energizar y controlar las luminarias de espacios públicos y vías de tránsito. El alumbrado público constituye uno de los servicios públicos fundamentales mejorando el entorno en cuestión de movilidad, seguridad y ornamento.

#### **1.3.2.5 Acometida Eléctrica**

Es la instalación desde el circuito secundario de la red de distribución hasta llegar al medidor de energía de cada uno de los consumidores o abonados. Físicamente, la acometida puede ser de tipo aérea o subterránea, dependiendo del diseño que presente la red de bajo voltaje o acoplándose a los requerimientos de los consumidores.

### **1.3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN**

La gestión de los sistemas de distribución ha obligado a la implementación de redes eléctricas cada vez más confiables, sostenibles y eficientes, lo que ha permitido la clasificación de los diferentes tipos de redes de distribución, ya sean estas por su proceso de construcción (aérea o subterránea), por su topología (radial, anillo o mallada) o geográfica (urbana o rural).

El presente trabajo se circunscribe en las redes subterráneas que pueden ser urbanas o rurales y de cualquier topología.

#### **1.3.3.1 Red de Distribución Urbana**

Es una zona específica de servicio. El diseño y expansión de este tipo de red, es responsabilidad de cada empresa distribuidora con planes de construcción de redes nuevas, remodelación y recuperación de pérdidas. A continuación, se indica las principales características de la red de distribución urbana [1]:

- Usuarios muy concentrados.
- Cargas bifilares, trifilares y trifásicas.
- Facilidad de acceso.
- Es necesario coordinar los trazados de la red eléctrica con las redes telefónicas, redes de acueducto, alcantarillados y otras redes; igualmente tener en cuenta los parámetros de las edificaciones.
- Se usan conductores de aluminio ACSR en el caso de redes aéreas y conductores de cobre en el caso de redes subterráneas.
- Facilidad de transporte desde los proveedores de materiales y equipos, al sitio de la obra.
- Transformadores generalmente trifásicos en áreas de alta densidad de carga y monofásicos trifilares en áreas de carga moderada.
- El trabajo en general puede ser mecanizado.
- La separación entre conductores y estructuras de baja tensión y media tensión son menores.
- En caso de remodelaciones y arreglos, es necesario coordinar con las empresas de energía los cortes del servicio.

### **1.3.3.2 Red de Distribución Rural**

Este tipo de red está diseñada para la electrificación de zonas rurales, las cuales podemos describirlas como extensiones territoriales distintas de las aglomeraciones urbanas o suburbanas, que comprenden las zonas de explotación agrícolas, pecuarias o forestales, tomando en cuenta la exclusión de locales industriales, residenciales o turísticos.

El diseño, construcción e implementación de una red de distribución rural está sujeta específicamente a brindar un servicio social, a satisfacer una necesidad primaria (alumbrado de asentamientos rurales y sus viviendas), dejando en un segundo plano la energización de elementos correspondientes a maquinaria industrial.

Las características principales que presenta una red de distribución rural son [1]:

- Usuarios muy dispersos.
- Cargas generalmente monofásicas.
- Dificultades de acceso en las zonas montañosas, lo que implica extra costos en el transporte y manejo de materiales.
- En zonas accesibles se usa postiería de concreto.
- En zonas de difícil acceso se usa postiería de fibra de vidrio.
- Los transformadores por lo general son monofásicos 2H o 3H (Bifilares o Trifilares).
- Conductores ACSR, por lo general.
- A menudo es necesario efectuar desmonte de la zona.

### **1.3.3.3 Red de Distribución en Configuración Radial**

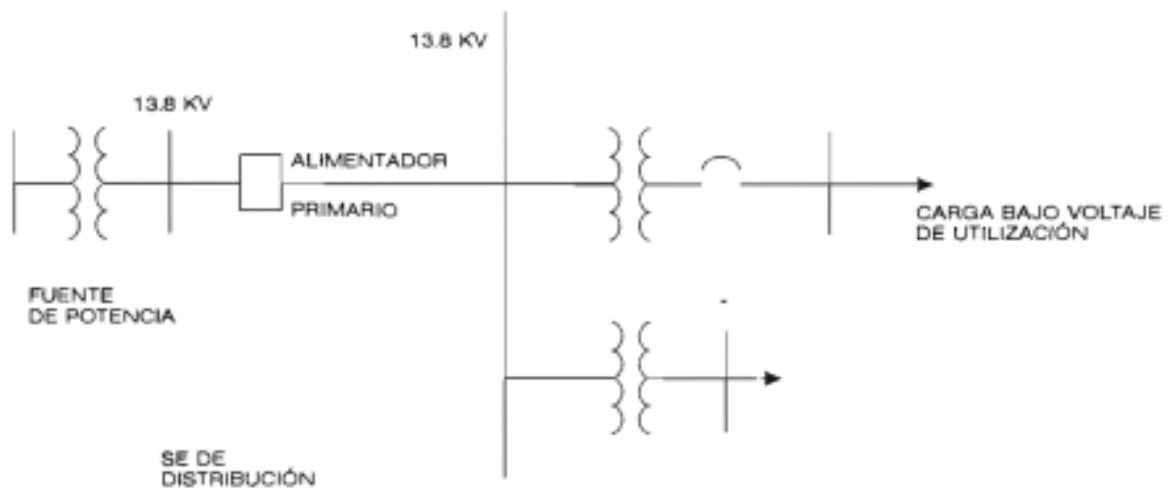
Una red de distribución con una configuración radial, tanto para alimentadores primarios como para circuitos secundarios, es aquella que tiene un solo camino para el paso de la potencia (energía) que se dirige a la carga. La alimentación se da desde un punto en uno de los extremos del circuito a energizarse, transmitiendo así la energía de forma radial hasta llegar a los clientes. Este tipo de red es muy utilizada en el sector rural.

En la Figura 1.2 se puede observar una red de distribución con configuración radial, en la que se tiene el punto de generación (fuente de potencia) en un extremo del circuito, un único camino (alimentador primario y circuito secundario) para el paso de la energía, y, por último, la carga a alimentar (carga bajo voltaje de utilización).

A continuación, se menciona algunas ventajas y desventajas de este tipo de red:

**Tabla 1.1.** Ventajas y desventajas de una red de distribución en configuración radial

<u>Ventajas</u>	<u>Desventajas</u>
- Diseño y construcción de bajo costo	- Baja confiabilidad
- Fácil Operación	- Baja calidad del producto
- Simplicidad para coordinar protecciones	- Baja calidad del servicio



**Figura 1.2.** Red de distribución en configuración radial [2]

#### 1.3.3.4 Red de Distribución en Configuración Anillo

Este tipo de red de distribución, es utilizada en sistemas para los cuales se pretende aumentar la confiabilidad del servicio, debido a que, si se presenta una contingencia en algún punto del anillo, la energización no se suspende, ya que entra en funcionamiento un segundo punto que alimenta al anillo.

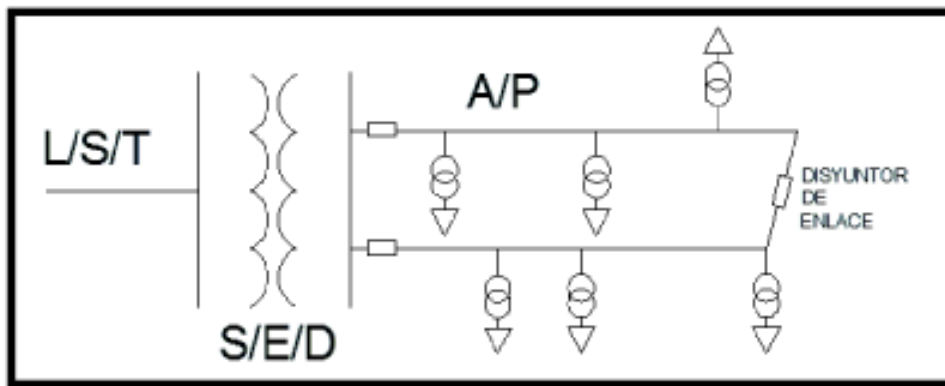
En esta configuración, los circuitos radiales esta conectados a través de un disyuntor de enlace para de esta manera, poder seccionar la parte afectada, si se presentara una falla. Este tipo de red es muy utilizado en el sector urbano.

En la Figura 1.3 se presenta un esquema que ejemplifica una red de distribución en configuración anillo, en la que podemos observar el disyuntor de enlace antes mencionado, como también los circuitos radiales conectados entre sí, formando de esta manera la configuración anillo.

En la Tabla 1.2, se menciona algunas ventajas y desventajas de este tipo de red:

**Tabla 1.2.** Ventajas y desventajas de una red de distribución en configuración anillo

<u>Ventajas</u>	<u>Desventajas</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta confiabilidad en la continuidad de servicio</li> <li>- Facilidad de operación y mantenimiento</li> <li>- Alta calidad del producto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para realizar una conveniente coordinación de protecciones</li> <li>- Alto costo económico</li> </ul>



**Figura 1.3.** Red de distribución en configuración anillo [4]

### 1.3.3.5 Red de Distribución en Configuración Malla o Mallada

Una red de distribución mallada es la que presenta más de un camino simultáneo para que el flujo de potencia circule, desde las subestaciones hasta las cargas a alimentarse. Esta configuración involucra al menos dos subestaciones de distribución, incrementando de esta manera la confiabilidad de la red y del sistema.

Este tipo de red es muy utilizado en zonas de importancia estratégica donde la densidad de carga es más alta.

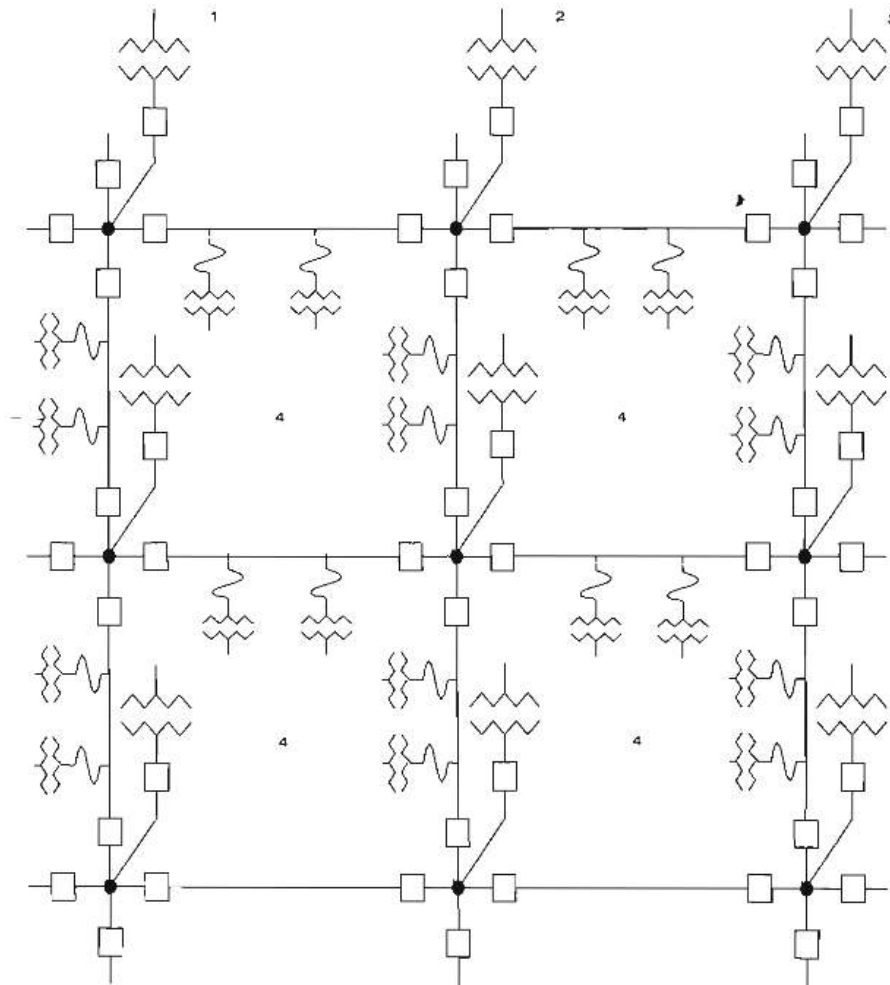
La implementación de una red mallada se realiza cuando se requiere la máxima confiabilidad. En la Figura 1.4, se muestra el esquema de una red de distribución primaria, donde se observa tres transformadores que corresponden a tres subestaciones diferentes, alimentados por tres circuitos de subtransmisión. Las redes primarias en configuración tipo

mallas normalmente cuentan con reconectores, para que, al momento de presentarse una falla no permanente, se efectúe de dos a cuatro recierres y así se pueda reestablecer el servicio.

En la Tabla 1.3, se mencionan algunas ventajas y desventajas de este tipo de red:

**Tabla 1.3.** Ventajas y desventajas de una red de distribución en configuración malla

<b><u>Ventajas</u></b>	<b><u>Desventajas</u></b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Alta confiabilidad en la continuidad de servicio</li><li>- Varios caminos para el flujo de potencia</li><li>- Alta calidad del producto</li><li>- Alta calidad de servicio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Dificultad para realizar una conveniente coordinación de protecciones</li><li>- Alto costo económico</li></ul>



**Figura 1.4.** Diagrama unifilar de una red convencional primaria mallada. 1, 2, 3, líneas de subtransmisión; 4, malla en voltaje de distribución (primaria) [2]

### 1.3.3.6 Red de Distribución Aérea

Por su proceso de construcción, una red de distribución aérea es aquella en la que los conductores que transportan la energía (usualmente conductores desnudos) van soportados mediante estructuras metálicas aéreas (como aisladores instalados en crucetas); y estas a su vez están ubicadas sobre postes de madera o concreto, a lo largo de vías y calles. Una característica muy importante que se debe mencionar sobre este tipo de red, es que el aire se desempeña como medio dieléctrico.

La red de distribución aérea es la más utilizada, debido a su relativa facilidad de construcción y a su bajo costo inicial.

### 1.3.3.7 Red de Distribución Subterránea [1] [2]

Una red de distribución subterránea es aquella que está constituida por elementos y equipo eléctrico, instalados en espacios construidos mediante obra civil que permiten su ubicación por debajo del nivel del suelo.

Este tipo de red es implementada cuando se tienen grandes demandas de energía en donde se requiere de alta confiabilidad y de un servicio continuo. Las redes subterráneas son más confiables ya que no están expuestas a factores como descargas atmosféricas, lluvia, granizo, caída de árboles, lanzamiento de objetos, etc. en comparación con las redes aéreas. Otro factor que impulsa la utilización de redes subterráneas es la estética urbana, ya que su construcción e implementación se la realiza de forma oculta, eliminando postes, transformadores y líneas aéreas las cuales afectan al paisaje urbano notablemente.

A continuación, en la Tabla 1.5, se menciona de manera general, algunas de las ventajas y desventajas en el uso de redes de distribución subterráneas:

**Tabla 1.5.** Ventajas y desventajas de una red de distribución subterránea “Vs” aérea

<u>Ventajas</u>	<u>Desventajas</u>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Mayor confiabilidad, ya que la mayoría de contingencias que afectan a las redes aéreas, no lo hacen en las redes subterráneas</li><li>- Son más estéticas, pues no están a la vista de transeúntes</li><li>- Son más seguras</li><li>- Menos pérdidas económicas, causadas por conexiones ilegales a la red</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alto costo de inversión inicial</li><li>- Mayor dificultad en la localización de fallas, por su poca accesibilidad</li><li>- Mantenimiento más complejo</li><li>- Reparaciones más demorosas</li><li>- Dificultad en la obra civil, debido al tráfico vehicular y peatonal</li><li>- Alta exposición a la humedad y roedores</li></ul>



### **1.3.3.7.1 Normativa Homologada Establecida por el MEER para la Construcción de Redes de Distribución Subterráneas [13]**

A través de los convenios de cooperación interinstitucional que se enfocan en el fortalecimiento del sector eléctrico de distribución, suscritos el 11 de mayo de 2009 y 8 de noviembre de 2011, entre el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y las Empresas de Distribución Eléctrica (EDs); se conformó la Comisión de Homologación de Unidades de Propiedad de Redes Subterráneas (CHUPRS), cuyos objetivos principales son los siguientes:

- Establecer un único sistema de identificación de las Unidades de Propiedad (UP) que son utilizadas en el diseño y construcción de redes de distribución subterráneas.
- Homologar y estandarizar los equipos y materiales que conforman las Unidades de Construcción (UC).
- Establecer una simbología estándar para los elementos eléctricos que intervienen en una red de distribución subterránea.
- Crear un sumario de especificaciones técnicas, de equipos y materiales eléctricos de mayor uso, en el diseño y construcción de la red de distribución subterránea.

#### **Criterios Homologados por la CHUPRS**

A continuación, se describen los principales parámetros eléctricos que fueron sujetos a homologación por parte de la CHUPRS, pudiéndose encontrar mayores detalles constructivos en el documento *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, proporcionado por el MEER; ver [5].

##### Banco de Ductos

- Dimensiones de zanjas: estas dimensiones dependerán estrictamente del número de ductos a instalar.
- Ductos a instalarse: se procederá a instalar tubo PVC tipo B, de pared exterior corrugada e interior lisa para MV y BV; mientras que, para acometidas y alumbrado público se instalará tubo PVC del tipo II.

- Diámetro de tuberías: estas medidas dependerán de parámetros como nivel de voltaje, calibre del conductor y número de conductores.
- Separación entre ductos: se utilizará separadores prefabricados de PVC, para mantener uniformidad de separación en todo el trayecto del banco de ductos y permitir una mejor disipación de calor en los ductos.
- Material de relleno de banco de ductos: dependerá del lugar donde esté instalado el conjunto de ductos, en acera o calzada.
- Seguridad: se hará uso de una cinta plástica de señalización, que indicará que en el lugar se encuentra un banco de ductos eléctricos.

### Pozos

- Dimensiones: están consideradas en base a la normativa de las EDs y la experiencia en operación y mantenimiento.
- Tapas: el contorno de las tapas de hormigón tendrá un biselado de 110° al igual que su brocal de asentamiento y también se implantará el uso de tapas de grafito esferoidal (hierro dúctil).
- Pisos y drenajes: dependerá del nivel freático del suelo donde se vaya a instalar el pozo.
- Accesorios: se instalará soportes para sujeción de cables y tapones de ductos contra el ingreso de agua y roedores.

### Cámaras Eléctricas

- Dimensiones: estas medidas se definirán en base a los equipos a instalarse y a distancias de seguridad.
- Materiales: se considerará materiales resistentes al fuego por un lapso de tiempo mínimo de 3 horas.
- Ubicación: estas se definirán sobre la base del nivel de ubicación del terreno, pudiendo ser cámara subterránea o cámara a nivel.
- Canales: se instalarán rejillas metálicas en el interior de los canales de la cámara, para la separación de conductores de MV y BV.
- Ventilación: se dispondrá de un sistema de ventilación natural o forzado, para la disipación del calor producido por las pérdidas del transformador.

- Seguridad: se considerará que todo tipo de equipo eléctrico a instalarse en la cámara, será de frente de muerto.

#### Transformador

- Tipo seco: se los utilizara en cámaras a nivel ubicadas a partir del primer piso alto.
- Tipo convencional con frente muerto: se los utilizara en cámaras a nivel ubicadas en el primer piso, planta baja o subsuelo.
- Tipo sumergible: se los utilizara en cámaras subterráneas.
- Tipo pedestal: se los utilizara en lugares abiertos o a la intemperie.

#### Seccionamiento y Protección

- Equipos: en las cámaras eléctricas subterráneas se instalará equipos de interrupción automática de MV tipo sumergible; además de interruptores automáticos de falla para alimentadores y derivaciones, como parte del sistema de protección del transformador.
- Seguridad: todos los elementos de seccionamiento y protección que se utilizarán serán con frente muerto.

#### Tableros de Distribución de BV

- El uso de tableros de distribución de BV será establecido de acuerdo al requerimiento de cada empresa distribuidora.

### **1.3.3.7.2 Guía Nematécnica de Identificación para Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción en Redes de Distribución Subterráneas [13]**

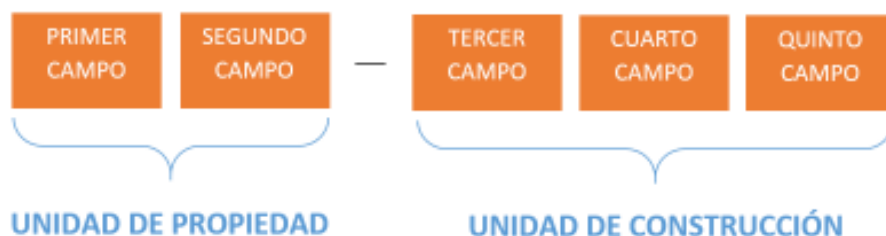
La guía nemotécnica de identificación permite establecer una etiqueta alfanumérica para las Unidades de Construcción que están inmersas dentro de las Unidades de Propiedad homologadas para redes de distribución subterráneas. A continuación, se presenta las siguientes definiciones básicas:

*Unidades de Propiedad (UP).* - son un conjunto de bienes, destinados a cumplir una función específica en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. Abarcan a las diferentes Unidades de Construcción.

*Unidades de Construcción (UC).* - son el conjunto de materiales que componen una unidad de montaje para facilitar el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas de distribución. La Unidad de Construcción consta de una representación gráfica y está compuesta de un listado de equipos y materias con sus respectivas cantidades.

### **Etiqueta Nemotécnica para las UP y UC**

La etiqueta o identificador nemotécnico está formado por 5 campos codificados con caracteres alfanuméricos y signos. Los dos primeros campos representan a las Unidades de Propiedad y los tres campos restantes a las Unidades de Construcción; como se puede observar en la Figura 1.5.



**Figura 1.5.** Estructura del identificador o etiqueta nemotécnica

#### Primer Campo

Este campo define la Unidad de Propiedad y está formado por dos caracteres alfabéticos en mayúsculas, denominado GRUPO. La estructura de este campo se especifica con la primera y/o segunda letra de la (s) palabra (s) clave (s) que definen el grupo. Las palabras claves para el primer campo son las siguientes:

**EU** = Estructuras en redes **sUb**terráneas.

**TU** = Transformadores en redes **sUb**terráneas de distribución.

**SS** = Seccionamiento y protección en redes **S**ubterráneas de distribución.

**PS** = Puesta a tierra de redes **S**ubterráneas.

### Segundo Campo

Este campo define los niveles de voltaje utilizados actualmente en el país y está formado por un carácter alfabético en mayúscula, denominado NIVEL DEL VOLTAJE. La estructura de este campo se especifica con la primera letra de la palabra clave, o de repetirse esta, se utilizará la siguiente letra. Las palabras claves para el segundo campo son las siguientes:

**C** = 120 V – 121 V – 127 V (**C**ien).

**E** = 0 V (**cE**ro).

**D** = 240/120 V – 220/127 V (**D**oscientos).

**U** = 440/256 V – 480/227 V (**CU**atrocientos).

**S** = 6,3 kV (**S**eis mil).

**T** = 13,8 kVGRDy / 7,96 kV – 13,2 kVGRDy / 7,62 kV (**T**rece mil).

**V** = 22 kVGRDy / 12,7 kV – 22,8 kVGRDy / 13,2 kV (**V**einte mil).

**R** = 34,5 kVGRDy / 19,92 kV (**TR**einta mil).

**0** = No aplica.

### Tercer Campo

La definición de este campo depende estrictamente de la Unidad de Propiedad y está formado por un carácter numérico, denominado NUMERO DE FASES. Si en el campo en cuestión, la característica eléctrica a definir no es factible, se usará el carácter numérico “0” para completar la codificación de la etiqueta nemotécnica.

### Cuarto Campo

La definición de este campo depende estrictamente de la Unidad de Propiedad y está formado por un carácter alfabético en mayúsculas, denominado TIPO o DISPOSICIÓN.

### Quinto Campo

Este campo define las principales características técnicas del elemento y su función, y depende de la Unidad de Propiedad previamente seleccionada. Su estructura está dada por caracteres alfabéticos en mayúsculas, numéricos y/o signos (hasta 10 caracteres en total), denominada FUNCIÓN o ESPECIFICACIÓN.

Si en el campo en cuestión, la característica eléctrica a definir no es factible, se usará el carácter numérico "0" para completar la codificación de la etiqueta nemotécnica.

A continuación, se procede a detallar la estructura de las etiquetas nemotécnicas para las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción utilizadas en los sistemas subterráneos.

### **Etiqueta Nemotécnica para Estructuras en Redes Subterráneas de Distribución (EU)**

En una red de distribución subterránea, las estructuras utilizadas son aquellas que involucran trabajo de obra civil. Las estructuras homologadas por el MEER para redes subterráneas son las siguientes: Cámaras Eléctricas, Banco de Ductos y Pozos.

La codificación para la etiqueta nemotécnica viene dada por la siguiente descripción de cada campo.

*Primer Campo:* **EU**

*Segundo Campo:* **No aplica.**

*Tercer Campo:* **No aplica.**

*Cuarto Campo:* **Tipo**

**C:** Cámara eléctrica

**B:** Banco de ductos

**P:** Pozos

Quinto Campo: **Especificaciones Técnicas**

a) **Cámara Eléctrica**

Esta especificación se define según la ubicación de la cámara eléctrica, pudiendo ser de dos tipos:

- *Subterránea*: la construcción de esta cámara se da bajo nivel de piso y su ingreso es por la parte superior de la misma.
- *Nivel de Piso*: la construcción de esta cámara se da sobre nivel de piso y su ingreso es por alguna de sus puertas laterales.

**S:** Subterránea

**N:** Nivel de Piso

Las dimensiones promedio de las cámaras eléctricas; largo (l), ancho (a) y altura (h) en metros, son las siguientes:

**A:**  $l \leq 3$ ;  $a \leq 4$ ;  $h \geq 2,5$

**B:**  $3 < l \leq 6$ ;  $4 < a \leq 7$ ;  $h \geq 2,5$

**C:**  $l > 6$ ;  $a > 7$ ;  $h \geq 2,5$

Si se presenta la necesidad de construir cámaras que no estén dentro de los rangos antes definidos, las dimensiones de la cámara en cuestión deberán ser aproximadas al inmediato superior estándar.

***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica:***

Estructura para redes subterráneas, cámara eléctrica, nivel de piso: **EU0-0CN**

b) **Banco de Ductos**

Esta especificación se define según la configuración (número y disposición) de los ductos dentro de una misma zanja, pudiéndose formar diferentes configuraciones estándar, como se presenta en la Tabla 1.6.

**Tabla 1.6.** Configuración de banco de ductos

<b><u>Fila x Columna</u></b>	<b><u>Fila x Columna</u></b>	<b><u>Fila x Columna</u></b>
1x2	1x3	1x4

2x2	2x3	2x4
3x2	3x3	3x4
4x2	4x3	

La codificación que define el diámetro de los ductos, es por medio de un carácter alfabético cuyas equivalencias son las siguientes:

**A:** 50 mm

**B:** 110 mm

**C:** 160 mm

La codificación que define la ubicación del banco de ductos, es por medio de un carácter numérico cuyas equivalencias son las siguientes:

**1:** Acera

**2:** Calzada

***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica:***

Estructura para redes subterráneas, banco de ductos, configuración 3 filas por 2 columnas, ductos de 110 mm, en acera: **EU0-0B3X2B1**

***c) Pozos***

Esta especificación se define según las dimensiones interiores que tendrá el pozo; largo (l), ancho (a) y profundidad (p) en metros; como se muestra a continuación en la Tabla 1.7.

**Tabla 1.7.** Tipos de pozos eléctricos

<b><u>Tipos</u></b>	<b><u>Largo (m)</u></b>	<b><u>Ancho (m)</u></b>	<b><u>Profundidad (m)</u></b>	<b><u>Aplicación</u></b>
Tipo A	0,6	0,6	0,75	AP-ACOMETIDA
Tipo B	0,9	0,9	0,9	MV-BV-AP
Tipo C	1,20	1,20	1,20	MV-BV-AP
Tipo D	1,60	1,20	1,50	MV-BV-AP
Tipo E	2,50	2,00	2,00	MV-BV-AP



Si se presenta la necesidad de construir pozos con dimensiones que no estén dentro de los tipos antes definidos, se los designara de la siguiente manera:

**X:**  $l \leq 0,4$ ;  $a \leq 0,4$ ;  $p < 0,6$

**Y:**  $0,4 < l \leq 0,8$ ;  $0,4 < a \leq 0,8$ ;  $p \leq 1,0$

**Z:**  $l > 0,8$ ;  $a > 0,8$ ;  $p > 1,0$

***Ejemplos de Etiquetas Nemotécnicas:***

Estructura para redes subterráneas, pozo, dimensiones 1,20 x 1,20 x 1,20 m: **EU0-0PC**

Estructura para redes subterráneas, pozo, dimensiones 1 x 1 x 1 m: **EU0-0PZ**

**Etiqueta Nemotécnica para Transformadores en Redes Subterráneas de Distribución (TU)**

La codificación para la etiqueta nemotécnica en transformadores, viene dada por la siguiente descripción de cada campo.

*Primer Campo:* **TU**

*Segundo Campo:* **Nivel de voltaje de operación**

*Tercer Campo:* **Número de fases**

La codificación que define el número de fases del transformador, es por medio de un carácter numérico cuyas equivalencias son las siguientes:

**1: Una fase (Monofásico)**

**2: Dos fases**

**3: Tres fases (Trifásico)**

*Cuarto Campo:* **Tipo**

La codificación que define el tipo de transformador y el sitio donde está instalado, se da mediante la primera letra de la palabra clave; si esta se repite, se tomara la siguiente de la misma y así sucesivamente. Los caracteres para la codificación antes mencionada son los siguientes:

**M:** Convencional con frente **Muerto**

**S:** Sumergible

**D:** Seco (**D**ry)

**P:** Pedestal o PadMounted

**V:** Banco de 2 transformadores tipo convencional, conexión Y abierta, Delta.

**I:** Banco de 3 transformadores tipo convencional, conexión Delta, Y.

*Quinto Campo:* **Especificación Técnica**

La codificación en este campo está definida por la potencia del transformador a identificar; las capacidades nominales más utilizadas se presentan en la Tabla 1.8, sin embargo, de tener la necesidad de instalar un transformador con capacidad diferente a los valores tabulados, se lo colocara en este mismo campo.

**Tabla 1.8.** Capacidad nominal de transformadores de distribución

<b>Capacidad de Transformadores (kVA)</b>		
10	75	250
15	100	300
25	112,5	350
30	125	400
37,5	150	500
45	167	600
50	200	750

**Ejemplos de Etiquetas Nemotécnicas:**

Transformador para un sistema de 13,8 kV GRDy / 7,96 kV, trifásico, sumergible para instalación en cámara de 150 kVA: **TUT-3S150**

Transformador para un sistema de 22,8 kV GRDy / 13,2 kV, trifásico, seco para instalación en cámara de 75 kVA: **TUV-3D75**

## **Etiqueta Nemotécnica para Equipo de Seccionamiento y Protección en Redes Subterráneas (SS)**

La codificación para la etiqueta nemotécnica en equipos de seccionamiento y protección en redes de distribución subterráneas, viene dada por la siguiente descripción de cada campo.

*Primer Campo:* **SS**

*Segundo Campo:* **Nivel de voltaje de operación**

*Tercer Campo:* **Número de fases**

La codificación que define el número de fases es por medio de un carácter numérico cuyas equivalencias son las siguientes:

**1: Una fase**

**2: Dos fases**

**3: Tres fases**

*Cuarto Campo:* **Tipo**

La codificación que define el tipo de seccionamiento utilizado, se da mediante la primera letra de la palabra clave; si esta se repite, se tomara la siguiente de la misma y así sucesivamente. Los caracteres para la codificación antes mencionada son los siguientes:

**C:** Seccionamiento con conector tipo **C**odo

**T:** Seccionamiento con conector tipo **T**

**P:** Seccionamiento con conector codo **P**ortafusible

**B:** Seccionamiento con **B**arrajes desconectables

**F:** Fusibles

**D:** Descargador o pararrayo tipo codo

**I:** Interruptor para redes subterráneas

**E:** **CE**ldas de medio voltaje

**N:** **IN**terruptor Termomagnético

**R:** TRansición Red aérea – subterránea

**L:** TabLeros de distribución

*Quinto Campo: Especificaciones Técnicas*

**a) Seccionamiento con Conector Tipo Codo**

Esta especificación se define según la capacidad de corriente nominal del equipo; su codificación es mediante caracteres numéricos y su equivalencia es la siguiente:

**200: 200 A**

Nivel básico de aislamiento (BIL):

**95: 95 kV**

**125: 125 kV**

***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 13.8 kV GRDy / 7.96 kV, para tres fases, con conector tipo codo, capacidad 200 A: **SST-3C200**

**b) Seccionamiento con Conector Tipo “T”**

Esta especificación se define según la capacidad de corriente nominal del equipo; su codificación es mediante caracteres numéricos y su equivalencia es la siguiente:

**600: 600 A**

Nivel básico de aislamiento (BIL):

**95: 95 kV**

**125: 125 kV**

***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 13.8 kV GRDy / 7.96 kV, para tres fases, con conector tipo T, capacidad 600 A: **SST-3T600**

**c) Seccionamiento con Conector Codo Portafusible**

Esta especificación se define según la capacidad de corriente nominal del equipo; su codificación es mediante caracteres numéricos y su equivalencia es la siguiente:

**200: 200 A**

Nivel básico de aislamiento (BIL):

**95: 95 kV**

**125: 125 kV**

***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 22.8 kV GRDy / 13.2 kV, para tres fases, con conector codo portafusible, capacidad 200 A: **SSV-3P200**

**d) Seccionamiento con Barrajes Desconectables**

Esta especificación se define según el número de vías y la capacidad de corriente nominal del equipo; su codificación es mediante caracteres numéricos separados mediante un guion bajo y sus equivalencias son la siguientes:

**2: 2 vías**

**200: 200 A**

**3: 3 vías**

**600: 600 A**

**4: 4 vías**

**n: n vías**

Nivel básico de aislamiento (BIL):

**95: 95 kV**

**125: 125 kV**

***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 13.8 kV GRDy / 7.96 kV, para tres fases, con barraje desconectable, 3 vías, capacidad 600 A: **SST-3B3\_600**

**e) Seccionamiento y Protección con Fusibles**

Esta especificación se define según la capacidad de corriente nominal del equipo; su codificación es mediante caracteres numéricos y sus equivalencias son las que se presentan en la Tabla 1.9.

**Tabla 1.9.** Capacidad nominal de fusibles para seccionamiento

<b>Capacidad [A]</b>		
1.5	18	63
3	20	80
4.5	25	100
6.3	31.5	125
10	40	160
12	50	200

**Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica**

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 22.8 kV GRDy / 13.2 kV, para tres fases, con fusible, capacidad 20 A: **SSV-3F20**

**f) Descargador o Pararrayo Tipo Codo**

Esta especificación se define según el voltaje máximo de operación continua (MCOV) del pararrayo; su codificación es mediante caracteres numéricos cuyas equivalencias son las siguientes:

**5: 5,1 kV**

**8: 8,4 kV**

**15: 15,3 kV**

Nivel básico de aislamiento (BIL):

**95: 95 kV**

**125: 125 kV**

### ***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 13.8 kV GRDy / 7.96 kV, para tres fases, con descargador o pararrayo premoldeado, voltaje máximo de operación continua capacidad 8,4 kV: **SST-3D8**

#### **g) Interruptor para Redes Subterráneas**

Esta especificación se define según el número de vías y la capacidad de corriente nominal del equipo; su codificación es mediante caracteres numéricos separados mediante un guion bajo y sus equivalencias son la siguientes:

<b>2: 2 vías</b>	<b>200: 200 A</b>
<b>3: 3 vías</b>	<b>600: 600 A</b>
<b>4: 4 vías</b>	<b>900: 900 A</b>
<b>n: n vías</b>	

Nivel básico de aislamiento (BIL):

**95: 95 kV**

**125: 125 kV**

### ***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 13.8 kV GRDy / 7.96 kV, para tres fases, con interruptor para redes subterráneas, 4 vías, capacidad 600 A: **SST-314\_600**

#### **h) Celdas de Medio Voltaje**

Esta especificación se define según el número de vías (entradas/salidas) y la capacidad de corriente nominal del equipo; su codificación es mediante caracteres numéricos separados mediante un guion bajo y sus equivalencias son la siguientes:

<b>2: 2 vías</b>	<b>200: 200 A</b>
<b>3: 3 vías</b>	<b>600: 600 A</b>
<b>4: 4 vías</b>	
<b>n: n vías</b>	

Nivel básico de aislamiento (BIL):

**95: 95 kV**

**125: 125 kV**

***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 13.8 kV GRDy / 7.96 kV, para tres fases, con celdas de medio voltaje, 2 vías, capacidad 200 A: **SST-3E2\_200**

**i) *Interruptor Termomagnético***

Esta especificación se define según la capacidad de corriente nominal del equipo; su codificación es mediante caracteres numéricos y sus equivalencias son las que se presentan en la Tabla 1.10.

**Tabla 1.10.** Capacidad nominal de interruptores termomagnéticos

<b><u>Capacidad [A]</u></b>			
15	70	225	600
20	100	250	700
30	125	300	800
40	150	350	900
50	175	400	1000
60	200	500	1200

***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 240/120 V, para tres fases, con interruptor termomagnético, capacidad 100 A: **SSD-3N100**



**j) Transición de Red Aérea - Subterránea**

Para medio voltaje, esta especificación se define según la ubicación donde se instalará la estructura aérea junto con el equipo de protección en MV; su codificación es mediante caracteres alfabéticos cuyas equivalencias son las siguientes:

**S:** Semicentrada.

**V:** En Volado.

Para bajo voltaje, esta especificación se define según el tipo de red o elemento donde se conectará la red subterránea en BV; su codificación es mediante caracteres alfabéticos cuyas equivalencias son las siguientes:

**D:** Red Desnuda

**P:** Red Preensamblada

**B:** Bornes del transformador

**F:** Fusibles NH

**Ejemplos de Etiquetas Nemotécnicas**

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 13.8 kV GRDy / 7.96 kV, para tres fases, en transición aérea - subterránea, instalación en estructura semicentrada: **SST-3RS**

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 240/120 V, para tres fases, en transición aérea - subterránea, instalación en red preensamblada: **SSD-3RP**

**k) Tableros de Distribución de BV**

Esta especificación se define según la capacidad de corriente nominal y el número de circuitos del tablero de distribución; su codificación es mediante caracteres numéricos separados por un guion bajo y cuyas equivalencias son las siguientes:

**200:** 200 A

**2:** Dos circuitos

**400:** 400 A

**3:** Tres circuitos

**600:** 600 A

**4:** Cuatro circuitos

**800:** 800 A

**n:** n circuitos

**1000:** 1000 A

### ***Ejemplo de Etiqueta Nemotécnica***

Seccionamiento y protecciones en redes subterráneas, 240/120 V, para tres fases, tablero de distribución, capacidad 600 A: **SSD-3L600**

### **Etiqueta Nemotécnica para Puesta a Tierra en Redes de Distribución (PS)**

La codificación para la etiqueta nemotécnica de sistemas de puesta a tierra en redes de distribución subterráneas, viene dada por la siguiente descripción de cada campo.

*Primer Campo:* **PS**

*Segundo Campo:* **No Aplica**

*Tercer Campo:* **No Aplica**

*Cuarto Campo:* **Tipo**

La codificación que define el tipo de puesta a tierra a utilizarse, depende del lugar de instalación o equipo a proteger y esta se da mediante la primera letra de la palabra clave; si esta se repite, se tomara la siguiente de la misma y así sucesivamente. Los caracteres para la codificación antes mencionada son los siguientes:

**C:** Cámara

**P:** Pozo

**T:** Transición aérea - subterránea

**R:** TRansformador

**S:** Equipo de Seccionamiento y protección

*Quinto Campo:* **Especificación Técnica**

Esta especificación se define según el material del conductor, calibre del conductor y la cantidad de varillas utilizadas para la puesta a tierra; su codificación es mediante un primer carácter alfabético en mayúscula que representa el tipo de material del conductor, seguido de dos caracteres numéricos separados mediante un guion bajo, que representan el calibre del conductor y el número de varillas y cuyas equivalencias son la siguientes:

**C:** Conductor de Cobre

**Calibre de conductor de Cu, AWG:** 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0

**Cantidad de Varillas:** 1, 2, 3, 4

### ***Ejemplos de Etiquetas Nemotécnicas***

Puesta a tierra de redes subterráneas en cámara, conductor de cobre No. 2/0 AWG, con cuatro varillas de acero con recubrimiento de cobre 16 x 1800 mm: **PS0-0CC2/0\_4**

Puesta a tierra de redes subterráneas en transformador, conductor de cobre No. 2 AWG, con dos varillas de acero con recubrimiento de cobre 16 x 1800 mm: **PS0-0RC2\_2**

### **1.3.3.7.3 Componentes de una Red de Distribución Subterránea - Obra Civil**

Para el análisis de los componentes que conforman una red de distribución subterránea, se tomará como referencia principal los documentos proporcionado por el MEER, en los que constan las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción homologadas (Comisión de Homologación de Unidades de Propiedad de Redes Subterráneas a través del convenio de cooperación interinstitucional para el fortalecimiento de la distribución eléctrica suscrito el 11 de mayo de 2009 entre el MEER y las Empresas de Distribución Eléctrica); necesarias para la construcción e implementación de las redes; ver [5].

En la construcción de redes subterráneas, las obras civiles principales son los bancos de ductos, los pozos eléctricos y la cámara eléctrica.

#### **Banco de Ductos**

Obras civiles cuyo propósito es el de proteger y alojar los conductores, así como el de facilitar el acceso a ellos; ya que, de presentarse la necesidad de realizar mantenimiento a la red, los bancos de ductos reducirán las molestias al tránsito, la sustitución de conductores defectuosos se lo realizará con cierta facilidad y así se evitará el destrozo de aceras.

Dependiendo de la ubicación (acera o calzada) del banco de ductos, éste se lo construirá de cierta configuración respecto a sus capas de relleno, al tipo y cantidad de material.

Según la norma NTE INEN 2227 y NTE INEN 1869, para la ductería deberá instalarse tubo de PVC de pared estructurada de interior lisa y exterior rugoso para redes de MV y BV (diámetro de 110 y 160 mm) y tubo de PVC del tipo II pesado para alumbrado público y acometidas domiciliarias (diámetro 50 mm). El color del ducto para instalaciones eléctricas subterráneas será de color naranja.

La configuración de los ductos dentro de la zanja se lo realizará de forma matricial, es decir, en base a un número determinado de filas y de columnas, por ejemplo: 1X2, 2x3, 3x4, 4x2, 4x3, etc.; y, además se considerará que, la suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe exceder el 40% de la sección transversal interior de la canalización (NEC 354-5).

La profundidad mínima a la cual se debe instalar los ductos está definida por la ubicación del banco de ductos, así pues, para lugares no transitados por vehículos la profundidad mínima será de 0.6 m mientras que, para lugares transitados por vehículos será de 0.8 m. Los detalles técnicos pormenorizados respecto a medidas, cantidades y materiales se indicarán en el Capítulo 2, correspondiente a la Metodología.

La Figura 1.6 a continuación, muestra la imagen de la construcción de un banco de ductos en calzada.



**Figura 1.6.** Banco de ductos en calzada – Obra civil para una red eléctrica subterránea de distribución [32]

## Pozos Eléctricos

Obra civil que se utiliza en la construcción e implementación de una red de distribución subterránea. Los pozos tienen por objeto unir las líneas de ductos, facilitando la instalación de conductores y la operación de equipo eléctrico de manera que, su manipulación se lo realice con comodidad y soltura. La instalación de pozos a lo largo de la red de medio o bajo voltaje se realizará cuando existan cambios de dirección, en tramos rectos de la ruta del circuito y en lugares de transición de red Aérea - Subterránea. La distancia entre pozos estará entre 30 y 60 m, o según el diseño de la red.

La Figura 1.7 a continuación, muestra la imagen de la construcción de un pozo eléctrico en calzada.



**Figura 1.7.** Pozo eléctrico en calzada – Obra civil para una red eléctrica subterránea de distribución [33]

## Cámara Eléctrica

Las cámaras, bóvedas o centros de transformación son obras civiles presentes en la construcción de una red de distribución subterránea cuyo objetivo es alojar a los transformadores de distribución y su equipo auxiliar, los cuales desempeñaran operaciones tales como interconexiones, transferencia de carga, protección o seccionamiento de la red, etc.

Las cámaras eléctricas de distribución, establecidas por la normativa del MEER, pueden ser subterráneas o a nivel de piso, las mismas que pueden estar conformadas por equipos de protección, maniobra, transformadores, etc. Los materiales, equipos y componentes

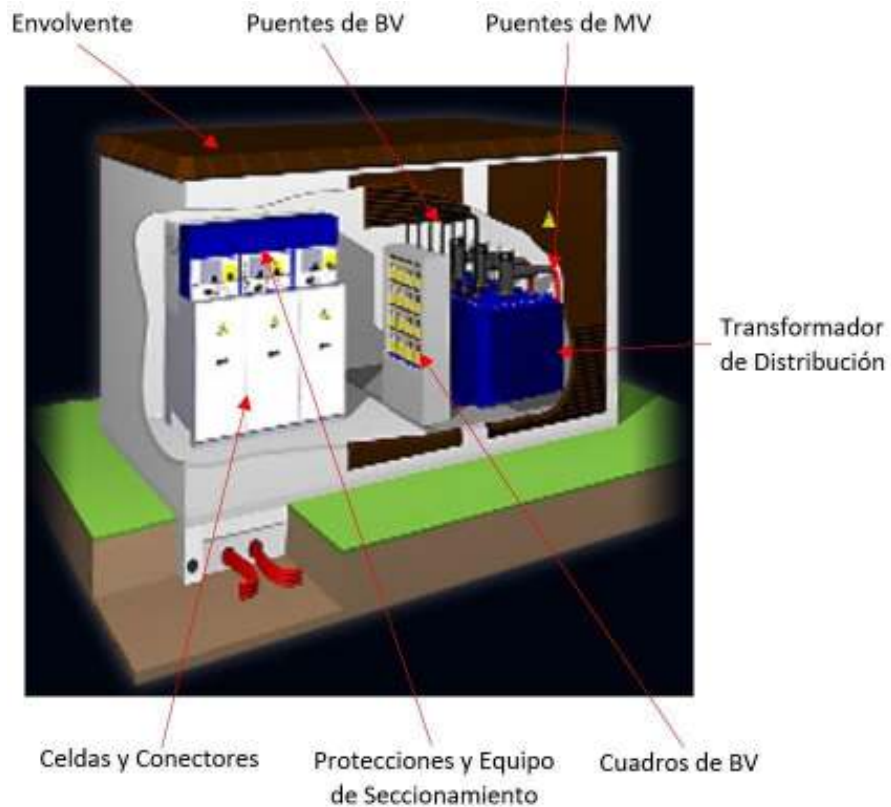
que serán utilizados en la construcción de las cámaras, deberán ser de primera calidad y totalmente nuevos, además de estar certificados por Organismos de Certificación Acreditados.

Dependiendo del tipo de cámara eléctrica que se haya diseñado y construido para la red de distribución, se realizará la instalación del transformador; así pues; para cámaras subterráneas se utilizará transformadores tipo sumergibles, para cámaras a nivel se utilizará transformadores convencionales con frente muerto, en cámaras a nivel construidas en pisos superiores al primero y en lugares de alto riesgo de incendio se utilizará transformadores tipo seco y finalmente en lugares a la intemperie se utilizara transformador tipo pedestal (Pad Mounted) instalado sobre una base de concreto; ver [5].

Las especificaciones técnicas generales para la construcción (obra civil) de cámaras eléctricas son las siguientes: [5]

- La cámara será de uso exclusivo para energía eléctrica.
- Su construcción se realizará previa verificación de las especificaciones técnicas de los equipos a instalarse.
- La cámara se construirá en el sitio más idóneo desde el punto de vista eléctrico (centro de carga) y se considerará las estructuras existentes en el lugar.
- Las cámaras deberán cumplir las especificaciones demandadas por la norma homologada del MEER (Sección 2: Manual de Construcción), considerando estas como especificaciones mínimas, pudiendo por parte de las empresas distribuidoras sugerir medidas similares o mayores, de acuerdo a la necesidad presentada.
- La cámara deberá presentar las siguientes características específicas: resistente a esfuerzos externos, resistente a medio ambiente extremo, ventilada adecuadamente, impermeable, hermética, resistente al fuego y con acabados adecuados.
- La cámara contara con un acceso libre para el personal de la empresa distribuidora, generalmente desde la vía pública.

En la Figura 1.8 se observa la representación gráfica de una cámara eléctrica de transformación a nivel y sus elementos más importantes.



**Figura 1.8.** Cámara Eléctrica de Transformación a nivel de piso.  
**Fuente:** Industrias ECTRICOL

Los detalles técnicos y específicos acerca de la construcción de cámaras eléctricas, tales como medidas, dimensiones específicas, tipo de material, ventilación, etc., se profundizará en el Capítulo 2 tomando como referencia el “Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas” correspondiente al MEER; ver [5].

#### **1.3.3.7.4 Componentes de una Red de Distribución Subterránea - Obra Eléctrica**

Para el análisis de componentes de una red de distribución subterránea y su parte eléctrica (obra eléctrica), y de igual forma que se lo hizo con la obra civil, se tomará como referencia el “Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas”, destacando las características técnicas más relevantes de cada componente; ver [5].

##### **Cámaras Eléctricas**

La obra eléctrica en cámaras de transformación responde a necesidades y requerimientos que se debe cumplir con respecto a iluminación interior, tomacorrientes y el sistema de puesta a tierra.

En el interior de la cámara se instalará un mínimo de dos puntos de luz, capaces de suministrar un nivel de iluminación suficiente para la maniobra y comprobación de los elementos eléctricos que se encuentran en la cámara, además de un circuito de fuerza con tomacorrientes monofásicos y bifásicos.

La malla de puesta a tierra será instalada antes de fundir el piso destinado a la cámara y el conductor que se utilizará para su fabricación será de cobre desnudo suave #2/0 AWG. La cantidad de varillas de la puesta a tierra dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia de la malla a tierra.

##### **Transformadores**

Los transformadores para redes de distribución subterráneas a utilizarse serán de 4 tipos: tipo sumergibles, tipo pedestal, convencionales con frente muerto y tipo seco.

###### *Transformador Tipo Sumergible*

Este tipo de transformador es usado en cámaras eléctricas subterráneas ya que éstas son propensas a inundaciones; además, este transformador está diseñado para operar temporalmente bajo el agua en condiciones predeterminadas de temperatura y presión. Entre sus características principales tenemos: chasis totalmente sellado, boquillas de MV tipo pozo, boquillas de BV tipo muelle, empaques de material elastomérico y compatibilidad con liquido aislante. La Figura 1.9 a continuación, muestra un transformador tipo sumergible.





**Figura 1.9.** Transformador de distribución tipo sumergible  
**Fuente:** Industrias ECUATRAN

#### Transformador Tipo Pedestal o Pad Mounted

Este transformador, ya sean monofásicos o trifásicos, es fabricado para lugares específicos donde la red de MV es subterránea como parques, urbanizaciones, plazas, etc. Su instalación en la mayoría de los casos es a la intemperie o donde el espacio físico no permita la construcción de una cámara de transformación; apto para aplicaciones que requieran una unidad de transformación compacta y autoprotegida que armonice con el medio ambiente convirtiéndose en una alternativa de menor costo.

Algunas de sus principales características constructivas son: bushings de MV elastoméricos de accionamiento bajo carga, tanque fabricado con láminas de acero al carbón, la protección del lado de MV está dado por un fusible de expulsión tipo bay-o-net en serie con el fusible limitador de corriente, la protección en BV está dado por un interruptor automático, etc. La Figura 1.10 a continuación, muestra un transformador tipo pad mounted.



**Figura 1.10.** Transformador de distribución tipo pedestal o pad mounted  
**Fuente:** Industrias ECUATRAN

*Transformador Convencional con Frente Muerto*

Este tipo de transformador posee las mismas características de un transformador convencional con la diferencia de no presentar elementos expuestos en MV que puedan ocasionar riesgos por contacto accidental. Su uso es específico en cámaras eléctricas a nivel que se encuentren en la planta baja, el primer piso o el subsuelo de la edificación. Sus características constructivas son: tanque fabricado con láminas de acero al carbono, refrigeración natural en aceite, sus bushings de MV son de tipo elastoméricos. La Figura 1.11 a continuación, muestra un transformador tipo convencional con frente muerto.



**Figura 1.11.** Transformador de distribución tipo convencional con frente muerto  
**Fuente:** Industrias INATRA

### Transformador Tipo Seco

Este tipo de transformador es utilizado en lugares donde los requerimientos de seguridad en caso de incendio imposibilitan el uso de transformadores refrigerados en aceite tales como hospitales, industrias, grandes edificios, etc. La ventaja principal de este transformador es la de no presentar riesgos al medio ambiente ya que su refrigeración no es por aceite sino por aire y además que no necesitan mantenimiento constante para su operación óptima.

Entre sus características constructivas más importantes tenemos: bobinas protegidas por materiales de clase térmica H (180 °C como temperatura máxima admitida) además de bajas pérdidas en el núcleo y mínimo nivel de ruido. La refrigeración del transformador se da por circulación natural de aire o ventilación forzada y ante presencia de fuego, el transformador posee baja inflamabilidad. La Figura 1.12 a continuación, presenta un transformador tipo seco.



**Figura 1.12.** Transformador de distribución tipo seco  
**Fuente:** Industrias INATRA

## Equipos de Seccionamiento y Protección

Como equipo de seccionamiento y protección para redes subterráneas de distribución tenemos los siguientes elementos: celda de MV aislada en SF<sub>6</sub>, interruptor para red subterránea, interruptor termomagnético, pararrayo tipo codo y conectores aislados separables (conector tipo codo, conector tipo T, codo portafusible, barraje desconectable).

### Celdas de Medio Voltaje Aisladas en SF<sub>6</sub>

Estas celdas emplean como medio de aislamiento el gas hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y el vacío como sistema de extinción. Las celdas de medio voltaje están diseñadas para aplicaciones en servicio interior instaladas en cámaras a nivel, nunca para cámaras subterráneas. Las operaciones que se realizan con este tipo de celdas son: interrupción de corrientes de fallas en MV, maniobras de conexión y desconexión de transformadores de distribución y de redes de distribución con carga en MV. La Figura 1.13 a continuación, muestra una celda de MV aislada en SF<sub>6</sub>.



**Figura 1.13.** Celda de medio voltaje aislada en SF<sub>6</sub> [34]

### Interruptor para Redes Subterráneas

Se dispone de dos tipos de interruptores, el primero que tiene la característica de ser un seccionador interruptor de apertura con carga y el segundo es un interruptor de fallas monopolaes y tripolaes con sistema de extinción de arco; los cuales pueden ser utilizados en cámaras a nivel, cámaras subterráneas y lugares a la intemperie. La Figura 1.14 a continuación, muestra un interruptor para redes subterráneas.



**Figura 1.14.** Interruptor para redes subterráneas [35]

### Interruptor Termomagnético

El interruptor termomagnético o también llamado *breaker*, es el elemento de protección más importante en instalaciones eléctricas de interiores (residenciales e industriales), ya que son utilizados para la protección del cableado, conexiones y demás elementos de la instalación eléctrica ante fallas como cortocircuitos y sobrecarga; su instalación se realiza en el tablero principal de distribución, donde llega la acometida de BV y desde donde se derivan los circuitos secundarios a 240/120 V. La Figura 1.15 a continuación, presenta un ejemplo de interruptor termomagnético.



**Figura 1.15.** Interruptor termomagnético o breaker  
**Fuente:** Empresa INELDEC SAS

### Descargador o Pararrayo Tipo Codo

Su función es la de proteger a cables y equipo eléctrico contra sobrevoltajes, alargando así la vida útil de los mismos. Como características constructivas principales podemos mencionar las siguientes: deben ser completamente sellados y totalmente sumergibles para uso en diferentes aplicaciones, el cuerpo del pararrayo debe ser moldeado con caucho EPDM (caucho etileno propileno dieno tipo M), deben ser diseñados para boquillas y codos de operación con carga de 200 A, etc. La Figura 1.16 a continuación, muestra un pararrayos tipo codo.



**Figura 1.16.** Descargador o pararrayos tipo codo  
**Fuente:** Empresa PROELCO

### Conector Tipo Codo

Este tipo de conector permite el enlace entre un conductor y el equipo eléctrico (interruptores, transformadores tipo pedestal, frente muerto, celdas, etc.) a energizarse, a través de la integración del conductor eléctrico al sistema de conectores aislados separables. Entre las aplicaciones del conector tipo codo se encuentra la capacidad de brindar la característica de frente muerto a los transformadores de distribución, que elimina las partes vivas y así disminuye el riesgo por contacto accidental.

Otra característica de este conector es la de ser completamente sumergible y de contar con un sistema de elementos intercambiables que permiten facilitar la conexión y desconexión de los equipos. La Figura 1.17 a continuación, muestra un conector tipo codo.



**Figura 1.17.** Conector tipo codo  
**Fuente:** Empresa PROELCO

### Conector Tipo "T"

El conector tipo T es utilizado principalmente para realizar derivaciones y/o salidas de circuitos de MV., está fabricado con material aislante EPDM de alta calidad y tratado con peróxido. Este conector es completamente sumergible, posee un blindaje completo y tiene la característica de frente muerto; adicionalmente, no se recomienda su uso en sistemas donde se realizan frecuentes operaciones de conexión y desconexión. La capacidad de protección de este elemento es de 600-900 A y su operación es sin carga. La Figura 1.18 a continuación, muestra un conector tipo T.



**Figura 1.18.** Conector tipo T  
**Fuente:** Empresa PROELCO

### Codo Portafusible

Este conector está diseñado para realizar el acople de fusibles de protección a los sistemas de distribución subterránea y al mismo tiempo realizar las respectivas conexiones entre los cables subterráneos y los diferentes equipos y elementos eléctricos, tales como gabinetes de seccionamiento, transformadores y barrajes desconectables que cuenten con boquillas para operación con carga.

La forma de operación del codo portafusible es con carga y su característica constructiva se basa en una terminación conectable totalmente sellada y protegida por un fusible que limitara las corrientes de falla; además de ser sumergible, con propiedad de frente muerto, y de estar constituido por material EPDM de alta calidad tratado con peróxido. La Figura 1.19 a continuación, muestra el ejemplo de un codo portafusible.



**Figura 1.19.** Codo portafusible  
**Fuente:** Industrias ELEKTRON

### Barraje Desconectable

Los barrajes desconectables son elementos eléctricos de conexión que operan con o sin carga y son utilizadas para realizar derivaciones y seccionamientos en los circuitos de medio voltaje instalados en una red subterránea. Este tipo de conector suele ser instalado en cámaras subterráneas y pozos de derivación donde se requiera derivar, seccionar o establecer anillos, facilitando el mantenimiento de los circuitos.

Su capacidad de operación es de 200 A para apertura con carga y 600 A para apertura sin carga. La Figura 1.20 a continuación, muestra un barraje desconectable de 4 vías para red subterránea de distribución.





**Figura 1.20.** Barraje desconectable  
**Fuente:** Empresa PROELCO

## **Cables y Conductores**

Los cables y conductores son dispositivos eléctricos que se utilizan para la transmisión de energía eléctrica de un punto a otro, a niveles de corriente y voltaje determinados. Para redes de medio voltaje, los conductores de cobre y aluminio son los más utilizados; mientras que, para las redes de bajo voltaje, el cobre es el material más usado.

La elección del material del conductor depende de las propiedades eléctricas y mecánicas que presenta cada uno, así, por ejemplo, el cobre posee mejores condiciones mecánicas y eléctricas, pero el aluminio tiene ventaja por ser más liviano, debido a su densidad (densidad del aluminio menor a la densidad del cobre). Otra comparación a considerar es que, si la elección es aluminio, el costo será menor, la conductividad no será óptima y su volumen será mayor; por el contrario, si la elección es cobre, el costo será mayor, tendrá una conductividad excelente y un volumen mucho menor.

Una característica de los cables que resulta muy importante al momento de realizar la selección, es la que describe el tipo de cableado. Para el análisis de esta característica, se tomará como referencia la norma *NTE INEN 2345 – Alambres y Cables con Aislamiento Termoplástico*, perteneciente a la Norma Técnica Ecuatoriana; ver [36].

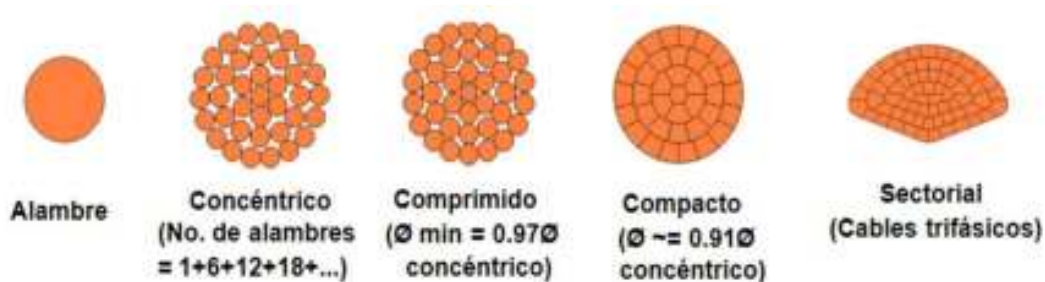
Para el cableado de un conductor, no debe usarse hilos (alambre) de cobre de menos de  $0,0127 \text{ mm}^2$  (36 AWG) e hilos de aluminio de menos de  $0,324 \text{ mm}^2$  (22 AWG). Los dos tipos de cableado más utilizados son los siguientes:

Cableado Compactado: el conductor que presente cableado compactado debe ser un conductor redondo, compuesto de un núcleo central rodeado por una o más capas de hilos dispuestos helicoidalmente, y está cubierto por una capa exterior lisa, mediante laminado, estirado u otro medio. La longitud de paso de cada capa debe ser no menor de 8 veces ni

mayor de 16 veces el diámetro exterior del conductor completo de acuerdo con la NTE INEN 2578, excepto que para conductores de 33,6 mm<sup>2</sup> (2 AWG) y menores, la longitud máxima de paso debe ser de 17,5 veces el diámetro exterior. La dirección de paso de la capa exterior se debe invertir o debe ser unidireccional o de paso único en las capas sucesivas.

Cableado Comprimido: el conductor que presente cableado comprimido debe ser un conductor redondo, compuesto de un núcleo central rodeado por una o más capas de hilos dispuestos helicoidalmente, con la dirección del paso invertida en las capas sucesivas, o unidireccional o con paso único (unilay). Los hilos de una o más capas se deben comprimir ligeramente mediante laminado, trefilado u otro medio, para cambiar los alambres originalmente redondos a varias formas, para que logren llenar algunos de los espacios originalmente presentes entre los hilos.

La Figura 1.21 a continuación, muestra los cortes transversales y la sección de los conductores y sus diferentes tipos de cableados.



**Figura 1.21.** Tipos de cableado de conductores

**Fuente:** Condumex. Características de cables de energía de media y alta tensión.

### Cables Para Red de MV

En una red de distribución eléctrica subterránea de MV, los cables a utilizarse serán de tipo monopolares con conductor de cobre o aluminio, el aislamiento del conductor será de polietileno reticulado termoestable (XLPE) o polietileno reticulado retardante a la arborescencia (TRXLPE) y los voltajes nominales serán de 15 kV, 25 kV, 35 kV.

El nivel de aislamiento para los cables de MV será de 100% en equipos e instalaciones donde se estime la presencia de fallas a tierra y estas sean eliminadas tan pronto sea posible o antes de un minuto; por otro lado, el nivel de aislamiento será de 133% en equipos e instalaciones en donde ante la presencia de una falla, la desenergización se dará en un tiempo no mayor a una hora.

Como principales características se presentan:

- **Conductor:** Cobre suave o Aluminio
- **Forma de conductor:** Cable concéntrico
- **Tipo de aislante:** Polietileno reticulado XLPE o TRXLPE
- **Pantalla sobre el aislamiento:** Semiconductor de polietileno reticulado removible o de alta adherencia
- **Tipo de pantalla electrostática:** Cinta metálica o alambre de cobre
- **Chaqueta:** Material termoplástico PVC

La Figura 1.22 a continuación, muestra un cable para medio voltaje con aislamiento XLPE.



**Figura 1.22.** Cable monopolar de cobre con aislamiento XLPE, para redes subterráneas de MV

**Fuente:** Comercializadora COMELEC

### Cables Para Red de BV

En una red de distribución eléctrica subterránea de BV, se utilizará cables con conductores de cobre, el material aislante será de polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad. El nivel de voltaje de aislamiento será de hasta 2000 V.

Como principales características se presentan:

- **Conductor:** Cobre suave
- **Tipo de Aislamiento:** Polietileno (PE)
- **Chaqueta:** Policloruro de vinilo (PVC)

La Figura 1.23 a continuación, muestra un cable para bajo voltaje tipo TTU, con aislamiento de material termoplástico polietileno (PE) y PVC.



**Figura 1.23.** Cable de cobre con aislamiento PE y PVC, para redes subterráneas de BV  
**Fuente:** Empresa ELECTROCABLES

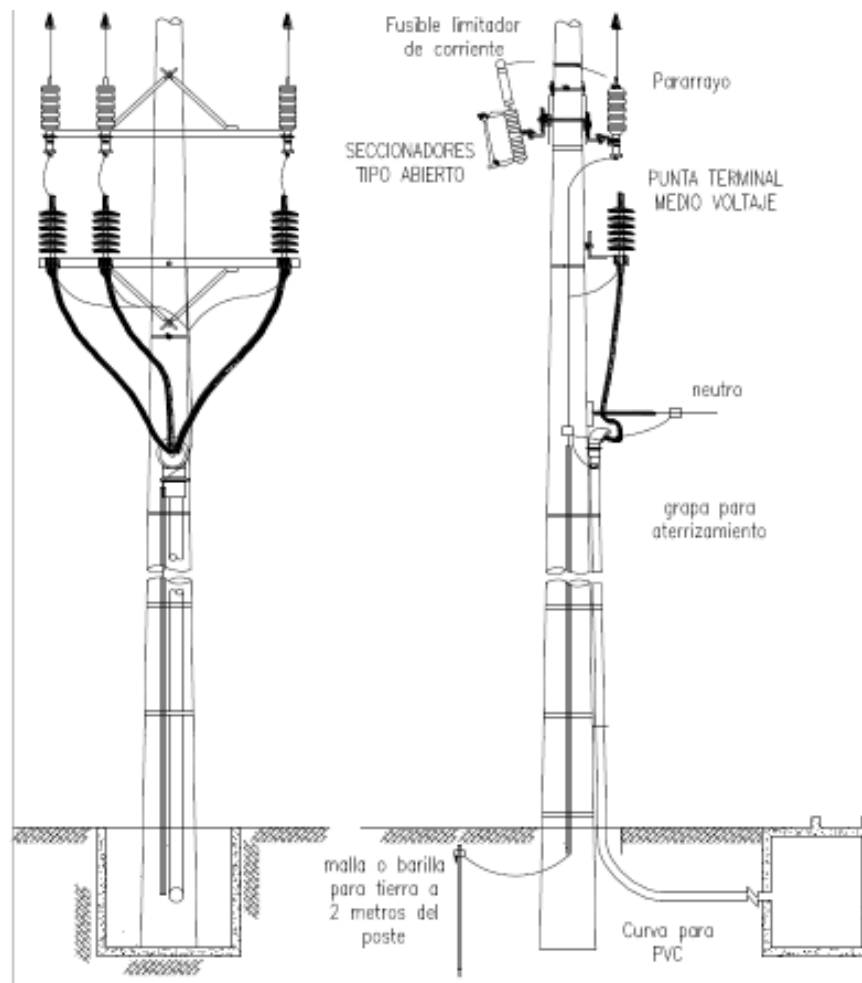
### Transición de Red Aérea - Subterránea

Para la instalación de una transición de red, ya sea esta aérea – subterránea o subterránea – aérea, se utilizará postes de 12 m y 10 m, para MV y BV respectivamente; además, se instalarán puntas terminales de uso exterior para los extremos de los cables monopolares de medio voltaje. En la Tabla 1.11 a continuación, se describen los principales componentes utilizados para una transición aérea - subterránea, tanto para MV y BV.

**Tabla 1.11.** Elementos para transición aérea – subterránea

<u>Transición Aérea – Subterránea en MV</u>	<u>Transición Aérea – Subterránea en BV</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras con crucetas, para seccionadores, pararrayos y sujeción de cables de MV.</li> <li>• Cable de cobre desnudo #2 AWG, 7 hilos, para puesta a tierra.</li> <li>• Pararrayos y kit de sujeción de cables.</li> <li>• Seccionadores tipo abierto.</li> <li>• Punta terminal tipo exterior</li> <li>• Conector de cobre, tipo espiga u ojo.</li> <li>• Conector metálico reversible o tapón de salida múltiple.</li> <li>• Tubería rígida de acero galvanizado de diámetro mínimo de 4”, asegurada al poste con cinta metálica y hebillas.</li> <li>• Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la bajante, para unir al pozo ubicado a pie de poste.</li> <li>• Varilla de acero recubierta de cobre de 1800 x 16 mm de diámetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cable de cobre desnudo #2 AWG, 7 hilos, para puesta a tierra.</li> <li>• Conector metálico reversible o tapón de salida múltiple.</li> <li>• Tubería rígida de acero galvanizado de diámetro mínimo de 2”, asegurada al poste con cinta metálica y hebillas.</li> <li>• Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la bajante, para unir al pozo ubicado a pie de poste.</li> <li>• Varilla de acero recubierta de cobre de 1800 x 16 mm de diámetro.</li> </ul>

La Figura 1.24 a continuación, muestra el esquema de construcción de una transición aérea-subterránea trifásica para una red de distribución de medio voltaje.



**Figura 1.24.** Transición de red aérea-subterránea – Esquema de construcción [37]

## Accesorios para Conexión e Instalación

### Terminales de MV

Los terminales o también llamadas puntas terminales de MV son elementos complementarios (accesorios) de conexión que se utilizan al realizar cortes en los cables de medio voltaje, ya que estos cortes se convertirán en puntos de falla de aislamiento debido al sobre esfuerzo y deformación del cable. La Figura 1.25 a continuación, muestra un kit de puntas terminales para medio voltaje.



**Figura 1.25.** Kit de puntas terminales para medio voltaje  
**Fuente:** Comercializadora COMELEC

### Empalmes de MV

Estos empalmes son utilizados para unir los finales de conductores aislados de medio voltaje, con la ventaja de reconstrucción de capas de aislante que fueron removidas del cable. Este tipo de empalme, adicional a lo antes descrito, proporciona protección contra la humedad en el área reconstruida. La Figura 1.26 a continuación, muestra un kit de empalmes de contracción para medio voltaje.



**Figura 1.26.** Kit de empalmes de contracción para medio voltaje  
**Fuente:** Distribuidora CASTELL ELECTRÓNICA

### Empalmes de BV

Similar a la funcionabilidad de los empalmes de MV, los empalmes de BV sirven para unir los finales de conductores aislados y además proporcionan protección contra la humedad en el área empalmada. La Figura 1.27 a continuación, muestra un empalme EPDM para bajo voltaje.



**Figura 1.27.** Empalme negro EPDM para bajo voltaje  
**Fuente:** Distribuidora 3M ECUADOR

### Bushing de Parqueo Aislado

Es un dispositivo de seguridad, que se instala y acopla a los codos conectores que hayan sido desconectados de equipos eléctricos como transformadores sumergibles, transformadores Pad Mounted, barrajes desconectables, etc.; así, de ser necesario, se tendrá de una manera segura y fija, cables energizados. La Figura 1.28 a continuación, muestra un bushing de parqueo aislado.



**Figura 1.28.** Bushing de parqueo aislado  
**Fuente:** Marca COOPER

### Tapón Aislado

Es un dispositivo de seguridad que se usa como elemento de aislamiento y protección contra el ingreso de humedad a las boquillas que no están en uso, en equipos eléctricos energizados. La Figura 1.29 a continuación, muestra un tapón aislado.



**Figura 1.29.** Tapón aislado  
**Fuente:** Empresa PROELCO

## **1.3.4 MATLAB COMO SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN**

### **1.3.4.1 Descripción General**

La palabra MATLAB que corresponde a la abreviatura de Matrix Laboratory, es un paquete de software interactivo creado en 1984 por The MathWorks; especializado en cálculos científicos y de ingeniería que integra herramientas y bibliotecas para realizar análisis numéricos, proceso de señales, calculo matricial, etc. de una manera fácil e intuitiva [7].

A demás de lo anteriormente expuesto acerca de las ventajas y beneficios que nos brinda este paquete de software, podemos nombrar algunas de sus principales características que lo hacen tan versátil y útil [9]:

- Lenguaje de alto nivel para cálculos científicos y de ingeniería
- Entorno de escritorio afinado para la exploración iterativa, el diseño y la solución de problemas
- Gráficas para visualizar datos y herramientas para crear diagramas personalizados
- Aplicaciones para ajustar curvas, clasificar datos, analizar señales, ajustar sistemas de control y muchas otras tareas



- Toolboxes complementarias para una amplia variedad de aplicaciones científicas y de ingeniería
- Herramientas para crear aplicaciones con interfaces de usuario personalizadas
- Interfaces para C/C++, Java®, .NET, Python, SQL, Hadoop y Microsoft® Excel®
- Opciones de implementación libres de regalías para compartir programas de MATLAB con los usuarios finales

#### **1.3.4.1 APP Designer de MATLAB**

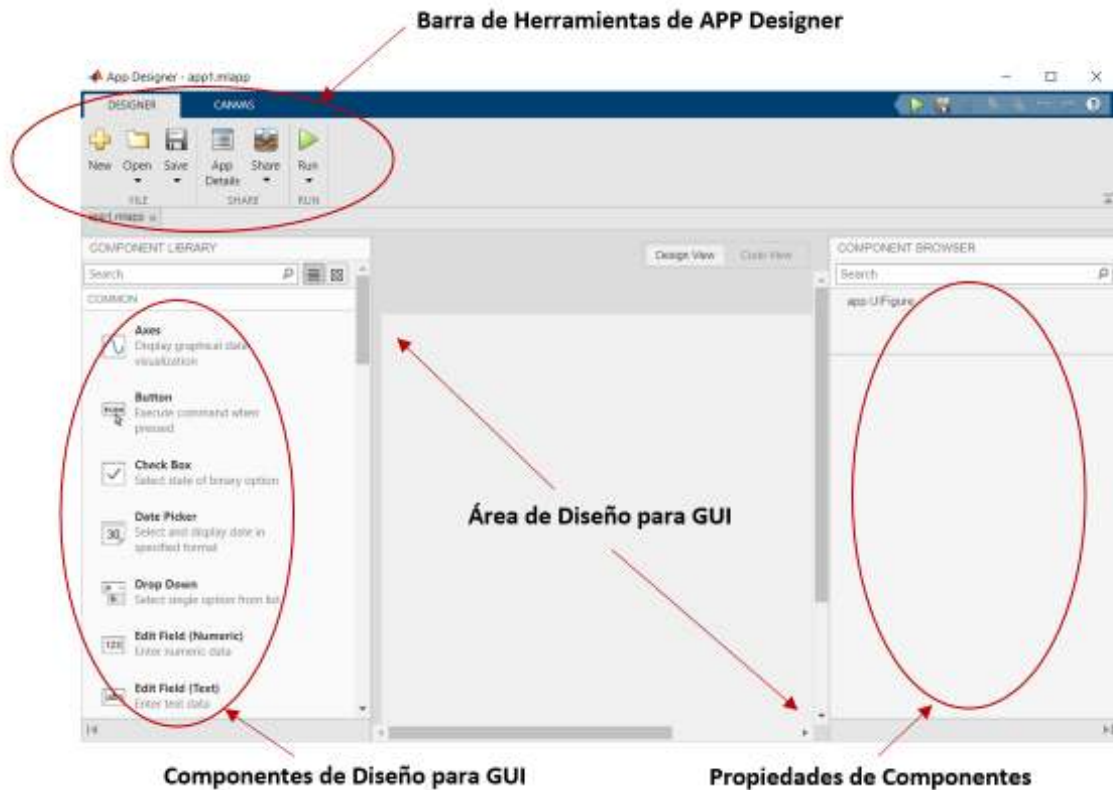
Esta funcionalidad de MATLAB se basa en un entorno de programación visual que permite la creación de aplicaciones (APPs) e interfaces gráficas de usuario (GUI). Una GUI, como su nombre lo describe, es una interfaz de comunicación con el usuario mediante controles gráficos tales como botones, barras de herramientas, menús, controles deslizantes, etc., la cual permite un control sencillo de las aplicaciones de software (programas), eliminando la necesidad de escritura de comandos y códigos de programación a fin de ejecutar la aplicación o programa [10].

Una GUI debe ser de fácil entendimiento por el usuario, consistente y debe proporcionar el manejo de la aplicación sin tener la necesidad de enfocarse en la ejecución de comandos. Los principales componentes provistos por APP Designer para la creación de una GUI son los siguientes:

- Push Button
- Slider
- Radio Button
- Check Box
- Edit Text
- Static Text
- Pop-up Menu
- Listbox
- Toggle Button
- Table
- Axes
- Panel
- Button Group

- ActiveX Control

A continuación, en la Figura 1.30., se muestra la ventana principal de APP Designer donde se puede observar la barra de componentes de edición para la creación de una GUI, la barra de herramientas, la barra de propiedades de componentes y el área de diseño para GUI.



**Figura 1.30.** Ventana Inicial de APP Designer de MATLAB [Propia Autoría]

## **2. METODOLOGÍA**

El desarrollo de este capítulo está enfocado en tres puntos fundamentales, los cuales, al complementarse, permiten la creación de la aplicación computacional planteada en el proyecto de titulación.

El primer punto se enfoca en la obtención de datos de costos (bases de datos), mediante pedido formal a una empresa distribuidora local (EEQ.SA) y cotizaciones realizadas a empresas constructoras y distribuidoras de material y equipo eléctrico.

El segundo punto consiste en la creación de una base de costos de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción establecidas por el MEER; tomando como referencia la normativa de construcción de la entidad en mención y la información de precios recopilada previamente.

El tercer punto detalla la creación y estructuración de la aplicación computacional, abarcando la programación y diseño de la interfaz gráfica de la misma.

### **2.1 BASE DE DATOS Y COSTOS REFERENCIALES**

La obtención de datos y costos referenciales, es una de las partes fundamentales en el desarrollo de la aplicación computacional propuesta. Mediante la información obtenida (costos y rendimientos de mano de obra, costos de material eléctrico, costos de equipo eléctrico); es posible la creación de la base de costos de las UP y UC, con su respectivo desglose de componentes, precios unitarios y cantidades.

La información base (archivos y documentos) en la cual se sustenta el desarrollo del proyecto de titulación, fue proporcionada por la EEQ.SA, y consta de dos aportes principales, descritos a continuación:

#### **1. Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico**

Este estudio consiste en el diseño eléctrico y análisis económico realizado por una empresa consultora española, para el soterramiento y renovación de las redes eléctricas de distribución en el sector del Centro Histórico, del Distrito Metropolitano de Quito.

Dicho estudio está compuesto por una base de datos que incorpora costos de equipo y material eléctrico, costos y valores de rendimiento de mano de obra y un análisis de

precios unitarios (APU's) a detalle. En la Tabla 2.1 se presenta la descripción de los archivos que conforman la base de datos en mención.

**Tabla 2.1.** Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico – Archivos Base

<u>Nombre de Archivo</u>	<u>Descripción</u>
Bas-def-EEQ-01.xlsx	Archivo principal de la base de datos, compuesto por hojas de cálculo que contienen costos de equipo y material eléctrico, así como valores de rendimiento y costos de jornales de mano de obra.
PU-def-OC-EEQ-01.xlsx	Archivo que contiene los APU's de obra civil
PU-def-ME-EEQ-02.xlsx PU-def-ME-EEQ-03.xlsx PU-def-ME-EEQ-04.xlsx PU-def-MA-EEQ-08.xlsx	Archivos que contienen los APU's de material y equipo eléctrico

## 2. Precios Referenciales de Materiales y Equipos de Mayor Frecuencia de Uso en Diseño de Redes de Distribución

Esta información consiste en un listado de costos referenciales y el desglose de precios unitarios, de equipos y material eléctrico utilizados por la Empresa Eléctrica Quito en el diseño y construcción de redes de distribución. La Tabla 2.2 describe los archivos que contienen la información.

**Tabla 2.2.** Precios Referenciales de Materiales y Equipos de Mayor Frecuencia de Uso en Diseño de Redes de Distribución – Archivos Base

<u>Nombre de Archivo</u>	<u>Descripción</u>
PRECIOS MATERIALES 2019 TESISTA.pdf	Archivo que contiene la lista de costos de equipos y material eléctrico.
APU MANO DE OBRA TESISTA 2019.pdf	Archivo que contiene los APU's de equipos y material eléctricos

## **2.2 CREACIÓN DE LA BASE DE COSTOS DE UP Y UC**

La creación y estructuración de la base de datos y costos de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción homologadas por el MEER, constituye una de las partes fundamentales en el desarrollo de la aplicación computacional propuesta. Tanto UP y UC son conjuntos de bienes y materiales asociados entre sí que cumplen una función específica dentro del sistema de distribución subterráneo de energía eléctrica.

La base de costos está formada por un conjunto de información tabulada, que desglosa la cantidad de material o actividad, necesario para la construcción o instalación de las UP y UC. Dicha información fue creada y ordenada en tablas, de acuerdo a la esquematización y formato presente en el documento homologado del MEER, *Sección 4: Manual de la Unidades de Construcción (UC)* [6]. Las tablas que contienen la información creada, son llamadas *Hojas de Costos*, y corresponden a cada una de las estructuras (obra civil) y equipos (obra eléctrica), presentes en la construcción de una red de distribución eléctrica subterránea.

El conjunto de datos e información que se creó, esta subdividido en dos etapas: Obra Civil y Obra Eléctrica.

### **2.2.1 OBRA CIVIL**

Para la creación de las Hojas de Costos de las UP y UC que abarcan la etapa de obra civil, se toma como referencia varios formatos establecidos y proporcionado por la EEQ.SA y el documento homologado del MEER, *Sección 4: Manual de la Unidades de Construcción (UC)* [6].

Parámetros como cantidad de material, valores de rendimiento de mano de obra, etc.; de las tres estructuras principales que conforman la obra civil en una red de distribución subterránea, se detalla con a continuación.

#### **2.2.1.1 Banco de Ductos**

La hoja de costos creada para esta estructura está compuesta por una lista de materiales la cual está definida tomando como referencia el documento homologado del MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)* [6] y los criterios constructivos de acuerdo a la experiencia en campo de varios especialistas consultados (ingeniero civil, ingenieros eléctricos, arquitecto).

La lista de materiales incluye actividades a desarrollarse como parte de la obra civil y cuyas cantidades son calculadas y establecidas según las descripciones y esquemas de construcción presentes en el documento *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

Cada material y actividad presente en la lista de materiales de la estructura, está vinculado a un Análisis de Precios Unitarios (APU); el cual a su vez está constituido por cuatro campos que contienen información referente a costos, cantidades y valores de rendimiento de mano de obra. Los cuatro campos que conforman el APU son:

- Equipo, Maquinaria y Herramienta
- Mano de Obra
- Materiales
- Transporte

Para el desarrollo de la hoja de costos de la estructura, se realiza la cuantificación de cada material y actividad, teniendo en consideración que, en varias actividades, el cálculo de cantidades se lo realiza dentro de los campos del APU directamente, considerando criterios de construcción acorde a la experiencia en campo y APU's de proyectos ya consolidados.

Debido a la cantidad de configuraciones homologadas para Banco de Ductos y a las diferentes alternativas de construcción, propuestas estrictamente para este trabajo de titulación, el proceso realizado para la estructuración de la hoja de costos se ejemplificará en una sola configuración de banco de ductos, como parte de la metodología que se desarrolla en este capítulo. También como parte de la metodología, dicho proceso está replicado en todas las configuraciones de banco de ductos que forman parte de la base de datos y costos de las UP y UC.

La configuración de Banco de Ductos en la que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es la siguiente:

#### **EU0-0B2x2B1**

La cual corresponde a un banco de ductos en acera con configuración 2x2 de tubos de 110 mm.

La configuración antes descrita esta complementada con dos alternativas de construcción como parte de la propuesta para el proyecto de titulación. Las dos alternativas son:

Excavación en Zanja con Equipo Mecánico y Resanado de Acera de Hormigón; sin embargo, es pertinente mencionar que todas las demás alternativas constructivas para banco de ductos están consideradas en la base de datos creada para el proyecto de titulación, con sus respectivas hojas de costos.

Como se observa en la Fig. 2.1., la hoja de costos del banco de ductos EU0-0B2x2B1 está constituida por 17 componentes (materiales y actividades).

ESTRUCTURA: EU0-0B2x2B1		BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON RESANADO ACERA DE HORMIGON)	ID:	TRAMITE:			
CODIGO OC	CODIGO MEER	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U.	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
R0100024	EU0-0B2x2B1	REPLANTEO Y NIVELACION CON EQUIPO TOPOGRAFICO	m	1	1,54	1,54	90,33
R0100029	EU0-0B2x2B1	EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO	m3	0,4324	3,15	1,36206	
R0100034	EU0-0B2x2B1	DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACION CON VOLQUETA	m3	0,49726	8,89	4,4206414	
R0100035	EU0-0B2x2B1	CONFORMACION DEL FONDO DE ZANJA	m2	0,47	1,99	0,9353	
R0100036	EU0-0B2x2B1	CAMA DE ARENA FINA	m3	0,047	25,38	1,19286	
R0100037	EU0-0B2x2B1	RELLENO CON ARENA FINA (PROTECCION BANCO DE DUCTOS)	m3	0,13588664	25,74	3,497722114	
R0100038	EU0-0B2x2B1	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO (SUB-BASE CLASE 3)	m3	0,1175	17,84	2,0962	
R0100039	EU0-0B2x2B1	DRENAJE CON MATERIAL GRANULAR	m3	0,047	25,83	1,21401	
R0100053	EU0-0B2x2B1	HORMIGON SIMPLE f'c= 210 Kg/cm2	m3	0,047	188,68	8,86796	
R0100004	EU0-0B2x2B1	CORTE, ROTURA Y REPOSICION DE ACERAS DE HORMIGON f'c=180 kg/cm2 H= 7-10 cm. INCL. DESALOJO	m2	0,47	20,97	9,8559	
R0100045	EU0-0B2x2B1	CINTA IDENTIFICACION INST. ELECTRICAS	m	1	0,45	0,45	
R0100046	EU0-0B2x2B1	TUBERIA PVC 110 mm INEN 2227 SUMINISTRO E INSTALACION	m	4	10	40	
R0100092	EU0-0B2x2B1	TUBO PVC 2" (SEPARADOR DE TUBERIA) SUMINISTRO E INSTALACION	m	0,6275	3,42	2,14605	
R0100049	EU0-0B2x2B1	SEPARADORES TUBERIA PVC-P 40 mm SUMINISTRO E INSTALACION	u	0,5	5,03	2,515	
R0100050	EU0-0B2x2B1	TRIDUCTO 40 MM POLIETILENO	m	1	7,06	7,06	
R0100059	EU0-0B2x2B1	TAPON MACHO 110 mm	u	0,266666667	5,62	1,498666667	
R0100051	EU0-0B2x2B1	ALAMBRE N°16 GUIA INSTALACIONES	m	7	0,24	1,68	

**Figura 2.1.** Hoja de costos del banco de ductos EU0-0B2x2B1, Excavación en Zanja con Equipo Mecánico y Resanado de Acera de Hormigón

El cálculo de cantidades se lo realiza analizando cada componente con su APU (Análisis de Precios Unitarios) de manera independiente y considerando 1 metro de longitud como la medida estándar para el largo del banco de ductos.

### Replanteo Y Nivelación Con Equipo Topográfico

#### Descripción:

Este rubro corresponde a la actividad que debe efectuar el profesional en campo y describe la colocación de puntos de control vertical y horizontal que deben incluirse en el replanteo y nivelación; adicionalmente, estos puntos constarán en los planos arquitectónicos del proyecto.

#### Cantidad:

La cantidad para este rubro se define tomando en consideración la unidad de medida longitudinal (1 m) que tendrá el banco de ductos, por lo tanto, la cantidad para este rubro será: 1 [m]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.1 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### Excavación en Zanja con Equipo Mecánico

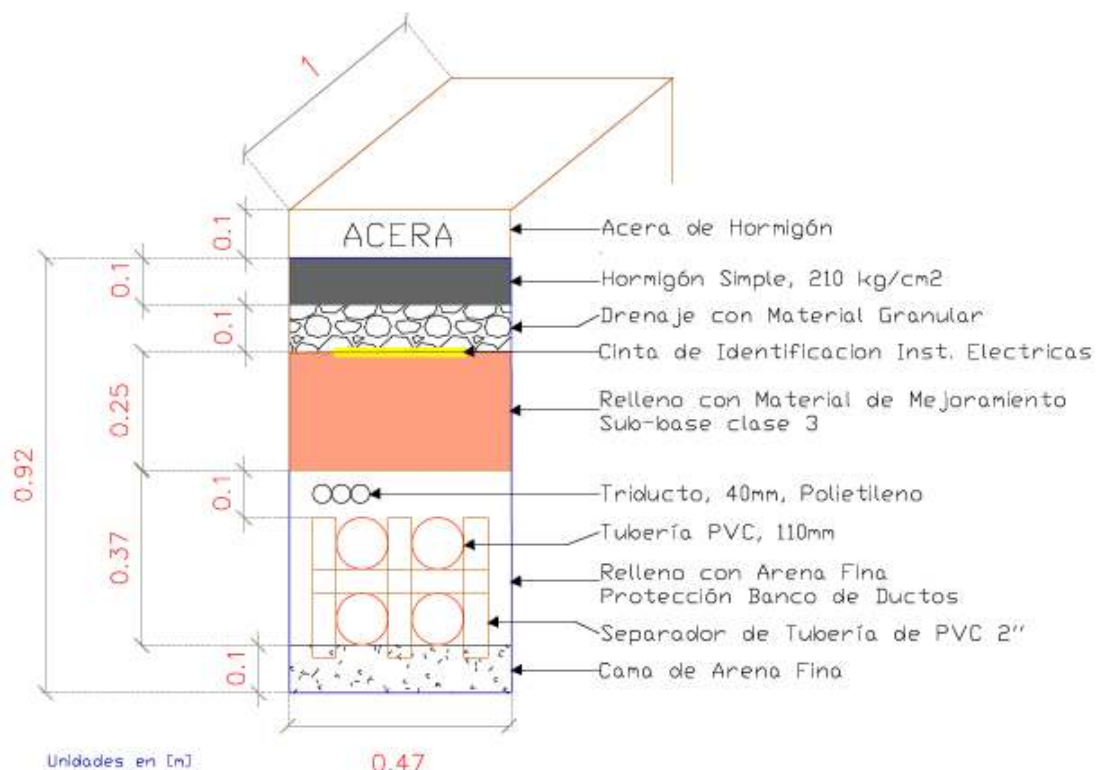
#### Descripción:

Esta actividad corresponde a la excavación de la zanja utilizando medios mecánicos.

#### Cantidad:

Para definir la cantidad de este rubro, se calcula el volumen de tierra que se excavarán tomando como referencia la unidad de medida longitudinal (1 m) que tendrá el banco de ductos mientras que las medidas de ancho y profundidad del banco, serán establecidas según las capas de relleno que tendrá el banco, utilizando como guía base el Manual de las Unidades de Construcción [6] y criterios constructivos considerados en el estudio “Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”, el cual es uno de los aportes referenciales principales.

La Fig. 2.2 muestra el esquema de construcción del banco de ductos.



**Figura 2.2.** Esquema constructivo de banco de ductos, configuración EU0-0B2X2B1, Excavación en Zanja con Equipo Mecánico y Resanado de Acera de Hormigón [Propia Autoría]



La Ecuación 2.1 a continuación, permite el cálculo del volumen de tierra a excavar.

$$V_{exc} = l \cdot a \cdot p$$

**Ecuación 2.1.** Volumen de tierra a excavar, para banco de ductos

Donde:

*l*: dimensión de largo del banco de ductos [m]

*a*: dimensión de ancho del banco de ductos [m]

*p*: dimensión de profundidad del banco de ductos [m]

Sustituyendo en la Ecuación 2.1 las dimensiones del banco de ductos EU0-02X2B1 presentes en la Figura 2.1, se obtiene la siguiente cantidad:

$$V_{exc} = l \cdot a \cdot p = 1 \cdot 0,47 \cdot 0,92 = 0,4324 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.2 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Desalojo de Material de Excavación con Volqueta**

#### Descripción:

Este rubro describe la actividad de transporte y desalojo autorizado de los materiales producto de la excavación. La distancia a considerar para dicha actividad será de 20 km.

#### Cantidad:

Para el cálculo de la cantidad de este rubro, se considera el 15% adicional al volumen del rubro de excavación.

La Ecuación 2.2 a continuación, permite el cálculo del volumen de tierra a desalojar.

$$V_{desal} = 1,15 \cdot V_{exc}$$

**Ecuación 2.2.** Volumen de tierra a desalojar, para banco de ductos

Sustituyendo en la Ecuación 2.2 el valor del volumen de tierra a excavar que se obtuvo en el rubro *Excavación en Zanja con Equipo mecánico*, se obtiene la siguiente cantidad:

$$V_{desat} = 1,15 \cdot V_{exc} = 1,15 \cdot 0,4324 = 0,49726 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.3 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Conformación del Fondo de Zanja**

#### Descripción:

Este rubro describe la actividad de acondicionar en su ancho y nivel, el fondo de zanja del banco de ductos, después de realizar las excavaciones pertinentes. Cualquier material inestable o blando que no pueda ser compactado, será removido y reemplazado con suelo seleccionado. La rasante de la zanja deberá quedar correctamente nivelada para que los ductos sean colocados de una manera uniforme y estable.

#### Cantidad:

Para el cálculo de la cantidad de este rubro, se toman las dimensiones de largo y ancho del banco de ductos EU0-02x2B1, presentes en la Figura 2.2, calculando así el área para la conformación de fondo de zanja.

La Ecuación 2.3 a continuación, permite realizar el cálculo antes descrito

$$A_{conf} = l \cdot a$$

#### **Ecuación 2.3.** Área del banco de ductos para conformación de fondo de zanja

Sustituyendo en la Ecuación 2.3 las dimensiones de largo y ancho del banco de ductos EU0-02X2B1 presentes en la Figura 2.2, se obtiene la siguiente cantidad:

$$A_{conf} = l \cdot a = 1 \cdot 0,47 = 0,47 [m^2]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.4 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Cama de Arena Fina**

#### Descripción:

Este rubro describe la actividad de tendido de arena para extender una capa uniforme de 10 cm de espesor sobre el fondo de la zanja previamente conformada. Esta capa (cama) de arena permite a los ductos distribuir su carga de manera uniforme en toda la zanja.

Bajo ninguna circunstancia se permitirá emplear el material extraído en las excavaciones, escombros, etc., para la conformación de esta capa de relleno ni para ninguna otra.

#### Cantidad:

La cantidad de arena fina está determinada por el cálculo del volumen de la capa de relleno a conformarse; las dimensiones (largo, ancho y altura de la capa) para la obtención del volumen se presentan en la Figura 2.2. La Ecuación 2.4 a continuación, permite realizar el cálculo antes descrito.

$$V_{cam\_are} = l \cdot a \cdot h_{cam\_are}$$

#### **Ecuación 2.4.** Volumen de cama de arena para banco de ductos

Donde:

$h_{cam\_are}$ : Altura de la capa (cama) de arena [m]

Sustituyendo en la Ecuación 2.4 las dimensiones de largo, ancho y altura de la cama de arena presentes en la Figura 2.1, se obtiene la siguiente cantidad:

$$V_{cam\_are} = l \cdot a \cdot h_{cam\_are} = 1 \cdot 0,47 \cdot 0,1 = 0,047 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.5 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

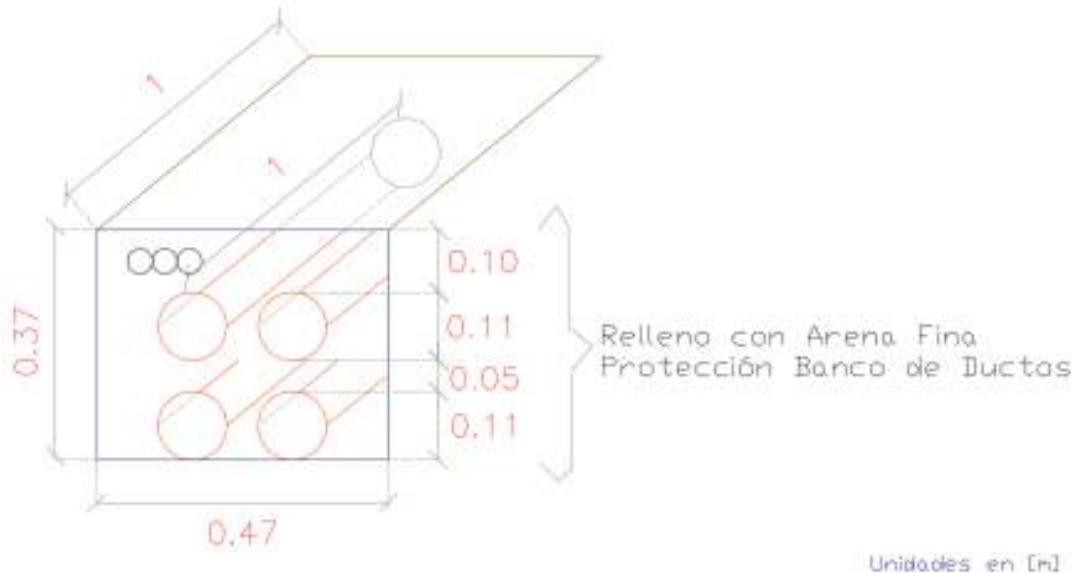
## Relleno con Arena Fina – Protección de Banco de Ductos

### Descripción:

Se refiere a la actividad de rellenar con arena fina la capa donde irán instalados los ductos, para de esta manera darles protección y crear el confinamiento de los mismos.

### Cantidad:

La cantidad de arena fina para este rubro está determinada por el cálculo del volumen de la capa donde se establecerán los ductos, despreciando el volumen de los tubos PVC de 110 mm. Las dimensiones de la capa de relleno con arena fina y de los tubos PVC, se las puede evidenciar en la Figura 2.3.



**Figura 2.3.** Esquema constructivo de la capa de relleno con arena fina - Banco de ductos, configuración EU0-0B2x2B1 [Propia Autoría]

La Ecuación 2.5, Ecuación 2.6 y Ecuación 2.7 a continuación, permiten realizar el cálculo de los volúmenes antes descritos.

$$V_{\text{capa\_are\_prot}} = l \cdot a \cdot h_{\text{capa\_are\_prot}}$$

**Ecuación 2.5.** Volumen de capa de arena para protección de banco de ductos

$$V_{\#4 \text{ tubos PVC}_{110}} = 4 \cdot (\pi \cdot r^2 \cdot l_{\text{tubo PVC}_{110}})$$

**Ecuación 2.6.** Volumen total de 4 tubos PVC de 110 mm de diámetro

$$V_{cant\_capa\_are\_prot} = V_{capa\_are\_prot} - V_{\#4 \text{ tubos PVC}_{110}}$$

**Ecuación 2.7.** Volumen de cantidad de arena para protección de banco de ductos

Donde:

$h_{capa\_are\_prot}$ : Altura de la capa de arena fina para protección del banco de ductos [m]

$r$ : radio de tubo PVC de 110 mm de diámetro [m]

$l_{tubo \text{ PVC}_{110}}$ : longitud de tubo PVC de 110 mm de diámetro [m]

Reemplazando las dimensiones de los tubos PVC de 110 mm y de la capa de arena fina, en la Ecuación 2.6 y Ecuación 2.5 respectivamente, se obtiene los siguientes volúmenes:

$$V_{\#4 \text{ tubos PVC}_{110}} = 4 \cdot (\pi \cdot r^2 \cdot l_{tubo \text{ PVC}_{110}}) = 4 \cdot (\pi \cdot 0,055^2 \cdot 1) = 0,038 [m^3]$$

$$V_{capa\_are\_prot} = l \cdot a \cdot h_{capa\_are\_prot} = 1 \cdot 0,47 \cdot 0,37 = 0,1739 [m^3]$$

Sustituyendo estos valores en la Ecuación 2.7, se obtiene la siguiente cantidad de arena fina para protección del banco de ductos:

$$V_{cant\_capa\_are\_prot} = V_{capa\_are\_prot} - V_{\#4 \text{ tubos PVC}_{110}} = 0,1739 - 0,038 = 0,1359 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.6 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

**Relleno Compactado con Material de Mejoramiento Sub-Base Clase 3**

Descripción:

Este rubro describe la actividad de colocar la capa de material sub-base Clase 3 encima de la capa de arena fina, para protección del banco de ductos; siguiendo secciones transversales, cotas y pendientes señaladas en planos arquitectónicos del proyecto. De igual manera que las capas de relleno antes descritas, la función del relleno con material de mejoramiento es la de crear un confinamiento estable para los ductos y adicional a esto, permitir una correcta distribución de las cargas peatonales y/o vehiculares que estarán presentes en la superficie del banco de ductos.

Cantidad:

La cantidad de material de mejoramiento sub-base Clase 3 está determinada por el cálculo del volumen de la capa de relleno a conformarse; las dimensiones (largo, ancho y altura de la capa) para la obtención del volumen se presentan en la Figura 2.2. La Ecuación 2.8 a continuación, permite realizar el cálculo antes descrito.

$$V_{mat\_sub-base} = l \cdot a \cdot h_{mat\_sub-base}$$

**Ecuación 2.8.** Volumen de relleno con material de mejoramiento Sub-Base Clase 3, para banco de ductos

Donde:

$h_{mat\_sub-base}$ : Altura de la capa con material de mejoramiento sub-base clase 3 [m]

Sustituyendo en la Ecuación 2.8 las dimensiones de largo, ancho y altura de la capa de material sub-base clase 3 presentes en la Figura 2.2, se obtiene la siguiente cantidad:

$$V_{mat\_sub-base} = l \cdot a \cdot h_{mat\_sub-base} = 1 \cdot 0,47 \cdot 0,25 = 0,1175 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.7 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Drenaje con Material Granular**

Descripción:

Este rubro describe la actividad de colocar una capa de material granular (piedra y grava) en el banco de ductos como parte de un sistema drenante que permita captar el agua freática o de infiltración para que en el futuro no cause hundimiento del suelo, ya sea peatonal o calzada vehicular. La construcción de esta capa se realizará siguiendo secciones transversales, cotas y pendientes señaladas en los planos arquitectónicos.

Cantidad:

La cantidad de material granular está determinada por el cálculo del volumen de la capa de relleno a conformarse; las dimensiones (largo, ancho y altura de la capa de material

granular) para la obtención del volumen se presentan en la Figura 2.2. La Ecuación 2.9 a continuación, permite realizar el cálculo antes descrito.

$$V_{mat\_gran} = l \cdot a \cdot h_{mat\_gran}$$

**Ecuación 2.9.** Volumen de relleno con material granular, para banco de ductos

Donde:

$h_{mat\_gran}$ : Altura de la capa con material granular [m]

Sustituyendo en la Ecuación 2.9 las dimensiones de largo, ancho y altura de la capa de material granular presentes en la Figura 2.1, se obtiene la siguiente cantidad:

$$V_{mat\_gran} = l \cdot a \cdot h_{mat\_gran} = 1 \cdot 0,47 \cdot 0,10 = 0,047 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.8 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Hormigón Simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

#### Descripción:

Este rubro describe la actividad de colocar la última capa de relleno en el banco de ductos, siendo esta de hormigón de  $210 \text{ kg/cm}^2$  para una mayor resistencia mecánica. La dosificación de materiales (cemento, arena y ripio) para la mezcla del hormigón será de tal manera que la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) sea la establecida en planos, a los 28 días de curado

#### Cantidad:

La cantidad de hormigón de  $210 \text{ kg/cm}^2$  está determinada por el cálculo del volumen de la capa de relleno a conformarse; las dimensiones (largo, ancho y altura de la capa de hormigón) para la obtención del volumen se presentan en la Figura 2.2. La Ecuación 2.10 a continuación, permite realizar el cálculo antes descrito.

$$V_{hormigon\_210} = l \cdot a \cdot h_{hormigon\_210}$$

**Ecuación 2.10.** Volumen de relleno con hormigón simple 210 kg/cm<sup>2</sup>, para banco de ductos

Donde:

$h_{hormigon\_210}$ : Altura de la capa con hormigón simple 210 kg/cm<sup>2</sup> [m]

Sustituyendo en la Ecuación 2.10 las dimensiones de largo, ancho y altura de la capa de hormigón simple presentes en la Figura 2.2, se obtiene la siguiente cantidad:

$$V_{hormigon\_210} = l \cdot a \cdot h_{hormigon\_210} = 1 \cdot 0,47 \cdot 0,10 = 0,047 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.9 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Corte, Rotura y Reposición de Aceras de Hormigón**

#### Descripción:

Contempla la actividad de corte (manual o mecánico) y reposición de las aceras que intervienen en el proyecto, ya sean estas con acabados de piedra, adoquín u hormigón. El corte y rotura de las aceras se lo realizará en todo su ancho (siguiendo cotas, pendientes y secciones transversales en planos), y de la misma manera, una vez terminadas las construcciones de infraestructura, la reposición se la realizará para todo el ancho de la acera; todo esto con el objetivo de mantener criterios de imagen urbana y las condiciones de estado y calidad original del lugar del proyecto.

La resistencia de compresión del hormigón utilizado para este rubro será de 180 kg/cm<sup>2</sup>, y la altura de la acera a reponer se considerará entre 7 y 10 cm; adicional a estas características, en la reposición de la acera se extenderá una malla electrosoldada constituida por acero corrugado de 5 mm de diámetro con espaciamentos de 15 cm en ambos sentidos, esta para contrarrestar esfuerzos de tensión.



Cantidad:

Para definir la cantidad de este rubro, se procede a calcular el área de la acera que se romperá y repondrá; tomando las dimensiones de largo y ancho del banco de ductos EU0-02X2B1, presentes en la Figura 2.2.

La Ecuación 2.11 a continuación, permite realizar el cálculo del área, antes descrita.

$$A_{acera\_hormigon} = l \cdot a$$

**Ecuación 2.11.** Área de corte y reposición para acera de hormigón

Sustituyendo en la Ecuación 2.11 las dimensiones de largo y ancho de la acera de hormigón presentes en la Figura 2.2, se calcula la siguiente cantidad:

$$A_{acera\_hormigon} = l \cdot a = 1 \cdot 0,47 = 0,47 [m^2]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.10 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

**Cinta de Identificación de Instalaciones Eléctricas**

Descripción:

Este rubro contempla la instalación de una cinta o banda PVC en toda la trayectoria del banco de ductos, con el propósito de indicar la existencia de ductos eléctricos. La posición de la cinta será a 20 cm por debajo del nivel de piso terminado, sea este acera o calzada. La información más relevante que contendrá la cinta de señalización será:

- Señal de advertencia de peligro de riesgo eléctrico, según ISO 3864.
- Leyenda de advertencia de la presencia de cables eléctricos.
- Logotipo de la empresa distribuidora.

Cantidad:

El número de cintas de identificación a instalarse, está determinado por el tipo de configuración del banco de ductos, como lo establece el documento homologado por el

MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción*, ver [6]. Para la configuración EU0-0B2x2B1, que es la estructura ejemplo, y tomando como unidad de medida referencial el largo del banco de ductos, presente en la Figura 2.2; la cantidad de cinta de identificación es la siguiente: 1 [m]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.11 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Tubería PVC de 110 mm para Tendido Eléctrico**

#### Descripción:

Contempla la instalación y suministro de tubos PVC de 110 mm de diámetro, cuya función principal es la de proteger los conductores.

Según la norma NTE INEN 2227 y NTE INEN 1869, los tubos PVC a instalarse serán de doble pared, corrugada exterior y lisa interior; esta última característica facilita la inserción del cableado eléctrico. El color de la tubería es naranja y se ubicará bajo diferentes capas de relleno.

#### Cantidad:

La cantidad de tubería a instalarse, está determinada por el tipo de configuración del banco de ductos, como lo establece el documento homologado por el MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción*, ver [6].

Para la configuración EU0-0B2x2B1, que es la estructura ejemplo, y cuyo arreglo está comprendido por 2 filas y 2 columnas (dando un total de 4 tubos) y tomando como unidad de medida referencial el largo del banco de ductos, presente en la Figura 2.2; la cantidad de tubería PVC de 110 mm es la siguiente: 4 [m]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.12 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

## Separador de Tubería – Tubo PVC 2''

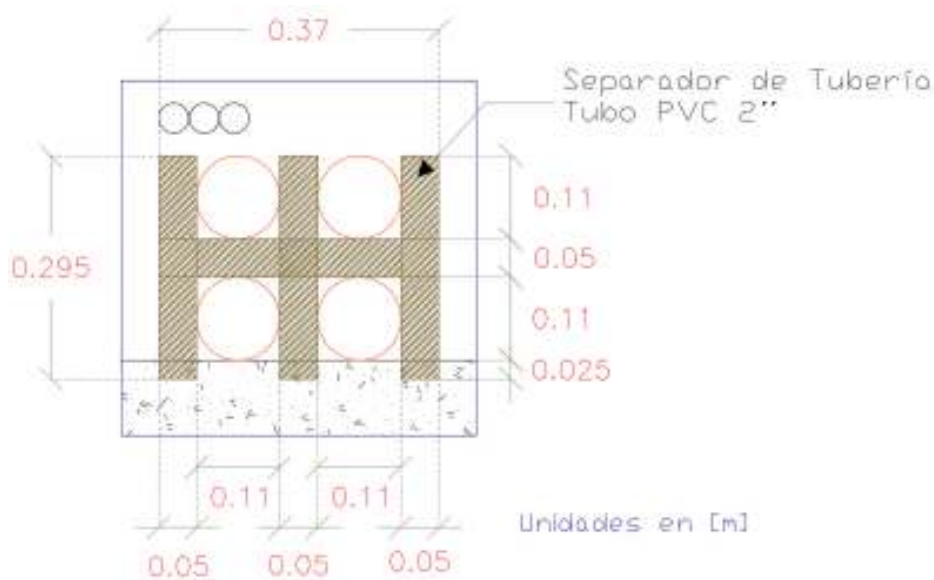
### Descripción:

Este rubro contempla el suministro de tubo PVC de 2'' para la construcción de separadores de tubería, tanto para tubería de 110 mm y 160 mm, las cuales será las que contengan los conductores en el tendido eléctrico subterráneo. Los separadores, según la normativa del MEER, serán colocados cada 2.5 m en todo el tramo del banco de ductos.

### Cantidad:

Para definir la cantidad de tubo PVC de 2'' que será necesario para la construcción de los separadores de tubería, se calcula la longitud de tubo que intervendrá en la configuración del banco de ductos tomando en cuenta las distancias de separación indicadas en el documento normalizado del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5]. Ya definiendo la cantidad de tubo que es necesario para la construcción de un separador, y tomando con referencia una distancia de 6 m de tramo de banco de ductos (6 m es la longitud de fábrica de tubos de 110 mm), calculamos el total de tubo PVC de 2'' que intervendrá en la construcción de los 3 separadores de tubería para el banco de ductos.

En la Figura 2.4 se muestra la configuración del banco de ductos y la disposición de los tubos PVC de 2'' que intervienen, como parte del separador de tubería.



**Figura 2.4.** Separador de Tubería con Tubo PVC de 2'' - Banco de ductos, configuración EU0-0B2X2B1 [Propia Autoría]

Realizando el cálculo de longitudes de los tubos PVC de 2'', y haciendo la siguiente relación: si en 6 metros de banco de ductos se necesita 3 separadores, para 1 metro de banco de ductos se necesitará 0.5 separadores; se obtiene la cantidad total de tubo PVC de 2'' para el separador de tubería en 1 metro de banco de ductos.

$$0,37 + 3 \cdot (0,295) = 1,255 [m] ; \textit{Longitud de Tubo PVC 2'' para 1 Separador}$$

$$\therefore 1,255 \cdot 0,5 = 0,6275 [m] ; \textit{Longitud de Tubo PVC 2'' para 1/2 Separador}$$

La cantidad obtenida es: 0.6275 [m]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.13 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Separador de Tubería PVC-P 40 mm para Triducto**

#### Descripción:

El presente rubro contempla el suministro e instalación de separadores de tubería para el triducto, el cual es parte del conjunto de ductos que estarán soterrados y brindarán protección a los conductores en el tendido eléctrico subterráneo.

#### Cantidad:

Para definir el número de separadores que serán necesarios en el banco de ductos, realizamos la siguiente relación: si en 6 metros de banco de ductos se necesita 3 separadores, para 1 metro de banco de ductos se necesitará la cantidad de 0.5 separadores, por lo tanto, la cantidad es: 0.5 [u]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.14 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Triducto 40 mm de Polietileno**

#### Descripción:

Este rubro considera el transporte e instalación de triducto, el cual es una tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) formada por 3 monoductos de 40 mm de diámetro los

cuales están conectados por una membrana rígida. Para la instalación, se verificará que el triducto sea apto para el paso de cables, estando libre de basura, escombros, arena, etc.

Cantidad:

Para establecer la cantidad de triducto, se tomará como unidad de medida referencial el largo del banco de ductos, presente en la Figura 2.2; teniendo así la cantidad de triducto siguiente: 1[m]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.15 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Tapón Macho 110 mm**

Descripción:

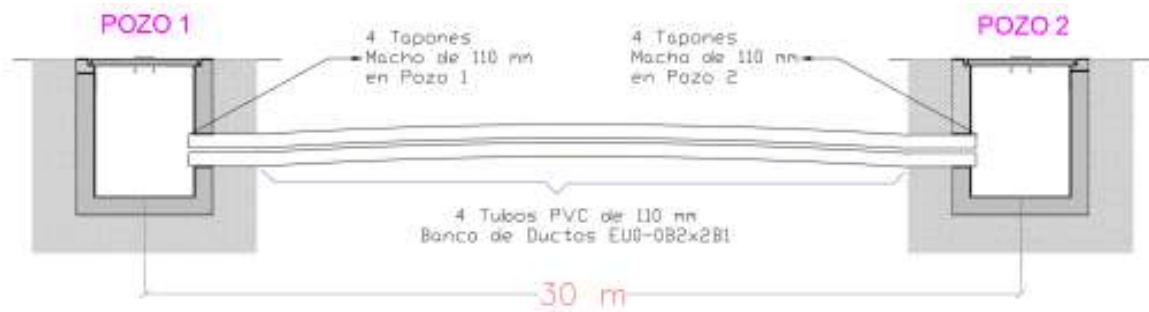
Este rubro contempla el transporte, suministro e instalación de tapones macho de 110 mm de diámetro; el cual servirá para dar confinamiento y evitar taponamientos en los tubos PVC de 110 mm. La ubicación de los tapones será en el inicio y el final de cada tramo de banco de ductos, los cuales, dependiendo del diseño de la red eléctrica subterránea, estarán ubicados en pozos (tipo B, tipo C, etc.).

Cantidad:

Para determinar el número de tapones macho de 110 mm que serán necesarios para el banco de ductos EU0-0B2x2B1, se realiza el siguiente análisis.

De acuerdo al documento del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5]; se establece que, en un tramo de banco de ductos se instalarán pozos cada 30 m de distancia. Tomando como referencia la distancia de 30 m entre pozos y estableciendo que tanto en el inicio y final del tramo se instalará tapones, se concluye que por cada 30 m de tramo de tubo PVC de 110 mm se colocará 2 tapones macho de 110 mm. Para concluir el análisis, se extrapola la relación antes obtenida para el largo (1 metro) del banco de ductos EU0-0B2x2B1, obteniendo así la relación final: por cada 1 m de tramo de tubo PVC de 110 mm se colocará 0,067 tapones macho de 110 mm.

La Figura 2.5 a continuación, muestra el análisis antes descrito, aplicado al banco de ductos EU0-0B2x2B1, el cual está conformado por un arreglo de 4 tubos PVC de 110 mm.



**Figura 2.5.** Tapones Macho de 110 mm - Banco de ductos, configuración EU0-0B2X2B1 [Propia Autoría]

Se realiza los cálculos correspondientes,

Para tramo de 1 tubo PVC de 110 mm:

$$\frac{2}{30} = 0,067 \text{ [tapones en 1 m] ; Para tramo de 1 m de tubo PVC 110 mm}$$

Para tramo de 4 tubos PVC de 110 mm (arreglo 2x2):

$$4 \cdot \frac{2}{30} = 0,266 \text{ [tapones en 1 m] ; Para tramo de 1 m de 4 tubos PVC 110 mm}$$

Obteniendo así, la cantidad total de 0.266 [u] de tapones macho de 110 mm para 1 metro de banco de ductos EU0-0B2X2B1.

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para banco de ductos, en la Tabla 6.16 del ANEXO 1, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Alambre N°16 – Guía para Instalaciones**

#### Descripción:

Este rubro contempla el uso de alambre galvanizado N°16 instalado a manera de guía, para facilitar el paso de conductores y cables en todos los ductos eléctricos, tanto para tubos PVC de 110 y 160 mm, como para el triducto. Se colocará 1 guía por cada tubo.

#### Cantidad:

El número de guías necesarias para el banco de ductos EU0-0B2x2B1, depende del número de tubos PVC de 110 mm que componen el arreglo del banco, adicional a 3 guías

correspondientes al triducto. Se toma como referencia el largo del banco de ductos, indicada en la Figura 2.2. La cantidad establecida será de: 7 [m]

En la Tabla 6.17 que pertenece al ANEXO 1, se presenta el APU del rubro analizado.

Como parte de la propuesta del proyecto de titulación, para la obra civil en banco de ductos se desarrolló 15 alternativas de construcción; estas alternativas fueron analizadas y creadas con el propósito de tener un amplio espectro de posibilidades de construcción para banco de ductos y de esta manera cubrir las necesidades que pudieran presentarse al momento de implementar las redes eléctricas subterráneas de distribución.

Las diferentes alternativas de construcción están creadas bajo tres parámetros específicos: Tipo de Excavación, Tipo de Resanado y Ubicación (zona rural).

Las hojas de costos de las diferentes alternativas de construcción para el banco de ductos EU0-0B2x2B1, son presentadas en las Tabla 6.18 – Tabla 6.31, como parte del ANEXO 1 (Anexo Digital).

### **2.2.1.2 Pozos**

La hoja de costos creada para esta estructura está compuesta por una lista de materiales la cual está definida tomando como referencia el documento homologado del MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)* [6] y los criterios constructivos de acuerdo a la experiencia en campo de varios especialistas consultados (ingeniero civil, ingenieros eléctricos, arquitecto).

La lista de materiales incluye actividades a desarrollarse como parte de la obra civil y cuyas cantidades son calculadas y establecidas según las descripciones y esquemas de construcción presentes en el documento *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

Cada material y actividad presentes en la lista de la hoja de costos de la estructura, está vinculado a un Análisis de Precios Unitarios (APU); el cual a su vez está constituido por cuatro campos que contienen información referente a costos, cantidades y valores de rendimiento de mano de obra. Los cuatro campos que conforman el APU son:

- Equipo, Maquinaria y Herramienta
- Mano de Obra

- Materiales
- Transporte

Para el desarrollo de la hoja de costos de los pozos, se realiza la cuantificación de cada material y actividad, teniendo en consideración que, en varios materiales, el cálculo de cantidades se lo realiza dentro de los campos del APU directamente, considerando criterios de construcción acorde a la experiencia en campo y APU's de proyectos ya consolidados.

Debido a la cantidad de tipos de pozos homologados por el MEER y a las diferentes alternativas de construcción que se pueden presentar al momento de implementar la obra civil, el proceso realizado para la estructuración de la hoja de costos se ejemplificará en un solo tipo de pozo (pozo tipo B, usando con mayor frecuencia en proyectos de MV y BV), como parte de la metodología que se desarrolla en este capítulo. También como parte de la metodología, dicho proceso está replicado en todas las hojas de costos de los diferentes tipos de pozos, tanto los homologados por el MEER como los propuestos para el proyecto de titulación que forman parte de la base de datos y costos de las UP y UC.

El tipo de pozo en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

### **EU0-0PB**

El cual corresponde a un pozo Tipo B de 0.9 x 0.9 x 0.9 m

La estructuración de la hoja de costos del pozo esta complementada con dos alternativas de construcción adicionales, como parte de la propuesta para el proyecto de titulación. Las alternativas son: Ubicación del pozo en Acera y Tapa de Hormigón; sin embargo, es pertinente mencionar que todas las demás alternativas constructivas para pozos están consideradas en la base de datos creada para el proyecto de titulación, con sus respectivas hojas de costos.

Como se observa en la Fig. 2.6., la hoja de costos del pozo para red subterránea considera 10 componentes (materiales y actividades).



ESTRUCTURA:		POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0.9x0.9x0.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	ID:		TRÁMITE:		
EUO-0PB			UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
CODIGO OC	CODIGO MEER	ACTIVIDAD					
R0100028	EUO-0PB	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	u	1	7,73	7,73	517,81
R0100032	EUO-0PB	EXCAVACIÓN EN ESTRUCTURAS MENORES	m3	1,3906	11,34	15,769404	
R0100034	EUO-0PB	DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON VOLQUETA	m3	1,59919	8,89	14,2167991	
R0100062	EUO-0PB	MASILLADO	m2	0,81	7,75	6,2775	
R0100074	EUO-0PB	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE HORMIGÓN PRENSADO 12cm	m2	4,08	12,05	49,164	
R0100076	EUO-0PB	ENLUCIDO INTERIOR O EXTERIOR 1:3	m2	3,6	6,39	23,004	
R0100039	EUO-0PB	DRENAJE CON MATERIAL GRANULAR	m3	0,081	25,83	2,09223	
R0100086	EUO-0PB	TAPA PARA POZO TIPO B, DE HORMIGON ARMADO DE 70 mm DE ESPESOR - MARCO Y BROCAL METALICO	u	1	197,71	197,71	
R0100025	EUO-0PB	VALLA DE PROTECCIÓN TEMPORAL	u	1	147,13	147,13	
R0100084	EUO-0PB	SOPORTE GRANDE DE CABLES PARA POZO	u	4	13,68	54,72	

**Figura 2.6.** Hoja de costos de pozo para red subterránea Tipo B, En acera y Tapa de Hormigón

El cálculo de cantidades se lo realiza analizando cada componente con su APU (Análisis de Precios Unitarios) de manera independiente y tomando como referencia los esquemas constructivos, dimensiones y descripciones que se encuentran en los documentos homologados, provistos por el MEER.

### Replanteo y Nivelación de Estructuras Menores

#### Descripción:

Este rubro corresponde a la actividad que debe efectuar el profesional en campo para determinar el lugar en el que se ubicará la infraestructura subterránea menor (pozos y cámaras). Se colocará referencias de ejes con hitos que harán la función de puntos de control vertical y horizontal, y el replanteo y nivelación se lo realizará por medio de las cotas y alineaciones presentes en los planos arquitectónicos del proyecto.

#### Cantidad:

La cantidad para este rubro se basa en el número de pozos a replantear y nivelar, por lo tanto: 1[u]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea; en la Tabla 6.32 del ANEXO 2, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

## **Excavación en Estructuras Menores**

### Descripción:

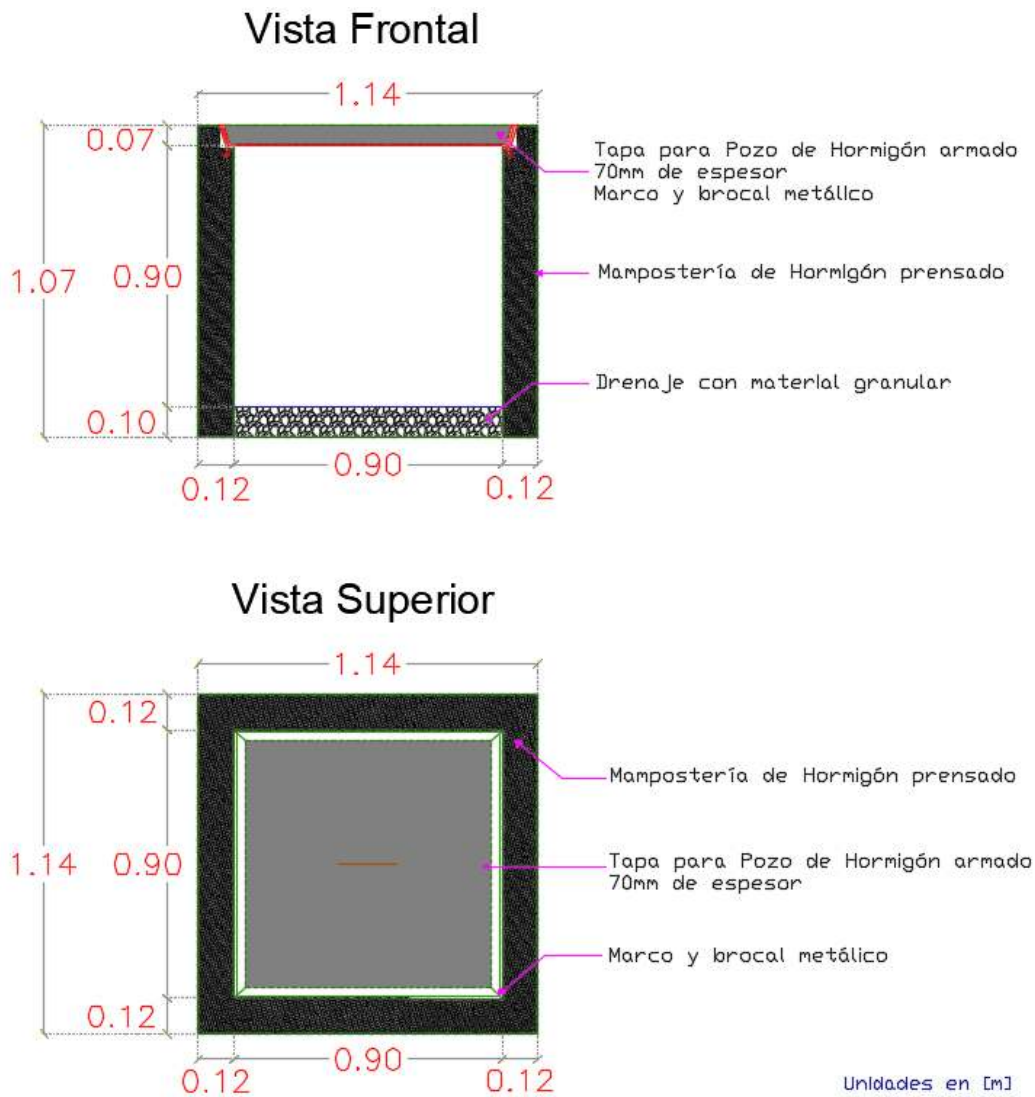
Este rubro describe la actividad de remoción de material de suelo (suelo común, arcillas, linos, arenas) que deben efectuar los profesionales en campo, para la conformación de cimentaciones de estructuras menores (pozos y cámaras), mediante el uso de herramientas manuales como picos, palas, etc. o equipo mecanizado.

Este tipo de excavación es necesaria en la construcción de estructuras menores, la cual está diseñada para el emplazamiento de banco de ductos de conectividad y energía eléctrica; estableciendo el ancho y profundidad de la excavación acorde al número de vías (ductos) en cada tramo del proyecto a ejecutarse.

### Cantidad:

La cantidad para este rubro se define mediante el cálculo del volumen de tierra que se excavará para la conformación del pozo, tomando como referencia las dimensiones de largo, ancho y profundidad del pozo establecidas en el documento *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)*, ver [6].

La Fig. 2.7 muestra el esquema de construcción del pozo para redes subterráneas, Tipo B.



**Figura 2.7.** Esquema constructivo de pozo para redes subterráneas, Tipo B, En Acera y Tapa de Hormigón [Propia Autoría]

La Ecuación 2.12 a continuación, permite el cálculo del volumen de tierra a excavar.

$$V_{exc\_pozo} = l_p \cdot a_p \cdot p_p$$

**Ecuación 2.12.** Volumen de tierra a excavar – Pozo para red subterránea, Tipo B

Donde:

$l_p$ : dimensión de largo del pozo [m]

$a_p$ : dimensión de ancho del pozo [m]

$p_p$ : dimensión de profundidad del pozo [m]

Sustituyendo en la Ecuación 2.12 las dimensiones del pozo Tipo B, presentes en la Figura 2.7, se obtiene la siguiente cantidad:

$$V_{exc\_pozo} = l_p \cdot a_p \cdot p_p = 1,14 \cdot 1,14 \cdot 1,07 = 1,3906 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea; en la Tabla 6.33 del ANEXO 2, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Desalojo de Material de Excavación con Volqueta**

#### Descripción:

Este rubro describe la actividad de transporte y desalojo de los materiales producto de la excavación. La distancia a considerar para dicho transporte e inmediato depósito en lugares señalados por la Fiscalización y/o Supervisión, será de 20 km.

#### Cantidad:

Para el cálculo de la cantidad de este rubro, se considera el 15% adicional al volumen del rubro de excavación en estructuras menores.

La Ecuación 2.13 a continuación, permite el cálculo del volumen de tierra a desalojar.

$$V_{desal\_pozo} = 1,15 \cdot V_{exc\_pozo}$$

### **Ecuación 2.13. Volumen de tierra a desalojar – Pozo para red subterránea, Tipo B**

Sustituyendo en la Ecuación 2.13 el valor del volumen de tierra a excavar que se obtuvo en el rubro *Excavación en Estructuras Menores*, se obtiene la siguiente cantidad:

$$V_{desal\_pozo} = 1,15 \cdot V_{exc\_pozo} = 1,15 \cdot 1,3906 = 1,59 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea, en la Tabla 6.3 que pertenece al ANEXO 1, se presenta el APU del rubro analizado.

## **Masillado y Alisado de Pisos**

### Descripción:

Este rubro corresponde a la actividad de masillado y alisado de pisos, con el fin de dar un acabado liso y un mejor aspecto a los pisos terminados. El espesor máximo del masillado será de 2.5 cm y el cual será realizado con un mortero con una proporción cemento – arena de 1:3.

### Cantidad:

Para el cálculo de la cantidad de este rubro, se toman las dimensiones de largo y ancho del pozo Tipo B, presentes en la Figura 2.7, calculando así el área del piso que será masillado y alisado.

La Ecuación 2.14 a continuación, permite realizar el cálculo antes descrito

$$A_{masi} = l_p \cdot a_p$$

### **Ecuación 2.14.** Área de piso para masillado – Pozo Tipo B

Sustituyendo en la Ecuación 2.14 las dimensiones de largo y ancho del pozo Tipo B, presentes en la Figura 2.7, se obtiene la siguiente cantidad:

$$A_{masi} = l_p \cdot a_p = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81 [m^2]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea; en la Tabla 6.34 del ANEXO 2, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

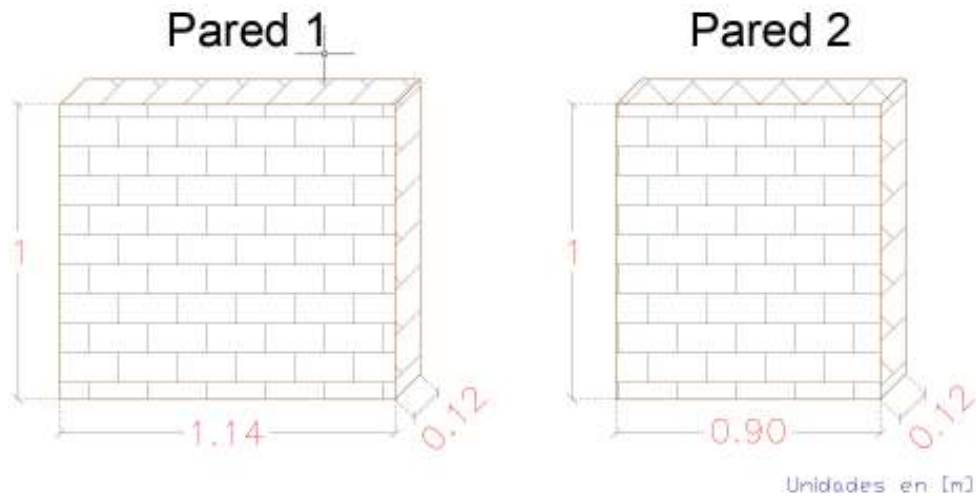
## **Mampostería de Bloque de Hormigón Prensado**

### Descripción:

La actividad para este rubro consiste en la construcción de estructuras formadas por bloques de hormigón prensado (12 cm de ancho) y tendidas en hileras regulares; los bloques estarán compactados por mortero, con una proporción cemento – arena de 1:5. Las estructuras serán construidas de acuerdo a planos y detalles arquitectónicos, según lo indicado por el constructor y Fiscalizador del proyecto.

Cantidad:

Para calcular la cantidad en este rubro, se procede a obtener el área total de las paredes internas del pozo; la Figura 2.8 muestra las dimensiones de 2 paredes del pozo, y considerando que son en total 4 paredes, el total de paredes internas del pozo será el doble de paredes mostradas en dicha figura.



**Figura 2.8.** Paredes internas de pozo para redes subterráneas, Tipo B, En Acera y Tapa de Hormigón [Propia Autoría]

La Ecuación 2.15, Ecuación 2.16 y Ecuación 2.17 permiten el cálculo de las áreas antes descritas.

$$A_{pared1} = l_{pared1} \cdot h_{pared1}$$

**Ecuación 2.15.** Área pared interna 1 – Pozo Tipo B

$$A_{pared2} = l_{pared2} \cdot h_{pared2}$$

**Ecuación 2.16.** Área pared interna 2 – Pozo Tipo B

$$A_{total\ paredes\ internas} = (2 \cdot A_{pared1}) + (2 \cdot A_{pared2})$$

**Ecuación 2.17.** Área total de las paredes internas – Pozo Tipo B

Donde:

$l_{pared1}$ : Largo de la pared interna 1 [m]

$h_{pared1}$ : Altura de la pared interna 1 [m]

$l_{pared2}$ : Largo de la pared interna 2 [m]

$h_{pared2}$ : Altura de la pared interna 2 [m]

Sustituyendo en la Ecuación 2.15 y Ecuación 2.16, las dimensiones indicadas en la Figura 2.8 de largo y altura de las paredes, se obtiene los siguientes valores de áreas.

$$A_{pared1} = l_{pared1} \cdot h_{pared1} = 1,14 \cdot 1 = 1,14 [m^2]$$

$$A_{pared2} = l_{pared2} \cdot h_{pared2} = 0,90 \cdot 1 = 0,90 [m^2]$$

Finalmente, sustituyendo en la Ecuación 2.17 los valores de las áreas de las paredes internas previamente calculadas, se obtiene la cantidad definitiva del rubro en análisis.

$$A_{total\ paredes\ internas} = (2 \cdot A_{pared1}) + (2 \cdot A_{pared2}) = (2 \cdot 1,14) + (2 \cdot 0,90) = 4,08 [m^2]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea; en la Tabla 6.35 del ANEXO 2, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Enlucido Interior o Exterior 1:3**

#### Descripción:

La actividad para este rubro consiste en colocar una capa de mortero (cemento - arena con proporcionalidad 1:3) sobre superficies específicas ubicadas en el interior o exterior de la obra y que estén indicadas en planos o por el Fiscalizador de obra; las superficies a enlucir serán paredes de mampostería, muros, tumbados, etc. ya sean estas en forma vertical u horizontal. El espesor mínimo que tendrá el enlucido será de 1.5 cm.

#### Cantidad:

Para calcular la cantidad de este rubro, se procede a calcular el área de las paredes internas del pozo (descontando los 12 cm del ancho de los bloques) que serán las superficies a enlucir. Para el cálculo de las áreas antes mencionadas, se observa la Figura 2.8, en la cual se encuentran las dimensiones de la Pared 2, que es la pared a enlucir.

Por medio de la Ecuación 2.16 se obtuvo el área de la Pared 2 y este valor será sustituido en la Ecuación 2.18, la cual servirá para calcular el área total a enlucir (4 paredes).

$$A_{enlucir} = 4 \cdot A_{pared2}$$

**Ecuación 2.18.** Área a enlucir – Pozo Tipo B

Se realiza la sustitución de valores en la Ecuación 2.18, dando como resultado la cantidad de superficie a enlucir.

$$A_{enlucir} = 4 \cdot A_{pared2} = 4 \cdot 0,90 = 3,6 [m^2]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea; en la Tabla 6.36 del ANEXO 2, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

**Drenaje con Material Granular**

Descripción:

Este rubro describe la capa de material granular (piedra y grava) que se colocará en el piso del pozo como parte de un sistema drenante que permita captar el agua freática o de infiltración para que en el futuro no cause hundimiento del suelo, ya sea peatonal o calzada vehicular.

Cantidad:

La cantidad de material filtrante está determinada por el cálculo del volumen de la capa de material a colocar en el piso del pozo; las dimensiones (largo, ancho y altura de la capa de material filtrante) para la obtención del volumen se presentan en la Figura 2.7. La Ecuación 2.19 a continuación, permite realizar el cálculo antes descrito.

$$V_{drenaje\_mat\_filtra} = l_{pared2} \cdot l_{pared2} \cdot h_{drenaje\_mat\_filtra}$$

**Ecuación 2.19.** Volumen de material filtrante para piso – Pozo Tipo B

Donde:

$h_{drenaje\_mat\_filtra}$ : Altura de la capa con material filtrante [m]

Sustituyendo en la Ecuación 2.19 las dimensiones de la capa de material filtrante para el piso de pozo, presentes en la Figura 2.7, se obtiene la siguiente cantidad:



$$V_{drenaje\_mat\_filtra} = l_{pared2} \cdot l_{pared2} \cdot h_{drenaje\_mat\_filtra} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,10 = 0,081 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea, en la Tabla 6.8 que pertenece al ANEXO 1, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Tapa de Hormigón Armado para Pozo Tipo B – Marco y Brocal Metálico**

#### Descripción:

Este rubro contempla la actividad que realizan los profesionales para la construcción de una tapa de hormigón armado con marco y brocal metálico que formará parte del pozo como elemento de protección y seguridad. Para las características constructivas de la tapa se toma como referencia las descripciones y esquemas presentes en el documento homologado del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

La tapa estará fabricada de hormigón armado, con un espesor de 70 mm en acera y 150 mm en calzada; la resistencia del hormigón será de 210 kg/cm<sup>2</sup> y la armadura será fabricada con acero de refuerzo (varilla) de 12 mm, en separaciones de 100 mm en ambas direcciones. El marco y brocal metálico serán armados con perfiles de acero A-36 de lados desiguales; de 5 mm de espesor, 51 mm de base y 76 mm de altura.

#### Cantidad:

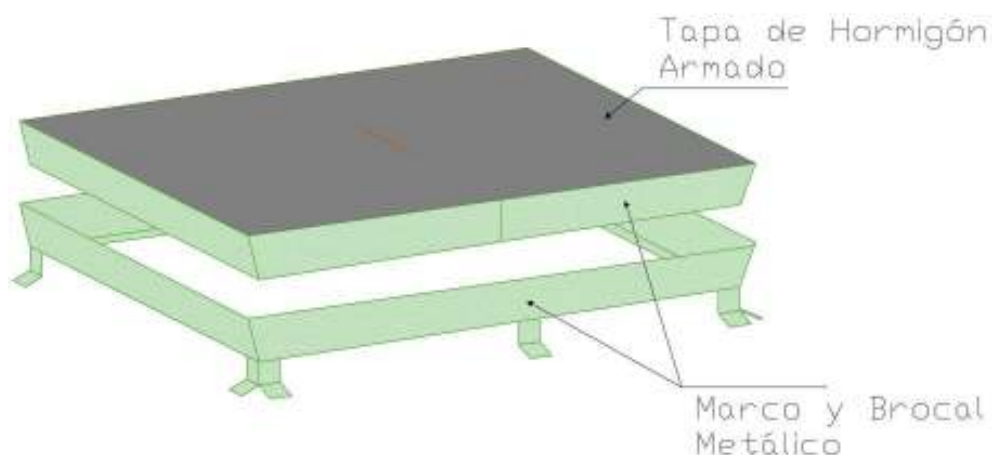
Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipos, mano de obra y materiales) necesarias para la construcción de la tapa de hormigón armado para pozo Tipo B. Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 4 APU's ya consolidados de la base de datos del estudio "*Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico*", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación. Los APU's de referencia son de actividades y materiales necesarios para la creación de la tapa y la Tabla 2.3 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.3.** APU's referenciales para elaboración de rubro Tapa de Hormigón Armado para Pozo Tipo B – Marco y Brocal Metálico

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento [hora/u]</u>
HORMIGÓN SIMPLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	1,605200
ACERO DE REFUERZO INCLUYE CORTE Y DOBLADO	0,060000
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	0,047000
REJILLA HIERRO GALVANIZADO	0,792000

Como parte del proceso del cálculo de cantidades para la elaboración de la tapa de hormigón, se realiza la cuantificación de los 3 materiales principales: Hormigón Simple  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Perfiles de Acero A-36 y Acero de Refuerzo (varilla de 12 mm).

En la Figura 2.9 se muestra las 2 estructuras que conforman la tapa: el marco y brocal metálico, y la tapa de hormigón.



**Figura 2.9.** Tapa de Hormigón Armado para pozo Tipo B – Marco y Brocal Metálico, En Acera [Propia Autoría]

Se realiza el cálculo de cantidades, tomando como referencia las dimensiones y descripciones constructivas indicadas en los documentos *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas* y *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)*, ver [5] y [6], respectivamente.

### **Marco Metálico:**

Se multiplica la longitud de la tapa por los 4 lados de la misma, dando como resultado la longitud total de perfil de acero A-36 utilizado para el marco metálico. La cantidad obtenida es:  $4 \cdot 1 [m] = 4 [m]$

Se calcula el peso de los perfiles, multiplicando el valor de la longitud por un valor referencial tabulado (relación longitud-peso), obtenido del catálogo de una empresa distribuidora de equipos y materiales, ver [14]. La cantidad obtenida es:  $4 [m] \cdot 4,6 \left[ \frac{kg}{m} \right] = 18,4 [kg]$

### **Brocal Metálico:**

Se multiplica la longitud del brocal por los 4 lados que tendrá, dando como resultado la longitud total de perfil de acero A-36 utilizado para la fabricación del brocal metálico. La cantidad obtenida es:  $4 \cdot 1,055 [m] = 4,22 [m]$

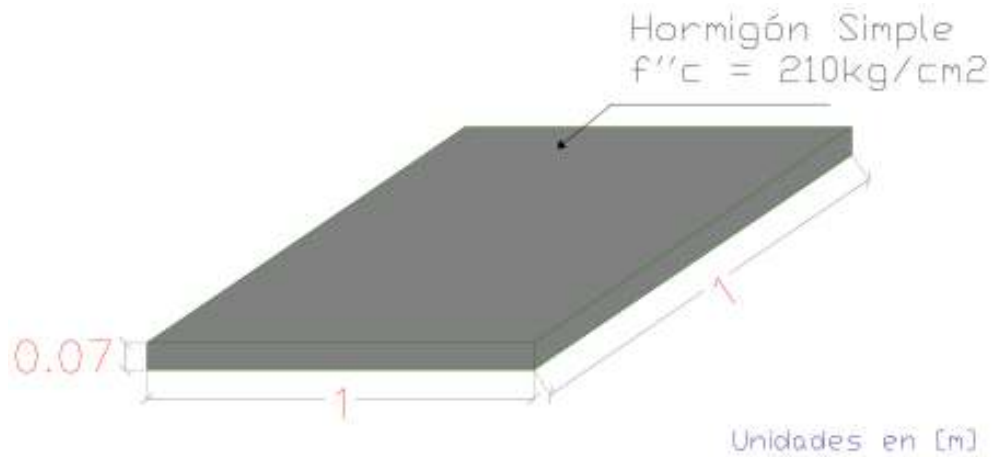
Se calcula el peso de los perfiles, multiplicando el valor de la longitud por un valor referencial tabulado (relación longitud-peso), obtenido del catálogo de una empresa distribuida, ver [14]. La cantidad obtenida es:  $4,22 [m] \cdot 4,6 \left[ \frac{kg}{m} \right] = 19,412 [kg]$

Se suman los dos valores de pesos calculados, obteniendo el peso total de perfiles de acero A-36 utilizados en la fabricación de la tapa de hormigón. La cantidad obtenida es:

$$19,412 + 18,4 = 37,812 [kg]$$

### **Hormigón Simple $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ :**

Se calcula el volumen de hormigón de la tapa, según las dimensiones presentes en la Figura 2.10. El espesor será de 70 mm, debido a que la ubicación de la tapa será en acera.

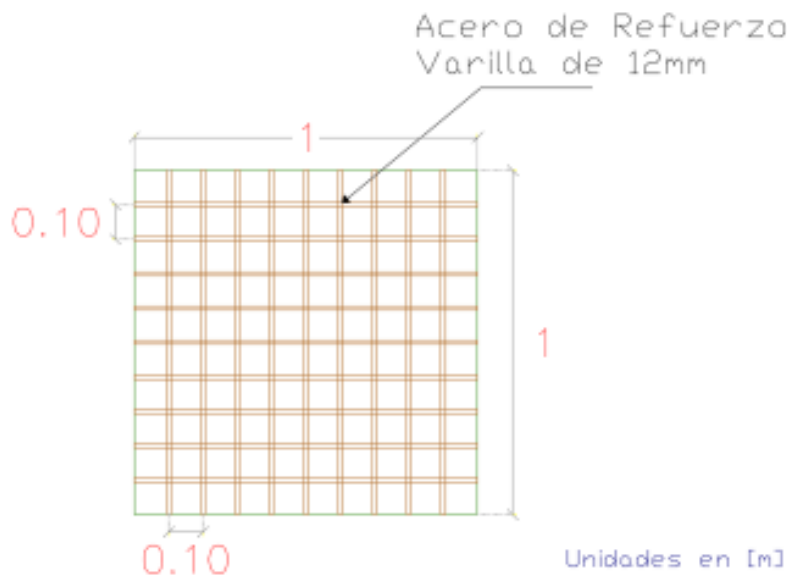


**Figura 2.10.** Volumen de hormigón simple  $f''c=210 \text{ kg/cm}^2$  para tapa de pozo Tipo B, En Acera [Propia Autoría]

Se realiza los cálculos correspondientes, y se obtiene el volumen necesario de hormigón para la construcción de la tapa. La cantidad obtenida es:  $1 \cdot 1 \cdot 0,07 = 0,07 \text{ [m}^3\text{]}$

***Acero de Refuerzo (Varilla de 12 mm):***

Se calcula el número de varillas que integrarán la armadura de la tapa de hormigón, considerando que las varillas estarán distribuidas en separaciones de 100 mm y en ambas direcciones. La Figura 2.11 muestra el detalle de la distribución de varillas.



**Figura 2.11.** Distribución de varillas de 12 mm (Acero de refuerzo) para armadura en tapa de hormigón para pozo Tipo B, En Acera [Propia Autoría]

Se realiza el cálculo respectivo para obtener el número de varillas, tomando en cuenta que serán distribuidas en ambas direcciones. La cantidad obtenida es:  $2 \cdot \left(\frac{1 [m]}{0.10 [m]}\right) = 20$  [varillas 12mm]

Se calcula la longitud total de las varillas, tomando como referencia las dimensiones de la tapa, presentes en la Figura 2.11. La cantidad obtenida es:  $20 \cdot 1 [m] = 20 [m]$

Para finalizar, se calcula el peso total de las varillas, multiplicando el valor de la longitud por un valor referencial tabulado (relación longitud-peso), obtenido del catálogo de una empresa distribuidora de equipos y materiales, ver [15]. La cantidad obtenida es:

$$20 [m] \cdot 0,888 \left[\frac{kg}{m}\right] = 17,76 [kg]$$

Las cantidades calculadas son acopladas al APU en desarrollo, estableciendo de este modo el APU final para el rubro *Tapa de Hormigón Armado para Pozo Tipo B – Marco y Brocal Metálico*, cuya cantidad es la siguiente: 1[u]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea; en la Tabla 6.37 del ANEXO 2, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Valla de Protección Temporal**

#### Descripción:

Este rubro hace mención al uso de una valla metálica que advierte a vehículos y viandantes del peligro presente en la obra en ejecución y prohíbe el paso a las áreas que están cercadas por las mismas. Las características presentes en estas estructuras metálicas son: alta resistencia y durabilidad a condiciones climáticas extremas y solidez de color (blanco y anaranjado).

#### Cantidad:

La cantidad para este rubro se establece dependiendo del número de pozos a construir, por lo tanto, la cantidad definida será: 1 [u]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos del pozo Tipo B para red subterránea; en la Tabla 6.38 del ANEXO 2, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Soporte Grande de Cables para Pozo**

#### Descripción:

Este rubro contempla las actividades que realizan los profesionales en la fabricación de soportes para cables que servirán como elementos de sujeción y orden para los cables y conductores que se instalarán dentro de los pozos. Los soportes serán fabricados en acero galvanizado (perfiles de acero A-36) y para sus características constructivas se tomará como referencia las descripciones y esquemas presentes en el documento homologado del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

El diseño de los soportes debe resistir el peso de los cables y de cargas dinámicas; de modo que los conductores sean de fácil acceso y no sufran daño debido a su propia masa.

#### Cantidad:

Para el presente rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipos, mano de obra y materiales) necesarias para la construcción de un soporte grande de cables para pozo. Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en un APU ya consolidado de la base de datos del estudio “*Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico*”, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación.

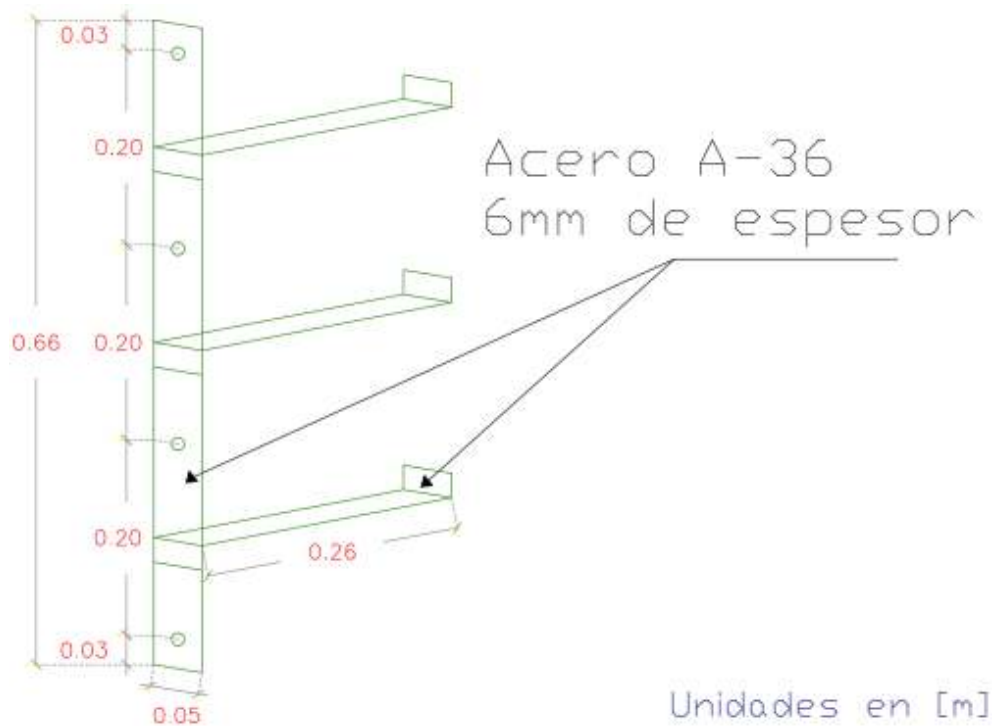
El APU referencial describe el trabajo en acero estructural ASTM A-36; la Tabla 2.4, muestra su nombre y rendimiento de mano de obra.

**Tabla 2.4.** APU referencial para elaboración de rubro Soporte Grande Para Cables

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento [hora/u]</u></b>
ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	0,047000

Como parte del proceso del cálculo de cantidad de material para la elaboración del soporte, se cuantifica el material principal: Perfiles de Acero A-36

En la Figura 2.12 se observan las dimensiones del soporte grande para cables.



**Figura 2.12.** Soporte grande para cables en pozo Tipo B [Propia Autoría]

Se calcula la cantidad de acero A-36, tomando como referencia las dimensiones y descripciones constructivas indicadas en los documentos *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas* y *Sección 3: Especificaciones Técnicas de los Materiales para Sistemas de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5] y [16], respectivamente.

#### **Acero A-36:**

Se suman las longitudes de los brazos, tanto del brazo vertical largo como de los tres brazos soporte horizontales (ver Figura 2.12); dando como resultado la longitud total de perfil de acero A-36 utilizado para el soporte grande para cables. La cantidad obtenida es:

$$0,66 + (3 \cdot 0,26) = 1,44 [m]$$

Se calcula el peso de los perfiles, multiplicando el valor de la longitud por un valor referencial tabulado (relación longitud-peso), obtenido del catálogo de una empresa distribuidora de equipos y materiales, ver [17]. La cantidad obtenida es:

$$1,44 [m] \cdot 2,355 \left[ \frac{kg}{m} \right] = 3,3912 [kg]$$

La cantidad calculada es acoplada al APU en desarrollo, estableciendo de este modo el APU final para el rubro *Soporte Grande de Cables para Pozo*, cuya cantidad es la siguiente:  
1 [u]

En la Tabla 6.39 que pertenece al ANEXO 2 (Anexo Digital), se presenta el APU del rubro analizado.

Como parte de la propuesta del proyecto de titulación, para la obra civil en pozos para redes subterráneas se desarrolló 4 alternativas de construcción; estas alternativas fueron analizadas y creadas con el propósito de tener un amplio espectro de posibilidades de construcción para pozos y de esta manera cubrir las necesidades que pudieran presentarse al momento de implementar las redes eléctricas subterráneas de distribución.

Las diferentes alternativas de construcción están creadas bajo dos parámetros específicos: Tipo de Tapa y Ubicación.

Las hojas de costos de las diferentes alternativas de construcción para el pozo para red subterránea Tipo B, EU0-0PB; son presentadas en las Tabla 6.40 – Tabla 6.42, como parte del ANEXO 2 (Anexo Digital).

### **2.2.1.3 Cámaras Eléctricas**

La hoja de costos creada para esta estructura está compuesta por una lista de materiales, actividades y cantidades, la cual está definida tomando como referencia información de dos documentos principales: la *Tabla de Precios Unitarios de Mano de Obra para Obras Civiles*, como parte de la información y datos proporcionados por la EEQ.SA; y el documento homologado del MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)*, ver [6].



La lista de materiales incluye actividades a desarrollarse como parte de la obra civil y cuyas cantidades son calculadas y establecidas según las descripciones y esquemas de construcción presentes en el documento *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

Cada material y actividad presentes en la lista de la hoja de costos de la estructura, está vinculado a un Análisis de Precios Unitarios (APU); el cual a su vez está constituido por cuatro campos que contienen información referente a costos, cantidades y valores de rendimiento de mano de obra. Los cuatro campos que conforman el APU son:

- Equipo, Maquinaria y Herramienta
- Mano de Obra
- Materiales
- Transporte

En el desarrollo de la hoja de costos de las cámaras eléctricas, las cantidades para material y actividad son establecidas de acuerdo a la *Tabla de Precios Unitarios de Mano de Obra para Obras Civiles*; con excepción a varios rubros que fueron creados específicamente para el proyecto de titulación y cuyo cálculo de cantidades se lo realiza dentro de los campos del APU directamente, considerando criterios de construcción acorde a la experiencia en campo y APU's de proyectos ya consolidados.

Debido a la cantidad de tipos de cámaras eléctricas establecidas por el MEER y a las diferentes alternativas de construcción que se pueden presentar al momento de implementar la obra civil, el proceso realizado para la estructuración de la hoja de costos se ejemplificará en un solo tipo de cámara (cámara eléctrica subterránea tipo A), como parte de la metodología que se desarrolla en este capítulo. También como parte de la metodología, dicho proceso está replicado en todas las hojas de costos de los diferentes tipos de cámaras eléctricas, tanto subterráneas como a nivel.

El tipo de cámara en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

### **EU0-0CSA**

El cual corresponde a una cámara eléctrica subterránea Tipo A.

Como se observa en la Fig. 2.13., la hoja de costos de la cámara eléctrica para red subterránea considera 22 componentes (materiales y actividades).

ESTRUCTURA:		CÁMARA ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA_TIPO A	ID:		TRÁMITE:		
EUO-DCSA			UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U.	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL ESTRUCTURA
CODIGO OC	CODIGO MEER	ACTIVIDAD					
R0100028	EUO-DCSA	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	u	1	7,73	7,73	18343,42
R0100032	EUO-DCSA	EXCAVACIÓN EN ESTRUCTURAS MENORES	m3	65,736	11,34	745,44624	
R0100034	EUO-DCSA	DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON VOLQUETA	m3	75,5964	8,89	672,051996	
R0100025	EUO-DCSA	VALLA DE PROTECCIÓN TEMPORAL	u	1	147,13	147,13	
R0100052	EUO-DCSA	MALLA ELECTROSOLDADA R 106 150 x 150 x 5 mm	m2	12	6,88	82,56	
R0100053	EUO-DCSA	HORMIGÓN SIMPLE f'c= 210 Kg/cm2	m3	22,73	188,68	4288,6964	
R0100054	EUO-DCSA	HORMIGÓN SIMPLE f'c= 180 Kg/cm2	m3	1,496	182,68	273,28928	
R0100055	EUO-DCSA	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO RECTO	m2	68,8	21,02	1446,176	
R0100056	EUO-DCSA	ACERO DE REFUERZO INCLUYE CORTE Y DOBLADO	kg	2709,855	2,03	5501,00565	
R0100057	EUO-DCSA	ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	kg	487,54	3,87	1886,7798	
R0100061	EUO-DCSA	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DESAGUES AGUAS LLUVIAS PVC 110 mm CON VÁLVULA CHECK	u	2	235,94	471,88	
R0100062	EUO-DCSA	MASILLADO	m2	12	7,75	93	
R0100063	EUO-DCSA	REJILLA HIERRO GALVANIZADO ESPESOR 6 mm, ABERTURA 30x100 mm, ALTURA 30 mm	u	2	231,64	463,28	
R0100064	EUO-DCSA	TAPA HF DÚCTIL D=60cm C.40. 400kN	u	1	322,24	322,24	
R0100065	EUO-DCSA	ESCALONES EN CÁMARAS Y CAJAS	u	10	8	80	
R0100094	EUO-DCSA	CANALIZACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE ACEITE 250 mm x 400 mm	m3	1,0323	162,15	167,387445	
R0100095	EUO-DCSA	SISTEMA MECÁNICO DE VENTILACIÓN CÁMARA ELÉCTRICA TIPO A	u	1	771,72	771,72	
R0100096	EUO-DCSA	POZO DE ACCESO Y EVACUACIÓN DE AIRE	u	2	88,21	176,42	
R0100097	EUO-DCSA	DUCTO DE ACCESO Y EVACUACIÓN DE AIRE	u	2	135,54	271,08	
R0100098	EUO-DCSA	VENTANA DE ACCESO Y EVACUACIÓN DE AIRE CÁMARA ELÉCTRICA TIPO A	u	2	21,32	42,64	
R0100099	EUO-DCSA	CANAL PARA INGRESO Y SALIDA DE CABLES	u	2	68,87	137,74	
AC-0015	EUO-DCSA	SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA PARA CÁMARA ELÉCTRICA	u	1	295,17	295,17	

**Figura 2.13.** Hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A

Para la definición de cantidades, se realiza por dos métodos distintos.

Las cantidades de los primeros 15 rubros, presentes en celdas de color celeste como se observa en la Figura 2.13, son tomadas de la *Tabla de Precios Unitarios de Mano de Obra para Obras Civiles* (base de datos proporcionada por la EEQ.SA); mientras que los 6 últimos rubros, presentes en celdas de color verde como se observa en la Figura 2.13, serán creados como parte de la metodología establecida para el trabajo de titulación.

La creación de los 6 rubros se lo realiza analizando cada componente de manera independiente y tomando como referencia los esquemas constructivos, dimensiones y descripciones que se encuentran en los documentos homologados, provistos por el MEER.

### **Canalización para Recolección de Aceite del Transformador**

#### Descripción:

Este rubro contempla la actividad que realizan los profesionales en campo para la construcción de una zanja de hormigón de 25 cm de ancho x 40 cm de profundidad alrededor de la base del transformador, con el objetivo de recolectar el aceite del transformador ante un eventual derrame. Las dimensiones de la zanja son variables y dependerán estrictamente de la capacidad del transformador y la cantidad de aceite que contenga para su refrigeración.

Para las dimensiones de la canalización se toma como referencia las descripciones y esquemas presentes en el documento homologado del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

Cantidad:

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipos, mano de obra y materiales) necesarias para la construcción de 1 metro cubico de canalización, acorde a las dimensiones establecidas en la normativa. Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 3 APU's ya consolidados de la base de datos del estudio "*Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico*", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación.

Los APU's de referencia son de actividades y materiales necesarios para la construcción de la canalización. La Tabla 2.5 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.5.** APU's referenciales para elaboración de rubro Canalización para Recolección de Aceite del Transformador

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b>
HORMIGÓN SIMPLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	1,605200 [h/m <sup>3</sup> ]
EXCAVACIÓN MANUAL EN ZANJA	2,170000 [h/m <sup>3</sup> ]
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO RECTO	0,100000 [h/m <sup>3</sup> ]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de obreros, acorde a criterios de experiencia técnica en campo. La cuadrilla está conformada por:

- 1 – Peón
- 1 – Albañil
- 0,5 – Maestro mayor en obras civiles
- 1 – Operador de equipo liviano

Se define un valor de rendimiento de mano de obra (en horas por metro cubico, [h/m<sup>3</sup>]) único, en base al promedio de los rendimientos de los APU's referenciales; este valor es calculado mediante la Ecuación 2.20.

$$R_{canal\_recol} = \frac{R_{Ref1\_canal\_recol} + R_{Ref2\_canal\_recol} + R_{Ref3\_canal\_recol}}{3}$$

**Ecuación 2.20.** Rendimiento de mano de obra en rubro *Canalización para recolección de aceite del transformador*

Donde,

$R_{Ref1\_canal\_recol}$ : Rendimiento correspondiente a APU referencial 1 [h/m<sup>3</sup>]

$R_{Ref2\_canal\_recol}$ : Rendimiento correspondiente a APU referencial 2 [h/m<sup>3</sup>]

$R_{Ref3\_canal\_recol}$ : Rendimiento correspondiente a APU referencial 3 [h/m<sup>3</sup>]

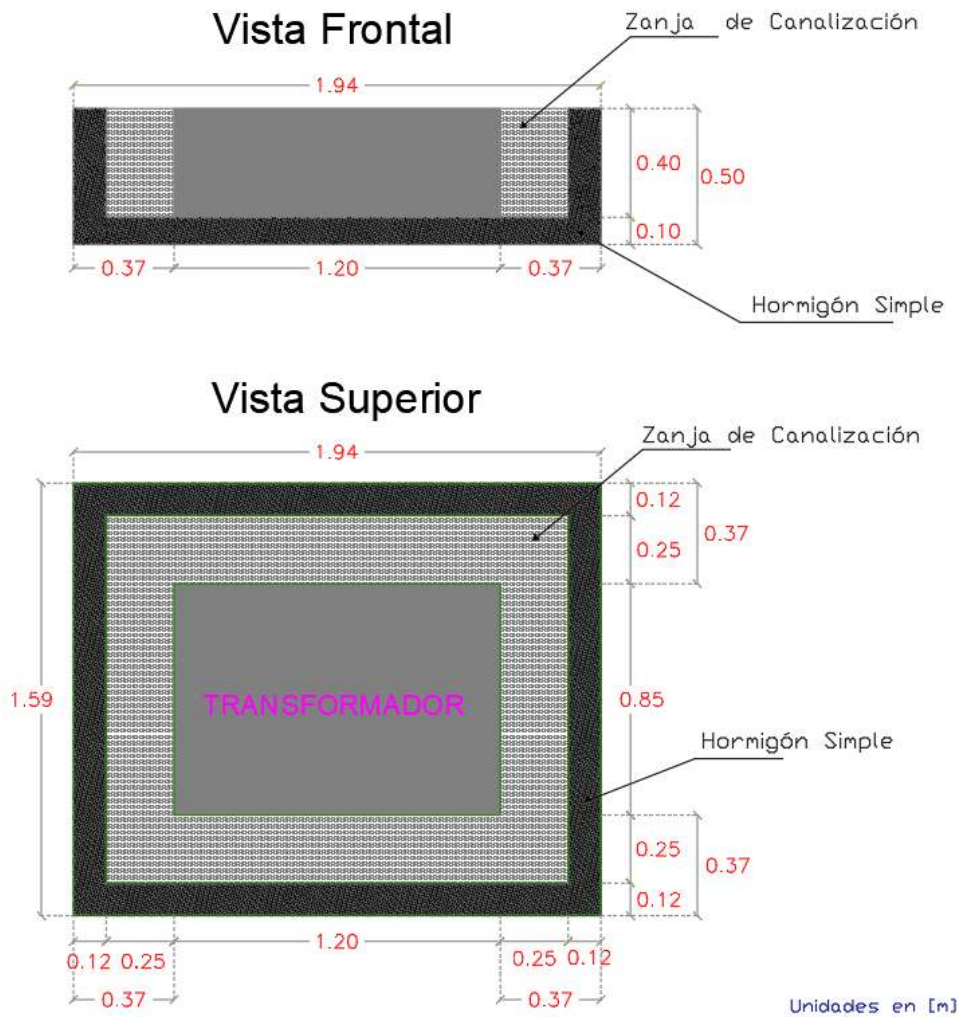
Los valores de los rendimientos referenciales, presentes en la Tabla 2.5, son sustituidos en la Ecuación 2.20, obteniendo de este modo el rendimiento final para el rubro de canalización.

$$R_{canal\_recol} = \frac{1,6052 + 2,17 + 0.1}{3} = 1,291733 \left[ \frac{h}{m^3} \right]$$

La cantidad de material se determina mediante el cálculo del volumen de canalización, según las dimensiones del transformador que estará instalado en la cámara y las medidas de la zanja alrededor del perímetro del mismo.

Para el desarrollo de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A, se establece la instalación de un Transformador Sumergible de 125 kVA (capacidad máxima permitida para cámara Tipo A, según criterio por experiencia técnica en campo), y mediante la consulta en un catálogo de especificaciones técnicas de transformadores, ver [18]; se obtiene las dimensiones exactas del transformador sumergible de 125 kVA.

En la Figura 2.14 a continuación, se observa las dimensiones de la canalización; señalando las medidas del transformador (largo: 1,2 m x ancho: 0,85 m), ubicación de la zanja y el hormigón simple.



**Figura 2.14.** Canalización para recolección de aceite del transformador en Cámara eléctrica subterránea Tipo A [Propia Autoría]

La Ecuación 2.21 a continuación, permite calcular el volumen de canalización para recolección de aceite del transformador en la cámara eléctrica subterránea Tipo A.

$$V_{canal\_recol} = (2 \cdot V_1) + (2 \cdot V_2)$$

**Ecuación 2.21.** Volumen de canalización para recolección de aceite del transformador en cámara eléctrica subterránea Tipo A

Donde,

$V_1$ : Volumen de canalización, a lo largo del perímetro del transformador [m<sup>3</sup>]

$V_2$ : Volumen de canalización, a lo ancho del perímetro del transformador [m<sup>3</sup>]

Por medio de las dimensiones indicadas en la Figura 2.14, y sustituyendo los valores en la Ecuación 2.21; se realiza los cálculos respectivos para obtener el volumen total para el rubro *Canalización para Recolección de Aceite del Transformador*.

$$V_1 = 1,94 \cdot 0,37 \cdot 0,5 = 0,3589 [m^3]$$

$$V_2 = 0,85 \cdot 0,37 \cdot 0,5 = 0,1572 [m^3]$$

$$V_{canal\_recol} = (2 \cdot V_1) + (2 \cdot V_2) = (2 \cdot 0,3589) + (2 \cdot 0,1572) = 1,0323 [m^3]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A; en la Tabla 6.43 del ANEXO 3, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Sistema Mecánico de Ventilación para Cámara Eléctrica Subterránea Tipo A**

#### Descripción:

Este rubro consiste en el suministro e instalación de ventiladores de extracción/inyección como parte del sistema mecánico de ventilación a implementarse en la cámara eléctrica subterránea Tipo A. La ventilación forzada se da a través de dos ventiladores centrífugos, uno ubicado en el exterior de la cámara que inyecta aire a temperatura ambiente y otro ventilador que evacua el aire caliente que se produce en el interior de la cámara.

Para la definición de la capacidad de los ventiladores, se realiza un cálculo específico que es detallado más adelante, como parte del cálculo de cantidades del rubro en desarrollo.

#### Cantidad:

Para este rubro se crea un APU que contenga las cantidades (de equipos, mano de obra y materiales) necesarias para el suministro e instalación de 1 sistema mecánico de ventilación, en el cual el equipamiento principal son los ventiladores de extracción/inyección.

La mano de obra se define mediante la creación de un tipo de cuadrilla de obreros y estableciendo un valor de rendimiento, acorde a criterios de experiencia técnica en campo.

La cuadrilla está conformada por:

- 1 – Peón

- 1 – Albañil
- 0,5 – Maestro mayor en obras civiles
- 1 – Maestro eléctrico
- 0,5 – Chofer

El valor de rendimiento de mano de obra (en horas por unidad, [h/u]) establecido para este rubro es:

$$R_{sist\ meca\ ventila} = 1 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

La determinación de la capacidad y costo de los ventiladores se lo realiza a través del cálculo del caudal de aire a ventilar. Mediante consulta de un método de cálculo de caudal para ventilación de un centro de transformación, ver [19]; se establece la Ecuación 2.22.

$$Q = \frac{P'_t}{C_{e_{aire}} \cdot \rho_{aire} \cdot \Delta T}$$

**Ecuación 2.22.** Caudal de aire seco a ventilar producido por las pérdidas de potencia de un transformador, en una cámara eléctrica subterránea

Donde,

$P'_t$ : Potencia de pérdida del transformador por efecto Joule [W]

$C_{e_{aire}}$ : Calor específico del aire seco, cuyo valor es 0,966 [J/kg.°C]

$\rho_{aire}$ : Densidad del aire seco, de valor 1,323 [kg/m<sup>3</sup>]

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura admisible entre el interior y exterior, de valor 15 [°C]

Para el desarrollo de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A, se establece la instalación de un Transformador Sumergible de 125 kVA (capacidad máxima permitida para cámara Tipo A, según criterio por experiencia técnica en campo), y mediante consulta de información técnica especializada en transformadores de distribución, ver [20]; se obtiene el valor de la potencia de pérdidas totales por efecto Joule de un transformador sumergible de 125 kVA, cuyo valor es 2130 W.

El valor de la potencia de pérdidas es sustituido en la Ecuación 2.22, obteniendo de este modo el caudal de aire a ventilar; como se muestra a continuación:

$$Q = \frac{P'_t}{C_{e_{aire}} \cdot \rho_{aire} \cdot \Delta T} = \frac{2130 \text{ W}}{\left(0,996 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right) \cdot \left(1,323 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot (15 ^\circ\text{C})}$$
$$Q = 387,94 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

Con el valor de caudal de aire seco a ventilar y la información consultada en un catálogo técnico de ventiladores industriales y sistemas de ventilación, ver [21]; se determina el tipo de ventilador (conjuntamente con sus especificaciones técnicas y costo) que integrará el rubro *Sistema Mecánico de Ventilación para Cámara Eléctrica Subterránea Tipo A*.

Para finalizar, se establece la cantidad, tomando al sistema mecánico de ventilación como un solo conjunto. La cantidad definida es: 1 [u]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A; en la Tabla 6.44 del ANEXO 3, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Pozo de Acceso y Evacuación de Aire**

#### Descripción:

Este rubro corresponde a la actividad de construcción de un pozo para el ingreso o evacuación del aire seco, como parte del sistema de ventilación de la cámara eléctrica subterránea; estos pozos se los construye en la parte contigua de las paredes exteriores de la cámara.

Para las dimensiones del pozo se toma como referencia las descripciones y esquemas presentes en el documento homologado del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

#### Cantidad:

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipos, mano de obra y materiales) necesarias para la construcción de 1 pozo de acceso/evacuación de aire, acorde a las dimensiones establecidas en la normativa. Para



definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 3 APU's ya consolidados de la base de datos del estudio "Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación.

Los APU's de referencia son de actividades y materiales necesarios para la construcción del pozo de acceso/evacuación de aire. La Tabla 2.6 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.6.** APU's referenciales para elaboración de rubro Pozo de Acceso y Evacuación de Aire

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
HORMIGÓN SIMPLE $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	1,605200 [h/m <sup>3</sup> ]
DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON VOLQUETA	0,120000 [h/m <sup>3</sup> ]
EXCAVACIÓN EN ESTRUCTURAS MENORES	0,938000 [h/m <sup>3</sup> ]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 2 – Peón
- 1 – Albañil
- 0,5 – Maestro mayor en obras civiles
- 0,33 – Cargadora frontal
- 0,5 – Chofer

Se define un valor de rendimiento de mano de obra único, en base al promedio de los rendimientos de los APU's referenciales (TABLA 2.6); este valor es calculado mediante la Ecuación 2.23.

$$R_{\text{pozo\_acceso\_aire}} = \frac{R_{\text{Ref1\_pozo\_acceso\_aire}} + R_{\text{Ref2\_pozo\_acceso\_aire}} + R_{\text{Ref3\_pozo\_acceso\_aire}}}{3}$$

**Ecuación 2.23.** Rendimiento de mano de obra en rubro *Pozo de acceso y evacuación de aire*

Donde,

$R_{\text{Ref1\_pozo\_acceso\_aire}}$ : Rendimiento correspondiente a APU referencial 1 [h/m<sup>3</sup>]

$R_{\text{Ref2\_pozo\_acceso\_aire}}$ : Rendimiento correspondiente a APU referencial 2 [h/m<sup>3</sup>]

$R_{\text{Ref3\_pozo\_acceso\_aire}}$ : Rendimiento correspondiente a APU referencial 3 [h/m<sup>3</sup>]

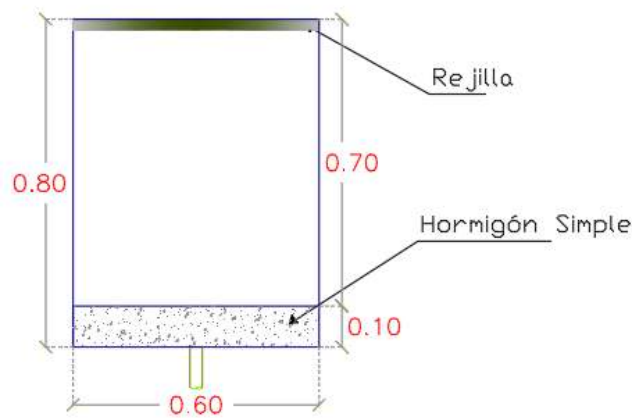
Los valores de los rendimientos referenciales, presentes en la Tabla 2.6, son sustituidos en la Ecuación 2.23, obteniendo de este modo el rendimiento final para el rubro *Pozo de Acceso y Evacuación de Aire*.

$$R_{\text{pozo\_acceso\_aire}} = \frac{1,6052 + 0,12 + 0,938}{3} = 0,8877 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

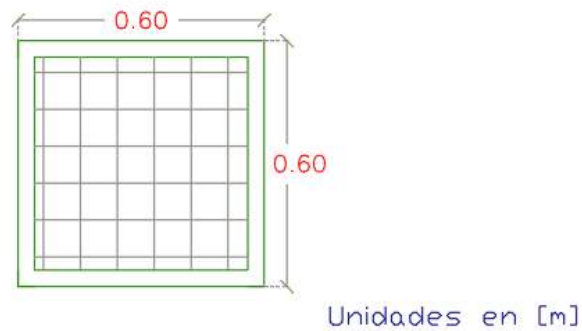
Como parte del proceso de cálculo de cantidades para la construcción del pozo de acceso/evacuación de aire, se realiza la cuantificación de los 3 materiales (o actividades) principales: Hormigón Simple f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>, Excavación para estructuras menores y Desalojo de material de excavación.

En la Figura 2.15 se indican las dimensiones del pozo de acceso/evacuación de aire.

### Vista Frontal



### Vista Superior



**Figura 2.15.** Pozo de acceso y evacuación de aire en Cámara eléctrica subterránea Tipo A [Propia Autoría]

Se realiza el cálculo de cantidades, tomando como referencia las dimensiones y descripciones constructivas indicadas en el documento *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

#### **Volumen de Excavación:**

Se calcula el volumen de excavación de tierra para la construcción del pozo, según las dimensiones presentes en la Figura 2.15. La cantidad obtenida es:

$$0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 0,288 \text{ [m}^3\text{]}$$

### ***Volumen de Desalojo de Material de Excavación:***

Se calcula el volumen de material de excavación a desalojar, que consiste en el 15% adicional al volumen de excavación. La cantidad es:  $1,15 \cdot 0,288 = 0,3312 [m^3]$

### ***Hormigón Simple $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ :***

Se calcula el volumen de hormigón simple para el recubrimiento de la base del pozo, según las dimensiones presentes en la Figura 2.15. La cantidad obtenida es:

$$0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,1 = 0,036 [m^3]$$

Las cantidades calculadas son acopladas al APU en desarrollo, estableciendo de este modo el APU final para el rubro *Pozo de Acceso y Evacuación de Aire*; y considerando que en el sistema de ventilación se utiliza 2 pozos, para el ingreso y evacuación del aire, la cantidad es la siguiente: 2 [u]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A; en la Tabla 6.45 del ANEXO 3, ubicado como parte del Anexo Digita, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Ducto de Acceso y Evacuación de Aire**

#### Descripción:

Este rubro contempla la actividad para la instalación de ductos circulares en la cámara eléctrica, por los cuales ingresará aire fresco y saldrá aire caliente; esto como parte del sistema de ventilación de la cámara y la necesidad de mantener la temperatura interior de la cámara en los niveles establecidos.

El ducto de ingreso estará conectado a través de una entrada, la cual llegará a la pared adyacente donde se ubica el transformador; la ubicación del ducto de salida, el cual contendrá aire caliente, será en la parte superior de la pared contraria al ducto de ingreso. Los dos ductos, tanto de ingreso como de salida de aire, estarán conectados a sus respectivos pozos.

El diámetro del ducto será de 40 cm y fabricado en PVC corrugado.

Cantidad:

Para este rubro se crea un APU que contenga las cantidades (mano de obra y equipo) necesarias para el suministro e instalación de 1 ducto de acceso/evacuación de aire y en el cual, el único material a registrarse será el ducto PVC corrugado.

La mano de obra se define mediante la creación de un tipo de cuadrilla de obreros y estableciendo un valor de rendimiento, acorde a criterios de experiencia técnica en campo.

La cuadrilla está conformada por:

- 1 – Peón
- 1 – Albañil
- 0,5 – Maestro mayor en obras civiles
- 1 – Maestro eléctrico
- 0,5 – Chofer

El valor de rendimiento de mano de obra establecido para este rubro es:

$$R_{ducto\_acceso\_aire} = 1 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Adicional a la definición de cantidades, en este rubro, el costo del ducto PVC corrugado es determinado mediante cotización a un catálogo digital perteneciente a una empresa especializada en tuberías y accesorios PVC, ver [22]. La determinación de este costo es parte del proceso de estructuración de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A.

Para finalizar, se establece la cantidad de ductos, y a sabiendas de que, en la cámara eléctrica subterránea son necesarios 2 ductos, tanto para ingreso y salida del aire, la cantidad será la siguiente: 2 [u]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A; en la Tabla 6.46 del ANEXO 3, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

## **Ventana de Acceso y Evacuación de Aire para Cámara Eléctrica Subterránea Tipo A**

### Descripción:

Este rubro contempla la obra civil para la construcción de una ventana, la cual servirá como punto de acople para el ducto de ingreso/salida de aire y que será parte del sistema de ventilación de la cámara eléctrica subterránea. La ubicación y dimensiones de la ventana son determinadas tomando como referencia las descripciones y formulas proporcionadas por el documento homologado del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

### Cantidad:

Para este rubro se crea un APU que contenga las cantidades de mano de obra necesarias para la construcción de la ventana de acceso/evacuación de aire. La ventana estará protegida por una rejilla de metal, la cual será incluida como parte de los *Materiales*, en la estructura del APU.

La mano de obra se define mediante la creación de un tipo de cuadrilla de obreros (misma cuadrilla de los rubros relacionados con el sistema de ventilación, exceptuando los obreros eléctricos) y estableciendo un valor de rendimiento, acorde a criterios de experiencia técnica en campo.

La cuadrilla está conformada por:

- 1 – Peón
- 1 – Albañil
- 0,5 – Maestro mayor en obras civiles

El valor de rendimiento de mano de obra establecido para este rubro es:

$$R_{\text{ventana\_acceso\_aire}} = 1 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

El área de las ventanas a construirse en la cámara eléctrica subterránea Tipo A, son calculadas con la Ecuación 2.24 y Ecuación 2.25, cuyas expresiones son proporcionada por el documento homologado del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

$$S = \frac{(1,8 \cdot 10^{-4})P}{\sqrt{H}}$$

**Ecuación 2.24.** Área de ventana de entrada de aire. Parte inferior de la cámara eléctrica.  
Ver [5]

$$S' = 1,10 \cdot S$$

**Ecuación 2.25.** Área de ventana de salida de aire. Parte superior de la cámara eléctrica.  
Ver [5]

Donde,

$P$ : Potencia de pérdidas totales del transformador a instalarse en la cámara [W]

$H$ : Altura medida entre los puntos medios de cada ventana, con valor de 1,30 [m]

Para el desarrollo de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A, se establece la instalación de un Transformador Sumergible de 125 kVA (capacidad máxima permitida para cámara Tipo A, según criterio por experiencia técnica en campo), y mediante consulta de información técnica especializada en transformadores de distribución, ver [20]; se obtiene el valor de la potencia de pérdidas totales por efecto Joule de un transformador sumergible de 125 kVA, cuyo valor es 2130 W.

El valor de la potencia de perdidas es sustituido en la Ecuación 2.24, obteniendo de este modo las áreas de las ventanas de acceso y evacuación de aire. A continuación, se muestran los cálculos correspondientes.

$$S = \frac{(1,8 \cdot 10^{-4}) \cdot P}{\sqrt{H}} = \frac{(1,8 \cdot 10^{-4}) \cdot 2130}{\sqrt{1,3}} = 0,3362 [m^2]$$

$$S' = 1,10 \cdot S = 1,10 \cdot 0,3362 = 0,3698 [m^2]$$

Para finalizar, se establece la cantidad de ventanas, y considerando que en la cámara eléctrica subterránea son necesarias 2 ventanas, tanto para ingreso y salida del aire, la cantidad será la siguiente: 2 [u]

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos de la cámara eléctrica subterránea Tipo A; en la Tabla 6.47 del ANEXO 3, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro analizado.

### **Canal para Ingreso y Salida de Cables**

#### Descripción:

Este rubro contempla la obra civil para la construcción de canales en la cámara eléctrica subterránea que servirán para el ingreso y salida de cables de MV y BV. Estos canales se ubicarán en las esquinas de la cámara y sus dimensiones serán 60 cm x 60 cm x altura de la cámara, acorde al documento homologado del MEER, *Sección 2: Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas*, ver [5].

#### Cantidad:

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra y materiales) necesarias para la construcción de 1 canal de ingreso/salida de cables, acorde a las dimensiones establecidas en la normativa. Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 1 APU's ya consolidado de la base de datos del estudio *"Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico"*, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación.

La Tabla 2.7 a continuación, muestra el nombre y rendimiento de mano de obra del APU referencial.

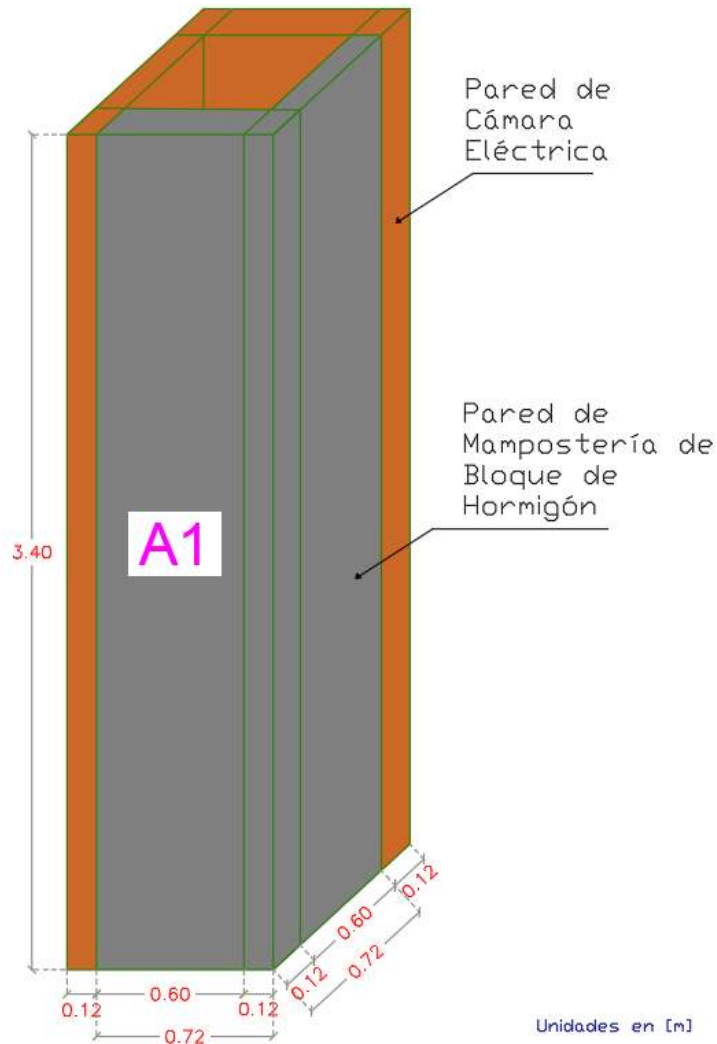
**Tabla 2.7.** APU referencial para elaboración de rubro Canal Para Ingreso y Salida de Cables

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b>
MAMPOSTERÍA DE BLOQUE HORMIGÓN PRENSADO	0,301659 [h/m <sup>2</sup> ]

Como parte del proceso de cálculo de cantidades para la construcción del canal de ingreso/salida de cables, se calcula el área de las paredes de mampostería de bloque de hormigón que formaran el canal.



En la Figura 2.16 a continuación, se indican las dimensiones del canal de ingreso/salida de cables.



**Figura 2.16.** Canal para ingreso y salida de cables en Cámara eléctrica subterránea Tipo A [Propia Autoría]

Se calcula el área total de las dos paredes de mampostería de bloque de hormigón, según las dimensiones mostradas en la Figura 2.16, los cálculos se presentan a continuación:

$$A_1 = 0,72 \cdot 3,4 = 2,448 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{total} = 2 \cdot A_1 = 2 \cdot 2,448 = 4,896 \text{ [m}^2\text{]}$$

Las cantidades calculadas son acopladas al APU en desarrollo, estableciendo de este modo el APU final para el rubro *Canal Para Ingreso y Salida de Cables*; y considerando

que en la cámara eléctrica se utilizará al menos dos canales, para los cables de MV y BV; la cantidad establecida es la siguiente: 2 [u]

En la Tabla 6.48 que pertenece al ANEXO 3 (Anexo Digital), se presenta el APU del rubro analizado.

Como parte de la propuesta del proyecto de titulación, para la obra civil en cámaras eléctricas para redes subterráneas se desarrolló 6 alternativas de construcción; estas alternativas fueron analizadas y creadas con el propósito de tener un amplio espectro de posibilidades de construcción para cámaras y de esta manera cubrir las necesidades que pudieran presentarse al momento de implementar las redes eléctricas subterráneas de distribución.

Las diferentes alternativas de construcción están creadas bajo dos parámetros específicos: Ubicación de la cámara eléctrica (subterránea o a nivel) y Dimensiones de la cámara eléctrica (Tipo A, Tipo B y Tipo C).

Las hojas de costos de las diferentes alternativas de construcción para cámara eléctricas en redes de distribución subterráneas; son presentadas en las Tabla 6.49 – Tabla 6.53, como parte del ANEXO 3 (Anexo Digital).

## **2.2.2 OBRA ELÉCTRICA**

Para la creación de las Hojas de Costos de UP y UC que contempla la etapa de obra eléctrica, se toma como referencia el listado de costos y desglose de precios unitarios, de equipos y material eléctrico utilizados por la Empresa Eléctrica Quito en el diseño y construcción de redes de distribución; información que es proporcionada por la EEQ.SA en el documento *Precios Referenciales de Materiales y Equipos de Mayor Frecuencia de Uso en Diseño de Redes de Distribución*.

Los valores de rendimiento de mano de obra y las cantidades (material, equipo, herramienta, etc.) necesarias para la creación de los APU's que conformaran las hojas de costos, se detalla a continuación.

### **2.2.2.1 Equipo de Seccionamiento y Protección**

Las hojas de costos, creadas para los equipos eléctricos que sirven como elementos de seccionamiento y protección en una red eléctrica subterráneas de distribución; están compuestas por al menos un rubro que corresponderá al elemento principal a ser instalado.

En varios equipos eléctricos, sus respectivas hojas de costos están compuestas por 2 o más rubros.

Para la estructura de la hoja de costos, se ha tomado como referencia el documento homologado del MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)*, ver [6].

Cada rubro, presente en la lista de equipos y accesorios que conforma la hoja de costos de los equipos de seccionamiento y protección, está vinculado a un Análisis de Precios Unitarios (APU); el cual a su vez está constituido por cuatro campos que contienen información referente a costos, cantidades y valores de rendimiento de mano de obra. Los cuatro campos que conforman el APU son:

- Equipo, Maquinaria y Herramienta
- Mano de Obra
- Materiales
- Transporte

Para el desarrollo de los APU's, se establece un valor de rendimiento de mano de obra y un tipo de cuadrilla de obreros; esto, acorde a criterios técnicos por experiencia en campo y APU's de proyectos ya consolidados. El detalle de la estructuración de los APU's se lo realiza de manera individual para cada equipo eléctrico.

Debido a la cantidad de alternativas homologadas para Equipos de Seccionamiento y Protección, ya sean estas por capacidad, tipo, nivel de voltaje, etc.; y a las diferentes opciones de instalación, propuestas para el trabajo de titulación, el proceso realizado para la estructuración de la hoja de costos se ejemplificará en un solo elemento de cada tipo de equipo eléctrico para seccionamiento y protección.

Como parte de la metodología desarrollada en este capítulo, dicho proceso está replicado en todas las alternativas de los diferentes equipos eléctricos que forman parte de la base de datos y costos de las UP y UC, correspondientes a la parte eléctrica.

### 2.2.2.1.1 Interruptor Termomagnético

#### Descripción:

La hoja de costos para este equipo, cubre el suministro e instalación de un interruptor termomagnético de caja moldeada cuya función es la de brindar protección a circuitos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos. Generalmente, estos elementos son instalados en los tableros de distribución de BV y su capacidad y número de polos son determinados dependiendo de las características del circuito a proteger.

#### Características y Hoja de Costos:

El equipo eléctrico en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

#### **SSD-2N50**

El cual corresponde a un Interruptor Termomagnético de 2 polos, 50 A, 240/120 V – 220/127 V; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución.

Como se observa en la Fig. 2.17., la hoja de costos del interruptor considera solo un componente, el cual es el equipo principal a instalar.

ESTRUCTURA:		INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 220/127 V	ID:	TRÁMITE:			
CODIGO OC	CODIGO MEER	EQUIPO/ACCESORIO	UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
SP-0001	SSD-2N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS_50 A	u	1	71,72	71,72	71,72

**Figura 2.17.** Hoja de costos del interruptor termomagnético 2 polos, 50 A para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 240/120 V – 220/127 V

#### Desarrollo de APU:

#### **Interruptor Termomagnético 2 Polos, 50 A**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un interruptor termomagnético.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio "Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de

titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado “Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo”, ver [23].

Los APU’s de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.8 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.8.** APU’s referenciales para elaboración de rubro Interruptor Termomagnético 2 Polos, 50 A

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b>
Cartucho Fusible para Bajo Voltaje, Tipo NH tamaño 2, 200 A	0,226564 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU’s referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,10 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Se establece un valor de rendimiento de mano de obra de una hora por unidad (1 [h/u]), acorde a criterios de experiencia técnica en campo

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un interruptor termomagnético; en la Tabla 6.54 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **2.2.2.1.2 Barraje Desconectable**

#### Descripción:

La hoja de costos para este equipo, contempla el suministro e instalación de un barraje desconectable, el cual es un equipo eléctrico diseñado para realizar seccionamientos y derivaciones en circuitos de medio voltaje, para redes subterráneas de distribución. Su

instalación depende del número de vías a seccionar o derivar y su variación es de 1 a 4. En la instalación de barrajes, se considera una barra por fase.

Características y Hoja de Costos:

El equipo eléctrico en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

**SSS-3B2\_200**

El cual corresponde a un barraje desconectable trifásico a 6300 V, de 200 A, Clase 15 kV, 2 Vías; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución.

Como se observa en la Fig. 2.18., la hoja de costos del barraje desconectable considera 5 componentes.

ESTRUCTURA: SSS-3B2_200		PARA TRES FASES, BARRAJE DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 kV, 2 VIAS - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V	ID:	TRÁMITE:			
CODIGO	CODIGO MEER	EQUIPO/ACCESORIO	UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
SP-0007	SSS-3B2_200	BARRAJE DESCONECTABLE 200 A CLASE 15 kV DOS VIAS	u	3	400,63	1201,89	1522,41
CC-0001	SSS-3B2_200	CABLE DE COBRE DESNUDO, CABLEADO SUAVE, 2 AWG, 7 HILOS	m	6	4,98	29,88	
AC-0001	SSS-3B2_200	BUSHING DE PARQUEO AISLADO	u	3	18,64	55,92	
AC-0002	SSS-3B2_200	TAPÓN AISLADO	u	3	70,64	211,92	
AC-0003	SSS-3B2_200	PERNOS EXPANSORES DE 12,7 mm x 75 mm	u	12	1,9	22,8	

**Figura 2.18.** Hoja de costos del barraje desconectable para tres fases, 200 A, Clase 15 kV, 2 Vías; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 6300 V

Desarrollo de APU's:

**Barraje Desconectable 200 A, Clase 15 kV, Dos Vías**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un barraje desconectable.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio "Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado "Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo", ver [23].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.9 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.9.** APU's referenciales para elaboración de rubro Barraje Desconectable 200 A, Clase 15 kV, Dos Vías

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Conector en T	0,116594 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,10 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{\text{barraje desco}} = 0,116594 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un barraje desconectable; en la Tabla 6.55 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **Cable de Cobre Desnudo, Cableado Suave 2 AWG, 7 Hilos**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de cable de cobre desnudo 2 AWG, como parte del proceso para instalar barrajes desconectables.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio *“Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”*, el cual es uno de los

aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto desarrollado por la EEQ.SA “*Construcción Soterramiento VII Etapa – Sector La Ronda*”, ver [24].

Los APU’s de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.10 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.10.** APU’s referenciales para elaboración de rubro Cable de Cobre Desnudo, Cableado Suave 2 AWG, 7 Hilos

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Cartucho Fusible para Bajo Voltaje, Tipo NH tamaño 2, 200 A	0,226564 [h/u]
CABLE COBRE DESNUDO #2/0 AWG	0,08000 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU’s referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,50 – Supervisor eléctrico
- 1 – Peón
- 0,01 - Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{\text{cable Cu desnu}_\#2} = 0,08000 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para el cable de cobre desnudo 2 AWG; en la Tabla 6.56 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.



## Bushing de Parqueo Aislado

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un Bushing de parqueo aislado.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio "*Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico*", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado "*Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo*", ver [23].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.11 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.11.** APU's referenciales para elaboración de rubro Bushing de Parqueo Aislado

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Conector en T	0,116594 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,10 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{bushing\ parqueo} = 0,116594 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un bushing de parqueo aislado; en la Tabla 6.57 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **Tapón Aislado**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un tapón aislado, como parte del proceso para instalar barrajes desconectables.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio *“Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”*, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado *“Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo”*, ver [23].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.12 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.12.** APU's referenciales para elaboración de rubro Bushing de Parqueo Aislado

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b>
Conector en T	0,116594 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,10 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{\text{tapón aislado}} = 0,116594 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un tapón aislado; en la Tabla 6.58 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **Perno Expansor 12,7 mm x 75 mm**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un perno expansor de 12,7 mm x 75 mm, como parte de los componentes y accesorios para instalar un barraje desconectable.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio *“Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”*, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del presupuesto del proyecto ya consolidado *“PRESUPUESTO APLICACIÓN MARCA PAÍS PARA EL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOS”*, ver [25].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.13 a continuación, muestra sus códigos, nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.13.** APU's referenciales para elaboración de rubro Bushing de Parqueo Aislado

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Conector en T	0,116594 [h/u]
PERNOS EXPANSIVOS ACERO INOXIDABLE 1/4' x 2'	0,1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Albañil
- 0,01 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{perno\ expans} = 0,100000 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un perno expansor 12,7 mm x 75 mm; en la Tabla 6.59 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **2.2.2.1.3 Conector Tipo Codo**

#### Descripción:

La hoja de costos desarrollada para este equipo, contempla el suministro e instalación de un conector tipo codo, el cual es un elemento que sirve para realizar la integración del cable (de MV o BV) al sistema de conectores aislados separables, realizando de este modo, la interconexión entre los cables y los equipos eléctricos (interruptor, celdas, barras y transformador). Otra de las características del conector tipo codo, es la de brindar la configuración de frente muerto, que permite eliminar las partes vivas de los equipos eléctricos y evitar contactos accidentales.

#### Características y Hoja de Costos:

El conector en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

**SST-1C200**

El cual corresponde a un conector tipo codo, monofásico, de 200 A, Clase 15 kV, para cable 2 AWG; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución.

Como se observa en la Fig. 2.19., la hoja de costos del conector tipo codo considera 2 componentes.

ESTRUCTURA:		PARA UNA FASE_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 kV, 2 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.	ID:		TRÁMITE:		
SSS-1C200	SST-1C200		UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
CODIGO	CODIGO MEER	EQUIPO/ACCESORIO					
SP-0019	SSS-1C200	CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 kV, 2 AWG	u	1	96,65	96,65	117,04
AC-0004	SSS-1C200	KIT DE ATERRIZAMIENTO PARA CABLE 2 - 4/0 AWG	u	1	20,39	20,39	

**Figura 2.19.** Hoja de costos del conector tipo codo, monofásico, 200 A, Clase 15 kV, 2 AWG; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 6300 V

Desarrollo de APU's:

**Codo Conector Desconectable 200 A, Clase 15 kV, 2 AWG**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un conector tipo codo desconectable.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio *“Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”*, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado *“Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo”*, ver [23].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.14 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.14.** APU's referenciales para elaboración de rubro Codo Conector Desconectable 200 A, Clase 15 kV, 2 AWG

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b>
Conector en T	0,116594 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,10 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{conector\ tipo\ codo} = 0,116594 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un conector tipo codo; en la Tabla 6.60 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **Kit de Aterrizamiento para Cable 2 – 4/0 AWG**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un kit de aterrizamiento para cables de calibre 2 – 4/0 AWG

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio "*Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico*", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado "*Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo*", ver [23].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.15 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.15.** APU's referenciales para elaboración de rubro Kit de Aterrizamiento para Cable 2 – 4/0 AWG

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Conector en T	0,116594 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo tomando como referencia criterios acorde a experiencia en campo.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,20 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Se establece un valor de rendimiento de mano de obra, acorde a criterios de experiencia técnica en campo. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{kit\ aterri} = 1 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un kit de aterrizamiento para cable 2 - 4/0 AWG; en la Tabla 6.61 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

#### **2.2.2.1.4 Conector Codo Portafusible**

##### Descripción:

La hoja de costos desarrollada para este equipo, contempla el suministro e instalación de un conector tipo codo portafusible, el cual es un elemento de operación con carga que adiciona la protección de fusibles a los sistemas eléctricos de distribución subterránea al momento de realizar la interconexión entre los cables y los equipos eléctricos (interruptor, celdas, barras y transformador). El funcionamiento de este tipo de conector combina la protección de un fusible limitador de corriente con una terminación conectable totalmente

sellada e intercambiable; el conector, además, es sumergible, resistente a la corrosión y presenta la característica de frente muerto.

Características y Hoja de Costos:

El conector tipo codo portafusible en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

**SSS-1P200**

El cual corresponde a un conector tipo codo portafusible, monofásico, 200 A, Clase 15 kV, para cable 2 AWG; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución.

Como se observa en la Fig. 2.20., la hoja de costos del conector tipo codo portafusible considera 2 componentes.

ESTRUCTURA:		ID:	TRÁMITE:				
SSS-1P200	SST-1P200		UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U.	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
PARA UNA FASE_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A CON FUSIBLE, CLASE 15 kV, 2 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.							
CODIGO	0	EQUIPO/ACCESORIO					
SP-0029	SSS-1P200	CODO CONECTOR DESCONECTABLE CON FUSIBLE 200 A, CLASE 15 kV, 2 AWG	u	1	296,64	296,64	317,03
AC-0004	SSS-1P200	KIT DE ATERRIZAMIENTO PARA CABLE 2 - 4/0 AWG	u	1	20,39	20,39	

**Figura 2.20.** Hoja de costos del conector tipo codo portafusible, monofásico, 200 A, Clase 15 kV, 2 AWG; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 6300 V

Desarrollo de APU's:

**Codo Conector Desconectable Con Fusible 200 A, Clase 15 kV, 2 AWG**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un conector tipo codo portafusible.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio *“Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”*, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado *“Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo”*, ver [23].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.16 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.



**Tabla 2.16.** APU's referenciales para elaboración de rubro Codo Conector Desconectable Con Fusible 200 A, Clase 15 kV, 2 AWG

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Conector en T	0,116594 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,10 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{conector\ tipo\ codo\ portafu} = 0,116594 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

El costo de este equipo, al no ser parte de la lista de materiales de las bases de datos referenciales para el trabajo de titulación, se estableció mediante consulta a un catálogo especializado en conectores intercambiables subterráneos para MV y BV, con o sin carga, ver [26].

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un conector tipo codo portafusible; en la Tabla 6.62 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

#### **Kit de Aterrizamiento para Cable 2 – 4/0 AWG**

La creación de este APU y análisis del rubro se lo realiza en el literal correspondiente al equipo eléctrico *Conector Tipo Codo*.

### 2.2.2.1.5 Conector Tipo T

#### Descripción:

La hoja de costos para este equipo, contempla el suministro e instalación de un conector separable con configuración en T, el cual es un elemento de operación sin carga que permite realizar derivaciones de circuitos en MV y acoplamiento a otro tipo de conectores. Este tipo de conector, debido a su diseño, no es recomendable su uso en sistemas donde las maniobras de conexión y desconexión son recurrentes. El conector es sumergible, posee completo blindaje y presenta la característica de frente muerto.

#### Características y Hoja de Costos:

El conector tipo T en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

#### **SSS-1T600**

El cual corresponde a un conector tipo T, monofásico, 600 A, Clase 15 kV, para cable 2 AWG - 1000 MCM; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución.

Como se observa en la Fig. 2.21., la hoja de costos del conector tipo T considera 2 componentes.

ESTRUCTURA:		PARA UNA FASE_CODO CONECTOR DESCONECTABLE TIPO T - 600 A, CLASE 15 kV, 2 AWG A 1000 MCM - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.	ID:		TRÁMITE:		
CODIGO	CODIGO MEER		UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
SP-0039	SSS-1T600	CODO CONECTOR DESCONECTABLE TIPO T - 600 A, CLASE 15 kV, 2 AWG A 1000 MCM	u	1	155,62	155,62	176,01
AC-0004	SSS-1T600	KIT DE ATERRIZAMIENTO PARA CABLE 2 - 4/0 AWG	u	1	20,39	20,39	

**Figura 2.21.** Hoja de costos del conector tipo T, monofásico, 600 A, Clase 15 kV, 2 AWG – 1000 MCM; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 6300 V

#### Desarrollo de APU's:

#### **Codo Conector Desconectable Tipo T, 600 A, Clase 15 kV, 2 AWG – 1000 MCM**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un conector tipo T.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio "Estudios y Diseños de Renovación y Modernización

de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado “Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo”, ver [23].

Los APU’s de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.17 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.17.** APU’s referenciales para elaboración de rubro Codo Conector Desconectable Tipo T, 600 A, Clase 15 kV, 2 AWG – 1000 MCM

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Conector en T	0,116594 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU’s referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,10 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{conector\ tipo\ T} = 0,116594 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

El costo de este equipo, al no ser parte de la lista de materiales de las bases de datos referenciales para el trabajo de titulación, se estableció mediante la cotización a una empresa nacional, especializada en suministros eléctricos, ver [27].

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un conector tipo T; en la Tabla 6.63 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### Kit de Aterrizamiento para Cable 2 – 4/0 AWG

La creación de este APU y análisis del rubro se lo realiza en el literal correspondiente al equipo eléctrico *Conector Tipo Codo*.

#### 2.2.2.1.6 Descargador o Pararrayos Tipo Codo

##### Descripción:

La hoja de costos para este equipo, contempla el suministro e instalación de un pararrayos tipo codo, el cual es un elemento de protección de cables y equipos eléctricos contra posibles sobrevoltajes ocasionados por descargas atmosféricas. El pararrayos tipo codo debe ser totalmente sumergible y completamente sellado, para uso en diferentes aplicaciones, tanto en cámaras eléctricas sumergibles como a nivel.

##### Características y Hoja de Costos:

El pararrayos tipo codo en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

#### SSS-1D5

El cual corresponde a un pararrayos tipo codo, monofásico, con voltaje máximo de operación continua de 5 kV; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución.

Como se observa en la Fig. 2.22., la hoja de costos del pararrayo tipo codo considera solo un componente, el cual es el equipo principal a instalar.

ESTRUCTURA:		PARA UNA FASE_DESCARGADOR PARARRAYOS TIPO CODO 5 kV - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V	ID:		TRÁMITE:		
CODIGO	CODIGO MEER		UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
SP-0043	SSS-1D5	DESCARGADOR PARARRAYO TIPO CODO 5 kV	u	1	150,64	150,64	150,64

**Figura 2.22.** Hoja de costos del pararrayo tipo codo, monofásico, voltaje máximo de operación continua de 5 kV; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 6300 V

Desarrollo de APU:

**Descargador o Pararrayos Tipo Codo, 5 kV**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un pararrayos tipo codo.

Para definir las cantidades, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio "Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado "Infraestructura de las Nuevas Instalaciones del GEMA – San Lorenzo", ver [23].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.18 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.18.** APU's referenciales para elaboración de rubro Descargador o Pararrayos Tipo Codo, 5 kV

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b>
Conector en T	0,116594 [h/u]
BREAKER 1P – 20 A	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 0,10 – Supervisor eléctrico
- 0,01 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{pararrayos\ tipo\ codo} = 0,116594 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

El costo de este equipo, al no ser parte de la lista de materiales de las bases de datos referenciales para el trabajo de titulación, se estableció mediante proforma emitida por una empresa nacional, especializada en transformadores y suministros eléctricos, ver [28].

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para un pararrayos tipo codo; en la Tabla 6.64 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **2.2.2.1.7 Celdas de Medio Voltaje**

#### Descripción:

La hoja de costos desarrollada para este equipo eléctrico, cubre el suministro e instalación de una celda de medio voltaje aislada en gas hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Las celdas, son equipos eléctricos diseñados para maniobras de conexión y desconexión, ya sea de transformadores de distribución o redes con carga en MV. Otra función que brinda este tipo de celdas es la interrupción de corrientes falla de manera automática.

Como característica constructiva, las celdas de medio voltaje aisladas en  $\text{SF}_6$  están diseñadas para todo tipo de aplicaciones en servicio interior, instaladas en cámaras eléctricas a nivel; este tipo de celdas no serán instaladas en cámaras subterráneas.

Su instalación depende del número de vías (entradas/salidas) para conexión y desconexión y su variación es de 1 a 3.

#### Características y Hoja de Costos:

El equipo eléctrico en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

#### **SST-3E1\_200**

El cual corresponde a una celda de medio voltaje trifásica, de 200 A, 15 kV, 1 Vía; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución a 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.

Como se observa en la Fig. 2.23., la hoja de costos del barraje desconectable considera solo un componente, el cual es el equipo principal a instalar.

ESTRUCTURA:		CELDA DE MEDIO VOLTAJE 15 kV_200 A_1 VIA - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.	ID:		TRÁMITE:		
SSS-3E1_200	SSS-3E1_200		UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
SP-0047	SSS-3E1_200	CELDA DE MEDIO VOLTAJE 15 kV_200 A_1 Via	u	1	7076,45	7076,45	7076,45

**Figura 2.23.** Hoja de costos de la celda de medio voltaje, trifásica, 200 A, 15 kV, 1 Vía; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.

Desarrollo de APU:

**Celda de Medio Voltaje, 15 kV, 200 A, 1 Vía**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de una celda de medio voltaje aisladas en SF<sub>6</sub>.

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo tomando como referencia criterios acorde a experiencia en campo.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 1 – Supervisor eléctrico
- 2 – Ayudante
- 2 - Peón
- 1 – Chofer

Se establece valores de rendimiento de mano de obra para cada obrero que integra la cuadrilla de trabajo, acorde a criterios de experiencia técnica en campo. Los valores establecidos se muestran en la Tabla 2.19.

**Tabla 2.19.** Valores de rendimiento de mano de obra para rubro Celda de Medio Voltaje, 15 kV, 200 A, 1 Vía

<u>Mano de Obra</u>	<u>Rendimiento [h/u]</u>
Electricista	8,0
Supervisor eléctrico	2,0
Ayudante	8,0
Peón	8,0

Chofer	1,0
--------	-----

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para una celda de medio voltaje aisladas en SF<sub>6</sub>; en la Tabla 6.65 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **2.2.2.1.8 Interruptor para Redes Subterráneas**

#### Descripción:

La hoja de costos desarrollada para este equipo eléctrico, cubre el suministro e instalación de un interruptor para redes subterráneas, el cual es un equipo que está diseñado para brindar seccionamiento de carga e interrupción de fallas monopolares y tripolares, tanto en cámaras subterráneas, cámaras a nivel y lugares a la intemperie.

Como característica constructiva, los interruptores estarán conectados con codos, encerrados en un tanque de acero soldado y aislados en SF<sub>6</sub>; totalmente protegidos contra el medio ambiente.

Para la instalación de los interruptores, estarán disponibles desde 1 vía hasta 3 vías, y serán necesarios accesorios de conexión, tales como terminales de barra, interruptores de falla y seccionadores.

#### Características y Hoja de Costos:

El interruptor en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

#### **SST-311\_200**

El cual corresponde a un interruptor para redes subterráneas, trifásico, 200 A, 15 kV, 1 Vía; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución a 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.

Como se observa en la Fig. 2.24., la hoja de costos del interruptor considera solo un componente, el cual es el equipo principal a instalar.



ESTRUCTURA:		INTERRUPTOR PARA REDES SUBTERRANEAS_15 kV_200 A_1 VIA - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.	ID:		TRÁMITE:		
SSS-311_200	SSS-311_200	EQUIPO/ACCESORIO	UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
SP-0059	SSS-311_200	INTERRUPTOR PARA REDES SUBTERRANEAS 15 kV_200 A_1 Via	u	1	10163,5	10163,45	10163,45

**Figura 2.24.** Hoja de costos del interruptor para redes subterráneas, trifásico, 200 A, 15 kV, 1 Vía; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.

Desarrollo de APU:

**Interruptor Para Redes Subterráneas, 15 kV, 200 A, 1 Vía**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un interruptor para redes subterráneas.

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo tomando como referencia criterios acorde a experiencia en campo.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 1 – Supervisor eléctrico
- 2 – Ayudante
- 2 - Peón
- 1 – Chofer

Se establece valores de rendimiento de mano de obra para cada obrero que integra la cuadrilla de trabajo, acorde a criterios de experiencia técnica en campo. Los valores establecidos se muestran en la Tabla 2.20.

**Tabla 2.20.** Valores de rendimiento de mano de obra para rubro Interruptor Para Redes Subterráneas, 15 kV, 200 A, 1 Vía

Mano de Obra	Rendimiento [h/u]
Electricista	8,0
Supervisor eléctrico	2,0
Ayudante	8,0
Peón	8,0

Chofer	1,0
--------	-----

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos de un interruptor para redes subterráneas; en la Tabla 6.66 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### 2.2.2.1.9 Tablero de Distribución

Descripción:

La hoja de costos para este equipo, contempla el suministro e instalación de un tablero de distribución tipo centro de carga que estará empotrado en pared, a una altura determinada, medida desde el piso terminado hasta la parte superior del tablero.

Características y Hoja de Costos:

El tablero de distribución en el que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

#### SSD-3L125\_6

El cual corresponde a un tablero de distribución, trifásico, capacidad de 125 A, para 6 circuitos; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución a 240/120 V - 220/127 V.

Como se observa en la Fig. 2.25., la hoja de costos del tablero de distribución considera solo un componente, el cual es el equipo principal a instalar.

ESTRUCTURA:		TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	ID:		TRAMITE:		
CODIGO	CODIGO MEER		UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	PU	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
TD-0001	SSD-3L125_6	EQUIPO/ACCESORIO TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	u	1	102,71	102,71	102,71

**Figura 2.25.** Hoja de costos del tablero de distribución, trifásico, capacidad de 125 A, para 6 circuitos; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 240/120 V - 220/127 V

Desarrollo de APU:

**Tablero de Distribución, Capacidad de 125 A, Para 6 circuitos**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un tablero de distribución tipo centro de carga.

Para definir las cantidades y costo del equipo principal, se tomará como referencia los valores indicados en 2 APU's, uno de la base de datos del estudio "*Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico*", el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación y el segundo APU referencial, se tomará del proyecto ya consolidado "*Unidad Educativa Dolores Cacuango*", ver [29].

Los APU's de referencia corresponden a actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.21 a continuación, muestra sus nombres y rendimientos de mano de obra.

**Tabla 2.21.** APU's referenciales para elaboración de rubro Tablero de Distribución, Capacidad de 125 A, Para 6 circuitos

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b>
CENTRO DE CARGA TRIFÁSICO 6 ESPACIOS	2,6700 [h/u]
Conector en T	0,116594 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo compuesta por la cantidad de obreros que integran cada uno de los APU's referenciales.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 1 – Peón
- 0,25 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra, se toma el valor del APU referencial de mayor similitud técnica con el rubro en análisis. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{\text{tablero distri}} = 2,670000 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para el tablero de distribución; en la Tabla 6.67 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

#### **2.2.2.1.10 Transición Aérea - Subterránea**

##### Descripción:

La hoja de costos para esta actividad, está compuesta por un rubro que contempla el suministro de los materiales, equipos y accesorios para la implementación de una transición de red de distribución, de aérea a subterránea. La transición se la realizará en postes con una altura mínima de 12 m y 10 m para red de MV y BV, respectivamente; y los cables utilizados para realizar las conexiones y empalmes, estarán alojados en tubería rígida de acero galvanizado.

Para la transición, en los extremos de los cables monopolares de medio voltaje se instalarán puntas terminales de uso exterior, las cuales deberán ser adecuadas, dependiendo el calibre y nivel de voltaje del conductor.

##### Características y Hoja de Costos:

El tipo de transición de red aérea - subterránea en la que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

#### **SSS-1RS**

El cual corresponde a una transición de red aérea – subterránea, para una fase, en poste con estructura semicentrada; como elemento de seccionamiento y protección para redes eléctricas subterráneas de distribución a 6300 V.

Como se observa en la Fig. 2.26., la hoja de costos de la transición aérea – subterránea considera un solo rubro, en el que se encuentran todos los materiales, equipos y accesorios necesarios para realizar la transición.

ESTRUCTURA:		TRANSICIÓN DE RED AEREA A SUBTERRANEA PARA UNA FASE EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA - 6300 V	ID:		TRÁMITE:		
CODIGO	CODIGO MEER		UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
TAS-0001	SSS-1RS	TRANSICION DE RED AEREA A SUBTERRANEA PARA UNA FASE EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA - 6300 V	u	1	674,28	674,28	674,28

**Figura 2.26.** Hoja de costos de la transición de red aérea – subterránea, para una fase, en estructura semicentrada; para seccionamiento y protección en redes subterráneas a 6300 V.

Desarrollo de APU:

**Transición de Red Aérea a Subterránea Para Una Fase En Estructura Semicentrada – A 6300 V**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para la instalación de una transición de red aérea – subterránea.

Para definir las cantidades y costos de los materiales, equipos y accesorios que intervienen en la instalación de la transición, se toma como referencia principal, las cantidades establecidas en la lista de materiales de la transición aérea – subterránea, presentes en el documento homologado por el MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)*, ver [6]. Como referencia adicional para establecer cantidades y costos, se toma un APU, perteneciente al presupuesto del estudio eléctrico ya consolidado, “*Construcción de la Alimentadora a 13,8 kV – Parque California # 4*”, ver [30].

El APU de referencia abarca actividades y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.22 a continuación, muestra el nombre y rendimiento de mano de obra.

**Tabla 2.22.** APU referencial para elaboración de rubro Transición de Red Aérea a Subterránea Para Una Fase En Estructura Semicentrada – A 6300 V

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Transición de redes aéreas a subterráneas de distribución con equipo de protección en estructura semicentrada, sin seccionamiento, sin ducto y con puesta a tierra	1 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo tomando como referencia criterios acorde a experiencia en campo.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 2 – Electricista
- 1 – Supervisor eléctrico
- 1 – Ayudante
- 1 – Chofer

Se establece valores de rendimiento de mano de obra para cada obrero que integra la cuadrilla de trabajo, acorde a criterios de experiencia técnica en campo. Los valores establecidos se muestran en la Tabla 2.23.

**Tabla 2.23.** Valores de rendimiento de mano de obra para rubro Transición de Red Aérea a Subterránea Para Una Fase En Estructura Semicentrada – A 6300 V

<b><u>Mano de Obra</u></b>	<b><u>Rendimiento [h/u]</u></b>
Electricista	6,0
Supervisor eléctrico	1,5
Ayudante	6,0
Chofer	1,5

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para la transición de red aérea - subterránea; en la Tabla 6.68 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **2.2.2.2 Transformador en Redes Subterráneas de Distribución**

Las hojas de costos, creadas para los transformadores en redes subterráneas de distribución; están compuestas por al menos un rubro que corresponderá al transformador de potencia a ser instalado. Los tipos de transformadores que forman parte de la base de datos y costos desarrollada, son los siguientes: Transformador tipo convencional, Transformador autoprotegido, Transformador tipo pedestal o padmounted y Transformador sumergible.

Para la estructura de la hoja de costos, se ha tomado como referencia el documento homologado del MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)*, ver [6].

Cada rubro, presente en la lista de equipos y accesorios que conforma la hoja de costos de los transformadores de distribución, está vinculado a un Análisis de Precios Unitarios (APU); el cual a su vez está constituido por cuatro campos que contienen información referente a costos, cantidades y valores de rendimiento de mano de obra. Los cuatro campos que conforman el APU son:

- Equipo, Maquinaria y Herramienta
- Mano de Obra
- Materiales
- Transporte

Para el desarrollo de los APU's, se establece un valor de rendimiento de mano de obra y un tipo de cuadrilla de obreros; esto, acorde a criterios técnicos por experiencia en campo y APU's de proyectos ya consolidados. La estructuración de los APU's se lo realiza de manera individual para cada tipo de transformador de distribución.

Debido a la cantidad de alternativas homologadas para Transformadores en Redes Subterráneas de Distribución, ya sean estas por capacidad, tipo, nivel de voltaje, ubicación, etc.; y a las diferentes opciones de instalación, propuestas para el trabajo de titulación, el proceso realizado para la estructuración de la hoja de costos se ejemplificará en un solo tipo de transformador.

Como parte de la metodología desarrollada en este capítulo, el proceso de estructuración de la hoja de costos está replicado en todas las alternativas de los diferentes tipos de transformadores que forman parte de la base de datos y costos de las UP y UC, correspondientes a la parte eléctrica.

El tipo de transformador en el que se ejemplificara el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

## Transformador Tipo Pedestal Para Redes Subterráneas de Distribución

### Descripción:

La hoja de costos desarrollada para este transformador, cubre el suministro e instalación de un transformador de distribución tipo padmounted, trifásico; cuya función es la de reducir los niveles de voltaje, desde valores de medio voltaje hasta valores de bajo voltaje, los cuales puedan ser aprovechados por usuarios y clientes.

### Características y Hoja de Costos:

La etiqueta nemotécnica del transformador en el que se detallará la creación de la hoja de costos, es la siguiente:

### **TUS-3P200**

La cual corresponde a un Transformador Trifásico Tipo Pedestal, capacidad de 200 KVA, 6000 - 127/220 V; para redes eléctricas subterráneas de distribución a 6300 V.

Como se observa en la Fig. 2.27., la hoja de costos del transformador tipo pedestal considera dos componentes.

ESTRUCTURA:		TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO PEDESTAL 200 KVA, 6000 - 127/220 V	ID:		TRÁMITE:		
CODIGO	CODIGO MEER		EQUIPO/ACCESORIO	UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO
TRP-0004	TUS-3P200	Transformador Trifásico Tipo Pedestal: 200 KVA, 6000 - 220/127 V, DYN5, +/- 3x2.5 %	u	1	14741	14741,03	15159,95
SP-0071	TUS-3P200	BOQUILLA TIPO INSERTO DOBLE 15 kV, 200 A	u	3	139,64	418,92	

**Figura 2.27.** Hoja de costos del transformador trifásico tipo pedestal, 200 KVA, 6000 - 127/220 V; para redes subterráneas de distribución a 6300 V

### Desarrollo de APU's:

#### **Transformador Trifásico Tipo Pedestal, 200 KVA, 6000 - 127/220 V**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro e instalación de un transformador de distribución tipo pedestal.

Para definir la estructura y cantidades del APU a desarrollar, se toma como referencia un rubro perteneciente a la base de datos del estudio “Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación.



El rubro (y su correspondiente APU) de referencia abarca mano de obra, equipos y materiales que tienen similitud y se relacionan técnicamente con el rubro que se está analizando.

La Tabla 2.24 a continuación, muestra su nombre y rendimiento de mano de obra.

**Tabla 2.24.** APU referencial para elaboración de rubro Transformador Trifásico Tipo Pedestal, 200 KVA, 6000 - 127/220 V

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
Transformador hasta 125 KVA - Nueva	16,727800 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo tomando como referencia criterios acorde a experiencia en campo.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 1 – Supervisor eléctrico
- 2 – Ayudante
- 2 – Peón
- 1 – Operador de camión de volteo
- 1 – Chofer

Se establece valores de rendimiento de mano de obra para cada obrero que integra la cuadrilla de trabajo, acorde a criterios de experiencia técnica en campo. Los valores establecidos se muestran en la Tabla 2.25.

**Tabla 2.25.** Valores de rendimiento de mano de obra para rubro Transformador Trifásico Tipo Pedestal, 200 KVA, 6000 - 127/220 V

<u>Mano de Obra</u>	<u>Rendimiento [h/u]</u>
Electricista	8,0
Supervisor eléctrico	2,0
Ayudante	8,0
Peón	8,0
Operador de camión de volteo	1,5

Chofer	4,0
--------	-----

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para el transformador tipo pedestal para redes subterráneas; en la Tabla 6.69 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **2.2.2.3 Puesta a Tierra en Redes Subterráneas**

Las hojas de costos, creadas para los tres tipos de puesta a tierra en redes subterráneas de distribución que se desarrolló como propuesta para el proyecto de titulación; están compuestas por un único rubro en el que se incluye todos los equipos, materiales y accesorios necesarios para la instalación de la malla de puesta a tierra.

Los tipos de puesta a tierra que forman parte de la base de datos y costos desarrollada, son los siguientes: Puesta a tierra en cámara eléctrica, Puesta a tierra en pozo, Puesta a tierra en equipos de seccionamiento y protección

El rubro que compone la hoja de costos de la puesta a tierra, está vinculado a un Análisis de Precios Unitarios (APU); el cual a su vez está constituido por cuatro campos que contienen información referente a costos, cantidades y valores de rendimiento de mano de obra. Los cuatro campos que conforman el APU son:

- Equipo, Maquinaria y Herramienta
- Mano de Obra
- Materiales
- Transporte

Para el desarrollo del APU, se establece un valor de rendimiento de mano de obra y un tipo de cuadrilla de obreros; esto, acorde a criterios técnicos por experiencia en campo y APU's de proyectos ya consolidados. La estructuración del APU se lo realiza de manera individual para cada tipo de puesta a tierra.

Debido a las diferentes opciones de instalación de puestas a tierra propuestas para el trabajo de titulación, el proceso realizado para la estructuración de la hoja de costos se ejemplificará en un solo tipo.

Como parte de la metodología desarrollada en este capítulo, el proceso de estructuración de la hoja de costos está replicado en todos los tipos de puestas a tierra que forman parte de la base de datos y costos de las UP y UC, correspondientes a la parte eléctrica.

La puesta a tierra en la que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es la siguiente:

## **Puesta a Tierra en Cámara para Redes Subterráneas de Distribución**

### Descripción:

La hoja de costos para esta actividad, está compuesta por un rubro que contempla el suministro de los materiales, equipos y accesorios necesarios para la implementación de una malla de puesta a tierra compuesta por 4 varillas cooperweld. La instalación de la puesta a tierra se la realizará con cable de cobre, desnudo, cableado suave 2 AWG y se deberá utilizar suelda exotérmica para los respectivos empalmes. De manera general, el número de varillas utilizado para una puesta a tierra, dependerá de la resistividad del terreno y de la resistividad de la malla a tierra; para una cámara eléctrica, el valor de la resistencia de la puesta a tierra debe ser igual o menor a 5 ohmios.

### Características y Hoja de Costos:

El tipo de puesta a tierra en la que se ejemplificará el proceso de creación de la hoja de costos, es el siguiente:

### **PS0-0CC2\_4**

El cual corresponde a una malla de puesta a tierra, compuesta por 4 varillas de cooperweld, con cable de cobre, desnudo, cableado suave 2 AWG; para redes eléctricas subterráneas de distribución.

Como se observa en la Fig. 2.28., la hoja de costos de la puesta a tierra en cámara considera un solo rubro, en el que se encuentran todos los materiales, equipos y accesorios necesarios para realizar la malla.

ESTRUCTURA: PS0-0CC2_4		PUESTA A TIERRA EN CAMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 4 VARILLAS	ID:	TRÁMITE:			
CODIGO	CODIGO MEER	EQUIPO/ACCESORIO	UNIDAD	CANTIDAD/UNIDAD	P.U	PRECIO UNITARIO	TOTAL ESTRUCTURA
PT-0001	PS0-0CC2_4	PUESTA A TIERRA EN CAMARA	u	1	331,11	331,11	331,11

**Figura 2.28.** Hoja de costos de puesta a tierra en cámara eléctrica, 4 varillas, conductor de Cu 2 AWG; para redes subterráneas de distribución

Desarrollo de APU:

**Puesta a Tierra en Cámara Eléctrica, 4 Varillas, Conductor de Cu 2 AWG**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para la instalación de una malla de puesta a tierra para una cámara eléctrica.

Para definir las cantidades de los materiales, equipos y accesorios que intervienen en la instalación de la malla de puesta a tierra, se toma como referencia principal, las cantidades establecidas en la lista de materiales de la puesta a tierra en cámaras, presentes en el documento homologado por el MEER, *Sección 4: Manual de las Unidades de Construcción (UC)*, ver [6]. Como segunda referencia para establecer la estructura del APU correspondiente al rubro a desarrollar, se toma un rubro perteneciente a la base de datos del estudio *“Estudios y Diseños de Renovación y Modernización de Redes, Optimización Eléctrica y Lumínica en el Centro Histórico”*, el cual es uno de los aportes referenciales principales que forma parte de la metodología del proyecto de titulación.

La Tabla 2.26 a continuación, muestra el nombre y rendimiento de mano de obra del rubro referencial.

**Tabla 2.26.** APU referencial para elaboración de rubro Puesta a Tierra en Cámara Eléctrica, 4 Varillas, Conductor de Cu 2 AWG

<b><u>Nombre</u></b>	<b><u>Rendimiento</u></b>
Varilla Cooperweld 16 mm x 1,80 m	0,435020 [h/u]

Para la mano de obra del APU en desarrollo, se define un tipo de cuadrilla de trabajo tomando como referencia criterios acorde a experiencia en campo.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 2 – Electricista
- 1 – Supervisor eléctrico
- 2 – Peón
- 1 – Chofer

Se establece valores de rendimiento de mano de obra para cada obrero que integra la cuadrilla de trabajo, acorde a criterios de experiencia técnica en campo. Los valores establecidos se muestran en la Tabla 2.27.

**Tabla 2.27.** Valores de rendimiento de mano de obra para rubro Puesta a Tierra en Cámara Eléctrica, 4 Varillas, Conductor de Cu 2 AWG

<u>Mano de Obra</u>	<u>Rendimiento [h/u]</u>
Electricista	4,0
Supervisor eléctrico	1,0
Peón	4,0
Chofer	1,0

Como parte del proceso de estructuración de la hoja de costos para la puesta a tierra en una cámara eléctrica; en la Tabla 6.70 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

#### **2.2.2.4 Cables y Conductores**

Los cables y conductores que son utilizados para redes subterráneas de MV y BV, al no ser parte de las estructuras que integran el conjunto de unidades de propiedad y unidades de construcción homologadas por el MEER para redes eléctricas subterráneas de distribución; no dispondrán de hojas de costos.

Los rubros y APU's para cada conductor y tipo de cable, están integrados de manera directa en la base de datos principal que gobierna la aplicación computacional y el desarrollo de los APU's en mención, se los realiza de manera individual para cada cable y conductor, como parte de la metodología establecida para el presente sub capítulo del proyecto de titulación.

Cada rubro creado para los conductores y cables, está vinculado a un Análisis de Precios Unitarios (APU); el cual a su vez está constituido por cuatro campos que contienen información referente a costos, cantidades y valores de rendimiento de mano de obra. Los cuatro campos que conforman el APU son:

- Equipo, Maquinaria y Herramienta
- Mano de Obra

- Materiales
- Transporte

Para el desarrollo del APU, se establece un valor de rendimiento de mano de obra y un tipo de cuadrilla de obreros; esto, acorde a criterios técnicos por experiencia en campo y APU's de proyectos ya consolidados. La estructuración del APU se lo realiza de manera individual para cada tipo conductor.

Debido a la cantidad de tipos de cables y conductores para redes subterráneas de MV y BV, propuestos para el trabajo de titulación, el proceso realizado para creación del rubro y correspondiente APU, se ejemplificará en un solo tipo de conductor.

Como parte de la metodología desarrollada en este capítulo, el proceso de creación y estructuración de los APU's está replicado para todos los tipos de cables y conductores que forman parte de la base de datos y costos, correspondiente a la parte eléctrica.

El tipo de cable en el que se ejemplificará el proceso de creación y estructuración del APU, es el siguiente:

### **Cable Unipolar de Cobre, XLPE, 15 kV para Redes Subterráneas de Distribución**

#### Descripción:

Este rubro contempla el suministro y tendido de cable unipolar de cobre XLPE, para redes subterráneas de distribución a medio voltaje. Este tipo de cable está formado por conductores de cobre aislados con polietileno reticulado termoestable (XLPE) y con un nivel de aislamiento de 100% y 133%.

#### Desarrollo de APU:

##### **Cable Unipolar de Cu Aislado, Polietileno Reticulado XLPE, 15 kV, 2 AWG, 7 H, 100% NA**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para el suministro y tendido del cable unipolar de cobre aislado XLPE.

Para definir la estructura, el valor de rendimiento de mano de obra y el costo del cable; del APU en desarrollo, se toma como referencia un rubro y su correspondiente APU, de la base

de datos del documento “Precios Referenciales de Materiales y Equipos de Mayor Frecuencia de Uso en Diseño de Redes de Distribución”, el cual es uno de los aportes referenciales principales proporcionado por la EEQ.SA, que forma parte de la metodología del proyecto de titulación.

La Tabla 2.28 a continuación, muestra el nombre y rendimiento de mano de obra del rubro referencial.

**Tabla 2.28.** APU referencial para elaboración de rubro Cable Unipolar de Cu Aislado, Polietileno Reticulado XLPE, 15 kV, 2 AWG, 7 H, 100% NA

<u>Nombre</u>	<u>Rendimiento</u>
TENDIDO DE CABLE SUBTERRÁNEO DE MV EN DUCTO, CALIBRE 2 A 4/0 AWG - NUEVO	0,0195 [h/m]

Para la mano de obra, se define un tipo de cuadrilla de trabajo tomando como referencia criterios acorde a experiencia en campo.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 1 – Supervisor eléctrico
- 7 – Peón
- 1 – Chofer

Para establecer el rendimiento de mano de obra (en horas por metro, [h/m]), se toma el valor del APU referencial y se aproxima a un valor considerado, según criterio por experiencia técnica en campo. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{cable\ unipolar\ XPPE\_2\ AWG\_15kV} = 0,020 \left[ \frac{h}{m} \right]$$

Como parte del proceso de desarrollo y estructuración del APU para el cable unipolar de cobre aislado, XLPE, 15 kV, 2 AWG; en la Tabla 6.71 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

### **2.2.2.5 Acometida Domiciliaria**

La acometida domiciliaria (acometida en bajo voltaje), al no ser parte de las estructuras que integran el conjunto de unidades de propiedad y unidades de construcción homologadas por el MEER para redes eléctricas subterráneas de distribución; no dispondrá de hoja de costos.

El rubro y APU, creados para la acometida domiciliaria, están integrados de manera directa en la base de datos principal que gobierna la aplicación computacional, como parte de la metodología establecida para el presente sub capítulo del proyecto de titulación.

El rubro creado, está vinculado a un Análisis de Precios Unitarios (APU); el cual a su vez está constituido por cuatro campos que contienen información referente a costos, cantidades y valores de rendimiento de mano de obra. Los cuatro campos que conforman el APU son:

- Equipo, Maquinaria y Herramienta
- Mano de Obra
- Materiales
- Transporte

Para el desarrollo del APU, se establece un valor de rendimiento de mano de obra y un tipo de cuadrilla de obreros; esto, acorde a criterios técnicos por experiencia en campo.

El proceso de creación y estructuración del APU, es el siguiente:

### **Acometida Domiciliaria para Redes Subterráneas de Distribución**

#### Descripción:

Este rubro contempla el suministro de materiales, equipos y accesorios necesarios para la instalación de una acometida eléctrica domiciliaria, como parte de una red subterránea de distribución. La instalación de la acometida se realizará con cable tipo TTU de calibre mínimo 6 AWG, tanto para las fases y neutro; y dicho cable llegará al medidor el cual estará instalado en la fachada del inmueble. El punto de partida para la instalación de la acometida domiciliaria se lo realizará desde el pozo eléctrico más cercano a la vivienda por donde la red de bajo voltaje esté atravesando.



Desarrollo de APU:

**Acometida Domiciliaria, 30 m, Cable TTU #6 AWG**

Para este rubro, se procede a crear un APU que contenga las cantidades (de equipo, mano de obra, materiales y transporte) necesarias para la instalación de una acometida eléctrica domiciliaria.

Para la mano de obra, se define un tipo de cuadrilla de trabajo tomando como referencia criterios acorde a experiencia en campo.

La cuadrilla de obreros está compuesta por:

- 1 – Electricista
- 1 – Peón
- 0,33 – Chofer

El rendimiento de mano de obra se establece según criterio por experiencia técnica en campo. El valor establecido para este rubro es:

$$R_{acometida\ domiciliaria} = 2,0 \left[ \frac{h}{u} \right]$$

Como parte del proceso de desarrollo y estructuración del APU para la acometida eléctrica domiciliaria; en la Tabla 6.72 del ANEXO 4, ubicado como parte del Anexo Digital, se presenta el APU del rubro creado.

Siguiendo el proceso mostrado y detallado en los apartados antes descritos, se elaboran los APU's correspondientes a todas las actividades, así como también de equipos y materiales, involucrados tanto en la obra civil como en la obra eléctrica. Los resultados de los mismos se encuentran en los archivos que conforman la base de datos y costos creada, la cual es el componente principal de la App desarrollada para el proyecto de titulación.

La lista de archivos, pertenecientes a la base de datos y costos, es presentada en la Tabla 2.29 a continuación; además, los archivos en mención son parte de la información que conforma en proyecto de titulación.

**Tabla 2.29.** Archivos que conforman la base de datos y costos creada

<u>Nombre de Archivo</u>	<u>Descripción</u>
UP_UC_OBRA_ELECTRICA.xlsx	Contiene las hojas de costos de las UP y UC, correspondiente a la obra eléctrica.
Bas-def-EEQ-01.xlsx	Archivo principal de la base de datos y costos creada, compuesto por hojas de cálculo que contienen costos de equipo y material eléctrico, así como valores de rendimiento y costos de jornales de mano de obra. Contiene las hojas de costos de las UP y UC, correspondiente a la obra civil.
PU-def-CC-EEQ-01.xlsx	Archivo que contiene los APU's de cables y conductores.
PU-def-OC-EEQ-01.xlsx	Archivo que contiene APU's de rubros correspondientes a obra civil.
PU-def-SP-EEQ-01.xlsx	Archivo que contiene los APU's de equipos de seccionamiento y protección.
PU-def-TR-EEQ-01.xlsx	Archivo que contiene APU's de los transformadores de distribución.

## 2.3 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN COMPUTACIONAL

La aplicación computacional (App) que se desarrolló, se basa estrictamente en una interfaz gráfica, la cual mediante ventanas de decisión y el ingreso de cantidades por parte del usuario (persona que usa la aplicación), permite calcular un presupuesto referencial para la construcción de una red eléctrica subterránea de distribución. El método de funcionamiento de la interfaz gráfica consiste en importar los resultados de la base de datos y costos (rubros y hojas de costos de UP y UC) que fue creada, recopilar y cuantificar las UP y UC seleccionadas por el usuario y, por último, presentar en una sola tabla el conjunto de estructuras (obra civil) y equipo eléctrico (obra eléctrica) seleccionado que integrarán la red eléctrica subterránea a construir.

La App esta implementada en el software de programación MATLAB mediante la funcionalidad del entorno de programación visual de la herramienta APP Designer.

La descripción y funcionamiento de la interfaz gráfica se detalla en el *Manual de Usuario de la App*, presente en el ANEXO 6.

La lógica de la App, básicamente se fundamenta en la posibilidad de escoger opciones, sean estas de tipo de obra (civil o eléctrica), tipo de pozos (tipo A, tipo B, etc.), tipo de

transformador de distribución (convencional 1Ø, pedestal 3Ø, etc.), y demás parámetros que ofrece la aplicación; para de este modo cubrir todas las posibles necesidades que se pudieran presentar al momento de calcular el presupuesto de construcción de la red subterránea de distribución, previamente diseñada.

La lógica de programación está representada por el diagrama de flujo de la App, el cual está compuesto principalmente por cuadros de decisión que permiten escoger alternativas según los requerimientos del usuario.

A continuación, se describe la lógica del diagrama de flujo de la App y de los bloques que la componen.

### **2.3.1 LÓGICA DE PROGRAMACIÓN Y DIAGRAMA DE FLUJO**

La lógica de programación o algoritmo que sustenta la App desarrollada, está representada por el diagrama de flujo, el cual es una herramienta visual que presenta gráficamente la secuencia de pasos lógicos y las operaciones a realizar, para llegar a la resolución del problema planteado.

El esquema creado para el diagrama de flujo, debido a la magnitud del mismo, se presenta en el Anexo Digital *Diagrama de Flujo\*.pdf* y en la Figura 6.1 (imagen referencial), perteneciente al ANEXO 5.

Para una mejor comprensión del funcionamiento y la lógica del algoritmo, el diagrama de flujo es dividido en bloques y sub-bloques, partiendo inicialmente por los dos grandes bloques funcionales que abarca la aplicación propuesta para el trabajo de titulación. Estos bloques, llamados Bloque A y Bloque B, corresponden a los componentes de Obra Civil y Obra Eléctrica, respectivamente. El diagrama de flujo con la subdivisión en bloques, se presenta también en el Anexo Digital *Diagrama de Flujo\*.pdf* y en la Figura 6.1 (imagen referencial), perteneciente al ANEXO 5.

Los diagramas de flujo de los Bloques A y B están presentes en el Anexo Digital *Diagrama de Flujo\*.pdf* y en la Figura 6.2 (imagen referencial) y Figura 6.3 (imagen referencial), como parte del ANEXO 5.

Cada bloque, se subdivide, de manera que los diagramas de flujo puedan ser descritos con mayor detalle y exactitud.

A continuación, se realiza la descripción paso a paso de cómo se ejecuta cada sub-bloque del diagrama de flujo, hasta llegar al punto de generación de presupuesto, que es el objetivo a alcanzar.

Adicionalmente, el detalle de las instrucciones que se mencionarán a continuación, así como el procedimiento a seguir dentro de la interfaz gráfica de la aplicación, son mostradas en el *Manual de Usuario de la App*, presente en el ANEXO 6.

### **2.3.1.1 Diagrama de Flujo: Bloque A**

El diagrama de flujo del Bloque A se subdivide en 3 sub-bloques; éstos contienen las instrucciones y pasos para establecer las estructuras que formarán parte de la obra civil de la red eléctrica subterránea a construirse. Las estructuras analizadas en los 3 sub-bloques son: Banco de Ductos, Pozos y Cámara Eléctrica.

#### **2.3.1.1.1 Bloque A.1**

El diagrama de flujo del Bloque A.1 se presenta en el Anexo Digital *Diagrama de Flujo\*.pdf* y en la Figura 6.4 (imagen referencial) que pertenecen al ANEXO 5 y corresponde al conjunto de instrucciones que permiten definir los tipos de bancos de ductos que serán parte de la red eléctrica subterránea a construirse.

La lista de instrucciones es la siguiente:

- Se selecciona la opción Banco de ductos.
- Por medio del cuadro de decisión, se presenta la posibilidad de escoger una de las 4 alternativas para banco de ductos; estas son: En Acera, En Calzada, En zona rural, Para Alumbrado Público (o Iluminación Exterior); cuyo procedimiento se detalla en el manual de usuario.
- Si la alternativa escogida es En Acera, de inmediato se selecciona el tipo de resanado para el banco de ductos en acera. Las 2 alternativas son las siguientes: Resanado Acera de Hormigón y Resanado Adoquín Decorativo.
- Si la alternativa escogida es En Calzada, de inmediato se selecciona el tipo de resanado para el banco de ductos en calzada. Las 2 alternativas son las siguientes: Resanado de Asfalto y Resanado Adoquín Hexagonal.

- Para las 3 primeras alternativas (en acera, en calzada y en zona rural); y mediante un cuadro de decisión, se escoge el tipo de excavación que se ejecutará en el banco de ductos. Las 3 alternativas para el tipo de excavación son: Excavación con máquina, Excavación manual y Excavación en roca.
- Finalmente, y como punto de convergencia para las 4 alternativas; mediante un cuadro de entrada de datos se ingresa la cantidad en metros de banco de ductos a construirse.

#### **2.3.1.1.2 Bloque A.2**

El diagrama de flujo del Bloque A.2 se presenta en la Figura 6.5 dentro del ANEXO 5 y corresponde al conjunto de instrucciones que permiten definir los tipos de pozos eléctricos.

La lista de instrucciones es la siguiente:

- Se selecciona la opción Pozos.
- Por medio un cuadro de decisión, se selecciona la ubicación del pozo; las dos alternativas son: Pozo en acera y Pozo en calzada.
- Para cualquiera de las dos alternativas antes mencionadas, y mediante un cuadro de decisión, se procede a seleccionar el tipo de tapa que tendrá el pozo. Las 2 alternativas disponibles son: Tapa de hormigón y Tapa de HF Dúctil.
- Finalmente, y como punto de convergencia para las 2 alternativas de ubicación de pozo; mediante un cuadro de entrada de datos se ingresa la cantidad de pozos a construirse.

#### **2.3.1.1.3 Bloque A.3**

El diagrama de flujo del Bloque A.3 que se presenta en la Figura 6.6 dentro del ANEXO 5, corresponde al conjunto de instrucciones que permiten definir el tipo de cámara eléctrica.

La lista de instrucciones es la siguiente:

- Se selecciona la opción Cámara Eléctrica.

- Mediante un cuadro de decisión, se selecciona la ubicación de la cámara eléctrica; las dos alternativas son: Cámara Eléctrica Subterránea y Cámara Eléctrica a Nivel de Piso.
- Para las dos alternativas antes mencionadas, y mediante un cuadro de decisión, se procede a seleccionar el tipo de cámara, acorde a las dimensiones requeridas por el usuario. Las 3 alternativas disponibles son: Tipo A, Tipo B y Tipo C.

### **2.3.1.2 Diagrama de Flujo: Bloque B**

El diagrama de flujo del Bloque B se subdivide en 5 sub-bloques; éstos bloques contienen las instrucciones y pasos para establecer los equipos y componentes que formarán parte de la obra eléctrica de la red subterránea a construirse. Los equipos y componentes eléctricos analizados en los 5 sub-bloques son: Transformador de Distribución, Equipo de Seccionamiento y Protección, Puesta a Tierra, Cables y Acometida Eléctrica.

#### **2.3.1.2.1 Bloque B.1**

El diagrama de flujo del Bloque B.1 se presenta en la Figura 6.7 dentro del ANEXO 5 y corresponde al conjunto de instrucciones que permiten definir el tipo de transformador de distribución a ser instalado.

La lista de instrucciones es la siguiente:

- Se selecciona la opción Transformadores.
- Mediante un cuadro de decisión, se presenta la posibilidad de escoger uno de los 7 tipos de transformadores disponibles; estos son: Convencional 1Ø, Convencional 3Ø, Autoprotegido 1Ø, Pedestal 1Ø, Pedestal 3Ø, Sumergible 1Ø y Sumergible 3Ø.
- Finalmente, y como punto de convergencia para los 7 tipos de transformadores; mediante un cuadro de decisión se elige el nivel de voltaje (valor en MV) al cual estará conectado el transformador. Los 3 valores de medio voltaje disponibles son: 6300 V, 13800 V y 22800 V.

### 2.3.1.2.2 Bloque B.2

El diagrama de flujo del Bloque B.2 está presente en el Anexo Digital *Diagrama de Flujo\*.pdf* y en la Figura 6.8 (imagen referencial) que pertenecen al ANEXO 5 y corresponde al conjunto de instrucciones que permiten definir los equipos y elementos de seccionamiento y protección que serán instalados.

La lista de instrucciones es la siguiente:

- Se selecciona la opción Equipo de Seccionamiento y Protección.
- Mediante un cuadro de decisión, se presenta la posibilidad de escoger una de las 10 opciones para seccionamiento y protección; estas son: Interruptor Termomagnético, Barrajes Desconectables, Conector Tipo Codo, Conector Codo Portafusible, Conector Tipo T, Pararrayo Tipo Codo, Celdas de Medio Voltaje, Interruptor para Redes Subterráneas, Tableros de Distribución y Transición Aérea - Subterránea.
- Si la opción escogida es Interruptor Termomagnético, a continuación, y mediante un cuadro de entrada de datos se ingresa la cantidad de interruptores termomagnéticos que serán instalados en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.
- Si la opción escogida es Barrajes desconectables, por medio de un cuadro de decisión se procede a seleccionar el número de fases del barraje. Las 2 alternativas son: Una Fase y Tres Fases. A continuación, se establece la cantidad de barrajes a instalar en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.
- Si la opción escogida es Conector Tipo Codo, por medio de un cuadro de decisión se procede a seleccionar el número de fases en las que se instalarán los conectores. Las 3 alternativas son: Una Fase, Dos Fases y Tres Fases. A continuación, se establece la cantidad de conectores tipo codo a instalar en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.
- Si la opción escogida es Conector Codo Portafusible, por medio de un cuadro de decisión se procede a seleccionar el número de fases en las que se instalarán los conectores. Las 2 alternativas son: Una Fase y Tres Fases. A continuación, se establece la cantidad de conectores codo portafusible a instalar en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.

- Si la opción escogida es Conector Codo Tipo T, por medio de un cuadro de decisión se procede a seleccionar el número de fases en las que se instalarán los conectores. Las 2 alternativas son: Una Fase y Tres Fases. A continuación, se establece la cantidad de conectores codo tipo T a instalar en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.
- Si la opción escogida es Pararrayo Tipo Codo, por medio de un cuadro de decisión se procede a seleccionar el número de fases del pararrayo. Las 2 alternativas son: Una Fase y Tres Fases. A continuación, se establece la cantidad de pararrayos tipo codo a instalar en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.
- Si la opción escogida es Celdas de Medio Voltaje, por medio de un cuadro de decisión se procede a seleccionar el nivel de voltaje para las celdas. Las 2 alternativas son: 6.3/13.8 kV y 22.8 kV. A continuación, se establece la cantidad de celdas de medio voltaje a instalar en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.
- Si la opción escogida es Interruptor para Redes Subterráneas, por medio de un cuadro de decisión se procede a seleccionar el nivel de voltaje para los interruptores. Las 2 alternativas son: 6.3/13.8 kV y 22.8 kV. A continuación, se establece la cantidad de interruptores a instalar en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.
- Si la opción escogida es Tableros de Distribución, a continuación, en el siguiente paso se establece la cantidad de tableros que se instalarán en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.
- Si la opción escogida es Transición Aérea - Subterránea, por medio de un cuadro de decisión se procede a seleccionar el nivel de voltaje para la transición. Las 3 alternativas son: 6300 V, 13.8 kV y 22.8 kV. A continuación, se establece la cantidad de transiciones a instalar en la red eléctrica subterránea de distribución a construirse.

### **2.3.1.2.3 Bloque B.3**

El diagrama de flujo del Bloque B.3 se presenta en la Figura 6.9 dentro del ANEXO 5 y corresponde al conjunto de instrucciones que permiten definir las puestas a tierra a ser implementadas.



La lista de instrucciones es la siguiente:

- Se selecciona la opción Puesta a Tierra.
- Mediante un cuadro de decisión, se presenta la posibilidad de escoger una de las 3 alternativas disponibles para puestas a tierra según el tipo de equipo o estructura a proteger; estas son: Puesta a tierra en cámara, Puesta a tierra en pozo y Puesta a tierra para equipos de seccionamiento y protección.
- Finalmente, y como punto de convergencia para las 3 alternativas; mediante un cuadro de entrada de datos se ingresa la cantidad de puestas a tierra que se instalará en la red de distribución subterránea a construirse.

#### **2.3.1.2.4 Bloque B.4**

El diagrama de flujo del Bloque B.4 se presenta en la Figura 6.10 dentro del ANEXO 5 y corresponde al conjunto de instrucciones que permiten definir los cables y conductores de MV y BV que serán necesarios en la construcción e implementación de la red de distribución subterránea. Adicionalmente, y como un complemento propuesto para el proyecto de titulación, esta etapa de la APP permite realizar el cálculo de *Conductor Económico* del cable o conductor seleccionado.

La lista de instrucciones es la siguiente:

- Se selecciona la opción Cables y Conductores.
- Mediante un cuadro de decisión, se presenta la posibilidad de escoger uno de los 5 tipos de conductores disponibles; estos son: Cable de Cu Desnudo, Tipo THHN, Tipo TW, Tipo XLPE y Tipo TTU.
- Para cualquiera de las 5 opciones de conductor antes mencionadas, a continuación, y mediante un cuadro de decisión se determina si se requiere realizar el cálculo de Conductor Económico. Si el cálculo de Conductor Económico es necesario, se ingresará los parámetros iniciales de la red de distribución y los datos técnicos del conductor seleccionado para que la APP realice los cálculos y presente los resultados correspondientes. De no ser requerido el cálculo de Conductor Económico, mediante un cuadro de entrada de datos se ingresa la cantidad en metros de conductor a ser instalado en la red eléctrica subterránea de distribución.

### **2.3.1.2.5 Bloque B.5**

El diagrama de flujo del Bloque B.5 se presenta en la Figura 6.11 dentro del ANEXO 5 y corresponde a las instrucciones que permiten definir la cantidad de acometidas domiciliarias que se instalarán.

Las instrucciones son las siguientes:

- Se selecciona la opción Acometida Domiciliaria.
- Mediante un cuadro de ingreso de datos, se establece la cantidad de acometidas a ser instaladas.

Para finalizar la descripción del diagrama de flujo, en la Figura 6.1 que pertenece al ANEXO 5 se observa que el Bloque A y Bloque B convergen en un punto, esto después de haber definido todas las estructuras y equipo eléctrico como parte de las UP y UC que integrarán la red eléctrica subterránea a construirse.

Los APU's de los rubros que formarán parte del presupuesto, se ubican en los archivos de la base de datos y costos creada para el proyecto de titulación.

Finalmente, el conjunto de UP y UC es presentado en una tabla común la cual equivaldrá al presupuesto para la construcción de la red eléctrica subterránea de distribución.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados proporcionados por la App desarrollada, constarán de valores con tendencia a constantes cambios; esto debido a que parámetros como precios y costos de construcción dependen de muchas variables tales como: variación de precios del mercado, economía global y local, salarios de mano de obra establecidos por los organismos correspondientes del Estado, metodología de cuantificación de materiales, etc., y esto se reflejará al momento de realizar el cálculo del presupuesto para la construcción de la red eléctrica de distribución.

Para el análisis y discusión de resultados, como metodología para el presente capítulo, se procede a realizar mediante la App, el cálculo del presupuesto de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución de un proyecto eléctrico referencial, cuyo estudio técnico-económico de diseño y construcción fue realizado por una empresa consultora independiente; la cual adicionalmente, proporcionó toda la información necesaria (lista de cantidades, planos de diseño de los sistemas eléctricos, archivos digitales, etc.) para la obtención del presupuesto antes mencionado.

El estudio del proyecto eléctrico referencial lleva por nombre *“CONSULTORÍA DE INTERVENCIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE Y PROPUESTA PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ (APCH) EN EL CANTÓN GUARANDA PROVINCIA DE BOLÍVAR”*, y forma parte del proyecto de recuperación y repotenciación de las Unidades Educativas impulsado por el Ministerio de Educación, entre los meses de octubre de 2019 y octubre de 2020. La información correspondiente al estudio eléctrico referencial está presente en el Anexo Digital.

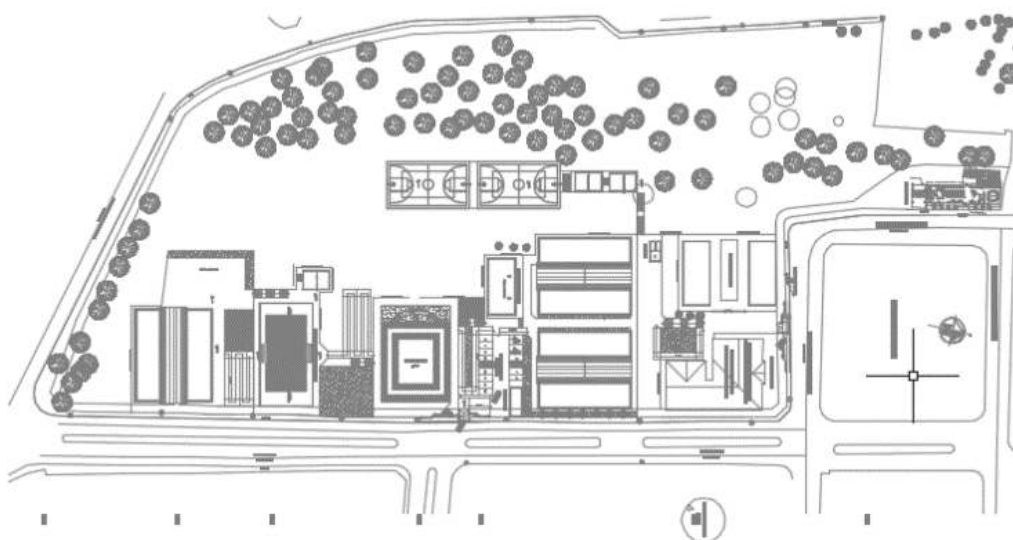
#### **3.1 ESTUDIO DE CASO PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ”**

##### **3.1.1 ANTECEDENTES**

La ubicación de las nuevas instalaciones que pertenecerán a la “UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ” se da en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar; conforme al levantamiento de información en campo y al croquis georreferenciado que forma parte de los planos de diseño.

Entre los servicios básicos necesarios para el desarrollo y posterior uso de las nuevas instalaciones, el suministro de energía eléctrica es uno de los más importantes. Con el objetivo de satisfacer las necesidades requeridas por parte de los usuarios, se ha procedido a realizar el diseño de los siguientes sistemas eléctricos para la U E Ángel Polibio Chávez: red de medio voltaje, cámara de transformación, sistema de alimentadores, sistema de iluminación y fuerza interiores, sistemas de fuerza especial y alumbrado exterior.

El área a servirse, presente en la Figura 3.1, está conformada por 15 bloques de edificaciones, las cuales son mencionadas en la Tabla 3.1.



**Figura 3.1.** Implantación U. E. Ángel Polibio Chávez [31]

**Tabla 3.1.** Bloques que conforman la U. E. Ángel Polibio Chávez

<b>Cantidad</b>	<b>Bloque</b>
1	Bloque 1 de 12 Módulos
1	Bloque 2 de 12 Módulos
1	Bloque 3 de 12 Módulos
1	Educación Inicial 1
1	Educación Inicial 2
1	Bar 1
1	Bar 2
1	Comedor – Salón de Uso Múltiple
1	Vestidor – Bodega

1	Administración
1	Portal de Ingreso
1	Cuarto de Maquinas
1	Cuarto de Bombas
1	Laboratorio de Tecnología e Idiomas
1	Biblioteca

El proyecto cuenta con una factibilidad de servicio eléctrico, emitido por la empresa eléctrica local, CNEL EP, mediante Oficio emitido en Guaranda con fecha 10 de junio de 2020. En el documento se menciona: “(...) que la Empresa Eléctrica Pública Estratégica CNEL EP – UNIDAD DE NEGOCIO BOLÍVAR, comunica a usted, que, sí está en la capacidad de servirle con el suministro de potencia y energía eléctrica para EL PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ”, de acuerdo a la Regulación Nro. ARCONEL 004/18, ubicado en el Cantón Guaranda Provincia de Bolívar (...)”

### 3.1.2 UBICACIÓN

La Unidad Educativa Ángel Polibio Chávez está ubicada en el barrio 13 de Abril perteneciente a la parroquia San Miguel, cantón Guaranda; dentro de la provincia de Bolívar. La Figura 3.2 a continuación, muestra la ubicación antes mencionada.



**Figura 3.2.** Imagen satelital de la ubicación de la unidad educativa [31]

### **3.1.3 ALCANCE**

Para el desarrollo propuesto en el presente capítulo, no se tomará en cuenta el diseño de todos los sistemas eléctricos realizados por la empresa consultora independiente; esto debido a que, el estudio del proyecto eléctrico original cuenta con sistemas que la App desarrollada no considera, tales como: Sistema de iluminación y fuerza para los bloques internos, Sistema de iluminación exterior, dimensionamiento de grupo electrógeno, etc.

Los sistemas eléctricos que serán considerados para el cálculo del presupuesto de construcción, son los siguientes:

- Red de medio voltaje
- Transformador de distribución
- Red de alimentadores de bajo voltaje
- Sistema de puesta a tierra y pararrayos

## **3.2 RESULTADOS Y CÁLCULO DE PRESUPUESTO**

Para el cálculo de presupuestos (de obra civil, obra eléctrica y total) y obtención de resultados, se analiza los planos de diseño de los sistemas eléctricos y el documento “*CANTIDADES ESTUDIO ELÉCTRICO UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ*”; toda la información relacionada con el proyecto, fue proporcionada por la empresa consultora y es parte del Anexo Digital.

El presupuesto total de la red eléctrica a construirse se lo realiza considerando las cantidades de estructuras (obra civil) y equipo eléctrico (obra eléctrica) ya definidas en el estudio eléctrico de la empresa consultora, puesto que esta información fue revisada y aprobada por CNEL y el equipo técnico del Ministerio de Educación.

### **3.2.1 PRESUPUESTO DE OBRA CIVIL**

El cálculo del presupuesto de la obra civil se lo realiza analizando los planos de diseño de los sistemas eléctricos en los que intervengan estructuras civiles; las estructuras consideradas para este presupuesto son: banco de ductos, pozos eléctricos y la cámara de transformación.

### 3.2.1.1 Banco de Ductos

Para establecer la cantidad y las diferentes configuraciones de banco de ductos que serán construidos para la red de distribución subterránea, se analizan los planos de diseño de canalización, pozos y zanjas; desarrollados para el proyecto, como parte del estudio realizado por la empresa consultora. Los planos de diseño proporcionados son presentados como parte del Anexo Digital.

La Tabla 3.2 a continuación, muestra el presupuesto de construcción de banco de ductos para la red eléctrica subterránea de distribución del proyecto U E “Ángel Polibio Chávez”; obtenido mediante la App desarrollada.

**Tabla 3.2.** Presupuesto de construcción de banco de ductos obtenido mediante la App – Obra civil del proyecto “*PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ*”

Codigo	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>BANCO DE DUCTOS</b>					<b>81068,76</b>
EU0-0B2x2B1	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON RESANADO_ADOQUÍN DECORATIVO)	m	82	89,41	7331,62
EU0-0B2x3B1	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X3 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON RESANADO_ADOQUÍN DECORATIVO)	m	538	122,78	66055,64
EU0-0B1A1	DUCTO PARA ILUMINACION EXTERIOR 1x50 mm EN ACERA	m	1138	6,75	7681,5

### 3.2.1.2 Pozos Eléctricos

Para determinar la cantidad y tipos de pozos eléctricos que serán construidos para la red de distribución subterránea, se analizan los planos de diseño de canalización, pozos y zanjas; desarrollados para el proyecto, como parte del estudio realizado por la empresa consultora. Los planos de diseño proporcionados son presentados como parte del Anexo Digital.

La Tabla 3.3 a continuación, muestra el presupuesto de construcción de los pozos eléctricos para la red eléctrica subterránea de distribución del proyecto U E “Ángel Polibio Chávez”; obtenido mediante la App desarrollada.

**Tabla 3.3.** Presupuesto de construcción de pozos eléctricos obtenido mediante la App – Obra civil del proyecto “*PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ*”

Codigo	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>POZOS ELECTRICOS</b>					<b>42244,9</b>
EU0-0PA	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A_0.6x0.6x0.75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	62	348,97	21636,14
EU0-0PB	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0.9x0.9x0.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	35	517,81	18123,35
EU0-0PC	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C_1.2x1.2x1.2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	3	828,47	2485,41

### 3.2.1.1 Cámara Eléctrica

El tipo de cámara eléctrica que se considerará para la red de distribución subterránea a implementarse, depende de la capacidad del transformador de distribución y sus dimensiones. Para el presupuesto obtenido mediante la App, el tipo de cámara eléctrica que se determinó fue: A nivel, Tipo B; como se puede apreciar en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4.** Presupuesto de construcción de cámara eléctrica obtenido mediante la App –  
Obra civil del proyecto “*PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD  
EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ*”

Código	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>CAMARA ELECTRICA</b>					<b>22986,35</b>
EU0-OCNB	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL TIPO B	u	1	22986,35	22986,35

### 3.2.2 PRESUPUESTO DE OBRA ELÉCTRICA

El cálculo del presupuesto de la obra eléctrica se lo realiza analizando los planos de diseño de los sistemas eléctricos y considerando los requerimientos de la red eléctrica de distribución subterránea a implementarse. Los elementos y equipo eléctrico considerados para este presupuesto son: transformador de distribución, equipos de seccionamiento y protección, elementos para puesta a tierra, cables y conductores.

#### 3.2.2.1 Transformador de Distribución

El tipo y capacidad del transformador de distribución a ser instalado, es determinado mediante el estudio de carga del proyecto eléctrico, cuyo cálculo y dimensionamiento se encuentra en la memoria de cálculo; dicho documento es parte de la información proporcionada por la empresa consultora, presente en el Anexo Digital. El transformador considerado para el presupuesto de la obra eléctrica será un tipo PadMounted, de 300 kVA.

La Tabla 3.5 a continuación, muestra el presupuesto del transformador de distribución a instalarse en la red eléctrica subterránea de distribución del proyecto U E “Ángel Polibio Chávez”; obtenido mediante la App desarrollada.



**Tabla 3.5.** Presupuesto para el transformador de distribución obtenido mediante la App – Obra eléctrica del proyecto “*PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ*”

Codigo	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION</b>					<b>9840,23</b>
TUT-3P300	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO PEDESTAL 300 KVA, 13800 - 127/220 V	u	1	9840,23	9840,23

### 3.2.2.2 Equipos de Seccionamiento y Protección

El conjunto de elementos y equipo eléctrico que servirá para el seccionamiento y protección de la red eléctrica subterránea a construirse, es determinado mediante el análisis de los planos de diseños de los sistemas eléctricos y acorde a los requerimientos que presenta la red de distribución. Los equipos de seccionamiento y protección considerados para el presupuesto de construcción del proyecto eléctrico son: Interruptores termomagnéticos, Conectores tipo codo, Tableros de distribución y Transición aérea-subterránea.

La Tabla 3.6 a continuación, muestra el presupuesto de los equipos de seccionamiento y protección para la red eléctrica subterránea de distribución del proyecto U E “Ángel Polibio Chávez”; obtenido mediante la App desarrollada.

**Tabla 3.6.** Presupuesto de equipos de seccionamiento y protección obtenido mediante la App – Obra eléctrica del proyecto “*PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ*”

Codigo	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>SECCIONAMIENTO Y PROTECCION</b>					<b>27084,61</b>
SSD-2N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 220/127 V	u	32	71,72	2295,04
SSD-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 220/127 V	u	19	805,47	15303,93
SSD-3N100	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 100 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 220/127 V	u	1	805,47	805,47
SST-3C200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 kV, 4/0 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.	u	1	456,09	456,09
SST-3P200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A CON FUSIBLE, CLASE 15 kV, 4/0 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.	u	1	951,09	951,09
SSD-3L125_6	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	u	4	102,71	410,84
SSD-3L125_12	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 12 CIRCUITOS	u	5	179,25	896,25
SSD-3L125_24	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 24 CIRCUITOS	u	14	179,25	2509,5
SSD-3L225_30	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 225 A, PARA 30 CIRCUITOS	u	9	222,95	2006,55
SSD-3L125_42	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 42 CIRCUITOS	u	1	233,36	233,36
SST-3RS	TRANSICIÓN DE RED AEREA A SUBTERRANEA PARA TRES FASES EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA- 13200 V GRDY / 7620 V - 13800 V GRDY / 7967 V	u	1	1216,49	1216,49

### 3.2.2.3 Puesta a Tierra

El sistema de puesta a tierra, que, dependiendo del lugar y equipo a proteger, por normativa está compuesto por mallas (4 varillas) y puestas a tierra de 1 o 2 varillas. Las puestas a tierra son definidas según la cantidad de equipos a proteger y en general, a los requerimientos de protección que se presenten en el diseño de la red eléctrica de distribución subterránea a construirse.

La Tabla 3.7 a continuación, muestra el presupuesto de las puestas a tierra para la red eléctrica subterránea de distribución del proyecto U E “Ángel Polibio Chávez”; obtenido mediante la App desarrollada.

**Tabla 3.7.** Presupuesto de puestas a tierra obtenido mediante la APP – Obra eléctrica del proyecto “*PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ*”

Codigo	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>PUESTA A TIERRA</b>					<b>3475,33</b>
PSO-0CC2_4	PUESTA A TIERRA EN CAMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 4 VARILLAS	u	10	331,11	3311,1
PSO-0SC2_2	PUESTA A TIERRA EN EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCION - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 2 VARILLAS	u	1	164,23	164,23

### 3.2.2.4 Cables y Conductores

Los cables y conductores, considerados en el diseño de la red de distribución subterránea, serán determinados dependiendo el nivel de voltaje, esto debido a que el tipo de cable o conductor a instalarse será diferente, tanto para medio voltaje como para bajo voltaje.

El dimensionamiento de alimentadores (arreglo de conductores), ya sea en MV o BV, se realiza tomando en cuenta la corriente que pueden soportar los conductores, el nivel de voltaje al que serán sometidos los conductores y el flujo de potencia que circulará por los conductores. Para los tramos de MV, los cables tendrán mayor nivel de aislamiento, por ejemplo: CABLE UNIPOLAR COBRE AISL. POLIETILENO RETIC. XLPE, 15 KV, 2 AWG, 7 H, 100% NA.; mientras que para los tramos de BV, el tipo de conductor será acorde a la normativa establecida por el MEER, por ejemplo: CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2 AWG, 7 HILOS.

La Tabla 3.8 a continuación, muestra el presupuesto de cables y conductores para la red eléctrica subterránea de distribución del proyecto U E “Ángel Polibio Chávez”; obtenido mediante la App desarrollada.

**Tabla 3.8.** Presupuesto de cables y conductores obtenido mediante la APP – Obra eléctrica del proyecto “*PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ*”

Código	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>CABLES Y CONDUCTORES</b>					<b>149953,62</b>
CC-0054	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 3/0 AWG, 19 HILOS	m	1524	12,13	18486,12
CC-0053	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2/0 AWG, 19 HILOS	m	2983	9,39	28010,37
CC-0048	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	4944	2,44	12063,36
CC-0050	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 4 AWG, 7 HILOS	m	1732	3,88	6720,16
CC-0049	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 6 AWG, 7 HILOS	m	9729	3,22	31327,38
CC-0052	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 1/0 AWG, 19 HILOS	m	5196	7,81	40580,76
CC-0051	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2 AWG, 7 HILOS	m	1222	5,18	6329,96
CC-0008	CABLE DE COBRE DESNUDO, CABLEADO SUAVE, 2/0 AWG, 19 HILOS	m	561	7,67	4302,87
CC-0020	CABLE UNIPOLAR COBRE AISL. POLIETILENO RETIC. XLPE, 15 KV, 2 AWG, 7 H, 100% NA.	m	126	12,29	1548,54
CC-0015	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO PVC, 600 V. TW NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	295	1,98	584,1

### 3.2.3 PRESUPUESTO TOTAL

Los resultados obtenidos, pertenecientes a los presupuestos de obra civil y eléctrica, son recopilados y operados, para de esta manera obtener una tabla (documento) que presente el presupuesto total de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución. La Tabla 3.9 a continuación, muestra el presupuesto total calculado.

**Tabla 3.9.** Presupuesto de construcción de la red eléctrica de distribución subterránea obtenido mediante la App – “PROYECTO ELÉCTRICO REPOTENCIACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA ÁNGEL POLIBIO CHÁVEZ”

<b>PRESUPUESTO ELÉCTRICO U E ÁNGEL POLIBIO CHAVEZ</b>					
<b>Código</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>OBRA CIVIL:</b>					
<b>BANCO DE DUCTOS</b>					<b>81068,76</b>
EUO-0B2x2B1	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACIÓN 2X2 DE 110 mm, EXCAVACIÓN EN ZANJA CON EQUIPO MECÁNICO - (CON RESANADO_ADOQUÍN DECORATIVO)	m	82	89,41	7331,62
EUO-0B2x3B1	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACIÓN 2X3 DE 110 mm, EXCAVACIÓN EN ZANJA CON EQUIPO MECÁNICO - (CON RESANADO_ADOQUÍN DECORATIVO)	m	538	122,78	66055,64
EUO-0B1A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PÚBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	1138	6,75	7681,5
<b>POZOS ELÉCTRICOS</b>					<b>42244,9</b>
EUO-0PA	POZO PARA REDES SUBTERRÁNEAS TIPO A_ 0.6x0.6x0.75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	62	348,97	21636,14
EUO-0PB	POZO PARA REDES SUBTERRÁNEAS TIPO B_ 0.9x0.9x0.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	35	517,81	18123,35
EUO-0PC	POZO PARA REDES SUBTERRÁNEAS TIPO C_ 1.2x1.2x1.2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	3	828,47	2485,41
<b>CÁMARA ELÉCTRICA</b>					<b>22986,35</b>
EUO-0CNB	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL_TIPO B	u	1	22986,35	22986,35
<b>OBRA ELÉCTRICA:</b>					
<b>TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN</b>					<b>10259,15</b>
TUT-3P300	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO PEDESTAL 300 KVA, 13800 - 127/220 V	u	1	10259,15	10259,15
<b>SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN</b>					<b>27084,61</b>
SSD-2N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES SUBTERRÁNEAS 240/120 V - 220/127 V	u	32	71,72	2295,04
SSD-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES SUBTERRÁNEAS 240/120 V - 220/127 V	u	19	805,47	15303,93
SSD-3N100	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 100 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES SUBTERRÁNEAS 240/120 V - 220/127 V	u	1	805,47	805,47
SST-3C200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 kV, 4/0 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES SUBTERRÁNEAS 6300 V - 13,2 kV GRDY/7,62 kv - 13,8 kv GRDY/7,96 kv.	u	1	456,09	456,09
SST-3P200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A CON FUSIBLE, CLASE 15 kV, 4/0 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDY/7,62 kv - 13,8 kv GRDY/7,96 kv.	u	1	951,09	951,09
SSD-3L125_6	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	u	4	102,71	410,84
SSD-3L125_12	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 12 CIRCUITOS	u	5	179,25	896,25
SSD-3L125_24	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 24 CIRCUITOS	u	14	179,25	2509,5
SSD-3L225_30	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 225 A, PARA 30 CIRCUITOS	u	9	222,95	2006,55
SSD-3L125_42	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 42 CIRCUITOS	u	1	233,36	233,36
SST-3RS	TRANSICIÓN DE RED AÉREA A SUBTERRÁNEA PARA TRES FASES EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA - 13200 V GRDY / 7620 V - 13800 V GRDY / 7967 V	u	1	1216,49	1216,49
<b>PUESTA A TIERRA</b>					<b>3475,33</b>
PSO-0CC2_4	PUESTA A TIERRA EN CÁMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 4 VARILLAS	u	10	331,11	3311,1
PSO-0SC2_2	PUESTA A TIERRA EN EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 2 VARILLAS	u	1	164,23	164,23
<b>CABLES Y CONDUCTORES</b>					<b>149953,62</b>
CC-0054	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 3/0 AWG, 19 HILOS	m	1524	12,13	18486,12
CC-0053	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2/0 AWG, 19 HILOS	m	2983	9,39	28010,37
CC-0048	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	4944	2,44	12063,36
CC-0050	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 4 AWG, 7 HILOS	m	1732	3,88	6720,16
CC-0049	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 6 AWG, 7 HILOS	m	9729	3,22	31327,38
CC-0052	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 1/0 AWG, 19 HILOS	m	5196	7,81	40580,76
CC-0051	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2 AWG, 7 HILOS	m	1222	5,18	6329,96
CC-0008	CABLE DE COBRE DESNUDO, CABLEADO SUAVE, 2/0 AWG, 19 HILOS	m	561	7,67	4302,87
CC-0020	CABLE UNIPOLAR COBRE AISL. POLIETILENO RETIC. XLPE, 15 kV, 2 AWG, 7 H, 100% NA.	m	126	12,29	1548,54
CC-0015	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO PVC, 600 V. TW NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	295	1,98	584,1
<b>TOTAL</b>					<b>337072,72</b>
PRECIO TOTAL DE LA OFERTA:					
TRESCIENTOS TREINTA Y SIETE MIL SETENTA Y DOS, 72/100					

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- El principal punto benefactor que brinda la aplicación computacional es la rapidez y eficiencia con la que esta permite la obtención de un presupuesto de construcción de redes subterráneas de distribución; esto debido a que la metodología de cálculo y obtención de rubros es innovadora y varía con métodos tradicionales, además de que dicha metodología para el cálculo del presupuesto se orienta y se ajusta estrictamente con las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción homologadas por el MEER (actual Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, MERNNR), dándole un valor agregado de confiabilidad.
- La herramienta computacional conjuntamente con la base de datos creada, está enfocada en facilitar y agilizar el cálculo del presupuesto de construcción para una red eléctrica subterránea de distribución. Los potenciales usuarios de la App serán contratistas, empresas consultoras independientes, empresas públicas de distribución y en general, personas que realizan proyectos eléctricos de distribución en MV y BV; así como también alumnos y estudiantes inmiscuidos en el área de ingeniería eléctrica y afines.
- La base de datos y costos de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción que fue creada, conjuntamente con la interfaz gráfica de la aplicación computacional desarrollada, permiten obtener el presupuesto de construcción de una red eléctrica subterránea de distribución, considerando los dos tipos de obra establecidas por el MEER (actual Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, MERNNR): Obra Civil y Obra Eléctrica.
- La base de datos y costos creada, cuenta con un vasto y completo listado actualizado de precios de materiales, maquinaria, herramienta y mano de obra; el cual es utilizado en la creación de los rubros y precios unitarios que son parte de las unidades de propiedad y construcción homologadas. Este listado también puede ser utilizado como referente para la estimación de costos y precios en una pequeña obra eléctrica en la que no sea necesaria estrictamente el uso de la aplicación computacional.
- El manejo de la aplicación computacional es muy intuitivo y de fácil entendimiento, ya que se basa en ventanas flotantes de selección y pop-up menu (menús desplegables) los cuales permiten seleccionar las diferentes alternativas disponibles en cuanto a estructuras civiles o equipos eléctricos, acorde a los requerimientos del usuario al

momento de realizar el cálculo del presupuesto de construcción de una red eléctrica de distribución subterránea.

- En la etapa de selección de cables y conductores, la aplicación computacional permite realizar el cálculo de *Conductor Económico* para un determinado circuito (alimentador de MV o BV) dependiendo el tipo de conductor; para que de esta forma el usuario pueda analizar y escoger el calibre del conductor óptimo para el circuito a construirse.
- El desarrollo de este proyecto de titulación deja como precedente la base de datos y costos, y la aplicación computacional; las cuales sirven como referente para futuros trabajos de titulación que contemplen los sistemas eléctricos de distribución y específicamente, la construcción de redes subterráneas de distribución.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Para brindar sostenibilidad a la base de datos y costos creada, con el objetivo de que el uso de la aplicación computacional por parte de los usuarios sea constante, se recomienda; por medio de un convenio entre el usuario y el autor del proyecto de titulación en calidad de consultor externo, actualizar anualmente la lista de precios de materiales, maquinaria y herramienta, así como la lista de costos de mano de obra, dentro de la base de datos, para de esta manera mantener vigente la aplicación computacional; puesto que, en el Ecuador cada año se actualiza la lista de Salarios Mínimos por ley, y estos valores están relacionados directamente con la base de datos de la aplicación computacional.
- Como mejora a implementar para el trabajo de titulación, se podría considerar la inclusión de equipos y elementos eléctricos para sistemas de iluminación, fuerza y cargas especiales correspondientes a instalaciones eléctricas residenciales; logrando la posibilidad de obtener un presupuesto de construcción más completo y detallado.
- Debido a la eficiencia y al ahorro de tiempo que permite su metodología, al momento de calcular un presupuesto de construcción para una red eléctrica subterránea de distribución; la aplicación computacional cuenta con el potencial para ser utilizada en proyectos eléctricos de MV y BV desarrollados por contratistas y empresas consultoras independientes. La aplicación al igual que toda la documentación del proyecto de titulación se encontrará registrada en el *Sistema de Bibliotecas EPN* así como en la Asociación de Estudiantes de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional,

con la finalidad de que esta herramienta computacional esté disponible y sirva a la sociedad colaborando con la expansión del sector eléctrico del país.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Ramírez, Redes de Distribución de Energía, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales, Tercera Edición, enero de 2004.
- [2] J. D. Juárez, Sistemas De Distribución De Energía Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Azcapotzalco, México DF, Primera Edición 1995.
- [3] S. Lema, H. Vásconez, Análisis Técnico – Económico - Financiero Para la Optimización y Factibilidad De Una Red Eléctrica Subterránea De Distribución En Zonas Urbanas, Quito: Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2016.
- [4] L. Cadena, Análisis Técnico Económico en Redes Aéreas y Redes Subterráneas de Distribución, Quito: Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018.
- [5] “Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas”, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Sección 2, Quito, Ecuador, 2013. Disponible en: <http://www.unidadesdepropiedad.com>
- [6] “Manual de las Unidades de Construcción (UC) – Homologación de la Unidades de Propiedad (UP)”, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Sección 4, Quito, Ecuador, 2013. Disponible en: <http://www.unidadesdepropiedad.com>
- [7] “Introducción a MATLAB”, Departamento de la Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad de Alcalá. Disponible en: <http://agamenon.tsc.uah.es/Asignaturas/it/df/Laboratorio/practica0DF.pdf>
- [8] H. Moore, MATLAB para Ingenieros, Pearson-Prentice Hall, Primera Edición 2007.
- [9] “Descripción del Producto MATLAB”, MathWorks, 2019. Disponible en: [https://la.mathworks.com/help/matlab/learn\\_matlab/product-description.html](https://la.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html)
- [10] “Creación de apps con interfaces graficas de usuario en MATLAB”, MathWorks, 2019. Disponible en: <https://la.mathworks.com/discovery/matlab-gui.html>
- [11] P. Corcuera, Creación de interfaces de usuario con MATLAB, Universidad de Cantabria, Dpto. Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación. Disponible: [http://www.utm.mx/~vero0304/HCPM/GUI\\_Matlab.pdf](http://www.utm.mx/~vero0304/HCPM/GUI_Matlab.pdf)
- [12] “Normas Para Sistemas de Distribución – Parte A y B – Guía Para Diseño de Redes De Distribución”, Empresa Eléctrica Quito, vol. Rev. 6, diciembre 2015.



- [13] "Marco Teórico para la Homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas", Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Sección 1, Quito, Ecuador, 2013. Disponible en: <http://www.unidadesdepropiedad.com>
- [14] Catalogo No. 111-302, Aceros Largos - Tablas de Dimensiones y Propiedades, Gerdau Corsa, Distrito Federal, México, 2013. Disponible: [https://www.gerdau.com/gerdaucorsa/es/productservices/products/Document%20Gallery/TABLAS%20DE%20DIMENSIONES\\_2017.pdf](https://www.gerdau.com/gerdaucorsa/es/productservices/products/Document%20Gallery/TABLAS%20DE%20DIMENSIONES_2017.pdf)
- [15] Catalogo No. 21, Acero - Varilla Recta, Adelca, Cumbayá, Ecuador. Disponible: [www.adelca.com](http://www.adelca.com)
- [16] "Especificaciones Técnicas de los Materiales para Sistemas de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas", Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Sección 3, Quito, Ecuador, 2013. Disponible: [www.unidadesdepropiedad.com](http://www.unidadesdepropiedad.com)
- [17] Catalogo No. 21, Pletinas, Adelca, Cumbayá, Ecuador. Disponible: <https://www.adelca.com/producto.php?nom=PLETINAS&cat=1>
- [18] Catalogo 2017, Transformadores Pedestal y Sumergibles Monofásicos - Trifásicos, Ecuatran, Ambato, Ecuador. Disponible: [www.ecuatran.com](http://www.ecuatran.com)
- [19] "Instalaciones eléctricas de un hospital de 200 camas - Memoria de Calculo", Universidad de Sevilla, Sevilla, España. Disponible: [http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4780/fichero/02+MEMORIA+DE+C%3%81LCULO%252F03\\_MC.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4780/fichero/02+MEMORIA+DE+C%3%81LCULO%252F03_MC.pdf)
- [20] P. A. Pérez, Transformadores de Distribución: Teoría, calculo, construcción y pruebas, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, Segunda Edición, 2001.
- [21] Catalogo 01/2019, Tarifa Precios 2019, Sodeca, Girona, España. Disponible: [https://www.sodeca.es/upload/imgCatalogos/ES/Sodeca\\_Tarifa\\_2019\\_ES.pdf](https://www.sodeca.es/upload/imgCatalogos/ES/Sodeca_Tarifa_2019_ES.pdf)
- [22] Catalogo 2019, Lista de Precios septiembre 2019, Gerfor, Cundinamarca, Colombia. Disponible: [http://www.gerfor.com/images/Descargas/catalogos/Precios\\_tubosistemas\\_sep\\_2019.pdf](http://www.gerfor.com/images/Descargas/catalogos/Precios_tubosistemas_sep_2019.pdf)
- [23] M. Inga, "APU Eléctrico Proyecto GEMA - San Lorenzo", Freddy Saldaña Consultor, Quito, Ecuador, 2018.

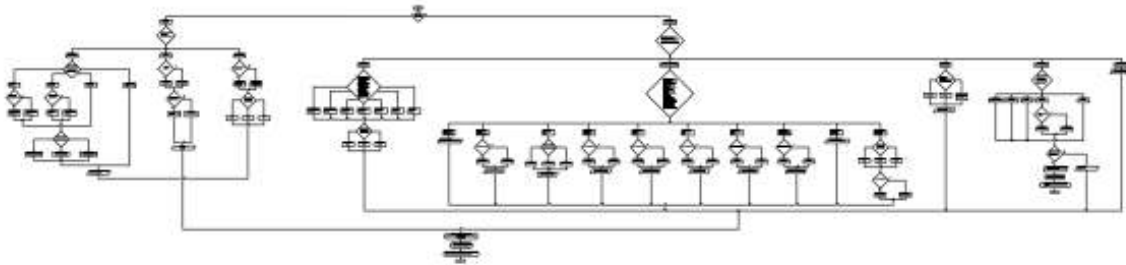
- [24] "Construcción Soterramiento VII Etapa - Sector La Ronda", Empresa Eléctrica Quito, Quito, Ecuador, 2018.
- [25] "Presupuesto Aplicación Marca País Para El Hospital Vicente Corral Moscoso", Servicio de Gestión Inmobiliaria del Sector Publico, Cuenca, Ecuador, diciembre 2013. Disponible: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=LdDbelAWpPdmFXx3t0STIXYOw12SNeDIm6itfWVx3ak>,
- [26] Catalogo 2018, Lista de Precios Conectores Subterráneos Marca Chardon, RTE, Apodaca, México. Disponible: <https://rte.mx/wp-content/uploads/2012/11/CHARDON-LISTA-DE-PRECIOS-PROMOCION-190619.pdf>
- [27] Cotización Elektron, T-Body Deadbreak Connector (600 A, 15/25 kV Class), Elektron, Cuenca, Ecuador, 2019.
- [28] Proforma No. 0419/465, Pararrayos Tipo Codo para 25 kV, Inatra, Quito, Ecuador, abril 2019.
- [29] M. Inga, "APU Dolores Cacuango", Eccol, Quito, Ecuador, 2020.
- [30] "Construcción de la Alimentadora a 13,8 kV - Parque California # 4", CNEL EP - Unidad de Negocio Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, noviembre 2018. Disponible: <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/APU.pdf>
- [31] A. Guaipatín, "Memoria Técnica de la Parte Eléctrica en la Unidad Educativa Ángel Polibio Chávez", Gypsicons CIA. LTDA., Quito, Ecuador, 2020. Disponible: Anexo Digital
- [32] PATE C.A. Construcción y Comercio, "Soterramiento Centro Histórico". [En Línea]. Disponible en: <http://www.pateca.com.ec/obras-destacadas.php?id=18>. [Accedido: 22-dic-2020]
- [33] "Banco de ductos y cámara de registro". [En Línea]. Disponible en: [https://fotos.habitissimo.cl/foto/banco-de-ductos-y-camara-de-registro\\_177651](https://fotos.habitissimo.cl/foto/banco-de-ductos-y-camara-de-registro_177651). [Accedido: 22-dic-2020]
- [34] Catalogo 2017, Celdas de Media Tensión, Legrand, Bogotá, Colombia. Disponible: <https://solucioneselectricascl.com/catalogos/LEGRAND/Cat-Celdas-MT-2017-v6.pdf>

- [35] Grupo TEI México, "Seccionadores Tipo Pedestal y Sumergibles para Redes Subterráneas". [En Línea]. Disponible en: [https://grupoteimexico.com.mx/seccionadores\\_con\\_transferencia\\_automatica.php](https://grupoteimexico.com.mx/seccionadores_con_transferencia_automatica.php). [Accedido: 22-dic-2020]
- [36] "Alambres y Cables con Aislamiento Termoplástico", Servicio Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2345, Quito, Ecuador, Primera revisión 2015. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te-inen-2345-1.pdf>
- [37] J. Aucapiña, J. Niola, Proyecto de Especificaciones Técnicas para el Diseño de Redes Subterráneas de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur S.A., Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2012.

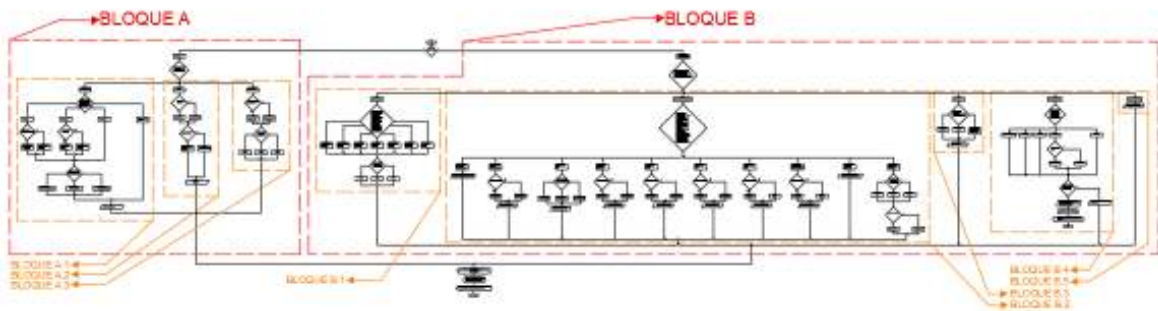
## 6. ANEXOS

### ANEXO 5

#### DIAGRAMA DE FLUJO

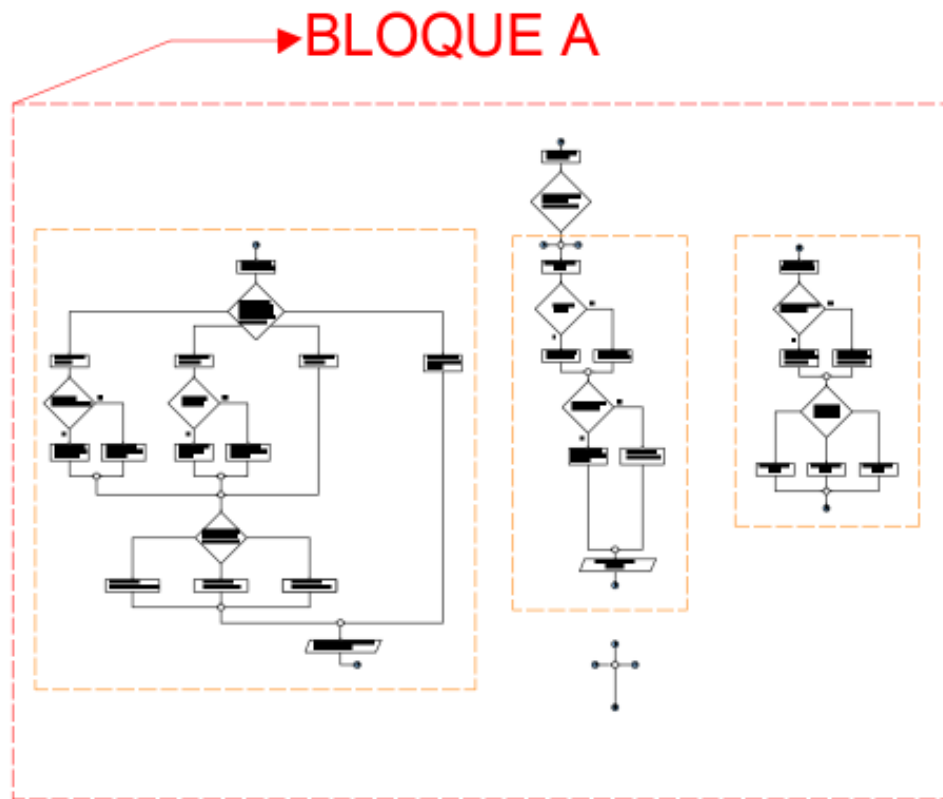


#### DIAGRAMA DE FLUJO CON SUBDIVISIÓN DE BLOQUES



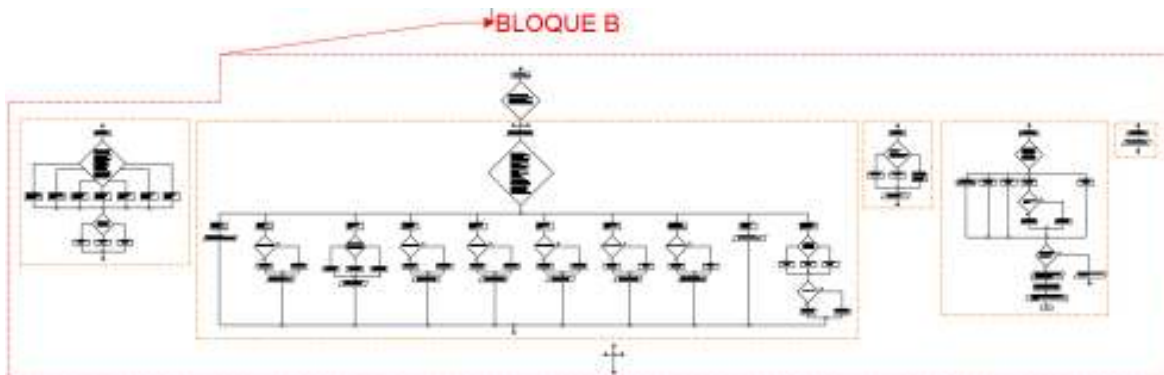
**Figura 6.1.** Diagrama de flujo de la App (imagen referencial)

Para una mejor apreciación, referirse al *Anexo Digital: Diagrama de Flujo\*.pdf*, adjunto al presente



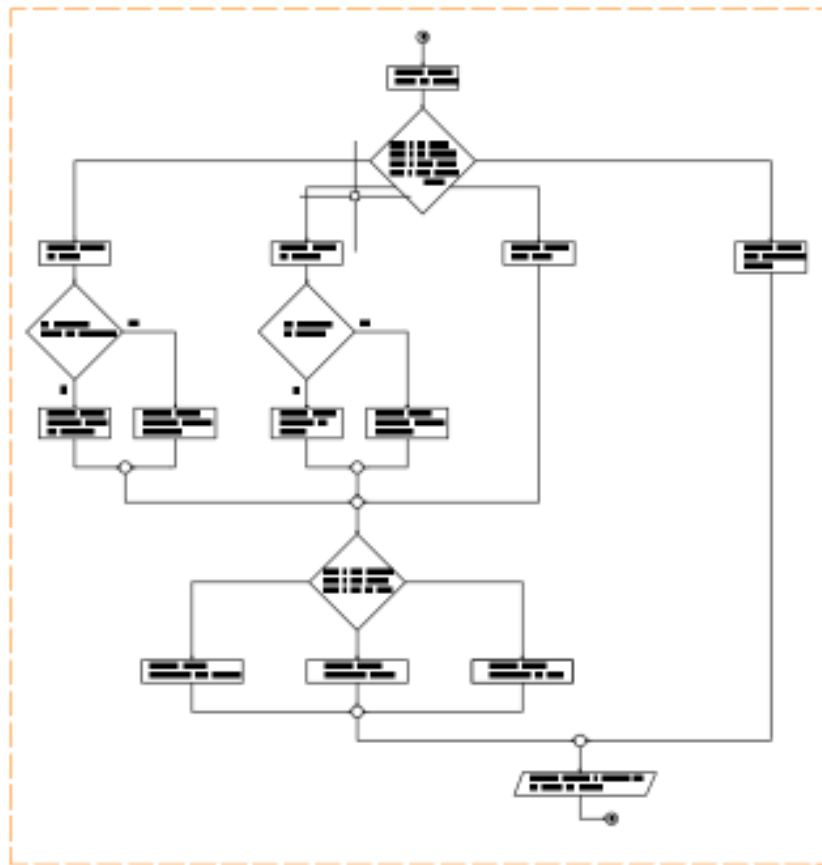
**Figura 6.2.** Diagrama de flujo del Bloque A (imagen referencial)

Para una mejor apreciación, referirse al *Anexo Digital: Diagrama de Flujo\*.pdf*, adjunto al presente



**Figura 6.3.** Diagrama de flujo del Bloque B (imagen referencial)

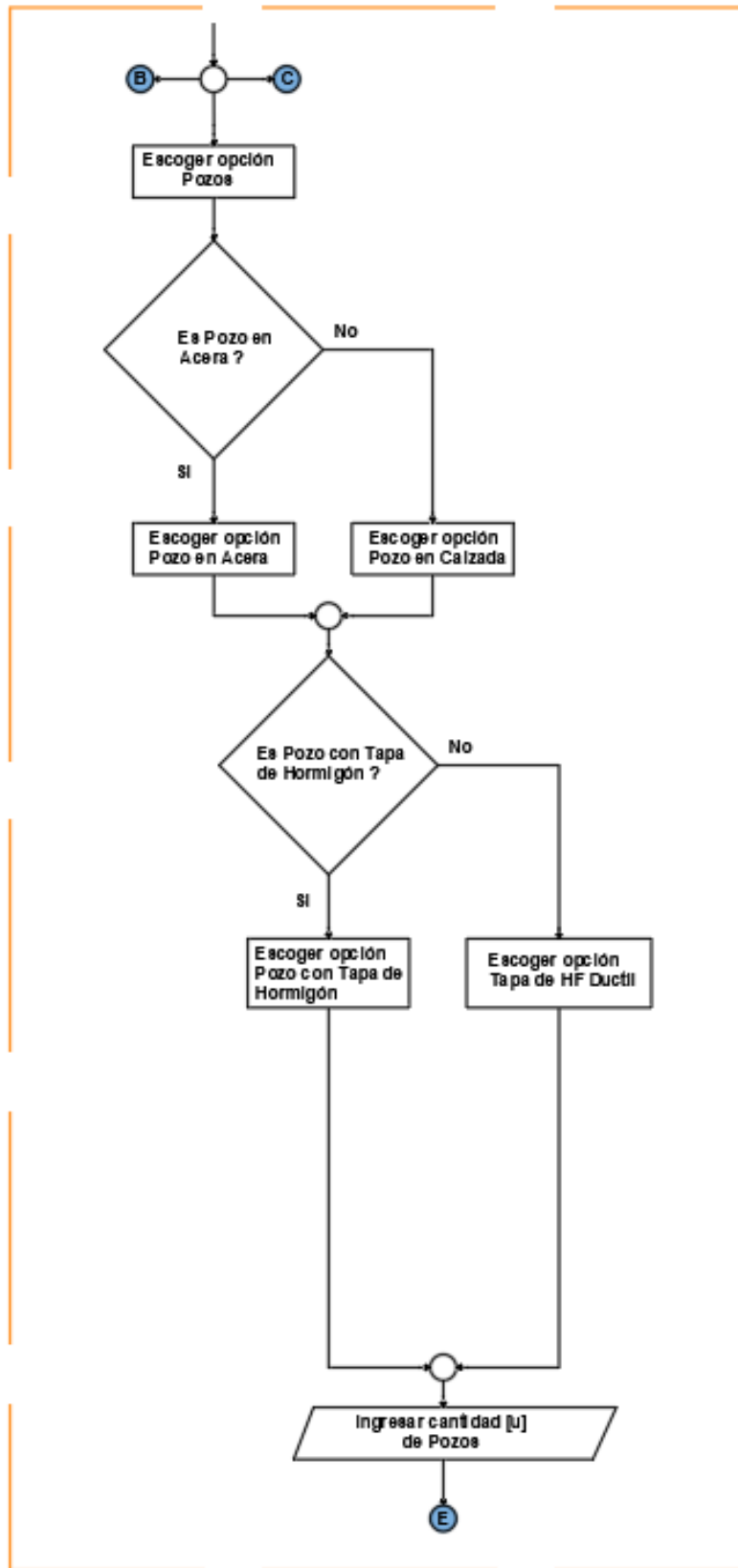
Para una mejor apreciación, referirse al *Anexo Digital: Diagrama de Flujo\*.pdf*, adjunto al presente



## BLOQUE A.1

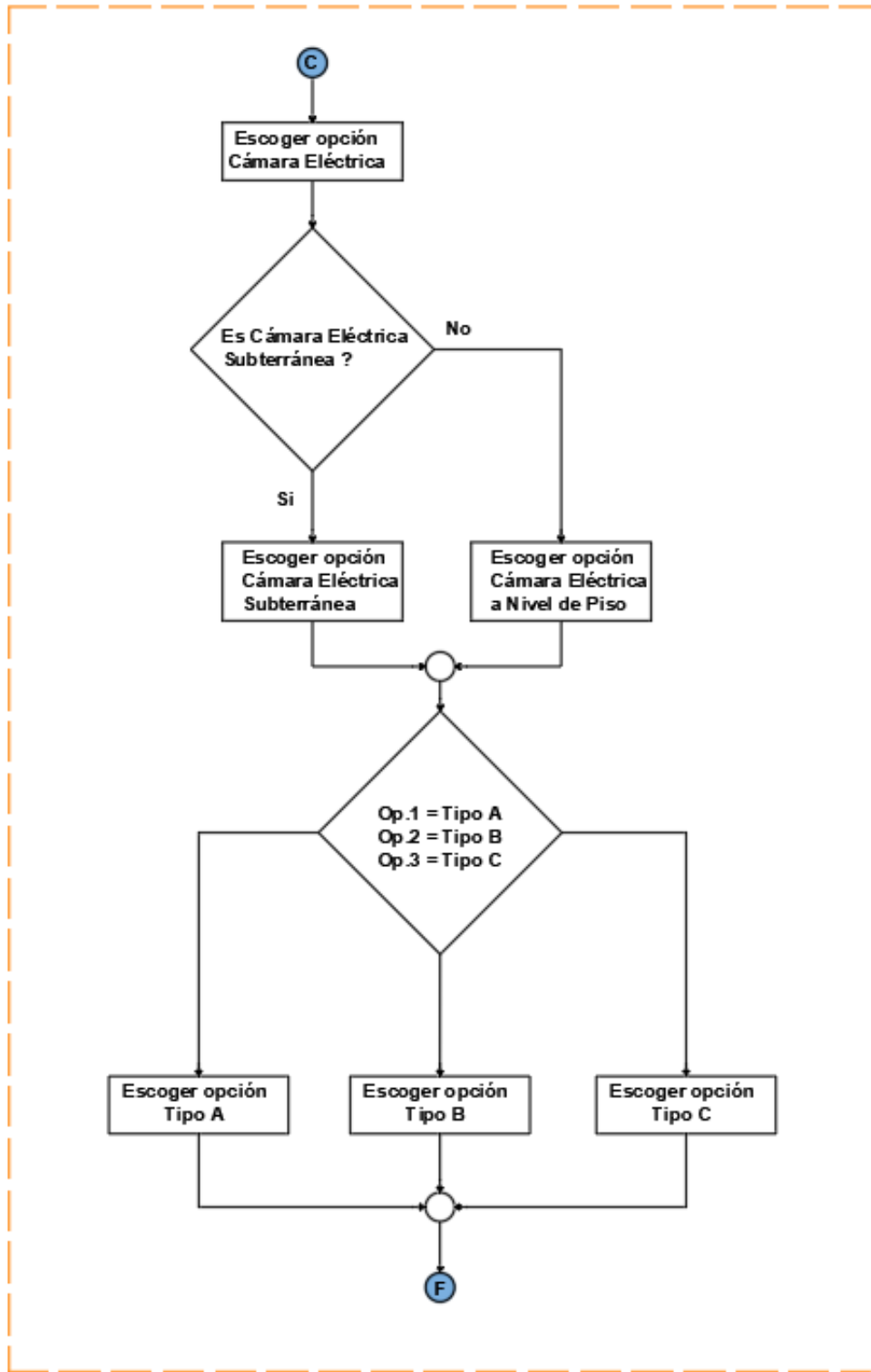
**Figura 6.4.** Diagrama de flujo del Bloque A.1 (imagen referencial)

Para una mejor apreciación, referirse al *Anexo Digital: Diagrama de Flujo\*.pdf*, adjunto al presente



## BLOQUE A.2

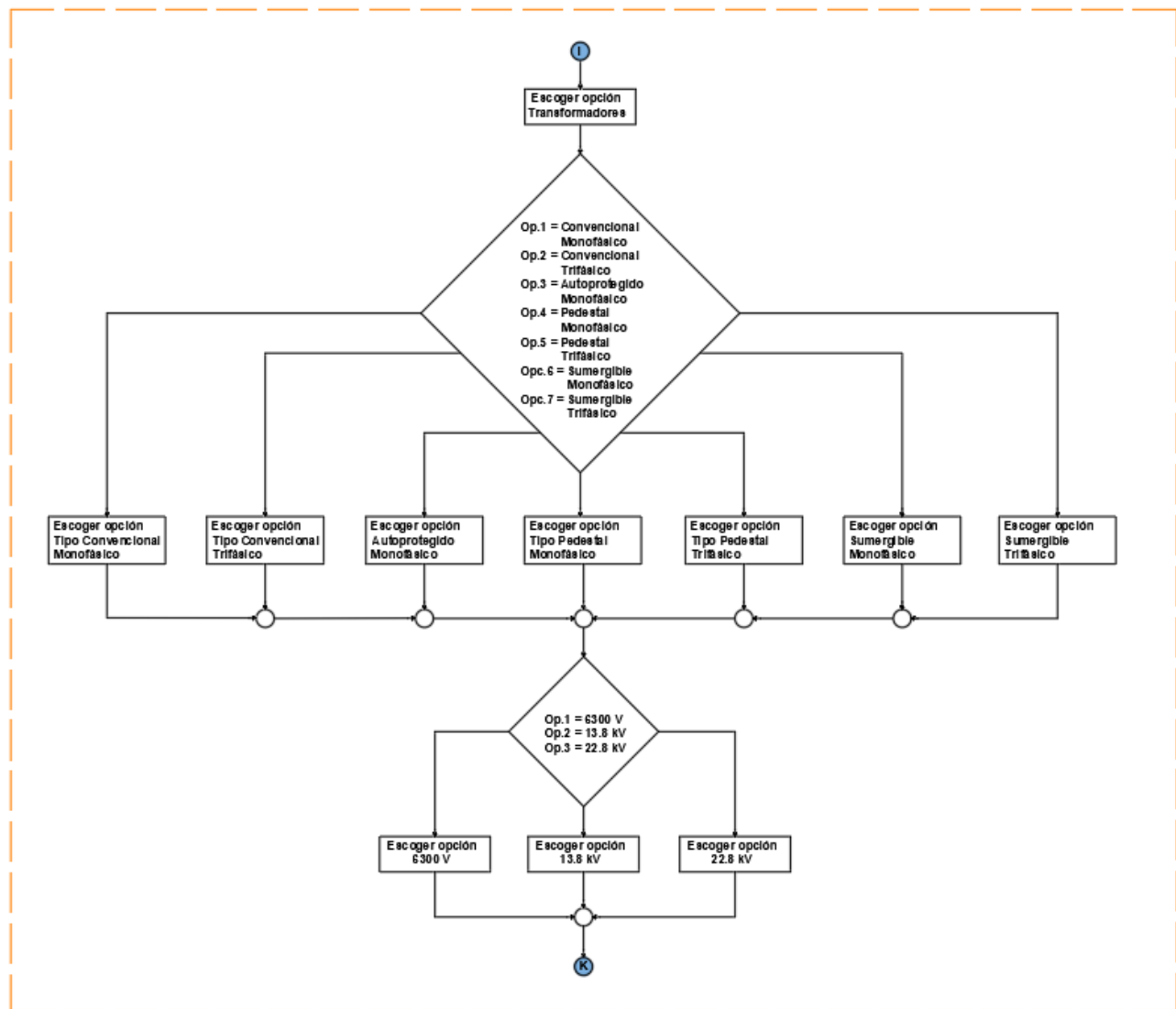
Figura 6.5. Diagrama de flujo del Bloque A.2



## BLOQUE A.3

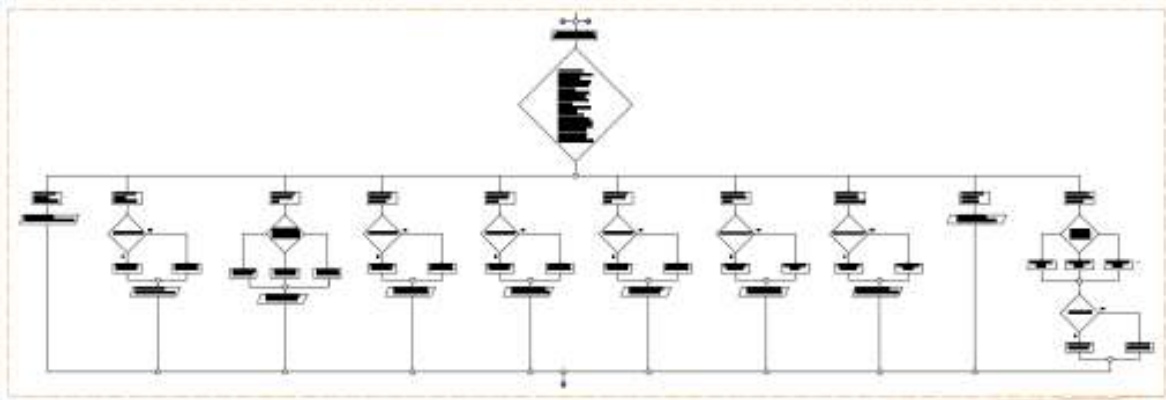
Figura 6.6. Diagrama de flujo del Bloque A.3





## BLOQUE B.1

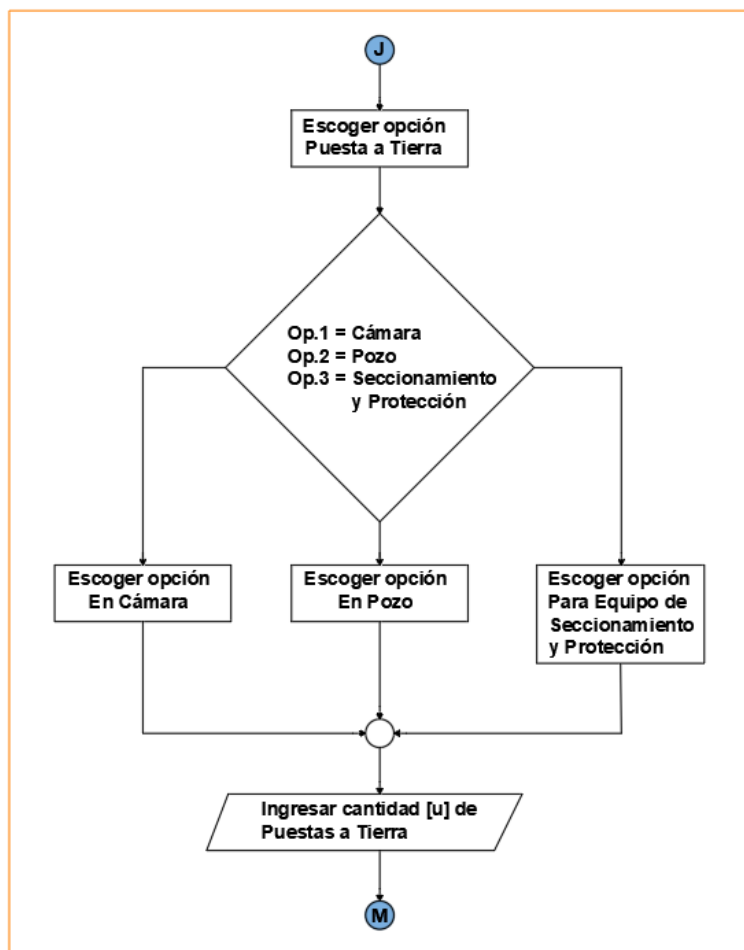
Figura 6.7. Diagrama de flujo del Bloque B.1



**BLOQUE B.2** ◀

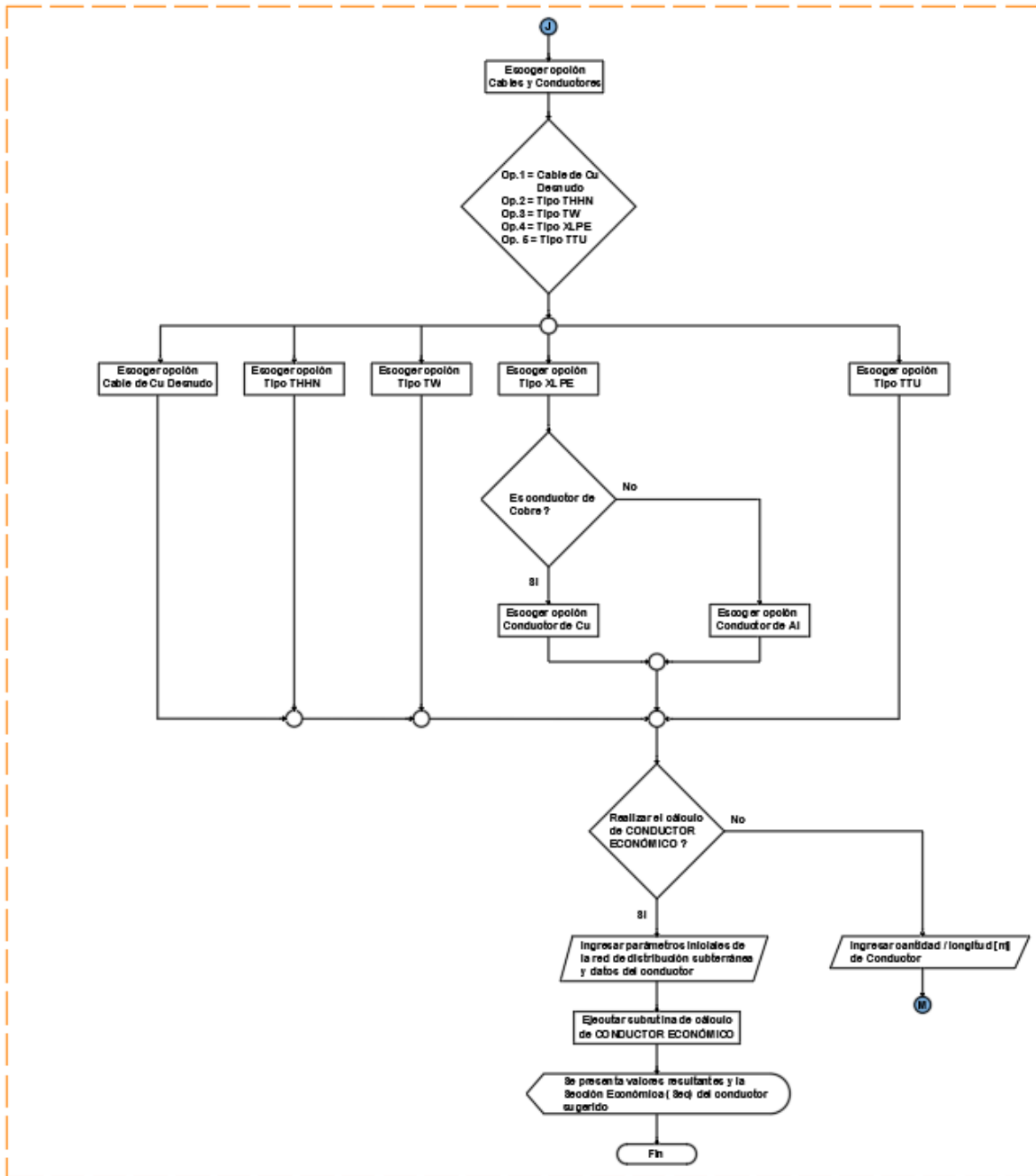
**Figura 6.8.** Diagrama de flujo del Bloque B.2 (imagen referencial)

Para una mejor apreciación, referirse al *Anexo Digital: Diagrama de Flujo\*.pdf*, adjunto al presente



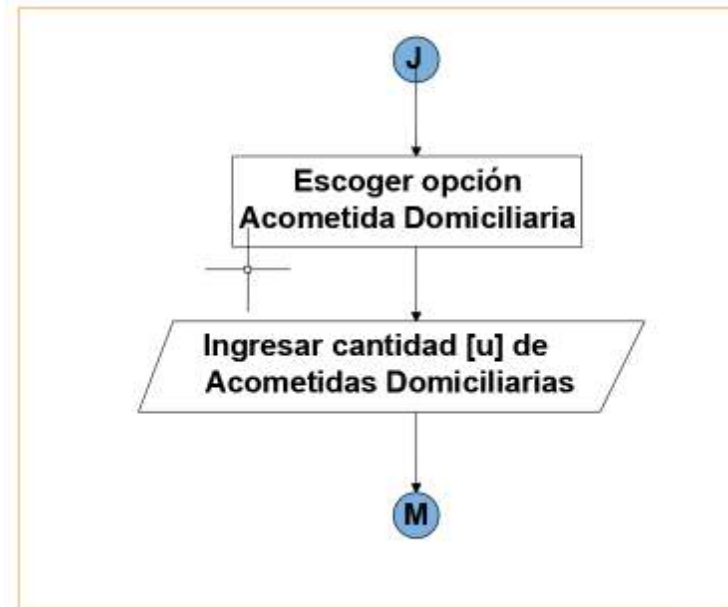
**BLOQUE B.3** ◀

**Figura 6.9.** Diagrama de flujo del Bloque B.3



**BLOQUE B.4** ←

**Figura 6.10.** Diagrama de flujo del Bloque B.4



## BLOQUE B.5

Figura 6.11. Diagrama de flujo del Bloque B.5

## ANEXO 6

### MANUAL DE USUARIO

#### Introducción

El presente apartado corresponde a un documento guía, que tiene como objetivo capacitar al usuario en el manejo y funcionamiento de la App y dar a conocer los procedimientos a seguir para obtener el presupuesto de construcción de una red eléctrica subterránea de distribución; objetivo para el cual la App fue creada.

#### Requerimientos

Para el correcto funcionamiento y desempeño de la App, se requiere de un PC con procesador Core i3 x86-64 (mínimo), 4 Gb en RAM (mínimo); de preferencia que disponga de Matlab R2019a (mínimo) y Microsoft Office 2016.

#### Descripción

La App representa una herramienta digital que, conjuntamente con la base de datos referente a costos (Capítulo 2) que fue creada como parte del desarrollo del proyecto de titulación, permite:

- Obtener un presupuesto de construcción total, de una red eléctrica subterránea de distribución, en sus dos etapas: obra civil y obra eléctrica.
- Obtener presupuestos de construcción parciales, si el requerimiento por parte del usuario lo establece. Los presupuestos parciales son obtenidos acorde al tipo de obra, así pues, para obra civil es posible obtener presupuestos parciales para: banco de ductos, pozos eléctricos y cámaras eléctricas; mientras que, para obra eléctrica es posible obtener presupuestos parciales para: transformadores de distribución, equipos de seccionamiento y protección, puestas a tierra, acometidas domiciliarias y, cables y conductores.
- Calcular el *Conductor Económico* (Sección Económica) para un determinado circuito (alimentador), ya sea en MV o BV.

El funcionamiento de la App se da mediante múltiples ventanas de decisión, pop-up menus, presentación de tablas y finalmente, la creación de un archivo de reporte con extensión \*.xlsx.

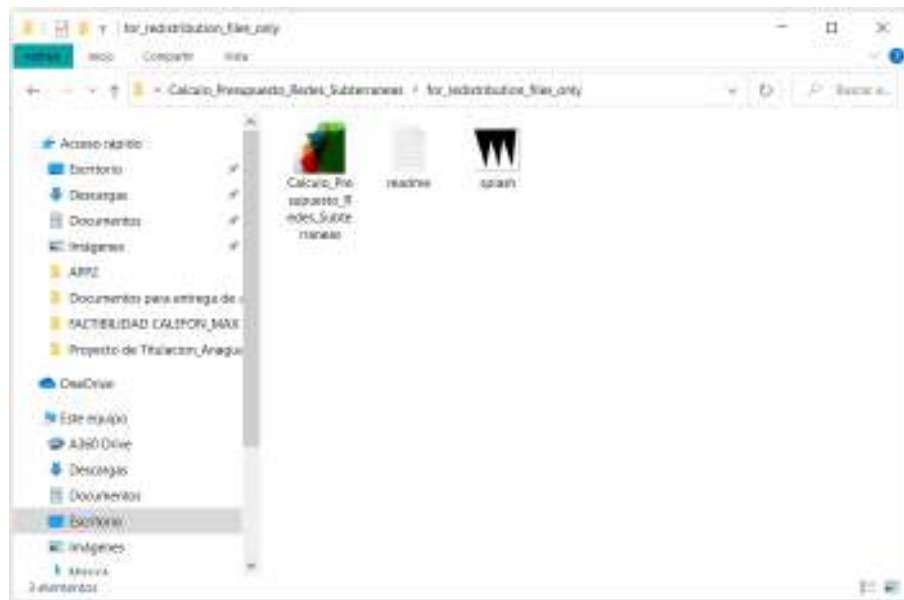
A continuación, y a modo de ejemplificar el funcionamiento de la App como parte del manual de usuario, se procede a detallar y describir los pasos a efectuarse para obtener el presupuesto de construcción de una red eléctrica subterránea de distribución, tomando como ejemplo el caso de estudio para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, presente en el Capítulo 3.

## **Procedimiento para la Obtención del Presupuesto de Construcción**

### **Paso 1**

Se procede a instalar el programa complementario “MyAppInstaller\_mcr\*.exe”, el cual es una herramienta *RunTime* que permite ejecutar la App desarrollada en PC’s que no dispongan de Matlab. El archivo ejecutable de la herramienta en mención se encuentra dentro de la carpeta “for\_redistribution”, la cual a su vez se encuentra dentro de la carpeta “Calculo\_Presupuesto\_Redес\_Subterráneas”, y esta a su vez forma parte de la carpeta “APP INSTALADOR”; dicha carpeta se encuentra junto a las carpetas “ANEXO DIGITAL” y “BASE DE DATOS Y COSTOS”, información entregada que forma parte del proyecto de titulación.

Después de instalar el programa complementario, se procede a abrir el archivo ejecutable de la App, “Calculo\_Presupuesto\_Redес\_Subterráneas\*.exe”, el cual se ubica dentro de la carpeta “for\_redistribution\_files\_only”, la cual a su vez se encuentra dentro de la carpeta “Calculo\_Presupuesto\_Redес\_Subterráneas”, y esta a su vez forma parte de la carpeta “APP INSTALADOR”. La Figura 6.12 a continuación, muestra el archivo y la ubicación antes mencionados.



**Figura 6.12.** Ubicación del archivo ejecutable de la App [Propia Autoría]

## Paso 2

Se despliega la ventana inicial de la App, donde se escoge el tipo de obra por la que se empezará la obtención del presupuesto de construcción. La ventana contiene dos botones (push buttons), como se puede observar en la Figura 6.13.



**Figura 6.13.** Ventana inicial de la App - Ventana de decisión entre obra civil o eléctrica [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los botones se lo realiza a continuación.

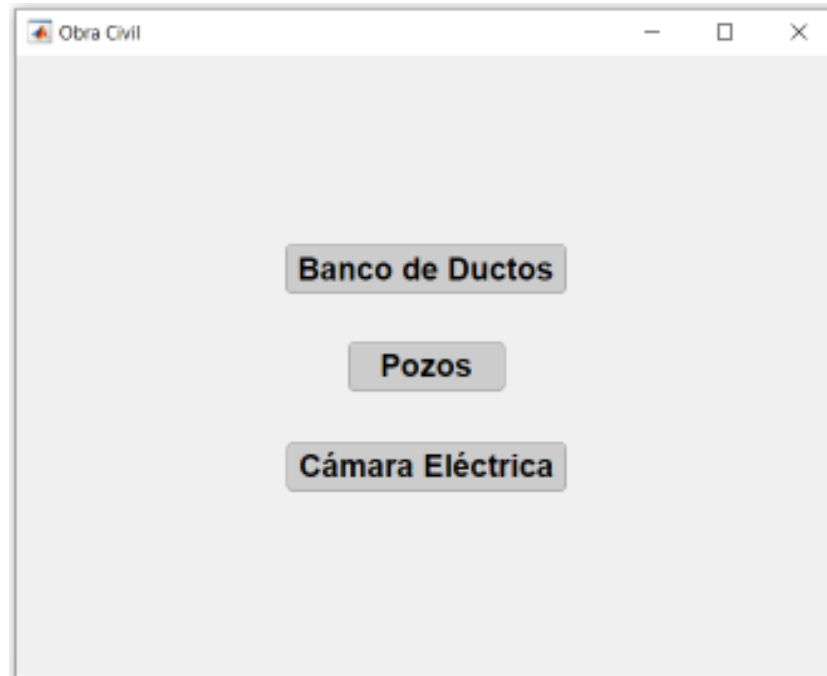
- *OBRA CIVIL*: Permite escoger la alternativa de obra civil para posteriormente seleccionar las diferentes estructuras que componen este tipo de obra.
- *OBRA ELÉCTRICA*: Permite escoger la alternativa de obra eléctrica para posteriormente seleccionar los diferentes elementos y equipos que componen este tipo de obra.

El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa de *Obra Civil*.

### Paso 3

#### Obra Civil

Si la alternativa seleccionada fue *Obra Civil*, a continuación, como se observa en la Figura 6.14, se despliega una ventana de decisión que permite escoger el tipo de estructura civil. La ventana contiene tres botones de selección.



**Figura 6.14.** Ventana de obra civil - Ventana de decisión entre banco de ductos, pozos y cámara eléctrica [Propia Autoría]



La descripción del funcionamiento de los botones se lo realiza a continuación.

- *Banco de Ductos*: Escoge la alternativa *Banco de Ductos*, por la cual posteriormente, se seleccionará los diferentes tipos de banco de ductos que conformarán el presupuesto de construcción a obtener.
- *Pozos*: Escoge la alternativa *Pozos*, por la cual posteriormente, se seleccionará los diferentes tipos de pozos eléctricos que conformarán el presupuesto de construcción a obtener.
- *Cámara Eléctrica*: Escoge la alternativa *Cámara Eléctrica*, por la cual posteriormente, se seleccionará el tipo de cámara que conformará el presupuesto de construcción a obtener.

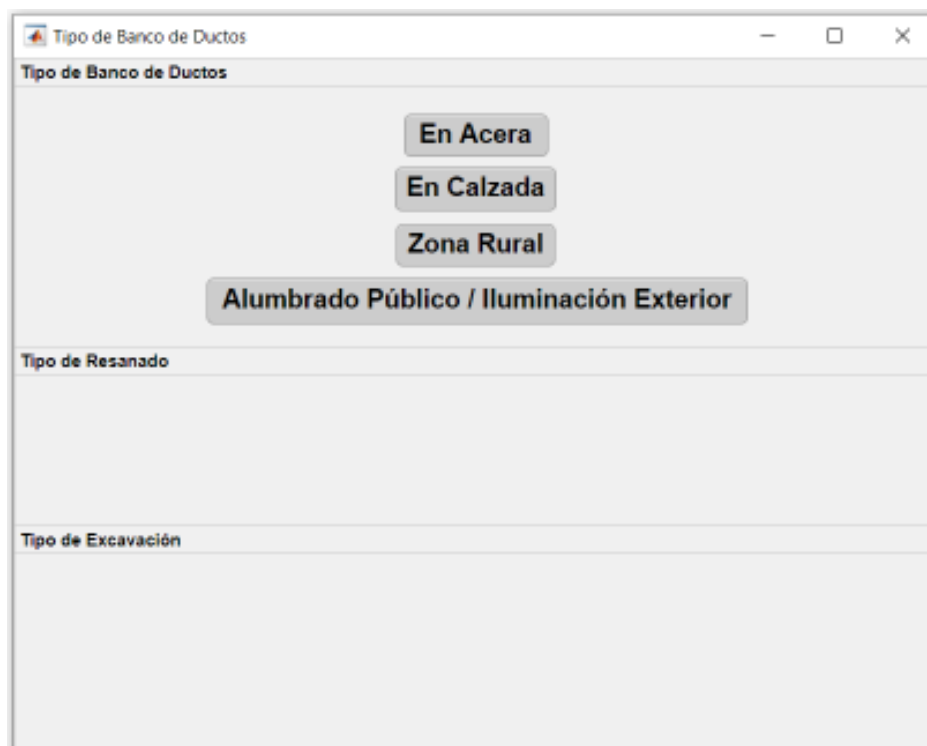
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa de *Banco de Ductos*.

#### **Paso 4**

##### **Banco de Ductos**

##### **Ubicación**

Para la descripción del funcionamiento de la ventana *Tipos de Banco de Ductos*, presente en la Figura 6.15, se procede a calcular el presupuesto del primer rubro correspondiente a los bancos de ductos del caso de estudio para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”. El rubro a presupuestar se muestra en la Figura 6.16, a continuación.



**Figura 6.15.** Ventana para tipo de banco de ductos - Ventana de decisión para seleccionar la ubicación de un banco de ductos [Propia Autoría]

<u>Código</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>
<b>BANCO DE DUCTOS</b>			
EU0-0B2x2B1	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACIÓN 2X2 DE 110 mm, EXCAVACIÓN EN ZANJA CON EQUIPO MECÁNICO - (CON RESANADO_ADOQUÍN DECORATIVO)	m	82
EU0-0B2x3B1	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACIÓN 2X3 DE 110 mm, EXCAVACIÓN EN ZANJA CON EQUIPO MECÁNICO - (CON RESANADO_ADOQUÍN DECORATIVO)	m	538
EU0-0B1A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PÚBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	1138

**Figura 6.16.** Bancos de ductos a presupuestar – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

Para el primer rubro que muestra la Figura 6.16, al ser un banco de ductos en acera, con resanado de adoquín decorativo y excavación con equipo mecánico, se realiza el procedimiento detallado a continuación.

La Figura 6.15 muestra inicialmente a la ventana de tipo de banco de ductos con cuatro botones, los cuales permiten seleccionar la ubicación del banco. Las 4 alternativas de ubicación disponibles son las siguientes:

- *En Acera:* Permite seleccionar a la acera como lugar de ubicación para el banco de ductos.

- *En Calzada*: Permite seleccionar a la calzada como lugar de ubicación para el banco de ductos.
- *Zona Rural*: Permite seleccionar a la zona rural como lugar de ubicación para el banco de ductos. Para zona rural, los bancos de ductos carecen de tipo de resanado.
- *Alumbrado Público*: Permite seleccionar banco de ductos para alumbrado público o iluminación exterior (para proyectos eléctricos que lo requieran).

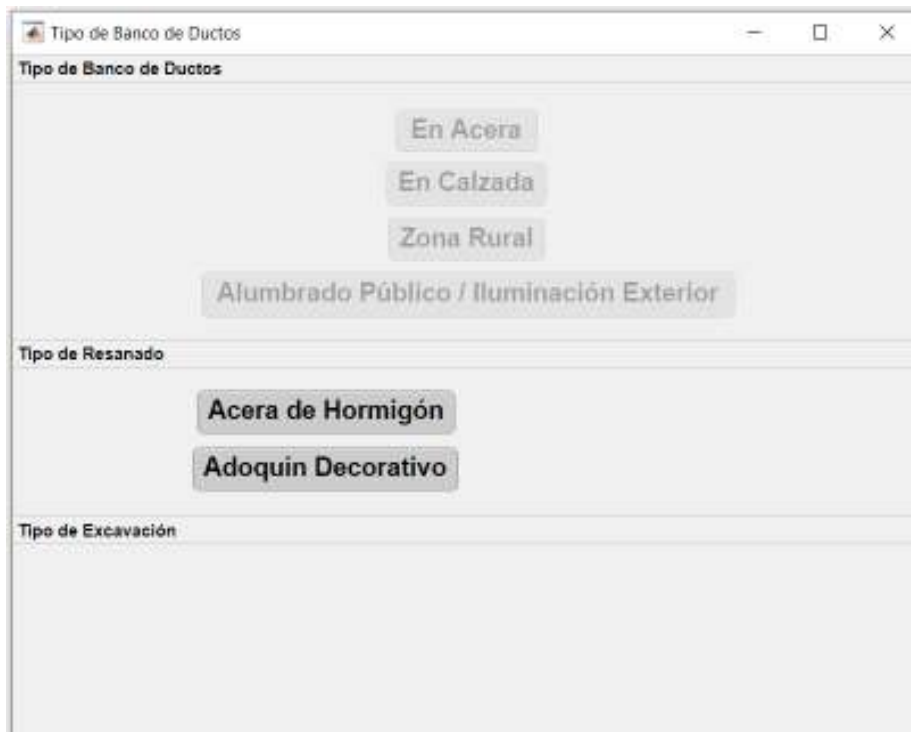
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *En Acera*, aunque si la selección es *En Calzada*, *Zona Rural* o *Alumbrado Público*; el proceso es similar.

## Paso 5

### Banco de Ductos

#### Tipo de Resanado

Si la alternativa seleccionada fue *En Acera*, a continuación, como se observa en la Figura 6.17, se presentan dos botones como alternativas para el tipo de resanado.



**Figura 6.17.** Ventana para tipo de banco de ductos - Ventana de decisión para seleccionar el tipo de resanado de un banco de ductos en acera [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 2 botones se lo realiza a continuación.

- *Acera de Hormigón*: Permite seleccionar al hormigón como material de resanado para el banco de ductos en acera.
- *Adoquín Decorativo*: Permite seleccionar al adoquín decorativo como material de resanado para el banco de ductos en acera.

El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *Adoquín Decorativo*, aunque si la selección es *Acera de Hormigón*, el proceso es similar.

## Paso 6

### Banco de Ductos

#### Tipo de Excavación

Si la alternativa seleccionada fue *Adoquín Decorativo*, a continuación, como se observa en la Figura 6.18, se presentan tres botones como alternativas para el tipo de excavación.



**Figura 6.18.** Ventana para tipo de banco de ductos - Ventana de decisión para seleccionar el tipo de excavación de un banco de ductos en acera [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 3 botones se lo realiza a continuación.

- *Con Equipo Mecánico*: Permite seleccionar que la excavación de la zanja para el banco de ductos se realice con equipo mecánico.
- *Manual*: Permite seleccionar que la excavación de la zanja para el banco de ductos se realice de forma manual.
- *En Roca*: Permite seleccionar que la excavación de la zanja para el banco de ductos se realice en roca.

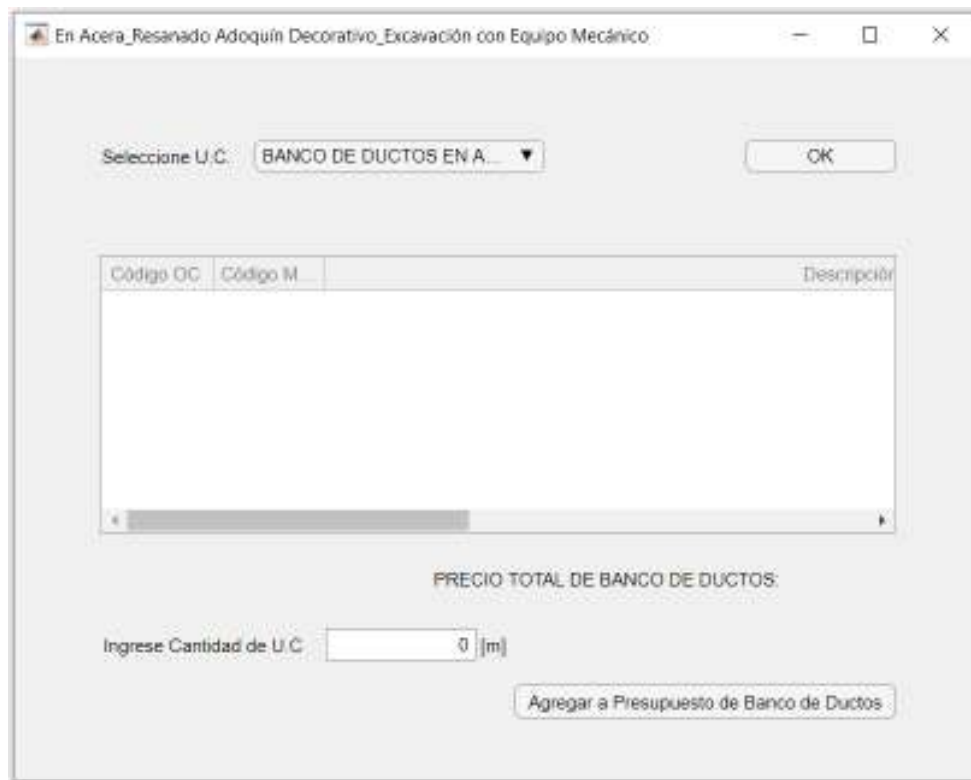
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *Con Equipo Mecánico*, aunque si la selección es *Manual o En Roca*, el proceso es similar.

## **Paso 7**

### **Banco de Ductos**

#### **Configuración de Banco de Ductos e Ingreso de Cantidad**

Si la alternativa seleccionada fue *Con Equipo Mecánico*, a continuación, como se observa en la Figura 6.19, se despliega una ventana en la cual, por medio del menú desplegable (push up menu) se procede a seleccionar la configuración que tendrá el banco de ductos a presupuestar. La ventana en mención también presenta un campo editable numérico, en el cual se ingresará la cantidad (en metros) del banco de ductos previamente seleccionado.

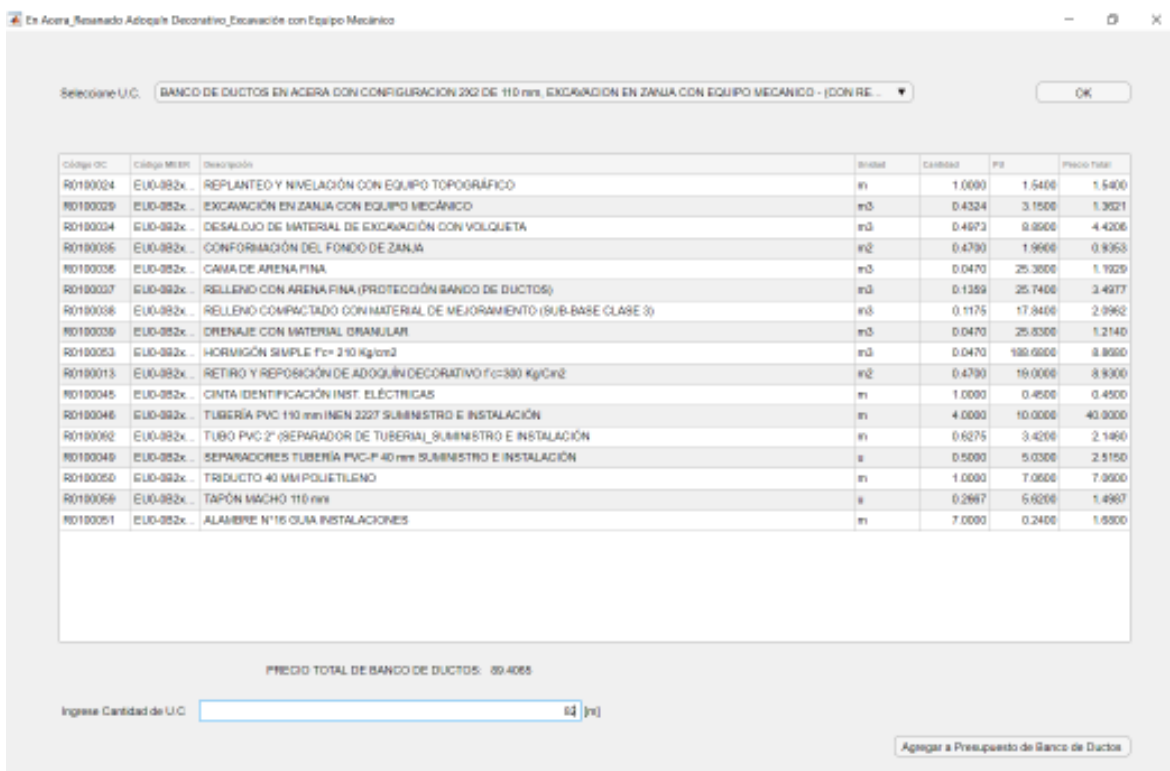


**Figura 6.19.** Ventana para selección de configuración e ingreso de cantidad de banco de ductos – Banco de ductos en acera, resanado de adoquín decorativo y excavación con equipo mecánico [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 2 botones presentes en la ventana, se lo realiza a continuación.

- *OK*: Permite mostrar la lista de rubros (APU's) que conforman la Unidad de Construcción seleccionada, en este caso, la lista de actividades y materiales que conforman el banco de ductos seleccionado. La lista se presenta en la tabla ubicada en la parte inferior del botón.
- *Agregar a Presupuesto de Banco de Ductos*: Permite agregar el banco de ductos seleccionado a una tabla en la que se irán registrando todos los tipos de bancos requeridos por el usuario.

Siguiendo el procedimiento para presupuestar el primer rubro, presente en la Figura 6.16; del menú desplegable se selecciona la configuración de ductos 2x2 y se presiona el botón *OK*. La cantidad de banco de ductos también es ingresada, obteniendo la ventana resultante, presente en la Figura 6.20 a continuación.



**Figura 6.20.** Ventana para selección de configuración e ingreso de cantidad de banco de ductos – Configuración de ductos seleccionada y cantidad ingresada [Propia Autoría]

## Paso 8

### Banco de Ductos

#### Presupuesto de Banco de Ductos

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto de Banco de Ductos*, el banco de ductos que fue seleccionado previamente, se registra y se muestra en una tabla, que corresponde al *Presupuesto de Banco de Ductos* que contendrá todos los bancos que el usuario requiera. La tabla en mención se muestra en la Figura 6.21, a continuación.

The screenshot shows a software interface for managing a budget for 'BANCO DE DUCTOS' (Duct Bank) under the category 'OBRA CIVIL'. The interface includes a table with the following data:

Código M.	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
1	EIA-082a BANCO DE DUCTOS EN ACERÁ CON CONFIGURACIÓN 2X2 DE 110 mm. EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECAN.	m	88.41	82.00	7331.32

At the bottom of the window, there is a summary line: 'PRESUPUESTO DE BANCO DE DUCTOS: 7331.306'. Below this, there are two buttons: 'Agregar otro Tipo de Banco de Ductos' and 'Agregar a Presupuesto Total'.

**Figura 6.21.** Ventana que muestra el presupuesto de banco de ductos [Propia Autoría]

La ventana mencionada anteriormente contiene 2 botones, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

- *Agregar otro Tipo de Banco de Ductos:* Permite regresar a la ventana *Tipo de Banco de Ductos* (Figura 6.15) correspondiente al Paso 4; para de este modo y siguiendo los procedimientos antes descritos, se pueda agregar otro tipo de banco de ductos al presupuesto. Los nuevos rubros que sean agregados se irán enlistando uno a continuación de otro.
- *Agregar a Presupuesto Total:* Permite agregar el/los banco/s de ductos previamente seleccionados a una tabla, la cual se desplegará inmediatamente después de presionar el botón. La tabla en mención corresponde al *Presupuesto Total de Construcción*, la cual irá registrando todos los elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) que el usuario agregue mediante los pasos y procedimientos antes descritos.



Continuando con la obtención del presupuesto de bancos de ductos para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como parte de la descripción del manual de usuario; se procede a obtener el presupuesto de banco de ductos con todos los elementos que lo componen, como lo muestra la Figura 6.16.

Una vez realizado nuevamente los pasos y procedimientos antes descritos para los tipos de banco de ductos faltantes, se obtendrá el presupuesto total de construcción de banco de ductos para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como se observa en la Figura 6.22 a continuación.

Código MEST	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Tot.
1 E10.06209	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm. EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANI...	m	85.41	62.00	7301
2 E10.06208	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm. EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANI...	m	132.78	138.00	8934
3 E10.06141	DUCTO PARA ALUMBRADO PUBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	6.75	1138.00	7661

PRESUPUESTO DE BANCO DE DUCTOS      01095 9204

**Figura 6.22.** Presupuesto de banco de ductos – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

## Paso 9

### Banco de Ductos

#### Presupuesto de Banco de Ductos a Presupuesto Total

Siguiendo el procedimiento para presupuestar los bancos de ductos presente en la Figura 6.16, y partiendo de la Figura 6.22, se procede a realizar el siguiente paso.

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto Total*, el o los bancos de ductos que fueron seleccionados y se encuentran registrados en la tabla de presupuesto de banco de ductos, son enviados y registrados en una tabla final, que corresponde al *Presupuesto Total de Construcción*. La tabla del presupuesto total contendrá todos los elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) que el usuario agregue mediante los pasos y procedimientos descritos anteriormente, ya sea para obra civil o para obra eléctrica.

En la Figura 6.23 a continuación, se observa todos los rubros que componen el presupuesto de banco de ductos, ya registrados en la tabla final correspondiente al *Presupuesto Total*.

Código MSER	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
EUG-062x281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	89.41	82.00	7331.33
EUG-062x381	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X3 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	122.78	536.00	66254.16
EUG-081A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PUBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	6.75	1138.00	7591.50

TOTAL: \$1086.9904

Limpiar Presupuesto    Agregar Estructura Civil o Equipo Eléctrico    Crear Hoja de Presupuesto

**Figura 6.23.** Ventana del presupuesto total con el registro de los rubros pertenecientes al presupuesto de banco de ductos [Propia Autoría]

La ventana del presupuesto total de construcción contiene 3 botones, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

- *Limpiar Presupuesto*: Elimina el registro de elementos (rubros) presentes en la tabla, para que la App pueda volver a utilizarse, si el usuario así lo requiere. Esta acción hay que realizarla siempre que se termine de obtener un presupuesto y se necesite obtener otro a continuación. La ejecución del botón también cierra la ventana.
- *Agregar Estructura Civil o Equipo Eléctrico*: Permite regresar a la ventana inicial de la App (Figura 6.13) correspondiente al Paso 2; para de este modo y siguiendo los procedimientos antes descritos, se pueda agregar elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) al presupuesto total de construcción, dependiendo de los requerimientos del usuario.
- *Crear Hoja de Presupuesto*: Permite crear un reporte (archivo de Excel), el cual contendrá toda la información de la tabla del presupuesto total.

Una vez agregados al *Presupuesto Total* todos los bancos de ductos que formaran parte del presupuesto de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución en estudio; se procede a presupuestar los pozos eléctricos.

## **Paso 10**

### **Pozos**

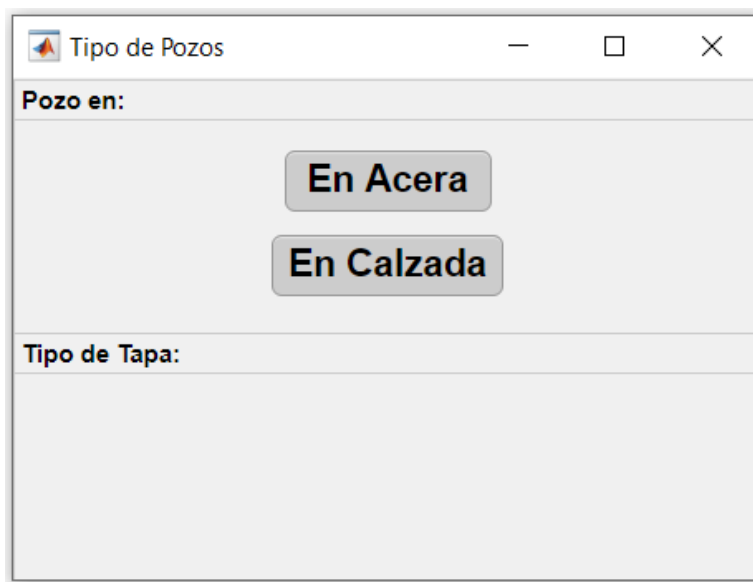
#### **Ubicación**

Partiendo de la Figura 6.23 mostrada anteriormente, se procede a realizar los pasos correspondientes para seleccionar los pozos eléctricos a presupuestar.

Se presiona el botón *Agregar Estructura Civil o Equipo Eléctrico*, para de este modo regresar a la ventana inicial de la App (Figura 6.13) correspondiente al Paso 2 y así seleccionar la opción *Obra Civil* y posteriormente la alternativa *Pozos*; como se es posible observar en la Figura 6.14 previamente presentada.

Después de seleccionar la alternativa *Pozos*, inmediatamente se despliega la ventana *Tipo de Pozos*. Para la descripción del funcionamiento de dicha ventana, presente en la Figura 6.24, se procede a calcular el presupuesto del primer rubro correspondiente a los pozos

eléctricos del caso de estudio para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”. El rubro a presupuestar se muestra en la Figura 6.25, a continuación.



**Figura 6.24.** Ventana para tipo de pozos - Ventana de decisión para seleccionar la ubicación y el tipo de tapa de un pozo eléctrico. [Propia Autoría]

Código	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>POZOS ELÉCTRICOS</b>			
EU0-0PA	POZO PARA REDES SUBTERRÁNEAS TIPO A_0.6x0.6x0.75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	62
EU0-0PB	POZO PARA REDES SUBTERRÁNEAS TIPO B_0.9x0.9x0.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	35
EU0-0PC	POZO PARA REDES SUBTERRÁNEAS TIPO C_1.2x1.2x1.2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	3

**Figura 6.25.** Pozos eléctricos a presupuestar – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

Para el primer rubro que muestra la Figura 6.25, al ser un pozo eléctrico en acera y con tapa de hormigón, se realiza el procedimiento detallado a continuación.

La Figura 6.24 muestra inicialmente a la ventana *Tipo de Pozos* con dos botones, los cuales permiten seleccionar la ubicación del pozo. Las 2 alternativas de ubicación disponibles son las siguientes:

- *En Acera*: Permite seleccionar a la acera como lugar de ubicación para el pozo eléctrico.
- *En Calzada*: Permite seleccionar a la calzada como lugar de ubicación para el pozo eléctrico.

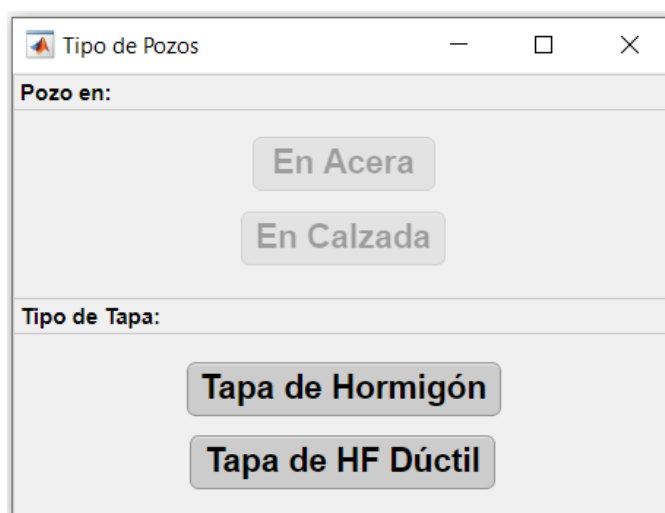
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *En Acera*, aunque si la selección es *En Calzada*; el proceso es similar.

## Paso 11

### Pozos

#### Tipo de Tapa

Si la alternativa seleccionada fue *En Acera*, a continuación, como se observa en la Figura 6.26, se presentan inmediatamente dos botones como alternativas para el tipo de tapa que tendrá el pozo.



**Figura 6.26.** Ventana para tipo de pozos - Ventana de decisión para seleccionar el tipo de tapa de un pozo eléctrico en acera [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 2 botones se lo realiza a continuación.

- *Tapa de Hormigón*: Permite seleccionar a una tapa de hormigón como elemento de protección para el pozo eléctrico en acera.
- *Tapa de HF Dúctil*: Permite seleccionar a una tapa de hierro fundido dúctil como elemento de protección para el pozo eléctrico en acera.

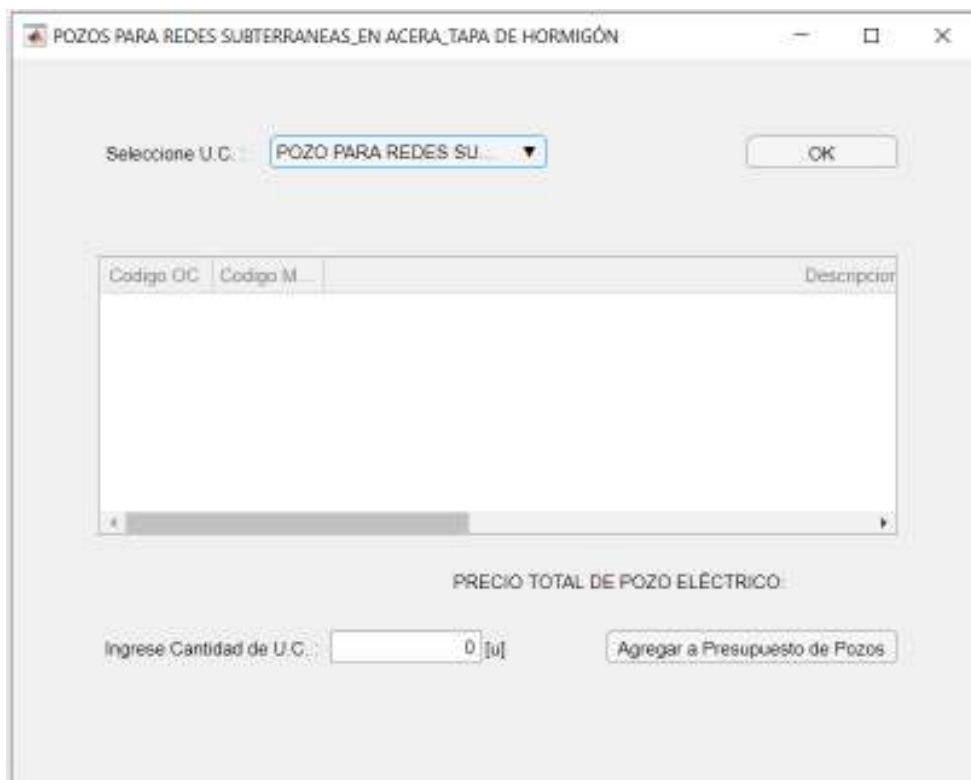
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *Tapa de Hormigón*, aunque si la selección es *Tapa de HF Dúctil*, el proceso es similar.

## Paso 12

### Pozos

#### Selección de Tipo de Pozo e Ingreso de Cantidad

Si la alternativa seleccionada fue *Tapa de Hormigón*, a continuación, como se observa en la Figura 6.27, se despliega una ventana en la cual, por medio del menú desplegable (push up menu) se procede a seleccionar el tipo de pozo (acorde a las dimensiones) a presupuestar. La ventana en mención también presenta un campo editable numérico, en el cual se ingresará la cantidad de unidades del pozo previamente seleccionado.



**Figura 6.27.** Ventana para selección de tipo e ingreso de cantidad de pozos eléctricos – Pozo eléctrico en acera, tapa de hormigón [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 2 botones presentes en la ventana, se lo realiza a continuación.

- **OK:** Permite mostrar la lista de rubros (APU's) que conforman la Unidad de Construcción seleccionada, en este caso, la lista de actividades y materiales que conforman el pozo eléctrico seleccionado. La lista se presenta en la tabla ubicada en la parte inferior del botón.

- *Agregar a Presupuesto de Pozos*: Permite agregar el pozo seleccionado a una tabla en la que se irán registrando todos los tipos de pozos eléctricos seleccionados por el usuario.

Siguiendo el procedimiento para presupuestar el primer rubro, presente en la Figura 6.25; del menú desplegable se selecciona el pozo eléctrico Tipo A y se presiona el botón *OK*. La cantidad de pozos a presupuestar también es ingresada, obteniendo la ventana resultante, presente en la Figura 6.28 a continuación.

Código OC	Código MEN	Descripción	Unidad	Cantidad	P2	Precio Total
R0190026	EUD-SPA	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS MENORES	s	1.0000	7.7300	7.7300
R0190032	EUD-SPA	EXCAVACIÓN EN ESTRUCTURAS MENORES	m3	0.6420	11.3400	7.2803
R0190034	EUD-SPA	DESALOJO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN CON VOLQUETA	m3	0.7383	8.9500	6.5925
R0190062	EUD-SPA	MARILLADO	m2	0.3690	7.7500	2.7900
R0190074	EUD-SPA	MAMPOSTERÍA DE BLOQUE HORMIGÓN Prensado 12cm	m2	2.4490	12.0500	29.4954
R0190076	EUD-SPA	ENLUCIDO INTERIOR O EXTERIOR 1:3	m2	2.0430	6.3500	12.9356
R0190036	EUD-SPA	DRENAJE CON MATERIAL GRANULAR	m3	0.0390	25.8300	0.9999
R0190082	EUD-SPA	TAPA PARA POZO TIPO A, DE HORMIGÓN ARMADO DE 75 mm DE ESPESOR - MARCO Y BRINCO METÁLICO	s	1.0000	135.0500	135.0500
R0190025	EUD-SPA	VALLA DE PROTECCIÓN TEMPORAL	s	1.0000	147.1300	147.1300
R0190084	EUD-SPA	SOPORTE GRANDE DE CABLES PARA POZO	s	2.0000	13.9600	27.9600

PRECIO TOTAL DE POZO ELÉCTRICO: 348.9675

Ingresar Cantidad de U.C.:  [u]

**Figura 6.28.** Ventana para selección de tipo e ingreso de cantidad de pozos eléctricos – Tipo de pozo seleccionado y cantidad ingresada [Propia Autoría]

## Paso 13

### Pozos

#### Presupuesto de Pozos

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto de Pozos*, el pozo eléctrico que fue seleccionado previamente, se registra y se muestra en una tabla, que corresponde al *Presupuesto de Pozos* que contendrá todos los pozos que el usuario requiera. La tabla en mención se muestra en la Figura 6.29, a continuación.

Presupuesto de Pozos Eléctricos

**OBRA CIVIL**

**POZOS ELÉCTRICOS**

Código Id.	Descripción	Unidad	Presu Unit	Cantidad	Pozo Total
1	EUB-07A POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A, 0.8x0.8x0.75 m, EN ACERA, TAPA DE HORMIGON	m	348.97	62.00	21635.99

:PRESUPUESTO DE POZOS ELÉCTRICOS: 21635.9941:

Agregar otro Tipo de Pozo

Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.29.** Ventana que muestra el presupuesto de pozos eléctricos [Propia Autoría]

La ventana mencionada anteriormente contiene 2 botones, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

- *Agregar otro Tipo de Pozo:* Permite regresar a la ventana *Tipo de Pozos* (Figura 6.24) correspondiente al Paso 10; para de este modo y siguiendo los procedimientos antes descritos, se pueda agregar otro tipo de pozo eléctrico al presupuesto. Los nuevos rubros que serán agregados, se irán enlistando uno a continuación de otro.
- *Agregar a Presupuesto Total:* Permite agregar los pozos eléctricos previamente seleccionados a la tabla del *Presupuesto Total de Construcción*, la cual se desplegará inmediatamente después de presionar el botón. La tabla en mención irá registrando todos los elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) que el usuario agregue mediante los pasos y procedimientos antes descritos.



Continuando con la obtención del presupuesto de pozos eléctricos para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como parte de la descripción del manual de usuario; se procede a obtener el presupuesto de pozos eléctricos con todos los elementos que lo componen, como lo muestra la Figura 6.25.

Una vez realizado nuevamente los pasos y procedimientos antes descritos para los tipos de pozos faltantes, se obtendrá el presupuesto de pozos eléctricos para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como se observa en la Figura 6.30 a continuación.

The screenshot shows a software window titled "Presupuesto de Pozos Eléctricos". Inside, there is a section for "OBRA CIVIL" and a sub-section for "POZOS ELÉCTRICOS". A table lists three items with their codes, descriptions, units, unit prices, quantities, and total prices. Below the table, a summary line indicates the total budget for electrical wells is 42244.5854. At the bottom, there are two buttons: "Agregar otro Tipo de Pozo" and "Agregar a Presupuesto Total".

Código M...	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
1 SLO-DPA	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A_0.6x0.6x5.75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	340.97	62.00	21635.99
2 SLO-DPB	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0.9x0.9x5.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	517.81	35.00	18123.49
3 SLO-DPC	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C_1.2x1.2x1.2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	820.47	3.00	2465.41

PRESUPUESTO DE POZOS ELÉCTRICOS: 42244.5854

Agregar otro Tipo de Pozo      Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.30.** Presupuesto de pozos eléctricos – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

## Paso 14

### Pozos

#### Presupuesto de Pozos Eléctricos a Presupuesto Total

Siguiendo el procedimiento para presupuestar los pozos eléctricos presente en la Figura 6.25, y partiendo de la Figura 6.30, se procede a realizar el siguiente paso.

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto Total*, los pozos que fueron seleccionados y se encuentran registrados en la tabla de presupuesto de pozos eléctricos, son enviados y registrados en la tabla *Presupuesto Total*; a continuación de la lista de banco de ductos previamente agregada.

En la Figura 6.31 a continuación, se observa todos los rubros (bancos de ductos y pozos eléctricos) que componen hasta ese instante el *Presupuesto Total*.

Codigo MISC	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
EUS-060x251	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	89.41	82.00	7331.33
EUS-060x351	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X3 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	122.78	526.00	66054.16
EUS-081A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PUBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	6.75	1138.00	7681.50
EUS-0PA	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A_0.6x0.6x0.75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	248.97	62.00	21435.90
EUS-0PB	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0.9x0.9x0.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	517.81	35.00	18123.49
EUS-0PC	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C_1.2x1.2x1.2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	828.47	3.00	2485.41
TOTAL:					123311.8658

**Figura 6.31.** Ventana del presupuesto total con el registro de los rubros pertenecientes a bancos de ductos y pozos eléctricos [Propia Autoría]

Una vez agregados al *Presupuesto Total* los bancos de ductos y pozos eléctricos que formaran parte del presupuesto de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución en estudio; se procede a presupuestar la cámara eléctrica.

## Paso 15

### Cámara Eléctrica

#### Ubicación

Partiendo de la Figura 6.31 mostrada anteriormente, se procede a realizar los pasos correspondientes para seleccionar el tipo de cámara eléctrica a presupuestar.

Se presiona el botón *Agregar Estructura Civil o Equipo Eléctrico*, para de este modo regresar a la ventana inicial de la App (Figura 6.13) correspondiente al Paso 2 y así seleccionar la opción *Obra Civil* y posteriormente la alternativa *Cámara Eléctrica*; como se es posible observar en la Figura 6.14 previamente presentada.

Después de seleccionar la alternativa *Cámara Eléctrica*, inmediatamente se despliega la ventana *Tipo de Cámaras Eléctricas*. Para la descripción del funcionamiento de dicha ventana, presente en la Figura 6.32, se procede a presupuestar la cámara eléctrica del caso de estudio para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”. El rubro a presupuestar se muestra en la Figura 6.33, a continuación.



**Figura 6.32.** Ventana para tipos de cámaras eléctricas - Ventana de decisión para seleccionar la ubicación de la cámara eléctrica. [Propia Autoría]

Código	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>CÁMARA ELÉCTRICA</b>			
EU0-0CNB	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL_TIPO B	u	1

**Figura 6.33.** Cámara eléctrica a presupuestar – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

Para el rubro que muestra la Figura 6.33, al ser una cámara eléctrica Tipo B, A Nivel, se realiza el procedimiento detallado a continuación.

La Figura 6.32 muestra inicialmente a la ventana *Tipos de Cámaras Eléctricas* con dos botones, los cuales permiten seleccionar la ubicación de la cámara. Las 2 alternativas de ubicación disponibles son las siguientes:

- *Subterránea*: Permite establecer que la ubicación de la cámara eléctrica será por debajo del nivel de piso (subterránea).
- *A Nivel*: Permite establecer que la ubicación de la cámara eléctrica será a nivel de piso.

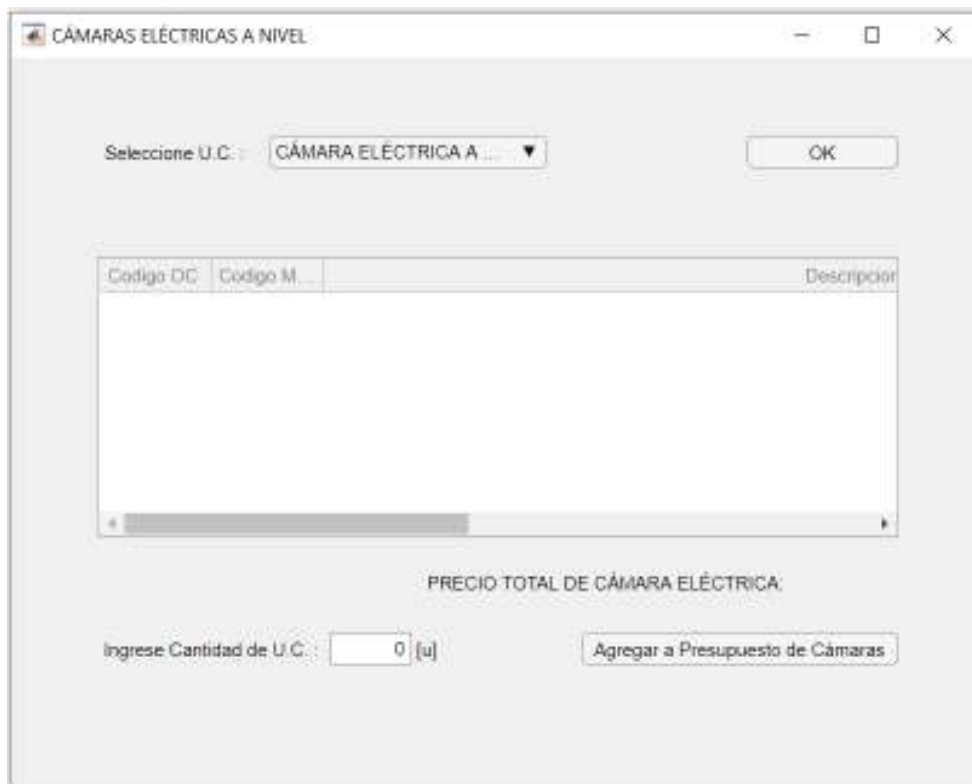
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *A Nivel*, aunque si la selección es *Subterránea*; el proceso es similar.

## **Paso 16**

### **Cámara Eléctrica**

#### **Selección de Tipo de Cámara Eléctrica e Ingreso de Cantidad**

Si la alternativa seleccionada fue *A Nivel*, a continuación, como se observa en la Figura 6.34, se despliega una ventana en la cual, por medio del menú desplegable (push up menu) se procede a seleccionar el tipo de cámara eléctrica (acorde a las dimensiones) a presupuestar. La ventana en mención también presenta un campo editable numérico, en el cual se ingresará la cantidad de unidades de la cámara previamente seleccionada.



**Figura 6.34.** Ventana para selección de tipo e ingreso de cantidad de cámaras eléctricas – Cámara eléctrica a nivel [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 2 botones presentes en la ventana, se lo realiza a continuación.

- *OK*: Permite mostrar la lista de rubros (APU's) que conforman la Unidad de Construcción seleccionada, en este caso, la lista de actividades y materiales que conforman la cámara eléctrica seleccionada. La lista se presenta en la tabla ubicada en la parte inferior del botón.
- *Agregar a Presupuesto de Cámaras*: Permite agregar la cámara seleccionada a una tabla en la que se irán registrando todos los tipos de cámaras eléctricas seleccionadas por el usuario.

Siguiendo el procedimiento para presupuestar la cámara, presente en la Figura 6.33; del menú desplegable se selecciona la cámara eléctrica Tipo B y se presiona el botón *OK*. La cantidad de cámaras a presupuestar también es ingresada, obteniendo la ventana resultante, presente en la Figura 6.35 a continuación.

CÁMARAS ELÉCTRICAS A NIVEL

Seleccione U.C. : CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL TIPO B\_5x4x3.4 m OK

Código UC	Código MIBI	Descripción	Unidad	Cantidad	PU	Precio Total
R0190100	EUD-9CNB	PUERTA CORTAFUEGOS DE ACERO GALVANIZADO HOMOLOGADA, 2000 x 1100 mm, SUMINISTRO E INSTALACIÓN	s	1	600.7200	600.7200
R0190025	EUD-9CNB	MALLA DE PROTECCIÓN TEMPORAL	s	1	147.1300	147.1300
R0190053	EUD-9CNB	MALLA ELECTROSOLDADA R 106 150 x 150 x 5 mm	m2	20	6.8600	137.8000
R0190053	EUD-9CNB	HORMIGÓN SIMPLE f'c= 210 Kg/cm2	m3	33.6790	180.6600	6.0666e+03
R0190054	EUD-9CNB	HORMIGÓN SIMPLE f'c= 180 Kg/cm2	m3	2.4800	152.6500	453.0454
R0190055	EUD-9CNB	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO RECTO	m2	209.0290	21.0200	4.4125e+03
R0190056	EUD-9CNB	ACERO DE REFUERZO INCLUYE CORTE Y DOBLADO	kg	3.6122e+03	2.0300	7.3328e+03
R0190057	EUD-9CNB	ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36	kg	407.5400	3.8700	1.5688e+03
R0190061	EUD-9CNB	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DESAGUES AGUAS LLUVIAS PVC 110 mm CON VÁLVULA CHECK	s	2	235.9400	471.8800
R0190062	EUD-9CNB	MASILLADO	m2	20	7.7500	155
R0190063	EUD-9CNB	REJILLA HIERRO GALVANIZADO ESPESOR 6 mm, ABERTURA 30x100 mm, ALTURA 30 mm	s	2	231.9400	463.8800
R0190064	EUD-9CNB	CANALIZACIÓN PARA RECOLECCIÓN DE ACEITE 250 mm x 400 mm	m3	1.1803	162.1500	191.3856
R0190069a	EUD-9CNB	VENTANA DE ACCESO Y EVACUACIÓN DE AIRE CÁMARA ELÉCTRICA TIPO B	s	2	24.2400	48.4800
AG-0015	EUD-9CNB	SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA PARA CÁMARA ELÉCTRICA	s	1	295.1700	295.1700

PRECIO TOTAL DE CÁMARA ELÉCTRICA 2298.3475

Ingrese Cantidad de U.C. :  Agregar a Presupuesto de Cámaras

**Figura 6.35.** Ventana para selección de tipo e ingreso de cantidad de cámaras eléctricas – Tipo de cámara seleccionada y cantidad ingresada [Propia Autoría]

## Paso 17

### Cámara Eléctrica

#### Presupuesto de Cámaras Eléctricas

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto de Cámaras*, la cámara eléctrica que fue seleccionada previamente, se registra y se muestra en una tabla, que corresponde al *Presupuesto de Cámaras Eléctricas* que contendrá todas las cámaras que el usuario requiera. La tabla en mención se muestra en la Figura 6.36, a continuación.

Presupuesto de Cámaras Eléctricas

**OBRA CIVIL**

**CÁMARAS ELÉCTRICAS**

Código MI	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
1 ELO-0008	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL TIPO B_5x4x3 A m	m	22900.35	1.00	22900.35

PRESUPUESTO DE CÁMARAS ELÉCTRICAS: 22900.3478

Agregar otro Tipo de Cámara

Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.36.** Presupuesto de cámara eléctrica – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

La ventana mencionada anteriormente contiene 2 botones, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

- *Agregar otro Tipo de Cámara:* Permite regresar a la ventana *Tipos de Cámaras Eléctricas* (Figura 6.32) correspondiente al Paso 15; para de este modo y siguiendo los procedimientos antes descritos, se pueda agregar otro tipo de cámara eléctrica al presupuesto. Los nuevos rubros que serán agregados, se irán enlistando uno a continuación de otro.
- *Agregar a Presupuesto Total:* Permite agregar la cámara eléctrica previamente seleccionada a la tabla del *Presupuesto Total de Construcción*, la cual se desplegará inmediatamente después de presionar el botón. La tabla en mención irá registrando todos los elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) que el usuario agregue mediante los pasos y procedimientos antes descritos.

## Paso 18

### Cámara Eléctrica

#### Presupuesto de Cámaras Eléctricas a Presupuesto Total

Siguiendo el procedimiento para presupuestar la cámara eléctrica presente en la Figura 6.33, y partiendo de la Figura 6.36, se procede a realizar el siguiente paso.

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto Total*, la cámara que fue seleccionada y se encuentran registrada en la tabla de presupuesto de cámaras eléctricas, es enviada y registrada en la tabla *Presupuesto Total*; a continuación de la lista de banco de ductos y pozos eléctricos, previamente agregada.

En la Figura 6.37 a continuación, se observa todos los rubros (bancos de ductos, pozos eléctricos y cámara eléctrica) que componen hasta ese instante el *Presupuesto Total*.

Codigo MSCR	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
EUS-060x281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	88.41	82.00	7331.33
EUS-060x381	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X3 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	122.78	526.00	64054.16
EUS-081A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PUBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	6.75	1138.00	7681.50
EUS-09A	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A_0,6x0,6x0,75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	248.97	62.00	24835.94
EUS-09B	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0,8x0,8x0,9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	517.81	35.00	18123.45
EUS-09C	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C_1,2x1,2x1,2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	829.47	3.00	2488.41
EUS-09NB	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL_TIPO B_5x4x0,4 m	u	22986.35	1.00	22986.35
TOTAL:					146254.2336

**Figura 6.37.** Ventana del presupuesto total con el registro de los rubros pertenecientes a bancos de ductos, pozos eléctricos y cámara eléctrica [Propia Autoría]

Una vez agregados al *Presupuesto Total* los bancos de ductos, pozos eléctricos y la cámara eléctrica que formaran parte del presupuesto de construcción de la red eléctrica



subterránea de distribución en estudio; se procede a presupuestar la Obra Eléctrica, iniciando por el transformador de distribución.

## Paso 19

### Obra Eléctrica

Partiendo de la Figura 6.37 mostrada anteriormente, se procede a realizar los pasos correspondientes para seleccionar los equipos y elementos eléctricos que conformarán la Obra Eléctrica de la red subterránea de distribución en estudio.

A continuación, se presiona el botón *Agregar Estructura Civil o Equipo Eléctrico*, para de este modo regresar a la ventana inicial de la App (Figura 6.13) correspondiente al Paso 2 y así seleccionar la opción *Obra Eléctrica*.

Como se observa en la Figura 6.38 a continuación, se despliega una ventana de decisión que permite escoger el equipo o elemento eléctrico. La ventana contiene cinco botones de selección.



**Figura 6.38.** Ventana de obra eléctrica - Ventana de decisión entre transformador de distribución, equipo de seccionamiento y protección, puesta a tierra, acometida domiciliaria y, cables y conductores [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los botones se lo realiza a continuación.

- *Transformador de Distribución*: Permite seleccionar la alternativa *Transformador de Distribución*, por la cual posteriormente, se seleccionará el o los transformadores de distribución que conformará el presupuesto de construcción a obtener.
- *Equipo de Seccionamiento y Protección*: Permite seleccionar la alternativa *Equipo de Seccionamiento y Protección*, por la cual posteriormente, se seleccionará los elementos y equipos eléctricos de seccionamiento y protección que conformarán el presupuesto de construcción a obtener.
- *Puesta a Tierra*: Permite seleccionar la alternativa *Puesta a Tierra*, por la cual posteriormente, se seleccionará los diferentes tipos de puesta a tierra que conformarán el presupuesto de construcción a obtener.
- *Cables y Conductores*: Permite seleccionar la alternativa *Cables y Conductores*, por la cual posteriormente, se seleccionarán todos los tipos de cables y conductores para los alimentadores que conformarán el presupuesto de construcción a obtener.
- *Acometida Domiciliaria*: Permite seleccionar la alternativa *Acometida Domiciliaria*, por la cual posteriormente, se ingresará la cantidad de acometidas domiciliarias que conformarán el presupuesto de construcción a obtener.

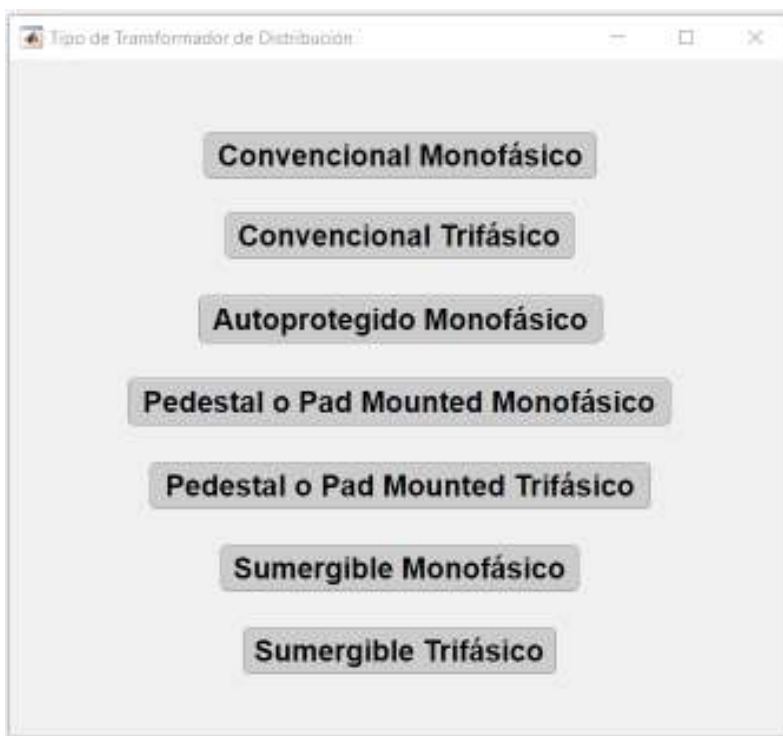
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *Transformador de Distribución*.

## **Paso 20**

### **Transformador de Distribución**

#### **Tipo**

Después de seleccionar la alternativa *Transformador de Distribución*, inmediatamente se despliega la ventana *Tipo de Transformador de Distribución*. Para la descripción del funcionamiento de dicha ventana, presente en la Figura 6.39, se procede a presupuestar el transformador de distribución para el caso de estudio de la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”. El rubro a presupuestar se muestra en la Figura 6.40, a continuación.



**Figura 6.39.** Ventana para tipos de transformadores de distribución - Ventana de decisión para seleccionar el tipo de transformador. [Propia Autoría]

Código	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN</b>			
TUT-3P300	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO PEDESTAL 300 KVA, 13800 - 127/220 V	u	1

**Figura 6.40.** Transformador de distribución a presupuestar – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

Para el rubro que muestra la Figura 6.40, al ser un transformador tipo pedestal, trifásico; se realiza el procedimiento detallado a continuación.

La Figura 6.39 muestra inicialmente a la ventana *Tipo de Transformador de Distribución* con siete botones, los cuales permiten seleccionar el tipo de transformador. Las 7 alternativas disponibles son las siguientes:

- *Convencional Monofásico*: Permite seleccionar un transformador de tipo convencional de frente muerto, monofásico.
- *Convencional Trifásico*: Permite seleccionar un transformador de tipo convencional de frente muerto, trifásico.

- *Autoprotegido Monofásico*: Permite seleccionar un transformador de tipo autoprotegido, monofásico.
- *Pedestal Monofásico*: Permite seleccionar un transformador de tipo pedestal o pad mounted, monofásico.
- *Pedestal Trifásico*: Permite seleccionar un transformador de tipo pedestal o pad mounted, trifásico.
- *Sumergible Monofásico*: Permite seleccionar un transformador tipo sumergible, monofásico.
- *Sumergible Trifásico*: Permite seleccionar un transformador tipo sumergible, Trifásico.

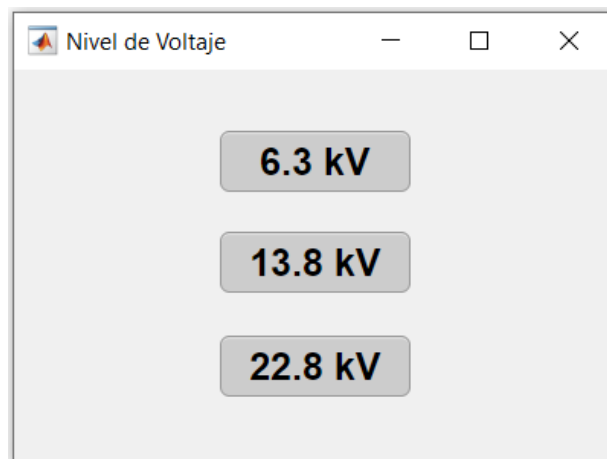
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *Pedestal Trifásico*; aunque si la selección es cualquiera de las otras alternativas; el proceso es similar.

## Paso 21

### Transformador de Distribución

#### Nivel de Voltaje

Después de seleccionar el tipo de transformador, a continuación, como se observa en la Figura 6.41, se despliega la ventana *Nivel de Voltaje*, en la cual se procede a seleccionar el nivel de voltaje de alimentación del transformador.



**Figura 6.41.** Ventana nivel de voltaje para transformador - Ventana de decisión para seleccionar el nivel de voltaje de alimentación del transformador. [Propia Autoría]

## Paso 22

### Transformador de Distribución

#### Selección de la Capacidad del Transformador e Ingreso de Cantidad

Después de seleccionar el nivel de voltaje (Figura 6.41) del transformador, a continuación, como se observa en la Figura 6.42, se despliega una ventana en la cual, por medio del menú desplegable (push up menu) se procede a seleccionar la capacidad del transformador a presupuestar. La ventana en mención también presenta un campo editable numérico, en el cual se ingresará la cantidad de unidades del tipo de transformador previamente seleccionado.

The screenshot shows a software window titled "Transformador de Distribucion Tipo Pedestal Trifásico a 13.8 KV". At the top, there is a label "Selección U.C.:" followed by a dropdown menu showing "TRANSFORMADOR TRIFASICO TI..." and an "OK" button. Below this is a table with three columns: "Codigo OE", "Codigo M...", and "Descripcion". The table is currently empty. Underneath the table, there is a label "PRECIO TOTAL DE TRANSFORMADOR:". At the bottom, there is a label "Ingrese Cantidad de U.C.:" followed by a text input field containing the number "0" and the unit "[u]". To the right of the input field is a button labeled "Agregar a Presupuesto de Transformadores".

**Figura 6.42.** Ventana para selección de la capacidad e ingreso de cantidad, del transformador de distribución – Transformador tipo pedestal, trifásico, a 13.8 kV. [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 2 botones presentes en la ventana, se lo realiza a continuación.

- **OK:** Permite mostrar la lista de rubros (APU's) que conforman la Unidad de Construcción seleccionada, en este caso, la lista de actividades y materiales que

conforman el transformador de distribución. La lista se presenta en la tabla ubicada en la parte inferior del botón.

- *Agregar a Presupuesto de Transformadores:* Permite agregar el transformador seleccionado a una tabla en la que se irán registrando todos los tipos de transformadores de distribución seleccionados por el usuario.

Siguiendo el procedimiento para presupuestar el transformador, presente en la Figura 6.40; del menú desplegable se selecciona el transformador trifásico, tipo pedestal, de 300 KVA, a 13.8 kV; y se presiona el botón *OK*. La cantidad de transformadores a presupuestar también es ingresada, obteniendo la ventana resultante, presente en la Figura 6.43 a continuación.

Código U.C.	Código M.E.H.	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Precio Total
TRP-0011	TUT-3P300	Transformador Trifásico Tipo Pedestal 300 KVA, 13800 - 220/127 V	s	1	6.8402e+03	6.8402e+03
SP-0071	TUT-3P300	BOQUILLA TIPO INSERTO DOBLE 15 kV, 200 A	s	3	139.6400	418.9200

PRECIO TOTAL DE TRANSFORMADOR: 10259.15

Ingresar Cantidad de U.C.:

Agregar a Presupuesto de Transformadores

**Figura 6.43.** Ventana para selección de capacidad e ingreso de cantidad, del transformador de distribución – Capacidad seleccionada y cantidad ingresada [Propia Autoría]

## Paso 23

### Transformador de Distribución

#### Presupuesto de Transformadores de Distribución

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto de Transformadores*, el transformador que fue seleccionado previamente, se registra y se muestra en una tabla, que corresponde al *Presupuesto de Transformadores de Distribución* que contendrá todos los transformadores de distribución que el usuario requiera. La tabla en mención se muestra en la Figura 6.44, a continuación.



The screenshot shows a software window titled "Presupuesto de Transformadores de Distribución" with a header "OBRA ELÉCTRICA" and "TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN". It contains a table with the following data:

Código Id	Descripción	Unidad	Presupuesto	Cantidad	Presupuesto Total
1 TUT-3P300	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO PEDESTAL 300 KVA, 13800 - 127000 V	u	10259.15	1.00	10259.15

At the bottom of the window, there are two buttons: "Agregar otro Tipo de Transformador" and "Agregar a Presupuesto Total". A status bar at the bottom right indicates "PRESUPUESTO DE TRANSFORMADORES: 10259.15".

**Figura 6.44.** Presupuesto de transformadores de distribución – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

La ventana mencionada anteriormente contiene 2 botones, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

- *Agregar otro Tipo de Transformador*: Permite regresar a la ventana *Tipo de Transformador de Distribución* (Figura 6.39) correspondiente al Paso 20; para de este modo y siguiendo los procedimientos antes descritos, se pueda agregar otro tipo de transformador de distribución al presupuesto. Los nuevos rubros que serán agregados, se irán enlistando uno a continuación de otro.

- *Agregar a Presupuesto Total*: Permite agregar el transformador de distribución previamente seleccionada a la tabla del *Presupuesto Total de Construcción*, la cual se desplegará inmediatamente después de presionar el botón. La tabla en mención irá registrando todos los elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) que el usuario agregue mediante los pasos y procedimientos antes descritos.

## **Paso 24**

### **Transformador de Distribución**

#### **Presupuesto de Transformador de Distribución a Presupuesto Total**

Siguiendo el procedimiento para presupuestar el transformador de distribución presente en la Figura 6.40, y partiendo de la Figura 6.44, se procede a realizar el siguiente paso.

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto Total*, el transformador que fue seleccionado y se encuentran registrado en la tabla de presupuesto de transformadores de distribución, es enviada y registrada en la tabla *Presupuesto Total; a continuación de la lista de banco de ductos, pozos eléctricos y la cámara eléctrica, previamente agregada*.

En la Figura 6.45 a continuación, se observa todos los rubros (bancos de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica y transformador de distribución) que componen hasta ese instante el *Presupuesto Total*.



Presupuesto

- [ ] X

### PRESUPUESTO TOTAL

Código MEQR	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
EUS-0626281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2x2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON...	m	89.41	82.00	7331.33
EUS-0626281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2x2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON...	m	122.78	528.00	66054.16
EUS-061A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PUBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	6.75	1138.00	7691.50
EUS-0PA	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A_0.8x0.8x0.75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	348.97	62.00	21635.99
EUS-0PB	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0.8x0.8x0.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	517.81	35.00	18123.49
EUS-0PC	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C_1.2x1.2x1.2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	928.47	3.00	2485.41
EUS-0CAB	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL TIPO B_5x4x0.4 m	u	22988.35	1.00	22988.35
TUT-3P290	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO PEDESTAL 300 KVA, 13800 - 127/020 V	u	10259.15	1.00	10259.15
TOTAL:				156887.3836	

TOTAL: 156887.3836

**Figura 6.45.** Ventana del presupuesto total con el registro de los rubros pertenecientes a bancos de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica y transformador de distribución [Propia Autoría]

Una vez agregado al *Presupuesto Total* el transformador de distribución que formará parte del presupuesto de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución en estudio; se procede a presupuestar los equipos de seccionamiento y protección.

## Paso 25

### Equipo de Seccionamiento y Protección

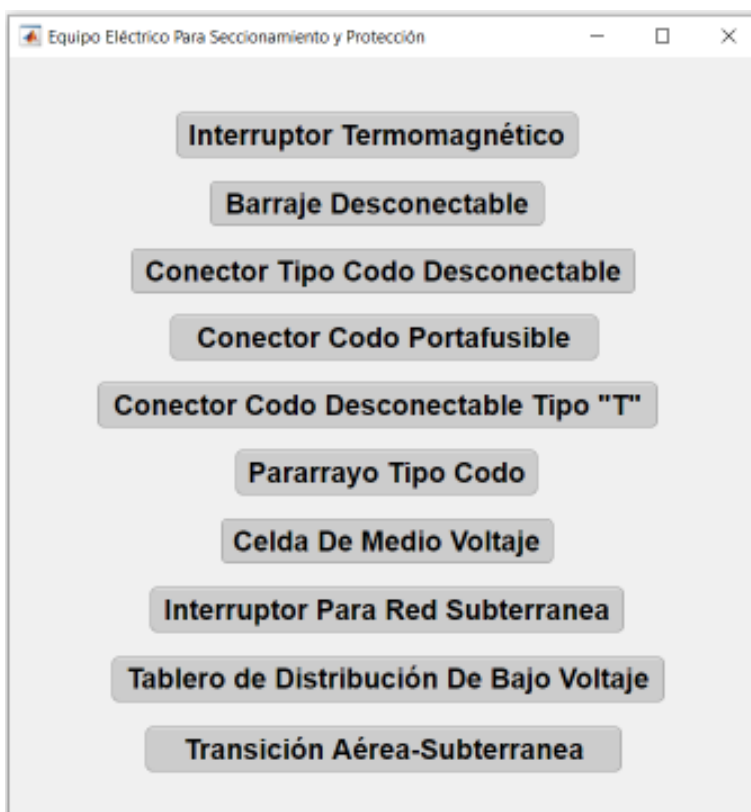
#### Tipo de Equipo

Partiendo de la Figura 6.45 mostrada anteriormente, se procede a realizar los pasos correspondientes para seleccionar los equipos de seccionamiento y protección a presupuestar.

Se presiona el botón *Agregar Estructura Civil o Equipo Eléctrico*, para de este modo regresar a la ventana inicial de la App (Figura 6.13) correspondiente al Paso 2 y así seleccionar la opción *Obra Eléctrica* y posteriormente la alternativa *Equipo de*

*Seccionamiento y Protección*; como se es posible observar en la Figura 6.38 previamente presentada.

Después de seleccionar la alternativa *Seccionamiento y Protección*, inmediatamente se despliega la ventana *Equipo Eléctrico Para Seccionamiento Y Protección*. Para la descripción del funcionamiento de dicha ventana, presente en la Figura 6.46, se procede a presupuestar un rubro de la lista de equipos de seccionamiento y protección del caso de estudio para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”. El rubro a presupuestar es el de un codo conector desconectable, 200 A, para tres fases; como se puede observar en la lista de rubros de la Figura 6.47, a continuación.



**Figura 6.46.** Ventana de equipos de seccionamiento y protección - Ventana de decisión para seleccionar el tipo de equipo de seccionamiento y protección. [Propia Autoría]

Código	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN</b>			
SSD-2N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES SUBTERRÁNEAS 240/120 V - 220/127 V	u	32
SSD-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES SUBTERRÁNEAS 240/120 V - 220/127 V	u	19
SSD-3N100	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 100 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES SUBTERRÁNEAS 240/120 V - 220/127 V	u	1
SST-3C200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 kV, 4/0 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN EN REDES SUBTERRÁNEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.	u	1
SST-3P200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A CON FUSIBLE, CLASE 15 kV, 4/0 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 6300 V - 13,2 kV GRDy/7,62 kV - 13,8 kV GRDy/7,96 kV.	u	1
SSD-3L125_6	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	u	4
SSD-3L125_12	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 12 CIRCUITOS	u	5
SSD-3L125_24	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 24 CIRCUITOS	u	14
SSD-3L225_30	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 225 A, PARA 30 CIRCUITOS	u	9
SSD-3L125_42	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 42 CIRCUITOS	u	1
SST-3RS	TRANSICIÓN DE RED AÉREA A SUBTERRÁNEA PARA TRES FASES EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA - 13200 V GRDY / 7620 V - 13800 V GRDY / 7967 V	u	1

**Figura 6.47.** Equipos de seccionamiento y protección a presupuestar – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

Para el rubro del codo conector desconectable, 200 A, para tres fases que muestra la Figura 6.47, se realiza el procedimiento detallado a continuación.

La Figura 6.46 muestra inicialmente a la ventana *Equipo Eléctrico Para Seccionamiento Y Protección* con diez botones, los cuales permiten seleccionar los diferentes tipos de equipos eléctricos disponibles. Las 10 alternativas son las siguientes:

- *Interruptor Termomagnético:* Permite seleccionar un interruptor termomagnético de bajo voltaje, como elemento de protección.
- *Barraje Desconectable:* Permite seleccionar un barraje desconectable, como elemento de seccionamiento.
- *Conector Tipo Codo Desconectable:* Permite seleccionar un conector tipo codo, como elemento de protección.
- *Conector Codo Portafusible:* Permite seleccionar un conector tipo codo portafusible, como elemento de protección.
- *Conector Codo Desconectable Tipo “T”:* Permite seleccionar un codo conector tipo “T”, como elemento de protección.
- *Pararrayo Tipo Codo:* Permite seleccionar un pararrayo tipo codo, como elemento de protección.

- *Celda de Medio Voltaje*: Permite seleccionar una celda de medio voltaje, como elemento de seccionamiento.
- *Interruptor Para Red Subterránea*: Permite seleccionar un interruptor de medio voltaje para red subterránea, como elemento de seccionamiento.
- *Tablero de Distribución de Bajo Voltaje*: Permite seleccionar un tablero de distribución de bajo voltaje, como elemento de protección.
- *Transición Aérea - Subterránea*: Permite seleccionar un tipo de transición de red aérea a subterránea, como elemento de seccionamiento y protección.

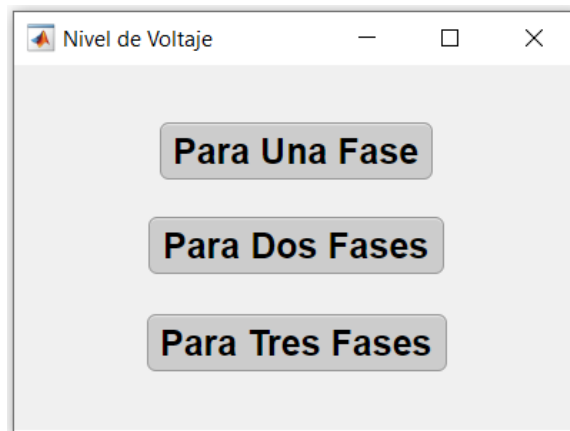
El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *Conector Tipo Codo Desconectable*; aunque si la selección es cualquiera de las otras alternativas; el proceso es similar.

## Paso 26

### Equipo de Seccionamiento y Protección

#### Número de Fases

Después de seleccionar el tipo de equipo de seccionamiento y protección, a continuación, como se observa en la Figura 6.48, se despliega la ventana *Número de Fases*, en la cual se procede a seleccionar el número de fases para el equipo eléctrico.



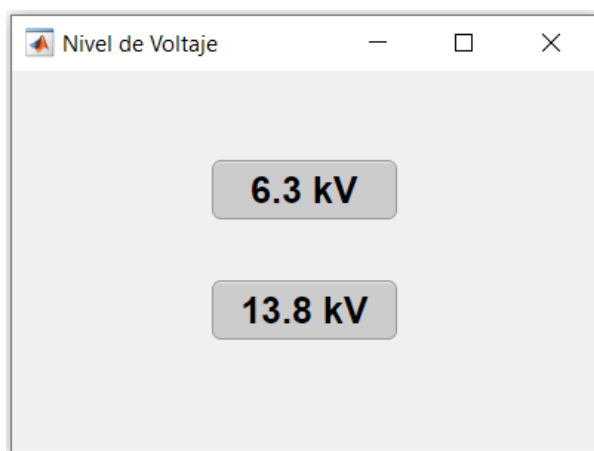
**Figura 6.48.** Ventana número de fases - Ventana de decisión para seleccionar el número de fases para el equipo de seccionamiento y protección. [Propia Autoría]

## Paso 27

### Equipo de Seccionamiento y Protección

#### Nivel de Voltaje

Después de seleccionar el número de fases, a continuación, como se observa en la Figura 6.49, se despliega la ventana *Nivel de Voltaje*, en la cual se procede a seleccionar el nivel de voltaje de operación del equipo de seccionamiento y protección.



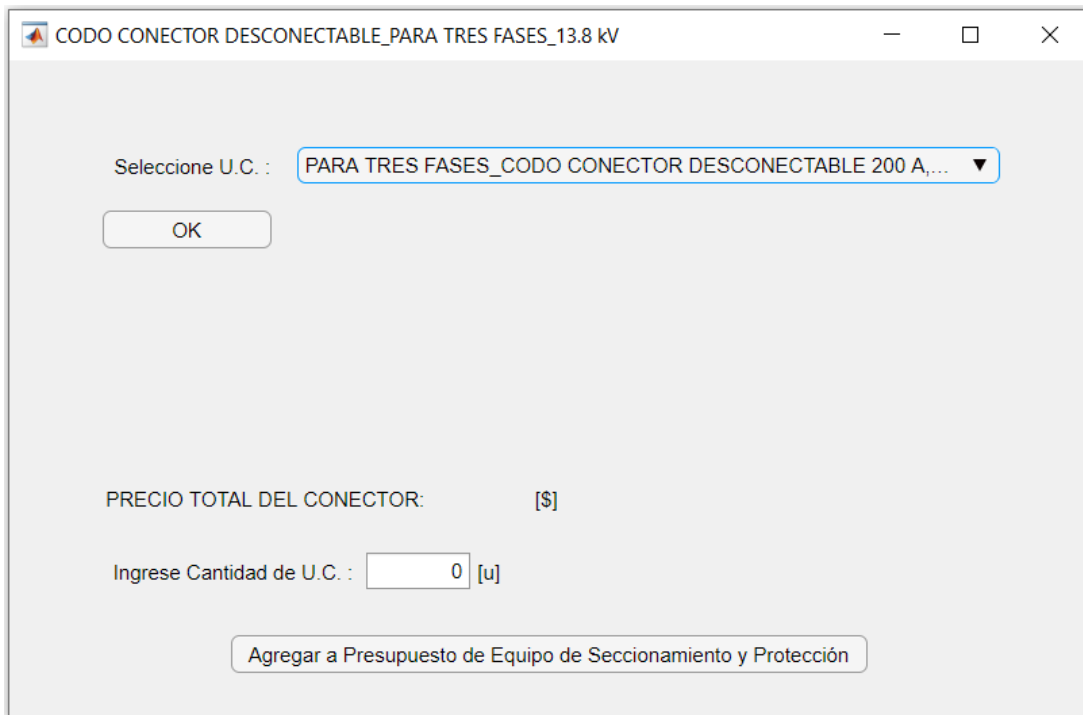
**Figura 6.49.** Ventana nivel de voltaje - Ventana de decisión para seleccionar el nivel de voltaje de operación del equipo de seccionamiento y protección. [Propia Autoría]

## Paso 28

### Equipo de Seccionamiento y Protección

#### Selección de la Capacidad e Ingreso de Cantidad

Después de seleccionar el nivel de voltaje (Figura 6.49) del equipo de seccionamiento y protección, a continuación, como se observa en la Figura 6.50, se despliega una ventana en la cual, por medio del menú desplegable (push up menu) se procede a seleccionar la capacidad del equipo a presupuestar. La ventana en mención también presenta un campo editable numérico, en el cual se ingresará la cantidad de unidades del equipo eléctrico previamente seleccionado.



**Figura 6.50.** Ventana para selección de la capacidad e ingreso de cantidad, del equipo de seccionamiento y protección – Codo conector desconectable, trifásico, a 13.8 kV. [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 2 botones presentes en la ventana, se lo realiza a continuación.

- *OK*: Permite mostrar el precio de la Unidad de Construcción seleccionada.
- *Agregar a Presupuesto de Equipo de Seccionamiento y Protección*: Permite agregar el equipo eléctrico seleccionado a una tabla en la que se irán registrando todos los equipos de seccionamiento y protección seleccionados por el usuario.

Siguiendo el procedimiento para presupuestar el rubro del codo conector desconectable, 200 A, presente en la Figura 6.47; del menú desplegable se selecciona el codo conector desconectable 200 A, Clase 15 kV, 4/0 AWG; y se presiona el botón *OK*. La cantidad también es ingresada, obteniendo la ventana resultante, presente en la Figura 6.51 a continuación.



**Figura 6.51.** Ventana para selección de capacidad e ingreso de cantidad, del equipo de seccionamiento y protección – Capacidad seleccionada y cantidad ingresada [Propia Autoría]

## Paso 29

### Equipo de Seccionamiento y Protección

#### **Presupuesto de Equipos de Seccionamiento y Protección**

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto de Equipos de Seccionamiento y Protección*, el equipo eléctrico que fue seleccionado previamente, se registra y se muestra en una tabla, que corresponde al *Presupuesto de Equipos de Seccionamiento y Protección* que contendrá todos los equipos de seccionamiento y protección que el usuario requiera. La tabla en mención se muestra en la Figura 6.52, a continuación.

Presupuesto de Equipos de Seccionamiento y Protección

**OBRA ELÉCTRICA**

**EQUIPO DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN**

Código M...	Descripción	Unidad	Precio Unit...	Cantidad	Precio Total
1	SST-3C290 PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 kV, 40 ARG - SECCIONAMIENTO Y PROTE...	u	456.09	1.00	456.09

PRESUPUESTO DE EQUIPO DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN **456.09**

Agregar otro Tipo de Equipo de Seccionamiento y Protección

Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.52.** Ventana que muestra el presupuesto de equipos de seccionamiento y protección [Propia Autoría]

La ventana mencionada anteriormente contiene 2 botones, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

- *Agregar otro Tipo de Equipo de Seccionamiento y Protección:* Permite regresar a la ventana *Equipo Eléctrico Para Seccionamiento Y Protección* (Figura 6.46) correspondiente al Paso 25; para de este modo y siguiendo los procedimientos antes descritos, se pueda agregar otro tipo de equipo de seccionamiento y protección al presupuesto. Los nuevos rubros que serán agregados, se irán enlistando uno a continuación de otro.
- *Agregar a Presupuesto Total:* Permite agregar los equipos eléctricos previamente seleccionados a la tabla del *Presupuesto Total de Construcción*, la cual se desplegará inmediatamente después de presionar el botón. La tabla en mención irá registrando todos los elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) que el usuario agregue mediante los pasos y procedimientos antes descritos.



Continuando con la obtención del presupuesto de los equipos de seccionamiento y protección para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como parte de la descripción del manual de usuario; se procede a obtener el presupuesto de equipos eléctricos de seccionamiento y protección con todos los elementos que lo componen, como lo muestra la Figura 6.47.

Una vez realizado nuevamente los pasos y procedimientos antes descritos para todos los equipos eléctricos faltantes, se obtendrá el presupuesto de equipos eléctricos de seccionamiento y protección para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como se observa en la Figura 6.53 a continuación.

Presupuesto de Equipos de Seccionamiento y Protección

**OBRA ELÉCTRICA**

**EQUIPO DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN**

Código M.	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
1	SSD-2N80 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 80 A, SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 24...	u	71.72	32.00	2295.04
2	SSD-3N80 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 80 A, SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 24...	u	805.47	19.00	15303.93
3	SSD-3N100 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 100 A, SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 2...	u	835.47	1.00	865.47
4	SST-3C200 PARA TRES FASES, CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 kV, 40 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTE...	u	495.09	1.00	495.09
5	SST-3P200 PARA TRES FASES, CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A CON FUSIBLE, CLASE 15 kV, 40 AWG - SECCIONAME...	u	951.09	1.00	951.09
6	SSD-3L12... TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	u	102.71	4.00	410.84
7	SSD-3L12... TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 12 CIRCUITOS	u	179.25	5.00	696.25
8	SSD-3L12... TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 24 CIRCUITOS	u	179.25	14.00	2509.50
9	SSD-3L23... TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 225 A, PARA 26 CIRCUITOS	u	222.95	9.00	2006.55
10	SSD-3L12... TABLERO DE DISTRIBUCIÓN, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 42 CIRCUITOS	u	233.36	1.00	233.36
11	SST-3RS TRANSICIÓN DE RED AEREA A SUBTERRANEA PARA TRES FASES EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA - 13200 V GRDY...	u	1216.49	1.00	1216.49

PRESUPUESTO DE EQUIPO DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN **27884.81**

Agregar otro Tipo de Equipo de Seccionamiento y Protección      Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.53.** Presupuesto de equipos de seccionamiento y protección – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

## Paso 30

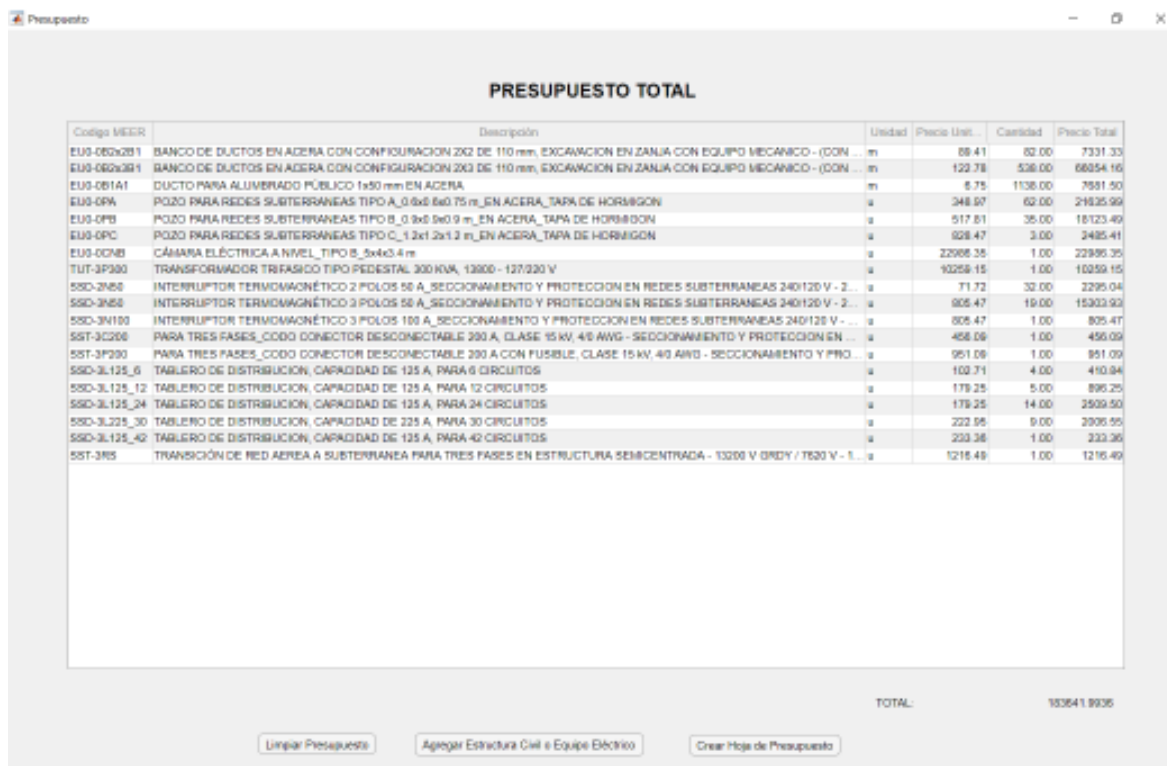
### Equipo de Seccionamiento y Protección

#### Presupuesto de Equipos de Seccionamiento y Protección a Presupuesto Total

Siguiendo el procedimiento para presupuestar los equipos eléctricos presente en la Figura 6.47, y partiendo de la Figura 6.53, se procede a realizar el siguiente paso.

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto Total*, los equipos que fueron seleccionados y se encuentran registrados en la tabla de presupuesto de equipos de seccionamiento y protección, son enviados y registrados en la tabla *Presupuesto Total*; a continuación de la lista de banco de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica y transformador de distribución, previamente agregada.

En la Figura 6.54 a continuación, se observa todos los rubros (*banco de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución y equipos de seccionamiento y protección*) que componen hasta ese instante el *Presupuesto Total*.



Código MEER	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
EUI-060x281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	69.41	62.00	7311.33
EUI-060x281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X3 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	122.78	536.00	66054.16
EUI-081A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PUBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	6.75	1136.00	7591.50
EUI-0PA	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A_0_0x0 6x0 75 m_ EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	348.97	62.00	21825.99
EUI-0PB	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0_0x0 6x0 9 m_ EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	517.81	35.00	18123.49
EUI-0PC	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C_1_2x1 2x1.2 m_ EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	928.47	3.00	2485.41
EUI-0CNB	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL TIPO B_5x4x0.4 m	u	22986.35	1.00	22986.35
TUT-3P200	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO PEDESTAL 300 KVA, 12000 - 127/220 V	u	10259.15	1.00	10259.15
SSD-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 2...	u	71.72	32.00	2295.04
SSD-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 2...	u	806.47	19.00	15303.92
SSD-3N100	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 100 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 2...	u	806.47	1.00	806.47
SSD-3C200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 KV, 4/6 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN	u	456.09	1.00	456.09
SSD-3P200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A CON FUSIBLE, CLASE 15 KV, 4/6 AWG - SECCIONAMIENTO Y PRO.	u	951.09	1.00	951.09
SSD-3L125_6	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	u	102.71	4.00	410.84
SSD-3L125_12	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 12 CIRCUITOS	u	176.25	5.00	896.25
SSD-3L125_24	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 24 CIRCUITOS	u	176.25	14.00	2509.50
SSD-3L225_30	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 225 A, PARA 30 CIRCUITOS	u	222.56	9.00	2003.05
SSD-3L125_42	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 42 CIRCUITOS	u	233.36	1.00	233.36
SSD-3R5	TRANSICIÓN DE RED AEREA A SUBTERRANEA PARA TRES FASES EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA - 13200 V BRDY / 7520 V - 1...	u	1216.49	1.00	1216.49

TOTAL: 153641.9935

Limpiar Presupuesto | Agregar Estructura Civil e Equipo Eléctrico | Crear Hoja de Presupuesto

**Figura 6.54.** Ventana del presupuesto total con el registro de los rubros pertenecientes a *banco de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución y equipos de seccionamiento y protección* [Propia Autoría]

Una vez agregados al *Presupuesto Total* los *bancos de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución y equipos de seccionamiento y protección* que formarán parte del presupuesto de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución en estudio; se procede a presupuestar las puestas a tierra.

## Paso 31

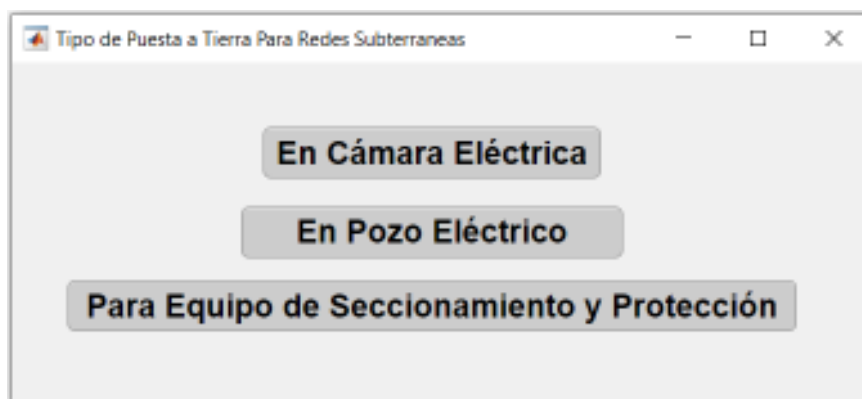
### Puesta a Tierra

#### Tipo

Partiendo de la Figura 6.54 mostrada anteriormente, se procede a realizar los pasos correspondientes para seleccionar las puestas a tierra a presupuestar.

Se presiona el botón *Agregar Estructura Civil o Equipo Eléctrico*, para de este modo regresar a la ventana inicial de la App (Figura 6.13) correspondiente al Paso 2 y así seleccionar la opción *Obra Eléctrica* y posteriormente la alternativa *Puesta a Tierra*; como se es posible observar en la Figura 6.38 previamente presentada.

Después de seleccionar la alternativa *Puesta a Tierra*, inmediatamente se despliega la ventana *Tipo de Puesta a Tierra Para Redes Subterráneas*. Para la descripción del funcionamiento de dicha ventana, presente en la Figura 6.55, se procede a presupuestar el primer rubro de la lista de puestas a tierra del caso de estudio para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”. El rubro a presupuestar se muestra en la lista de la Figura 6.56, a continuación.



**Figura 6.55.** Ventana de tipos de puesta a tierra - Ventana de decisión para seleccionar el tipo de puesta a tierra para redes subterráneas. [Propia Autoría]

Código	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>PUESTA A TIERRA</b>			
PS0-0CC2_4	PUESTA A TIERRA EN CÁMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 4 VARILLAS	u	10
PS0-0SC2_2	PUESTA A TIERRA EN EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 2 VARILLAS	u	1

**Figura 6.56.** Puestas a tierra a presupuestar – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

Para el primer rubro de la lista presente en la Figura 6.56, se realiza el procedimiento detallado a continuación.

La Figura 6.55 muestra inicialmente a la ventana *Tipo de Puesta a Tierra Para Redes Subterráneas* con tres botones, los cuales permiten seleccionar los diferentes tipos de puestas a tierra para redes subterráneas disponibles. Las 3 alternativas son las siguientes:

- *En Cámara Eléctrica:* Permite seleccionar una puesta a tierra conformada por 4 varillas, para una cámara eléctrica.
- *En Pozo Eléctrico:* Permite seleccionar una puesta a tierra conformada por 1 varillas, para un pozo eléctrico.
- *Para Equipo de Seccionamiento y Protección:* Permite seleccionar una puesta a tierra conformada por 2 varillas, para equipos de seccionamiento y protección.

El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *En Cámara Eléctrica*; aunque si la selección es cualquiera de las otras alternativas; el proceso es similar.

## Paso 32

### Puesta a Tierra

#### Selección e Ingreso de Cantidad

Después de seleccionar el tipo de puesta a tierra (Figura 6.55), a continuación, como se observa en la Figura 6.57, se despliega una ventana en la cual, por medio del menú desplegable (push up menu) se procede a seleccionar la puesta a tierra a presupuestar. La ventana en mención también presenta un campo editable numérico, en el cual se ingresará la cantidad de unidades de la puesta a tierra previamente seleccionada.

Puesta A Tierra En Cámara Eléctrica

Seleccione U.C. : PUESTA A TIERRA EN CAMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 ... ▼

OK

PRECIO TOTAL DE PUESTA A TIERRA:

Ingrese Cantidad de U.C. : 0 [u]

Agregar a Presupuesto de Puestas a Tierra

**Figura 6.57.** Ventana para selección e ingreso de cantidad, de puestas a tierra – Puesta a tierra en cámara eléctrica. [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 2 botones presentes en la ventana, se lo realiza a continuación.

- *OK*: Permite mostrar el precio de la Unidad de Construcción seleccionada.
- *Agregar a Presupuesto de Puestas a Tierra*: Permite agregar la puesta a tierra seleccionada a una tabla en la que se irán registrando todas las puestas a tierra seleccionadas por el usuario.

Siguiendo el procedimiento para presupuestar el primer rubro de la lista de puestas a tierra, presente en la Figura 6.56; del menú desplegable se selecciona la puesta a tierra disponible y se presiona el botón *OK*. La cantidad también es ingresada, obteniendo la ventana resultante, presente en la Figura 6.58 a continuación.

Puesta A Tierra En Cámara Eléctrica

Seleccione U.C. : PUESTA A TIERRA EN CAMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 ... ▼

OK

PRECIO TOTAL DE PUESTA A TIERRA: 331.11

Ingrese Cantidad de U.C. : 10 [u]

Agregar a Presupuesto de Puestas a Tierra

**Figura 6.58.** Ventana para selección e ingreso de cantidad, de puestas a tierra – Puesta a tierra seleccionada y cantidad ingresada [Propia Autoría]

### Paso 33

#### Puesta a Tierra

##### Presupuesto de Puestas a Tierra

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto de Puestas a Tierra*, la puesta a tierra que fue seleccionada previamente, se registra y se muestra en una tabla, que corresponde al *Presupuesto de Puestas a Tierra* que contendrá todos los tipos de puesta a tierra que el usuario requiera. La tabla en mención se muestra en la Figura 6.59, a continuación.

Presupuesto de Puestas a Tierra

**OBRA ELÉCTRICA**

**PUESTAS A TIERRA**

Código M.	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
1	PSO-0CC2_4 PUESTA A TIERRA EN CAMARA - CONDUCTOR DE Cu 2.0/96G 19 HELOS, 4 VARILLAS	m	331.11	90.00	3311.93

PRESUPUESTO DE PUESTAS A TIERRA: 3311.1

Agregar otro Tipo de Puesta a Tierra

Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.59.** Ventana que muestra el presupuesto de puestas a tierra [Propia Autoría]

La ventana mencionada anteriormente contiene 2 botones, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

- *Agregar otro Tipo de Puesta a Tierra:* Permite regresar a la ventana *Tipo de Puesta a Tierra Para Redes Subterráneas* (Figura 6.55) correspondiente al Paso 31; para de este modo y siguiendo los procedimientos antes descritos, se pueda agregar otro tipo de puesta a tierra al presupuesto. Los nuevos rubros que serán agregados, se irán enlistando uno a continuación de otro.
- *Agregar a Presupuesto Total:* Permite agregar las puestas a tierra previamente seleccionadas a la tabla del *Presupuesto Total de Construcción*, la cual se desplegará inmediatamente después de presionar el botón. La tabla en mención irá registrando todos los elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) que el usuario agregue mediante los pasos y procedimientos antes descritos.

Continuando con la obtención del presupuesto de puestas a tierra para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como parte de la descripción del manual de usuario; se procede a obtener el presupuesto de puestas a tierra con todos los elementos que lo componen, como lo muestra la Figura 6.56.

Una vez realizado nuevamente los pasos y procedimientos antes descritos para todas las puestas a tierra, se obtendrá el presupuesto de puestas a tierra para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como se observa en la Figura 6.60 a continuación.

**OBRA ELÉCTRICA**

**PUESTAS A TIERRA**

Código M...	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
1	PSO-0CC2_4 PUESTA A TIERRA EN CAMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AVIG 19 HELOS, 4 VARILLAS	u	321.11	10.00	3211.10
2	PSO-0SC2_2 PUESTA A TIERRA EN EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCION - CONDUCTOR DE Cu 2 AVIG 19 HELOS, 2 VARILLAS	u	154.23	1.00	154.23

PRESUPUESTO DE PUESTAS A TIERRA: **3478.33**

Agregar otro Tipo de Puesta a Tierra      Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.60.** Presupuesto de puestas a tierra – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]



## Paso 34

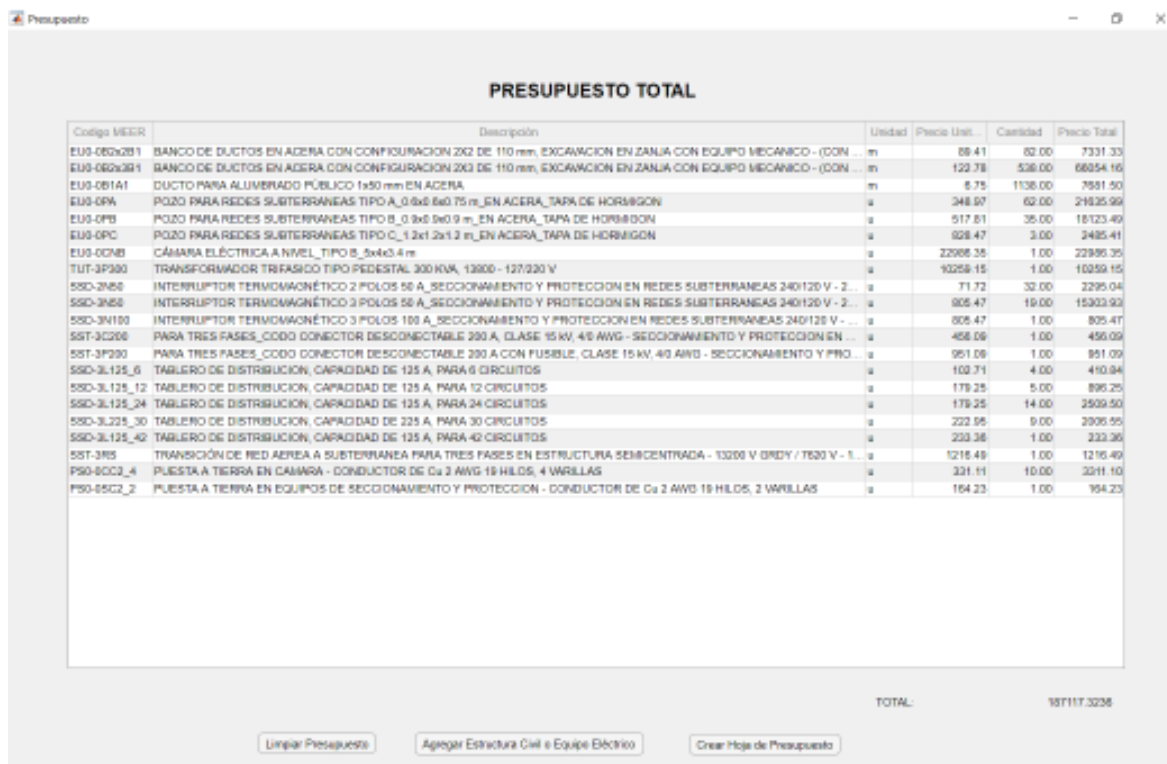
### Puesta a Tierra

#### Presupuesto de Puestas a Tierra a Presupuesto Total

Siguiendo el procedimiento para presupuestar las puestas a tierra presente en la Figura 6.56, y partiendo de la Figura 6.60, se procede a realizar el siguiente paso.

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto Total*, las puestas a tierra que fueron seleccionadas y se encuentran registradas en la tabla de presupuesto de puestas a tierra, son enviadas y registradas en la tabla *Presupuesto Total*; a continuación de la lista de banco de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución y equipos de seccionamiento y protección, previamente agregada.

En la Figura 6.61 a continuación, se observa todos los rubros (*banco de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución, equipos de seccionamiento y protección, y puestas a tierra*) que componen hasta ese instante el *Presupuesto Total*.



Código MEER	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
EUG-062x281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	69.41	62.00	7311.33
EUG-062x281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X3 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	122.78	526.00	64354.16
EUG-061A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PUBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	6.75	1136.00	7681.50
EUG-0PA	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A_0.6x0.6x0.75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	348.97	62.00	21625.99
EUG-0PB	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0.6x0.6x0.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	517.81	35.00	18123.49
EUG-0PC	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C_1.2x1.2x1.2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	928.47	3.00	2485.41
EUG-0C2B	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL TIPO B_5x4x0.4 m	u	22986.35	1.00	22986.35
TUT-3P200	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO PEDESTAL 300 KVA, 12000 - 127/220 V	u	10259.15	1.00	10259.15
SSD-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 2 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 2...	u	71.72	32.00	2295.04
SSD-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 2...	u	806.47	19.00	15323.92
SSD-3N100	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO 3 POLOS 100 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - ...	u	806.47	1.00	806.47
SS1-3C200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 KV, 4/6 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN	u	456.09	1.00	456.09
SS1-3P200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A CON FUSIBLE, CLASE 15 KV, 4/6 AWG - SECCIONAMIENTO Y PRO.	u	951.09	1.00	951.09
SSD-3L125_6	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	u	162.71	4.00	410.84
SSD-3L125_12	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 12 CIRCUITOS	u	178.25	5.00	891.25
SSD-3L125_24	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 24 CIRCUITOS	u	178.25	14.00	2509.50
SSD-3L225_30	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 225 A, PARA 30 CIRCUITOS	u	222.56	9.00	2003.05
SSD-3L125_42	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 42 CIRCUITOS	u	233.36	1.00	233.36
SS1-3R5	TRANSICIÓN DE RED AEREA A SUBTERRANEA PARA TRES FASES EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA - 12000 V GREDY / 7500 V - 1...	u	1216.49	1.00	1216.49
P50-8CC2_4	PUESTA A TIERRA EN CÁMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 4 VARILLAS	u	331.11	10.00	3311.10
P50-8CC2_2	PUESTA A TIERRA EN EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCION - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 2 VARILLAS	u	164.23	1.00	164.23

TOTAL: 187117.3238

Limpiar Presupuesto | Agregar Estructura Civil e Equipo Eléctrico | Crear Hoja de Presupuesto

**Figura 6.61.** Ventana del presupuesto total con el registro de los rubros pertenecientes a *banco de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución, equipos de seccionamiento y protección, y puestas a tierra* [Propia Autoría]

Una vez agregados al *Presupuesto Total* los *bancos de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución, equipos de seccionamiento y protección, y puestas a tierra* que formarán parte del presupuesto de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución en estudio; se procede a presupuestar los cables y conductores.

## **Paso 35**

### **Cables y Conductores**

#### **Tipo**

Partiendo de la Figura 6.61 mostrada anteriormente, se procede a realizar los pasos correspondientes para seleccionar los cables y conductores a presupuestar.

Se presiona el botón *Agregar Estructura Civil o Equipo Eléctrico*, para de este modo regresar a la ventana inicial de la App (Figura 6.13) correspondiente al Paso 2 y así seleccionar la opción *Obra Eléctrica* y posteriormente la alternativa *Cables y Conductores*; como se es posible observar en la Figura 6.38 previamente presentada.

Después de seleccionar la alternativa *Cables y Conductores*, inmediatamente se despliega la ventana *Tipo de Cables y Conductores para Redes Subterráneas*. Para la descripción del funcionamiento de dicha ventana, presente en la Figura 6.62, se procede a presupuestar el primer rubro de la lista de cables y conductores del caso de estudio para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”. El rubro a presupuestar es el de un conductor de cobre aislado, tipo TTU, 3/0 AWG; como se puede observar en la lista de rubros de la Figura 6.63, a continuación.



**Figura 6.62.** Ventana de tipo de cables y conductores - Ventana de decisión para seleccionar el tipo de cables y conductores. [Propia Autoría]

Código	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<b>CABLES Y CONDUCTORES</b>			
CC-0054	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 3/0 AWG, 19 HILOS	m	1524
CC-0053	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2/0 AWG, 19 HILOS	m	2983
CC-0048	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	4944
CC-0050	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 4 AWG, 7 HILOS	m	1732
CC-0049	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 6 AWG, 7 HILOS	m	9729
CC-0052	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 1/0 AWG, 19 HILOS	m	5196
CC-0051	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2 AWG, 7 HILOS	m	1222
CC-0008	CABLE DE COBRE DESNUDO, CABLEADO SUAVE, 2/0 AWG, 19 HILOS	m	561
CC-0020	CABLE UNIPOLAR COBRE AISL. POLIETILENO RETIC. XLPE, 15 KV, 2 AWG, 7 H, 100% NA.	m	126
CC-0015	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO PVC, 600 V. TW NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	295

**Figura 6.63.** Cables y conductores a presupuestar – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

Para el rubro del conductor de cobre aislado, tipo TTU, 3/0 AWG que muestra la Figura 6.63, se realiza el procedimiento detallado a continuación.

La Figura 6.62 muestra inicialmente a la ventana *Tipo de Cables y Conductores para Redes Subterráneas* con seis botones, los cuales permiten seleccionar los diferentes tipos de cables y conductores disponibles. Las 6 alternativas son las siguientes:

- *Cable de Cobre Desnudo*: Permite seleccionar el tipo *Cable de Cobre Desnudo*, como conductor para conexiones eléctricas.

- *Tipo THHN*: Permite seleccionar el conductor *Tipo THHN*, para circuitos y alimentadores.
- *Tipo TW*: Permite seleccionar el conductor *Tipo TW*, para circuitos y alimentadores.
- *Tipo XLPE - Cobre*: Permite seleccionar el conductor *Tipo XLPE - Cobre*, para circuitos y alimentadores.
- *Tipo XLPE - Aluminio*: Permite seleccionar el conductor *Tipo XLPE - Aluminio*, para circuitos y alimentadores.
- *Tipo TTU*: Permite seleccionar el conductor *Tipo TTU*, para circuitos y alimentadores.

El siguiente paso a describir corresponde a la alternativa *Tipo TTU*; aunque si la selección es cualquiera de las otras alternativas; el proceso es similar.

## **Paso 36**

### **Cables y Conductores**

#### **Selección de Calibre e Ingreso de Cantidad**

Después de seleccionar el tipo de conductor (Figura 6.62), a continuación, como se observa en la Figura 6.64, se despliega una ventana en la cual, por medio del menú desplegable (push up menu) se procede a seleccionar el calibre del conductor a presupuestar. La ventana en mención también presenta un campo editable numérico, en el cual se ingresará la cantidad (en metros) del conductor previamente seleccionado.

CONDUCTOR AISLADO DE COBRE TIPO TTU

Seleccione U.C. : CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 8 AWG, 7 H... ▼

OK

PRECIO TOTAL DE CABLE/CONDUCTOR: [\$/m]

Ingrese Cantidad de U.C. : 0 [m] Cálculo de Conductor Económico

Agregar a Presupuesto de Cables y Conductores

**Figura 6.64.** Ventana para selección del calibre e ingreso de cantidad, del conductor – Conductor aislado de cobre tipo TTU. [Propia Autoría]

La descripción del funcionamiento de los 3 botones presentes en la ventana, se lo realiza a continuación.

- *OK*: Permite mostrar el precio del cable o conductor seleccionado.
- *Agregar a Presupuesto de Cables y Conductores*: Permite agregar el cable o conductor seleccionado a una tabla en la que se irán registrando todos los cables y conductores seleccionados por el usuario.
- *Cálculo de Conductor Económico*: Permite abrir la ventana donde se procederá a realizar el cálculo de la sección económica de un conductor para un circuito o alimentador. La descripción del funcionamiento de la ventana en mención, se realiza a continuación.

Después de presionar el botón *Cálculo de Conductor Económico*, se despliega la ventana que se observa en la Figura 6.65, a continuación.

**Cálculo de Conductor Económico**

### DIMENSIONAMIENTO ECONÓMICO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS CONFORME A LA NORMA IEC 60287-3-2

#### Cálculo De Sección Económica

Ingresar los siguientes parámetros necesarios para el cálculo de la sección económica del conductor, para un circuito alimentador:

a: Aumento Anual de Carga, [%]	<input type="text" value="0"/>	[%]	P: Costo de 1 Watt-hora, en el Nivel de Voltaje Pertinente, [\$/Wh]	<input type="text" value="0"/>	[\$/Wh]
b: Aumento Anual de Costo de Energía Sin Incluir Efecto de Inflación, [%]	<input type="text" value="0"/>	[%]	D: Variación de Costo Anual de la Demanda, [\$/W año]	<input type="text" value="0"/>	[\$/W año]
i: Tasa de Capitalización para el Cálculo del Valor Presente, [%]	<input type="text" value="0"/>	[%]	E: Temperatura Máx. de Operación del Conductor, [°C]	<input type="text" value="6"/>	[°C]
N: Período Cubierto por el Cálculo Financiero (Vida Económica), [años]	<input type="text" value="0"/>	[años]	Ra: Temperatura Ambiente Promedio, [°C]	<input type="text" value="6"/>	[°C]
Np: Número de Conductores de Fase por Circuito, [x]	<input type="text" value="0"/>	[x]	Inax: Corriente Máxima que Circulará en el Alimentador para el 1° Año, [A]	<input type="text" value="0"/>	[A]
Nc: Número de Circuitos que Llevan el Mismo Tipo y Valor de Carga, [x]	<input type="text" value="0"/>	[x]	I: Longitud del alimentador, [m]	<input type="text" value="0"/>	[m]
T: Tiempo de Operación Anual del Conductor a Plena Carga, [h/año]	<input type="text" value="0"/>	[h/año]			

Resultados:

Sec: Sección Económica del Conductor, [mm<sup>2</sup>]   [mm<sup>2</sup>]

#### Cálculo De Costo Total

Ingresar el costo inicial (C<sub>i</sub>) del conductor, cuyo calibre corresponde a la sección económica previamente calculada.

C<sub>i</sub>: Costo Inicial del Conductor a ser Instalado, [\$m]

[\$m]

Resultado:

CT: Costo Total de Operación e Instalación del Conductor Durante Su Vida Económica, [\$]   [\$]

#### Cálculo De Costo Total Si La Sección Económica No Es Estandarizada

Ingresar, mediante la Tabla de Calibres Estandarizados, las secciones nominales adyacentes, mayor y menor, respecto a la sección económica no estándar antes obtenida. Adicional, ingresar los costos iniciales de los conductores correspondientes a las secciones adyacentes, mayor y menor.

Sección Adyacente Mayor, [mm<sup>2</sup>]  [mm<sup>2</sup>] Costo Inicial del Conductor a ser Instalado - Sección Adyacente Mayor, [\$m]  [\$m]

Sección Adyacente Menor, [mm<sup>2</sup>]  [mm<sup>2</sup>] Costo Inicial del Conductor a ser Instalado - Sección Adyacente Menor, [\$m]  [\$m]

Resultado:

Costo Total de Operación e Instalación del Conductor Durante Su Vida Económica - Sección Adyacente Mayor, [\$]   [\$]

Costo Total de Operación e Instalación del Conductor Durante Su Vida Económica - Sección Adyacente Menor, [\$]  [\$]

**Figura 6.65.** Ventana para realizar el cálculo de conductor económico de un circuito o alimentador. [Propia Autoría]

Como se observa en la figura previamente mostrada, la ventana cuenta con 13 campos editables numéricos, en los cuales se deberá ingresar las características del tipo de conductor y los parámetros del circuito o alimentador a analizar; de este modo y por medio del botón *Calcular*, se obtendrá la sección económica del conductor para dicho circuito o alimentador. Adicionalmente, mediante el botón *Tabla de Calibres Estandarizados* y tomando como referencia el valor del cálculo previamente obtenido, se determinará la sección económica del conductor acorde a valores estandarizados.

Siguiendo el procedimiento para presupuestar el rubro conductor de cobre aislado, tipo TTU, 3/0 AWG, presente en la Figura 6.63; del menú desplegable se selecciona el conductor cobre aislado PVC 2000 V. TTU N° 3/0 AWG 19 Hilos; y se presiona el botón *OK*. La cantidad también es ingresada, obteniendo la ventana resultante, presente en la Figura 6.66 a continuación.

CONDUCTOR AISLADO DE COBRE TIPO TTU

Seleccione U.C. : CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 3/0 AWG, 1... ▼

OK

PRECIO TOTAL DE CABLE/CONDUCTOR: 12.13 [\$m]

Ingrese Cantidad de U.C. : 1524 [m] Cálculo de Conductor Económico

Agregar a Presupuesto de Cables y Conductores

**Figura 6.66.** Ventana para selección del calibre e ingreso de cantidad de conductor – Calibre seleccionado y cantidad ingresada [Propia Autoría]

### Paso 37

#### Cables y Conductores

##### Presupuesto de Cables y Conductores

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto de Cables y Conductores*, el cable o conductor que fue seleccionado previamente, se registra y se muestra en una tabla, que corresponde al *Presupuesto de Cables y Conductores* que contendrá todos los cables y conductores que el usuario requiera. La tabla en mención se muestra en la Figura 6.67, a continuación.

Presupuesto de Cables y Conductores

**OBRA ELÉCTRICA**

**CABLES Y CONDUCTORES**

	Código OE	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
1	CC-0264	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2006 V. TTU NO. 3/0 AWG, 18 HILOS	m	12.12	1524.00	18486.12

PRESUPUESTO DE CABLES Y CONDUCTORES: 18486.12

Agregar otro Tipo de Cable/Conductor

Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.67.** Ventana que muestra el presupuesto de cables y conductores [Propia Autoría]

La ventana mencionada anteriormente contiene 2 botones, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

- *Agregar otro Tipo de Cable/Conductor:* Permite regresar a la ventana *Tipo de Cables y Conductores para Redes Subterráneas* (Figura 6.62) correspondiente al Paso 35; para de este modo y siguiendo los procedimientos antes descritos, se pueda agregar otro tipo de cable o conductor al presupuesto. Los nuevos rubros que serán agregados, se irán enlistando uno a continuación de otro.
- *Agregar a Presupuesto Total:* Permite agregar los cables o conductores previamente seleccionados a la tabla del *Presupuesto Total de Construcción*, la cual se desplegará inmediatamente después de presionar el botón. La tabla en mención irá registrando todos los elementos (estructuras civiles y equipos eléctricos) que el usuario agregue mediante los pasos y procedimientos antes descritos.



Continuando con la obtención del presupuesto de cables y conductores para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como parte de la descripción del manual de usuario; se procede a obtener el presupuesto de cables y conductores con todos los elementos que lo componen, como lo muestra la Figura 6.63.

Una vez realizado nuevamente los pasos y procedimientos antes descritos para todos los conductores faltantes, se obtendrá el presupuesto de cables y conductores para la Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez”, como se observa en la Figura 6.68 a continuación.

**OBRA ELÉCTRICA**

**CABLES Y CONDUCTORES**

	Código CE	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Precio Total
1	CC-0054	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 3/0 AWG, 19 HILOS	m	12.12	1524.00	10486.12
2	CC-0053	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2/0 AWG, 19 HILOS	m	9.39	2883.00	28012.37
3	CC-0048	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 6 AWG, 7 HILOS	m	2.44	4844.00	12063.36
4	CC-0050	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 4 AWG, 7 HILOS	m	3.88	1732.00	6720.16
5	CC-0049	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 6 AWG, 7 HILOS	m	3.22	6729.00	21327.38
6	CC-0052	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 1/0 AWG, 19 HILOS	m	7.81	5196.00	40580.76
7	CC-0051	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 2000 V. TTU NO. 2 AWG, 7 HILOS	m	5.19	1222.00	6329.96
8	CC-0056	CABLE DE COBRE DESNUDO, CABLEADO SURVE, 2/0 AWG, 19 HILOS	m	7.67	561.00	4352.87
9	CC-0029	CABLE UNIPOLAR COBRE AISL. POLIETILENO RETIC. XLPE, 15 KV, 2 AWG, 7 H, 100% NA	m	12.29	126.00	1548.54
10	CC-0015	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO PVC, 600 V. TTF NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	1.95	295.00	584.10

PRESUPUESTO DE CABLES Y CONDUCTORES: **148953.62**

Agregar otro Tipo de Cable/Conductor      Agregar a Presupuesto Total

**Figura 6.68.** Presupuesto de cables y conductores – Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

## Paso 38

### Cables y Conductores

#### Presupuesto de Cables y Conductores a Presupuesto Total

Siguiendo el procedimiento para presupuestar los conductores presentes en la Figura 6.63, y partiendo de la Figura 6.68, se procede a realizar el siguiente paso.

Al presionar el botón *Agregar a Presupuesto Total*, los conductores que fueron seleccionados y se encuentran registrados en la tabla de presupuesto de cables y conductores, son enviados y registrados en la tabla *Presupuesto Total*; a continuación de la lista de banco de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución, equipos de seccionamiento y protección y, puestas a tierra; previamente agregada.

En la Figura 6.69 a continuación, se observa todos los rubros que componen el *Presupuesto Total*.

Presupuesto

- □ ×

PRESUPUESTO TOTAL					
Código MEER	Descripción	Unidad	Precio Unit.	Precio Total	
E00-060x281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X2 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	89.41	82.00	7331.33
E00-060x281	BANCO DE DUCTOS EN ACERA CON CONFIGURACION 2X3 DE 110 mm, EXCAVACION EN ZANJA CON EQUIPO MECANICO - (CON	m	122.78	538.00	66054.16
E00-081A1	DUCTO PARA ALUMBRADO PUBLICO 1x50 mm EN ACERA	m	6.75	1138.00	7581.50
E00-0PA	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A_0.6x0.6x0.75 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	348.97	62.00	21825.99
E00-0PB	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B_0.6x0.6x0.9 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	517.81	35.00	18123.49
E00-0PC	POZO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C_1.2x1.2x1.2 m_EN ACERA_TAPA DE HORMIGON	u	828.47	3.00	2485.41
E00-0CMB	CÁMARA ELÉCTRICA A NIVEL TIPO B_5x4x0.4 m	u	22986.35	1.00	22986.35
TUT-3P200	TRANSFORMADOR TRIFASICO TIPO PEDESTAL 300 KVA, 12000 - 127/220 V	u	10259.15	1.00	10259.15
S50-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 2.	u	71.72	32.00	2295.04
S50-3N50	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3 POLOS 50 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 2.	u	805.47	19.00	15303.92
S50-3N100	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3 POLOS 100 A_SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V - 2.	u	805.47	1.00	805.47
S5T-3C200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A, CLASE 15 KV, 4/6 AWG - SECCIONAMIENTO Y PROTECCION EN	u	458.09	1.00	458.09
S5T-3P200	PARA TRES FASES_CODO CONECTOR DESCONECTABLE 200 A CON FUSIBLE, CLASE 15 KV, 4/6 AWG - SECCIONAMIENTO Y PRO.	u	951.09	1.00	951.09
S50-3L125_6	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 6 CIRCUITOS	u	102.71	4.00	410.84
S50-3L125_12	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 12 CIRCUITOS	u	178.25	5.00	891.25
S50-3L125_24	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 24 CIRCUITOS	u	178.25	14.00	2505.50
S50-3L225_30	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 225 A, PARA 30 CIRCUITOS	u	222.56	9.00	2003.05
S50-3L125_42	TABLERO DE DISTRIBUCION, CAPACIDAD DE 125 A, PARA 42 CIRCUITOS	u	223.38	1.00	223.38
S5T-3R5	TRANSICION DE RED AEREA A SUBTERRANEA PARA TRES FASES EN ESTRUCTURA SEMICENTRADA - 13200 V GREDY / 7500 V - 1.	u	1216.49	1.00	1216.49
P50-8CC2_4	PUESTA A TIERRA EN CÁMARA - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 4 VARILLAS	u	321.11	10.00	3211.10
P50-8CC2_2	PUESTA A TIERRA EN EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCION - CONDUCTOR DE Cu 2 AWG 19 HILOS, 2 VARILLAS	u	154.23	1.00	154.23
CC-0054	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 3000 V, TTU NO. 3/0 AWG, 19 HILOS	m	12.13	1524.00	18486.12
CC-0053	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 3000 V, TTU NO. 2/0 AWG, 19 HILOS	m	9.39	2393.00	22610.37
CC-0048	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 3000 V, TTU NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	3.44	4944.00	17063.36
CC-0050	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 3000 V, TTU NO. 4 AWG, 7 HILOS	m	3.88	1732.00	6701.16
CC-0049	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 3000 V, TTU NO. 6 AWG, 7 HILOS	m	3.22	9729.00	31327.38
CC-0052	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 3000 V, TTU NO. 1/0 AWG, 19 HILOS	m	7.81	5196.00	40580.76
CC-0051	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 3000 V, TTU NO. 2 AWG, 7 HILOS	m	5.18	1222.00	6329.96
CC-0008	CABLE DE COBRE DESNUDO, CABLEADO SUAVE, 2/0 AWG, 19 HILOS	m	7.57	561.00	4302.87
CC-0020	CABLE UNIPOLAR COBRE AISL. POLIETILENO RETIC. 30.PE. 15 KV, 2 AWG, 7 H, 100% NA	m	12.29	126.00	1548.54
CC-0015	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO PVC, 600 V, TW NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	1.58	295.00	554.10
TOTAL:				337073.8436	

Limpiar Presupuestos
Agregar Estructura Civil e Equipo Eléctrico
Crear Hoja de Presupuesto

**Figura 6.69.** Ventana del presupuesto total con el registro de los rubros pertenecientes a *banco de ductos, pozos eléctricos, cámara eléctrica, transformador de distribución, equipos de seccionamiento y protección, puestas a tierra y, cables y conductores* [Propia Autoría]

## Paso 39

### Obtención de Reporte

Siguiendo el procedimiento para obtener el reporte del presupuesto total y partiendo de la Figura 6.69, se procede a realizar el paso final.

Al presionar el botón *Crear Hoja de Presupuesto*, se crea un archivo de Excel en el cual se registrará todos los elementos (rubros) que forman parte del presupuesto total de construcción obtenido mediante la App, como se puede observar en la Figura 6.70. Adicional a esto, como se puede evidenciar en la Figura 6.71 a continuación; en el mismo archivo, en la segunda hoja de cálculo, se desglosa el presupuesto total calculado en cuatro parámetros principales, los cuales forman parte de la estructura de los APU's de la base de datos y costos que fue creada para el proyecto de titulación; estos parámetros son: *Materiales, Mano de Obra, Equipo, Maquinaria y Herramienta y, Transporte e Imprevistos.*

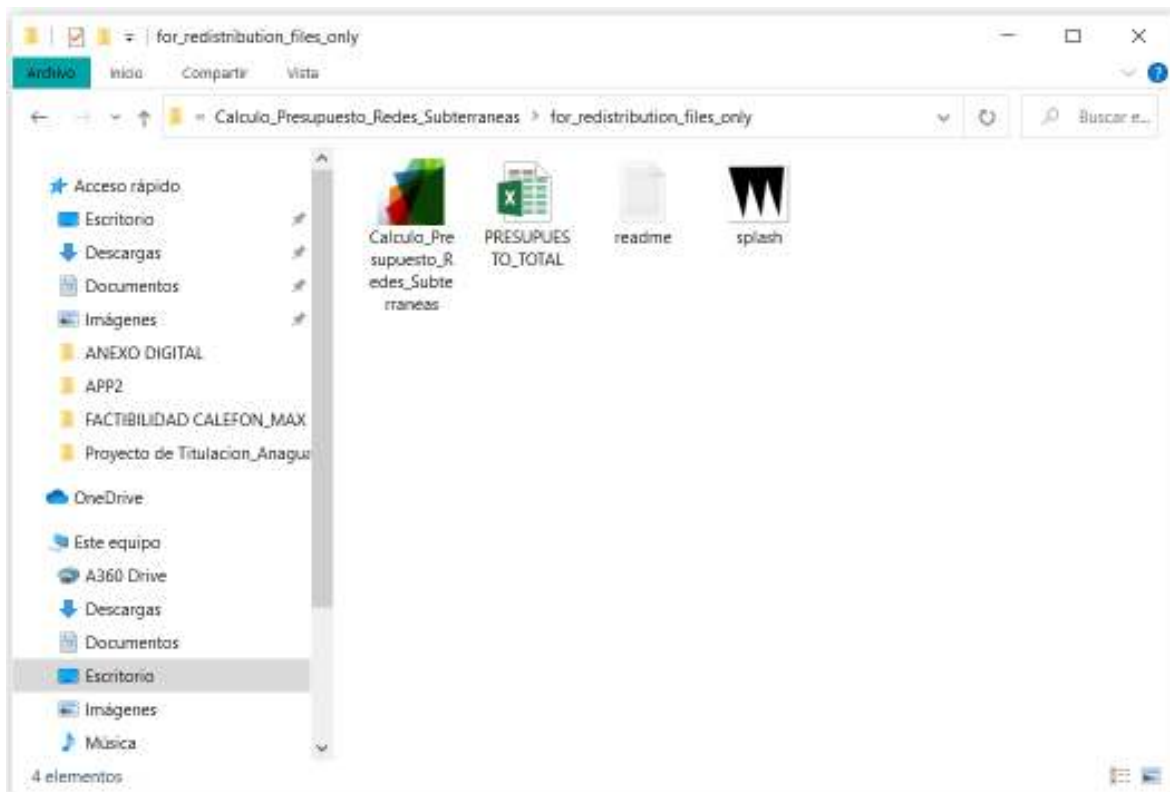
	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3	1	00000000	BANCO DE CONTACTOS EN ALUMINIO CON CONFIGURACION 2X1 DE 115mm, ENCLAVADOR EN DIBUJO CON 50ALUMINIO MECANICO - CON RESANADO/ABOQUIN (DECORATIVO)	m	80,6064700	81	7952,35995	
4	1	00000000	BANCO DE CONTACTOS EN ALUMINIO CON CONFIGURACION 2X1 DE 115mm, ENCLAVADOR EN DIBUJO CON 50ALUMINIO MECANICO - CON RESANADO/ABOQUIN (DECORATIVO)	m	173,7772188	108	86284,11884	
5	1	00000000	DUCTO PARA ALAMBADO PUBLICO CODO 90º EN ALUMINIO	m	4,178	1118	7881,8	
6	1	00000000	POSTO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO A, ALUMINIO 75 mm EN ALUMINIO, TAPA DE PROTECCION	m	148,957427	81	21005,09411	
7	1	00000000	POSTO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO B, ALUMINIO 75 mm EN ALUMINIO, TAPA DE PROTECCION	m	117,8100188	81	18123,48771	
8	1	00000000	POSTO PARA REDES SUBTERRANEAS TIPO C, 1,2x1,2x1,2 m, EN ALUMINIO, TAPA DE PROTECCION	m	808,472111	8	2488,41283	
9	1	00000000	TUBERIA ELECTRICA 40mm, 7000 m, 1,2x1,2x1,2 m	m	11885,54718	1	2098,54718	
10	1	00000000	TUBERIA ELECTRICA 70mm, 7000 m, 1,2x1,2x1,2 m	m	12218,18	1	18338,18	
11	1	00000000	INTERMEDIOS TERMINACIONES TIPO A, EN ALUMINIO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V	m	71,72	81	2105,04	
12	1	00000000	INTERMEDIOS TERMINACIONES TIPO B, EN ALUMINIO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V	m	480,47	18	15900,96	
13	1	00000000	INTERMEDIOS TERMINACIONES TIPO C, EN ALUMINIO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V	m	808,47	1	808,47	
14	1	00000000	PARRA TRES FASES, CODO CONECTOR BENCHEMCHIL 200 A, 2,2x2,2x2,2 m, PARA 3 CABLES	m	496,08	1	496,08	
15	1	00000000	PARRA TRES FASES, CODO CONECTOR BENCHEMCHIL 200 A, 2,2x2,2x2,2 m, PARA 3 CABLES	m	951,09	1	951,09	
16	1	00000000	PARRA TRES FASES, CODO CONECTOR BENCHEMCHIL 200 A, 2,2x2,2x2,2 m, PARA 3 CABLES	m	183,71	1	183,71	
17	1	00000000	PARRA TRES FASES, CODO CONECTOR BENCHEMCHIL 200 A, 2,2x2,2x2,2 m, PARA 3 CABLES	m	178,18	1	178,18	
18	1	00000000	PARRA TRES FASES, CODO CONECTOR BENCHEMCHIL 200 A, 2,2x2,2x2,2 m, PARA 3 CABLES	m	178,15	14	2594,1	
19	1	00000000	PARRA TRES FASES, CODO CONECTOR BENCHEMCHIL 200 A, 2,2x2,2x2,2 m, PARA 3 CABLES	m	212,84	8	2062,8	
20	1	00000000	PARRA TRES FASES, CODO CONECTOR BENCHEMCHIL 200 A, 2,2x2,2x2,2 m, PARA 3 CABLES	m	183,88	1	183,88	
21	1	00000000	TRANSFORMADOR DE 500 VA EN ALUMINIO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V	m	1105,49	1	1105,49	
22	1	00000000	PARRA TRES FASES EN ALUMINIO Y PROTECCION EN REDES SUBTERRANEAS 240/120 V	m	184,28	1	184,28	
23	1	00000000	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 1800 V, TUV NO. 3, 9 AWG, 7 HILOS	m	11,19	3504	18488,12	
24	1	00000000	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 1800 V, TUV NO. 2, 9 AWG, 7 HILOS	m	9,38	2488	28615,27	
25	1	00000000	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 1800 V, TUV NO. 3, 9 AWG, 7 HILOS	m	2,44	4994	12088,88	
26	1	00000000	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 1800 V, TUV NO. 4, 8 AWG, 7 HILOS	m	8,88	1752	8718,36	
27	1	00000000	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 1800 V, TUV NO. 6, 6 AWG, 7 HILOS	m	8,12	8728	32417,36	
28	1	00000000	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 1800 V, TUV NO. 10, 4 AWG, 7 HILOS	m	1,82	1196	4098,92	
29	1	00000000	CONDUCTOR COBRE AISLADO PVC 1800 V, TUV NO. 1, 8 AWG, 7 HILOS	m	5,18	1122	8519,90	
30	1	00000000	CABLE DE COBRE AISLADO, CABLEADO UNICO, 2,0 AWG, 7 HILOS	m	7,87	181	800,87	
31	1	00000000	CABLE BIPOLAR COBRE AISLADO, POLIETILENO RETICULADO, 13 KV, 2 AWG, 1 N, 120000	m	12,28	128	1581,84	
32	1	00000000	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO PVC, 600 V, TUV NO. 8 AWG, 7 HILOS	m	1,98	195	584,1	
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								

**Figura 6.70.** Archivo Excel con el registro de todos los rubros que conforman el presupuesto total de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución - Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

DESCRIPCIÓN DE ÍTEM	COSTO DE PARÁMETRO
Materiales:	269656,7549
Mano de Obra:	50560,64155
Equipo, Maquinaria y Herramientas:	6741,418873
Transporte e Imprevistos:	10112,12831
<b>Presupuesto Total:</b>	<b>337970,94264</b>

**Figura 6.71.** Hoja 2 del archivo Excel con el desglose del presupuesto total de construcción de la red eléctrica subterránea de distribución - Caso de estudio Unidad Educativa “Ángel Polibio Chávez” [Propia Autoría]

El archivo Excel en cuestión, se ubica en la carpeta donde se encuentra el archivo ejecutable de la App, y lleva por nombre “PRESUPUESTO\_TOTAL\*.xlsx”; la Figura 6.72 muestra lo antes mencionado.



**Figura 6.72.** Reporte creado por la APP – Archivo Excel “PRESUPUESTO\_TOTAL\*.xlsx”  
[Propia Autoría]