

**HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA  
PARA EL MONTAJE DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS**

**JAIME HERNÁN CARRASCO CORREA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2015**

**HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA  
PARA EL MONTAJE DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS**

**JAIME HERNÁN CARRASCO CORREA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN  
TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA**

**DIRECTOR**

**JORGE WILSON GONZÁLEZ SÁNCHEZ**

**Ph.D. en Ingeniería**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA**

**ELÉCTRICA**

**MEDELLÍN**

**2015**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente de Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín noviembre 24 de 2015

## **DEDICATORIA**

A mis padres por la formación que me dieron, a mi esposa y a mi hija por su motivación, apoyo, comprensión y amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por concederme el privilegio de la vida y del conocimiento, a la Universidad Pontificia Bolivariana por permitirme estudiar en su claustro, a los profesores de la maestría por sus enseñanzas, por su guía, paciencia y buen consejo, a mi empresa Simac - Proyectos Especiales de Ingeniería, por permitirme desarrollar esta idea y proporcionarme todos los elementos necesarios para llevarla a cabo.

A mis padres, hermanos, esposa e hijos porque siempre han confiado en mí, por su comprensión, cariño y apoyo, durante toda mi vida y en especial durante este proceso.

## CONTENIDO

CONTENIDO .....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	11
GLOSARIO Y SIGLAS .....	12
RESUMEN .....	18
1. INTRODUCCIÓN .....	20
2. ALCANCE DEL PROYECTO Y ORIGEN DE LA IDEA.....	27
2.1 Alcance .....	27
2.2 Origen de la Idea.....	27
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA INVESTIGATIVO .....	29
3.1 Raíces Técnicas: .....	29
3.2 Raíces Económicas .....	30
3.3 Raíces Informáticas .....	31
3.4 Raíces Empresariales.....	31
3.5 Elementos Primarios.....	32
3.6 Elementos Secundarios.....	32
3.7 Perceptores Directos .....	33
3.8 Perceptores Indirectos.....	33
4. OBJETIVOS .....	35
4.1 Objetivo General.....	35
4.2 Objetivos Específicos .....	35
5. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS .....	37
5.1 Sistema Técnico Aplicable.....	38
5.2 Sistema Informático Propuesto .....	40

5.2.1 Herramientas de Programación .....	40
5.3 Diagrama de Flujo del Proceso .....	42
6. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	45
6.1 Tema del Proyecto .....	45
6.2 Estado del Arte .....	45
7. DESARROLLO PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS.....	50
7.1 Elaboración de la Ingeniería Básica de Subestaciones Tipo: .....	50
7.1.1 Configuración de la Subestación:.....	50
7.1.2 Estudios Eléctricos .....	53
7.1.2.1 Estudios Para el Diseño de la Malla de Tierra. ....	54
7.1.2.2 Modelación de la Resistividad del Suelo.....	56
7.1.2.3 Resistencia de Puesta a Tierra .....	58
7.1.2.4 Estudios de Apantallamiento. ....	60
7.1.2.5 Coordinación de Aislamiento. ....	75
7.1.2.6 Dimensionamiento de Ductos y Cables .....	77
7.1.2.7 Estudio de Protecciones .....	81
7.2 Estimación de cantidades de obra.....	82
7.3 Desarrollo del Software: .....	83
8. PRUEBAS DE ESCRITORIO .....	85
8.1 Elaboración de la Ingeniería Básica.....	85
8.2 Creación e Base de Datos .....	85
8.3 Pruebas.....	86
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	98
ANEXO 1. LISTA DE CANTIDADES Y EQUIPOS.....	102
ANEXO 2. FUNGIBLES DE EQUIPOS .....	104
ANEXO 3. CANTIDAD DE CABLES Y MARQUILLAS .....	108
ANEXO 4. SISTEMA DE APANTALLAMIENTO .....	109

ANEXO 5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	109
---	-----



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de Entrada de la Malla de Puesta a Tierra .....	58
Tabla 2. Porcentaje de Ocupación de Ductos .....	77
Tabla 3. Cantidad de Ductos en Interruptor.....	78
Tabla 4. Cantidad de Ductos en Seccionador Motorizado .....	78
Tabla 5. Cantidad de Ductos en Transformador de Tensión .....	79
Tabla 6. Cantidad de Ductos en Transformador de Corriente .....	80
Tabla 7. Cantidad de Ductos en Transformador de Potencia.....	80
Tabla 8. Cantidad de Ductos en Cuchilla de Puesta a Tierra .....	81

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema General e Integrado de Investigación .....	34
Ilustración 2. Diagrama de Flujo del Proceso .....	42
Ilustración 3. Configuración Barra Sencilla .....	50
Ilustración 4, Configuración Barra Principal.....	51
Ilustración 5. Configuración Doble Barra.....	51
Ilustración 6. Configuración doble barra más seccionador by pass.....	51
Ilustración 7. Configuración doble Barra más Seccionador de Transferencia .....	52
Ilustración 8. Configuración Doble Barra más Transferencia.....	52
Ilustración 9. Configuración Anillo .....	52
Ilustración 10. Configuración Interruptor y Medio .....	53
Ilustración 11. Configuración Doble Barra con Interruptor .....	53
Ilustración 12. Método de Wenner.....	55
Ilustración 13. Perfil de Resistividad Aparente .....	57
Ilustración 14. Vista en Planta de la Cuadrícula .....	59
Ilustración 15. Malla de Puesta a Tierra en 3D .....	59
Ilustración 16. Tensiones de Soportabilidad.....	60
Ilustración 17Parámetros para Determinar la Altura Efectiva .....	65

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 .....	54
Ecuación 2 .....	55
Ecuación 3 .....	56
Ecuación 4 .....	56
Ecuación 5 .....	57
Ecuación 6 .....	57
Ecuación 7 .....	62
Ecuación 8 .....	62
Ecuación 9 .....	63
Ecuación 10 .....	63
Ecuación 11 .....	64
Ecuación 12 .....	64
Ecuación 13 .....	65
Ecuación 14 .....	67
Ecuación 15 .....	69
Ecuación 16 .....	70
Ecuación 17 .....	71
Ecuación 18 .....	71
Ecuación 19 .....	72
Ecuación 20 .....	72
Ecuación 21 .....	73
Ecuación 22 .....	73
Ecuación 23 .....	73
Ecuación 24 .....	73
Ecuación 25 .....	74
Ecuación 26 .....	74
Ecuación 27 .....	74
Ecuación 28 .....	75
Ecuación 29 .....	75

## GLOSARIO Y SIGLAS

- **Administración:** Es el proceso de planificar, organizar, dirigir y controlar el uso de los recursos y las actividades de trabajo con el propósito de lograr los objetivos o metas de la organización de manera eficiente y eficaz.
- **Análisis de Precios Unitarios:** Es el estudio unitario previo, que se realiza para conocer los valores unitarios de cada procedimiento que se deba realizar en obra.
- **ASTM:** Siglas en inglés de la Sociedad Estadunidense para Pruebas de Materiales; organización de normas internacionales que desarrolla y publica, acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.
- **Barraje:** Punto común de conexión de los diferentes circuitos asociados a una subestación (nodo del sistema).
- **Base de Datos:** Es un lugar físico y software que permite almacenar, modificar y eliminar información; dicho sistema se suele denominar “servidor de base de datos”
- **CIGRÉ:** Siglas del Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas; organización mundial de carácter no gubernamental que agrupa empresas eléctricas, fabricantes de bienes de equipo eléctrico,

ingenierías, universidades y centros de investigación de todo el mundo, constituyendo probablemente el foro técnico de discusión y de investigación de dichos temas más importante a nivel mundial.

- **Campo de Conexión (bahía, módulo):** Conjunto de equipos de una subestación para la maniobra, protección y medida de un circuito que se conecta a ella.
- **Código Abierto:** Servidor de uso libre y gratuito para todos los programadores que quieran usarlo.
- **Configuración:** Ordenamiento dado a los equipos de maniobra de una subestación que permite definir sus propiedades y características de operación.
- **Costo Directo:** Son los cargos por concepto de material, de mano de obra y de gastos correspondientes directamente a la fabricación o producción de un artículo determinado o de una serie de artículos o de un proceso.
- **Costo Indirecto:** Desembolsos que no pueden identificarse con la producción de mercancías o servicios específicos, pero que sí constituyen un costo aplicable a la producción en general. Se conocen generalmente como gastos indirectos de manufactura.

- **Equipos de Patio:** Elementos electromecánicos de alta tensión utilizados para realizar la maniobra, protección y medida de los circuitos y barrajes de una subestación.
- **IEC:** Siglas en inglés de la Comisión Electrotécnica Internacional; es la organización mundial líder que publica normas internacionales globalmente pertinentes para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y demás relacionadas, y respalda toda forma de evaluación de conformidad.
- **IEEE:** Siglas en inglés del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica; una asociación mundial de técnicos e ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas.
- **Imprevisto:** Es el porcentaje destinado a cubrir los gastos con los que no se contaba y que se presenten durante la ejecución del contrato.
- **Ingeniería básica:** Son los lineamientos preliminares y genéricos que definen el proyecto y que componen la base para la ingeniería de detalle que constituye el insumo para la construcción del proyecto.
- **Interruptor:** Dispositivo de maniobra capaz de interrumpir, establecer y llevar las corrientes normales o asignadas del circuito y las anormales o de cortocircuito, mediante la conexión o desconexión de los circuitos.

- **Malla de Tierra:** Un sistema de electrodos de tierra horizontales que consiste en un número de conductores desnudos y enterrados en la tierra, proporcionando una tierra común para dispositivos eléctricos o estructuras metálicas, usualmente en un lugar específico.
- **Montaje:** Conjunto de actividades que se realizan para ejecutar el ensamble y conexión de los equipos y sistemas que conforman la subestación.
- **Mysql:** Es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario.
- **PHP:** Es un lenguaje de programación interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas.
- **Presupuesto:** Es un plan operaciones y recursos de una empresa, que se formula para lograr en un cierto periodo los objetivos propuestos y se expresa en términos monetarios.
- **Proyecto:** Proceso único que consta de un conjunto de actividades coordinadas y controladas, con fechas de comienzo y terminación, que se emprenden para suministrar un producto que cumpla requisitos específicos, dentro de tiempo, costo y recursos.
- **Seccionador:** Dispositivo de maniobra utilizado para aislar los interruptores, porciones de la subestación o circuitos, para

mantenimiento; en configuraciones de barra son utilizados para seleccionar la forma de conectar los circuitos al barraje.

- **Servidor Local:** Administrador de la información propuesta desde un computador a través de un navegador web; pero no desde internet.
- **Sistema de Comunicaciones:** Conjunto de dispositivos que operan de acuerdo con condiciones preestablecidas que permiten el manejo de señales de comunicación, según los requerimientos de operación de los equipos y sistemas de subestación.
- **Sistema de Protección:** Conjunto de dispositivos que operan siguiendo condiciones preestablecidas para proteger los circuitos, sistemas y dispositivos instalados en una subestación.
- **Sistema de Puesta a Tierra:** Comprende todas las facilidades de tierra interconectadas en un área específica.
- **Subestación Eléctrica:** Es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica.
- **Transformador de Instrumentos:** Dispositivos de monitoreo que sensan, por medio de un acople inductivo, capacitivo u óptico, el cambio de estado de los parámetros de tensión y corriente del sistema.



- **Utilidad:** Es la ganancia que recibe el contratista por la ejecución del concepto de trabajo; será fijado por el propio contratista y estará representado por un porcentaje sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento.
- **WAMP:** Sigla de Windows Apache Mysql PHP.
- **Windows Apache:** Es un servidor web de código abierto, para plataforma Unix, Microsoft Windows, Macintosh y otras que implementen el protocolo.

## RESUMEN

Este informe presenta la metodología utilizada para desarrollar una herramienta computacional para el costeo del montaje de subestaciones; basados en la elaboración de la ingeniería básica de subestaciones tipo en todos los niveles de tensión; que proporciona una base de datos con las cantidades de obra, equipos y materiales, rendimientos en hora hombre y hora herramienta, transporte, fletes e impuestos; la cual a través de un navegador web alimenta una plataforma en donde se generan los algoritmos matemáticos que tiene como finalidad crear los presupuestos generales en el mismo navegador.

**Palabras claves:** Subestación, ingeniería básica, diseño, estudios eléctricos, costeo, licitación, oferta, proyecto, herramienta computacional para licitaciones, bases de datos.

## **ABSTRACT**

This report presents the methodology used to develop a computational tool for the perform costing for the installation of substations; based on the development of basic engineering to typical substations in all voltage levels; which it provides a database with the amounts of labor, equipment and materials, time yields and time tool man, transportation, freight and taxes; which through a web browser feeds a platform where mathematical algorithms that aims to create the general budget in the same browser are generated.

**Keywords:** Subestations, basic engineering, development, electrical studies, costing, bid, proposal, Project, herrramienta computations for tenders, database.

# 1. INTRODUCCIÓN

*“Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es el océano”* Sir Isaac Newton (1642-1727) Matemático y físico británico.

## 1.1 *Introducción General*

El objetivo de este trabajo; enmarcado dentro de la modalidad de prototipo de la Maestría en Transmisión y Distribución de energía es diseñar una herramienta computacional para la evaluación económica para el montaje electromecánico de subestaciones eléctricas; partiendo de la elaboración de la ingeniería básica de subestaciones tipo en todos los niveles de tensión.

En la actualidad las empresas del sector tanto Cliente como Proveedor, utilizan para la estructuración de sus costos y presupuestos, herramientas convencionales asociadas con hojas de cálculo; de igual manera la preparación de la licitación implica que se creen grupos interdisciplinarios, que costean de manera independiente el proyecto de acuerdo con la especialidad (eléctrica, de control, civil, ambiental y comunicaciones); circunstancias que además de demandar mayor tiempo de utilización de los recursos, no permiten la integración de todos los aspectos necesarios para llegar a un valor final del proyecto.

En el mercado no existen herramientas computacionales que den respuesta a la necesidad creciente del sector energético e industria, que cada vez es más dinámico y exige respuestas rápidas, oportunas y eficaces en la estructuración de proyectos.

El índice de incertidumbre en la estructuración de las ofertas es cada vez más alto; por lo que las empresas del sector estatal han tratado de identificarlo en los procesos licitatorios y de esta manera asegurar que los oferentes conozcan y minimicen el riesgo de los procesos; para ello se han creado mecanismos desde el portal de contratación oficial “Colombia Compra Eficiente” en el sentido de crear Manuales de Contratación; es allí donde definen el riesgo a través de jurisprudencia, dentro del Decreto 1510 de 2013 como un evento que puede generar efectos adversos y de distinta magnitud en el logro de los objetivos del Proceso de Contratación o en la ejecución de un contrato.

La gerencia de proyectos basada en estándares internacionales; determina como factores primarios para proyectos exitosos; que estos se realicen dentro del tiempo o plazo previsto para el mismo; dentro del presupuesto aprobado, con la calidad especificada y con la satisfacción de cliente y usuarios; es por eso que desde la concepción de la idea del proyecto, se

deben implementar mecanismos que ayuden a mitigar la incertidumbre de los proyectos y que constituyan la base para el seguimiento del mismo.

Se espera que con el diseño de esta herramienta; las áreas de proyectos de las empresas del sector energético así como las empresas constructoras de infraestructura eléctrica; agilicen la elaboración de la estructura de costos de un proyecto, se reduzcan los índices de error y porcentajes de imprevistos, se garantice un presupuesto confiable y se consolide la base de información técnica para el seguimiento del futuro proyecto.

La metodología de este trabajo está basada en la elaboración de una ingeniería básica, que conjuntamente con un análisis detallado de los aspectos económicos que conforman el montaje de una subestación y a través de una plataforma web; permite la creación de las bases de datos para la generación de los presupuestos.

## *1.2 Aportes*

La creación de este prototipo aporta desde la parte metodológica en el sentido de que normaliza las estructuras de costos de los proyectos; generando mayor confiabilidad y reduciendo tiempos de elaboración de los

mismos. Esta herramienta puede ser utilizada en todas las áreas de proyectos de las empresas del sector energético e industria tanto a nivel Cliente como Proveedor.

El aporte económico se ve reflejado en la reducción de errores en la estructuración de costos, ya que se minimiza la incertidumbre en la estimación de los porcentajes de imprevistos de los proyectos y se optimizan los tiempos de elaboración de las ofertas; elevando la productividad de las áreas operativas.

### *1.3 Justificación y Beneficios*

En la actualidad; en las empresas del sector tanto a nivel de Cliente; como Proveedor; no existe una base de datos que contenga las actividades típicas a ejecutar en un proyecto referente a subestaciones eléctricas; con sus correspondientes cantidades de obra, rendimientos, porcentajes de utilización de recursos, materiales, herramientas y equipos a utilizar; con el fin de realizar presupuestos en unas y presentar ofertas en las otras.

Adicionalmente; en el momento de realizar la estructura de costos de los proyectos no se integran los diferentes alcances del mismo en cuanto a

trabajos electromecánicos, de obra civil, de control, ambiental y de telecomunicaciones; sumándose a esto la poca información entregada en los pliegos de condiciones de los procesos licitatorios y a los tiempos rápidos de respuesta de los mismos; se hace necesario incrementar los costos del rubro de imprevistos, con el fin de minimizar los riesgos financieros dentro del proyecto; lo que generalmente conlleva a que se presenten ofertas sobrecosteadas y por ende no sean adjudicadas. Caso contrario los imprevistos del proyecto son tan altos que no fue suficiente el porcentaje estipulado; generando un detrimento económico en el contrato. La teoría nos dice que los errores más comunes en los proyectos se presentan de acuerdo a la fase de cada uno de ellos así: en la concepción de la idea al realizar la ingeniería básica y los estudios; en el momento de planear al realizar los presupuesto, planos, especificaciones técnicas, programas de suministros; en la ejecución al realizar las obras y en la revisión con los procesos de auditoría e interventoría.

Adentrándonos en el tema de riesgo en los proyectos de infraestructura, es pertinente citar el Estudio IMEC; que realizó una evaluación de aproximadamente 60 proyectos alrededor del mundo, identificando los riesgos a los cuales estaban expuestos estos proyectos. El resultado del mismo demostró que los riesgos relacionados con los mercados y factores



económicos dominaban la lista de los riesgos que amenazaban cada proyecto en un 41.7%, seguidos por los riesgos técnicos o de finalización en un 37.8% y los riesgos legales y políticos (institucionales) en un 20.5%. Estos datos nos demuestran claramente que la exposición al riesgo es un factor común a la gran mayoría de proyectos de infraestructura, de allí la importancia del tema para la industria de la construcción y para los diferentes agentes que participan directa e indirectamente en la estructuración de este tipo de proyectos. Los riesgos se pueden identificar y describir en varios niveles, y puede haber una diferencia considerable entre proyectos u organizaciones distintas. Algunos proyectos identifican sólo un número pequeño de riesgos de alto nivel mientras que otros tienen centenares o hasta miles de riesgos detallados. Una descripción de riesgo generalizada o de alto nivel puede crear dificultades en desarrollar respuestas y apropiamiento, mientras que el describir riesgos con todos los detalles puede generar mucho trabajo. (Rodríguez, 2007, páginas 50:79).

En la dinámica actual en la que se deben estructurar contratos EPC o llave en mano; es necesario contar con herramientas informáticas; soportadas en la base técnica; que permitan dar respuesta oportuna y eficaz desde la parte técnica y económica; esto se lograría con el diseño de un banco de información técnica que asociado a una herramienta computacional integre

todas las actividades a realizar durante la ejecución de los proyectos; así mismo las empresas que contratan los servicios podrían presentar presupuestos con alto grado de confiabilidad y exactitud.

De igual manera se optimizarían los recursos de las áreas comerciales tanto en el tiempo de presentación de ofertas como en la eficacia y oportunidad de la misma; minimizando el error humano al realizar los cuadros de costeo.

## **2. ALCANCE DEL PROYECTO Y ORIGEN DE LA IDEA**

### **2.1 Alcance**

El alcance de este trabajo, comprende el desarrollo de una herramienta computacional para la evaluación económica para el montaje de subestaciones; a partir del conocimiento de todos los componentes que constituyen o conforman una subestación eléctrica en los diferentes niveles de tensión; con todos los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento, asociado al análisis y conocimiento de los costos de materiales, mano de obra, herramientas y transporte para la instalación de los mismos.

### **2.2 Origen de la Idea**

Dadas las necesidades actuales de las empresas de los sectores eléctrico, industria y de las prestadoras de servicios de montaje electromecánico de subestaciones y teniendo en cuenta las tendencias en los modelos de contratación; el desarrollo de aplicaciones informáticas que agilicen los procesos de presupuestos, estructuración de costos y presentación de

ofertas; se constituye como una herramienta esencial para las áreas de proyectos de estas empresas.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA INVESTIGATIVO**

Para el desarrollo de este trabajo de grado, se aplica la metodología propuesta en las asignaturas Seminario de Tesis, Proyecto de Investigación de la Maestría en Transmisión y Distribución de energía eléctrica.

La metodología se fundamenta en la identificación de un problema que surge a partir de una reflexión preliminar en la cual se identifican las raíces, los elementos y los perceptores para presentar una propuesta investigativa.

Específicamente para el desarrollo de este trabajo; se definieron las siguientes raíces y elementos.

#### **3.1 Raíces Técnicas:**

- No existe una base de datos que contenga las actividades típicas a ejecutar en un proyecto; con sus correspondientes cantidades de obra, rendimientos, porcentajes de utilización de recursos, materiales, herramientas y equipos a utilizar.
- En el momento de realizar la estructura de costos de los proyectos no se integran los diferentes alcances del mismo en cuanto a trabajos

electromecánicos, obras civiles, control, telecomunicaciones y manejo ambiental del proyecto.

- En la dinámica actual en la que se deben estructurar contratos EPC o llave en mano; es necesario contar con herramientas que permitan dar respuesta oportuna y eficaz desde la parte técnica.

### **3.2 Raíces Económicas**

- Debido a la poca información entregada en los pliegos de condiciones de los procesos licitatorios y a los tiempos rápidos de respuesta de los mismos; los responsables del costeo de las ofertas incrementan los costos del rubro de imprevistos, con el fin de minimizar los riesgos financieros dentro del proyecto; lo que generalmente conlleva a que se presenten ofertas sobrecosteadas y por ende no sean adjudicadas. Caso contrario los imprevistos del proyecto son tan altos que no fue suficiente el porcentaje estipulado; generando un detrimento económico en el contrato.

### **3.3 Raíces Informáticas**

- No existe integrabilidad entre los diferentes programas computacionales en el medio; que permita estimar y calcular presupuestos para proyectos de infraestructura energética; de manera eficiente y oportuna.
- Los programas existentes no contienen la totalidad de los trabajos a ejecutar tanto de la parte eléctrica, civil, de control, telecomunicaciones y ambiental.
- Existe desconocimiento y renuencia de los equipos de estructuración de proyectos a la utilización de programas existentes; por la operatividad que genera su uso y por el poco aporte al resultado; dado que están orientados a la estimación de obras civiles genéricas.

### **3.4 Raíces Empresariales**

- Por cada proceso licitatorio se debe asignar gran cantidad de recursos para su elaboración, generando sobrecostos en el rubro de administración; teniendo en cuenta que este costo es un intangible que solamente se recupera en caso de ser adjudicado el proceso

- No hay oportunidad de entrega de ofertas, cuando hay un flujo grande de las mismas o cuando los plazos son cortos.
- Existe la posibilidad de que el error humano incida de manera negativa al realizar los cuadros de costeo.

### **3.5 Elementos Primarios**

- Bases de datos de la Universidad Pontificia Bolivariana.
- Bases de datos de departamentos de adquisiciones y compras de empresas del sector.
- Bases de datos de Simac – PEI.
- Normas técnicas nacionales e internacionales.

### **3.6 Elementos Secundarios**

- Software libre existente
- Metodologías de diseño y construcción
- Manuales de procedimientos



### **3.7 Perceptores Directos**

- Simac – PEI.
- Empresas Cliente y Empresas Proveedor del sector energético e industria.

### **3.8 Perceptores Indirectos**

- Estudiantes de la maestría.
- Cluster de energía y otras organizaciones sectoriales.

En la siguiente figura, se presenta el esquema general e integrado de la investigación realizada en este trabajo



Ilustración 1. Esquema General e Integrado de Investigación

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Diseñar un banco de información técnico económico que asociado a una herramienta computacional amigable, permita la estructuración de costos para la instalación de equipos que conforman subestaciones eléctricas de diferentes niveles de tensión; con el fin de reducir la incertidumbre en la definición de los parámetros en cuanto a equipos, herramientas, materiales y tiempos; en la construcción de proyectos de infraestructura eléctrica en lo referente a subestaciones.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Estandarizar el producto; a través de la realización de la ingeniería básica electromecánica de subestaciones tipo; definidas de acuerdo a cada nivel de tensión.
- Definir y dimensionar todos los elementos constitutivos de la subestación que afectan de manera directa el costo.

- Definir y dimensionar los componentes de mano de obra especializada, calificada y no calificada; que afecta de manera directa el costo.
- Definir y dimensionar los componentes de equipo especializado, herramienta mayor y herramienta menor; que afecta de manera directa el costo.
- Realizar la estructura de costos para el montaje y pruebas de equipos de patio, control, medida, protección y comunicaciones de la subestación.
- Realizar la estructura de costos para el montaje y pruebas de sistemas de servicios auxiliares.
- Realizar la estructura de costos para el montaje de apantallamientos y sistemas de puesta a tierra.
- Realizar la estructura de costos para el tendido y conexionado de cables de fuerza y control.
- Realizar la estructura de costos indirectos asociados al montaje de la subestación.

## 5. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS

Para alcanzar los objetivos del trabajo se siguió la siguiente metodología:

- Consulta bibliográfica: Se realizó una búsqueda en la red y en diferente material bibliográfico con base en los temas del proyecto, con la intención de conocer procesos anteriores, en curso y proyectos futuros de los temas afines al mismo.
- Análisis de la información: Se seleccionó los recursos bibliográficos y hojas de cálculo o bases de datos existentes en proyectos realizados para elaborar el cuerpo del programa.
- Consulta con fabricantes: Se realizó las diferentes consultas técnicas con fabricantes para determinar los equipos que se utilizan en todos los sistemas de una subestación.
- Elaboración de la ingeniería básica de subestaciones tipo: Se elaboraron los diagramas unifilares, especificaciones técnicas, cantidades de equipo y obra de subestaciones tipo, de acuerdo a los estándares establecidos en las normas técnicas.
- Se asignan los rendimientos de cuadrillas de montaje; utilización de equipos y herramientas, suministros menores o fungibles, transporte y otros costos directos asociados a la actividad a realizarse; de

acuerdo al conocimiento y a la experiencia recogida en obra por el personal de proyectos.

- Se estructuran los análisis de precios unitarios de acuerdo al resultado de la ingeniería básica; los cuales constituyen el insumo para la base de datos de la herramienta computacional.
- Desarrollo de la herramienta computacional: Paralelamente se diseñó el programa en lenguaje PHP; software libre y herramienta amigable.
- Pruebas a la herramienta computacional: Se realizaron pruebas de escritorio; realizando costeos básicos manuales y se confrontaron con los resultados emitidos por la herramienta computacional.
- Redacción del informe final.

## **5.1 Sistema Técnico Aplicable**

A través de la realización de una ingeniería básica fundamentada en el conocimiento, la experticia y el cumplimiento con toda la normatividad establecida para el diseño de subestaciones eléctricas y aplicada a todas las unidades constitutivas de las mismas en diferentes niveles de tensión; desde la concepción de la solución eléctrica, iniciando con la definición de la configuración del sistema, determinación del tipo y especificación de los equipos de patio, control, protección, medida, comunicaciones y servicios

auxiliares asociados a los mismos; se pretende normalizar y crear un banco de información técnica que a su vez está asociado con un análisis detallado del rendimiento de mano de obra, herramientas y equipos a utilizar y listado de precios actualizado periódicamente; lo que permite al estructurador de proyectos acceder a la información en tiempo real y minimizando la incertidumbre de los costos del proyecto a ofertar.

Esto permitiría la concepción y valoración del proyecto en su etapa de preinversión; se constituye en un insumo real para la puesta en marcha del proyecto; que en caso de ser adjudicado se maneje bajo los parámetros establecidos en la cotización y permita entregar el producto acorde a las especificaciones técnicas, de plazo y valor del cliente; en tanto que la empresa contratista ejecuta el proyecto de acuerdo a lo planificado en aspectos técnicos y económicos. En el escenario opuesto en donde la oferta no es adjudicada; permitiría encontrar los elementos que no permitieron ser competitivos y a través de la trazabilidad del programa realizar un documento de lecciones aprendidas; que permitan ir mejorando los procesos de presupuesto y la presentación de ofertas.

## **5.2 Sistema Informático Propuesto**

El sistema propuesto es un programa hecho en programación PHP, que requiere un sistema operativo Windows Xp, Windows 7 ó Windows 8 (32bits o superior c/u), además requiere como mínimo el paquete de software libre WAMP server 2.2; es decir, que funciona en Windows en un servidor local (Apache), con programación PHP y la información es almacenada en base de datos MySQL. El sistema no requiere de licencias comerciales, ya que este paquete es una herramienta computacional libre.

### **5.2.1 Herramientas de Programación**

Para la elaboración de la plataforma informática; se utilizó básicamente:

- Editor de textos (Block de Notas)
- Lenguaje de programación PHP
- Un servidor donde el programa PHP es interpretado y devuelto después de dicha interpretación (Windows Apache)
- Una base de datos donde se almacena, recupera y se realiza consulta de datos (Mysql)



PHP es un lenguaje de código abierto muy popular, adecuado para desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML. Código abierto significa que es de uso libre y gratuito para todos los programadores que quieran usarlo. Incrustado en HTML significa que en un mismo archivo; por lo tanto se puede combinar código PHP con código HTML, siguiendo unas reglas. PHP se utiliza para generar páginas web dinámicas, es decir los contenidos pueden cambiar en base a los cambios que haya en una base de datos, de búsquedas o aportaciones de los usuarios, etc. El lenguaje PHP se procesa en servidores, que son potentes ordenadores con un software y hardware especial. Por regla general este tipo de lenguaje suele ser utilizado para crear contenido dinámico y poder interactuar con el usuario.

El proceso se inicia cuando el servidor recibe el mensaje, comprueba que se trata de una petición válida, y al ver que la extensión es "php" solicita al intérprete de PHP (que es otro programa que se ejecuta en el servidor) que le envíe el archivo. El intérprete PHP lee desde el disco duro del servidor el archivo index.php y empieza a procesar las instrucciones (código de programación) que contenga dicho archivo. El intérprete PHP "ejecuta" los comandos contenidos en el archivo y se comunica con un gestor de base de datos llamado MySQL, que es capaz de devolver la información contenida en lugares determinados de una base de datos; la base de datos podemos verla simplemente como un gran almacén de información organizada en tablas.

Una vez el intérprete PHP termina de ejecutar el código contenido en el archivo y ha recibido toda la información necesaria del gestor de base de datos, envía los resultados al servidor. El servidor envía la información al usuario que la había solicitado y el navegador muestra en pantalla la información que le envía el servidor.

### 5.3 Diagrama de Flujo del Proceso



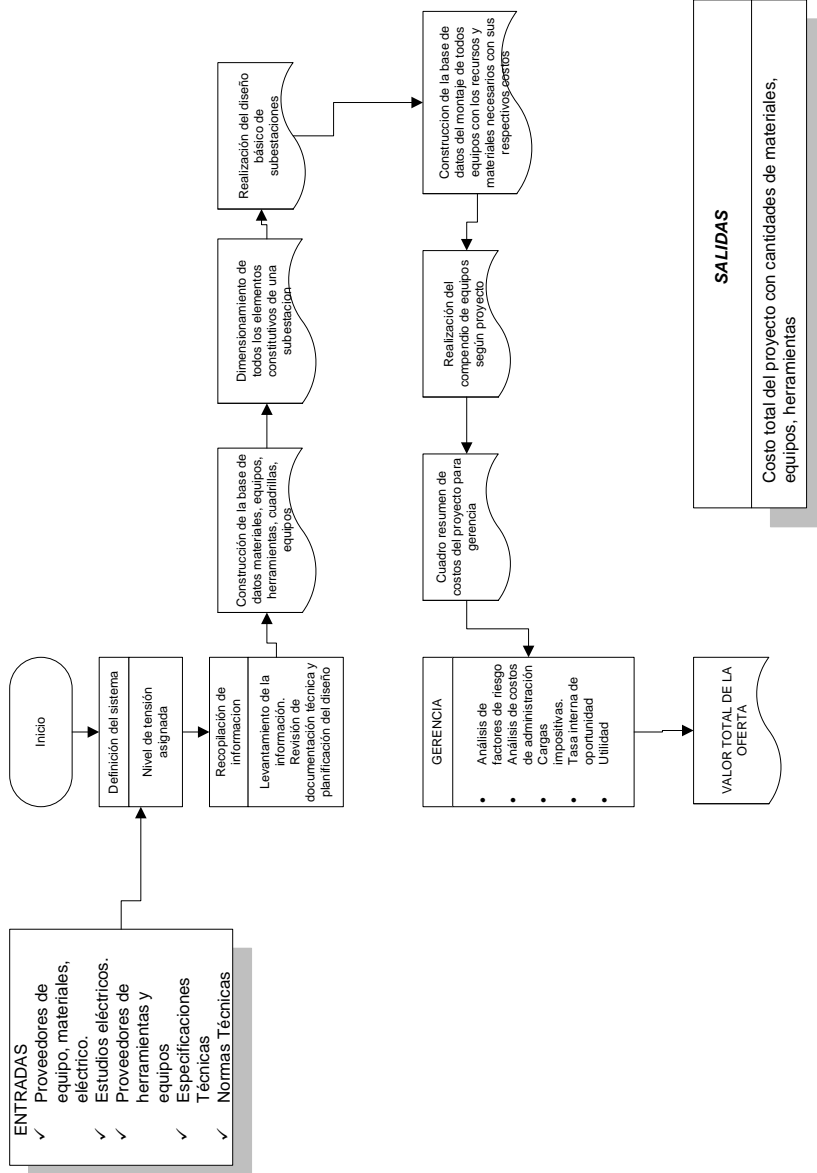
Ilustración 2. Diagrama de Flujo del Proceso

- **Etapa de Planeación:** Se elaboran planos, especificaciones técnicas, programas de ejecución, estimación de cantidades de obra y presupuestos globales.
- **Etapa de Elaboración:** Se estructuran los análisis de precios unitarios; de acuerdo a lo obtenido en la ingeniería básica; éste constituye el insumo para alimentar la base de datos
- **Etapa de Revisión y Validación:** Se analizan los resultados obtenidos y se valida cumplimiento con los estándares técnicos y

económicos del proyecto que se establecieron como criterios de entrada.

- **Etapas de Ejecución:** Se genera la estructura de costos total del proyecto.

<b>PROCESO</b>	<b>BANCO DE INFORMACION TECNICO- ECONOMICA PARA ELABORACION DE PROYECTOS</b>
<b>OBJETIVO</b>	Diseñar un banco de información técnico económico que asociado a un software amigable, permita la estructuración de costos para la instalación de equipos que conforman subestaciones eléctricas de diferentes niveles de tensión



<b>SALIDAS</b>
Costo total del proyecto con cantidades de materiales, equipos, herramientas

## **6. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

### **6.1 Tema del Proyecto**

El proyecto busca diseñar un herramienta computacional que permita la estructuración de costos; para la presentación de ofertas, que tienen como alcance el montaje electromecánico de subestaciones eléctricas en todos los niveles de tensión; basados en la elaboración de una ingeniería básica tipo; en la cual están inmersas las cantidades de obra, duraciones, horas hombre, equipo, maquinaria y materiales; con su respectivo costo. En él se integraron las asignaturas de Subestaciones y Protecciones, Planeación y Diseño de Sistemas de Distribución, Seminario de Investigación, Evaluación Económica y Social para Proyectos en T&D y Sistemas Modernos de Transmisión – Distribución.

### **6.2 Estado del Arte**

En la actualidad en el mercado se encuentran algunos tipos de paquetes de costos y programas de gestión de licitaciones; dirigidos a presupuestar obras civiles de manera genérica; basados en ítems estandarizados; que si bien es cierto proporcionan un presupuesto aproximado; no consideran condiciones específicas de realización de los trabajos; lo que implica que el recurso que

costea el proyecto deba revisar y estructurar para cada proyecto estas especificidades.

A continuación se presenta un listado de software, existente en el mercado para el presupuesto y control de obras civiles; se exponen sus características de acuerdo con lo contenido en su catálogo de producto;

OPUS®, es el software de ingeniería de costos más utilizado en el mundo, diseñado para solucionar en forma integral las necesidades de compañías constructoras, consultoras y de proyectos, adaptándose a cualquier proceso licitatorio o concurso de méritos público privado; permite manejar ilimitado número de niveles para poder presupuestar cualquier cantidad de agrupadores y actividades tomadas de la WBS para generar los costos capitalizables (CAPEX) y costos operativos (OPEX), dentro del proceso de gestión de proyectos.

LiciPLUS®; software utilizado en España, que tiene como propósito gestionar eficientemente las licitaciones públicas; cuenta con capacidad para interpretar los documentos de las licitaciones públicas, posee una interfaz intuitiva y herramientas que le ayudan a integrar la información que se

requiere para poder integrar las propuestas e incrementar las posibilidades de ganar la licitación.

En el entorno nacional; totalmente posicionado y desde hace casi tres décadas; CONSTRUDATA®, ofrece un software para empresas de construcción utilizando el concepto de información integrada para la planeación y control de obras, con facilidad de uso y mejoramiento continuo a través de actualizaciones y nuevas versiones y el soporte permanente.

LICITA®; es un programa que permite involucrar en la estructura de su información, las diferencias fundamentales de cada proyecto, los gradientes de costos de los sistemas constructivos adoptados, la organización de los centros de producción, los análisis de costos y disponibilidad de la maquinaria pesada, la conformación de cuadrillas y distribución del personal, y ejercer los análisis de sensibilidad que permiten deducir el costo del proyecto a través de su ingeniería particular con total flexibilidad en las cifras.

Para obra electromecánica, concretamente en el tema de montaje de equipos de subestaciones; actualmente no se encuentran software licenciados en el mercado; algunas aplicaciones en cuanto a instalaciones eléctricas internas; también incluidas en el CONSTRUDATA®.

En tanto que en Estados Unidos; se encuentra el National Electrical Estimator; que se define como un programa de software para la estimación de instalaciones eléctricas en baja tensión que funciona como un libro que sirve como guía para seleccionar el material a utilizar y calcular el tiempo laboral necesario para la instalación. Se actualiza anualmente a través de versiones; con el fin de incluir nuevos materiales y actualizar costos por mano de obra.

Las dependencias encargadas de licitaciones y presupuestos en las empresas del sector; tienden a implementar mecanismos y procedimientos para la presentación de ofertas; dichos mecanismos no ofrecen índices de confiabilidad, veracidad y oportunidad requeridos; para consolidarse como un entregable óptimo; dado que están fundamentados en sistemas manuales de información que no permiten la integración de los diferentes elementos constitutivos tanto económicos; como técnicos que hacen parte del proyecto a licitar. De esta manera van creando de forma desordenada e indiscriminada archivos con cada uno de estos epígrafes; los cuales carecen de normalización y conllevan a posibles errores; debido a la cantidad de información y a la manipulación difusa de la misma.



Relacionamos algunos de los resultados de la investigación realizada por Standish Group y publicadas en el reporte “The Chaos Chronicles” – 2003; para unos 13,522 Proyectos de IT:

- 43 % de los proyectos terminaron fuera de presupuesto (Budget Overruns)
- 82% de los proyectos no cumplieron el cronograma (Schedule Overruns)
- Solo el 52 % de los requerimientos y funcionalidades fueron terminadas para el lanzamiento del producto.
- 15% de los proyectos fallaron.

Cifras que ilustran el alto grado de incertidumbre en la ejecución de los proyectos; independiente del sector o tipo de los mismos. Consideramos que estos errores pueden ser detectados y solucionados en la fase de estructuración del costo del proyecto; teniendo en cuenta que estamos integrando conocimiento técnico con tecnologías de información; que ofrecen un alto grado de confiabilidad, minimizando los imprevistos en la ejecución de la obra.



- Barra principal y barra de transferencia

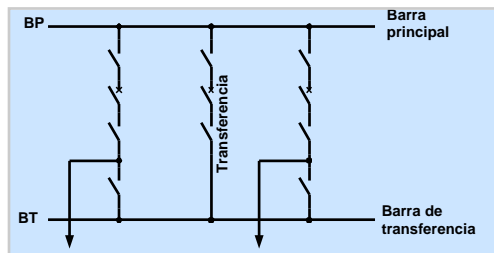


Ilustración 4, Configuración Barra Principal

- Doble barra

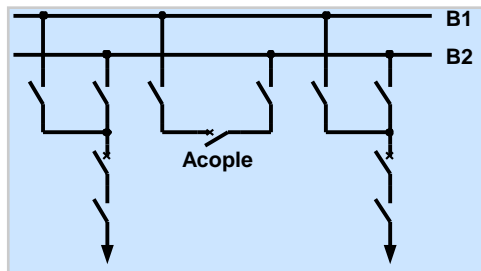


Ilustración 5. Configuración Doble Barra

- Doble barra más seccionador de by-pass o paso directo

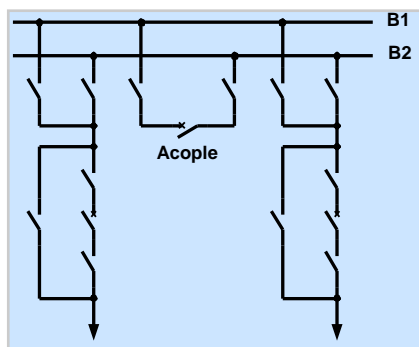


Ilustración 6. Configuración doble barra más seccionador by pass

- Doble barra más seccionador de transferencia

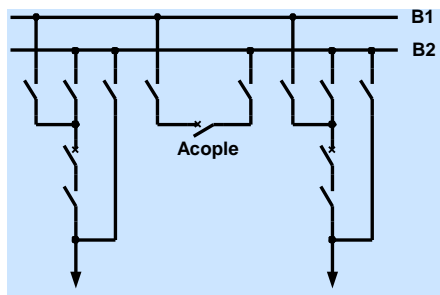


Ilustración 7. Configuración doble Barra más Seccionador de Transferencia

- Doble barra más barra de transferencia

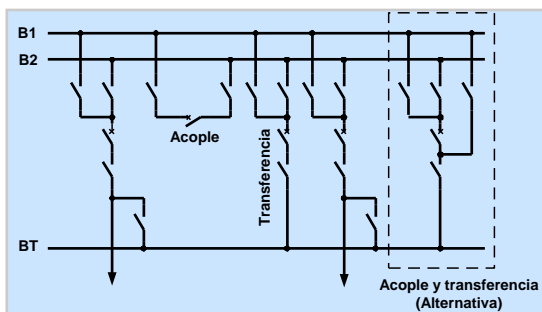


Ilustración 8. Configuración Doble Barra más Transferencia

- Anillo

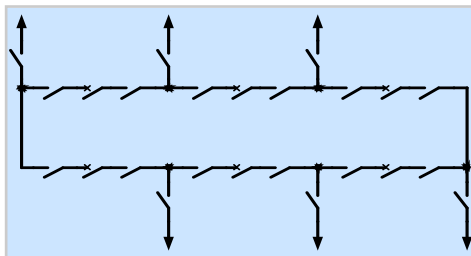


Ilustración 9. Configuración Anillo

- Interruptor y medio

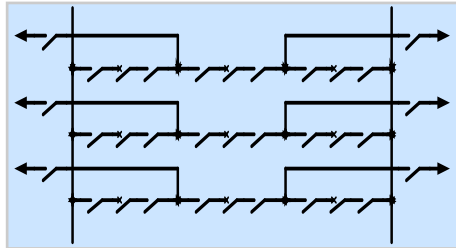


Ilustración 10. Configuración Interruptor y Medio

- Doble barra con doble interruptor

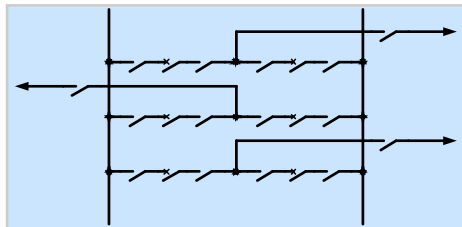


Ilustración 11. Configuración Doble Barra con Interruptor

Existen más configuraciones, que dependen de la confiabilidad que se le quiera dar a la subestación a diseñar.

### 7.1.2 Estudios Eléctricos

Se realizan los estudios necesarios para determinar las características técnicas de los equipos y elementos a utilizar en la subestación; estos estudios son:

### 7.1.2.1 Estudios Para el Diseño de la Malla de Tierra.

Las medidas de resistividad del terreno y la resistencia de la malla de puesta a tierra se efectúan siguiendo las recomendaciones dadas en la norma ANSI/IEEE Std 81 "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System".

Para las medidas se utiliza el método de Wenner de los cuatro electrodos igualmente espaciados, en los cuales los electrodos externos inyectan una corriente (electrodos C1 y C2) y los electrodos internos miden la tensión (electrodos P1 y P2) permitiendo así desprestigiar el efecto resistivo de los cables y las varillas de medición (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La medición se realiza por medio del telurómetro, el cual proporciona directamente un valor de resistividad en ohmios metro estimado con base en la resistencia medida de acuerdo a la siguiente formulación:

$$\rho = \frac{4 \pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Ecuación 1

*Donde:*

*a: distancias horizontal ente electrodos*

*R: resistencia de puesta a tierra medida*

*b: profundidad de enterramiento de los electrodos*

Teniendo en cuenta que  $a \gg b$  la fórmula se puede reescribir de la siguiente manera:

$$\rho = 2 \pi a R$$

Ecuación 2

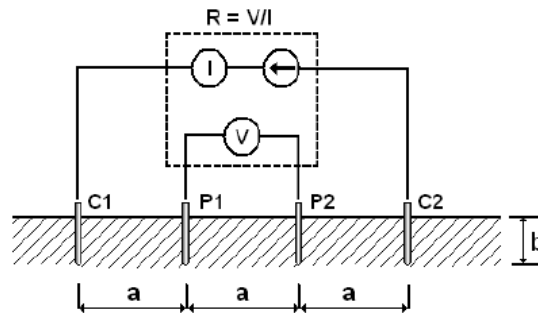


Ilustración 12. Método de Wenner

Las medidas se hacen de tal forma que se logre el cubrimiento total del área siguiendo diferentes rutas de medición y modificando la distancia entre los electrodos, el mínimo número de rutas de medición es de siete y en cada ruta se realizan medidas con una separación de electrodos de 2 m, 3 m, 4 m, 5 m y 6 m. En la selección de las zonas se verifica que no se presente influencia de objetos metálicos enterrados que puedan afectar las medidas.

En la ilustración 13.; se muestra la localización de los ejes de medida que se tomaron para la subestación de derivación y transformación.

### 7.1.2.2 Modelación de la Resistividad del Suelo

Mediante procedimientos estadísticos se establece la resistividad aparente con un 70% de probabilidad para diferentes profundidades del suelo. El método estadístico consiste en calcular el valor promedio y la desviación estándar de los logaritmos de resistividad para cada profundidad así:

$$X_i = \ln(\rho_i) \quad i = 1,2,3 \dots n$$

Ecuación 3

Dónde:

n: Número de medidas.

Para el valor promedio se tiene:

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^n X_i}{n}$$

Ecuación 4

La desviación estandar se puede calcular así:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$



### Ecuación 5

Con el valor promedio encontrado para cada profundidad se calcula el valor de resistividad con una probabilidad del 70% a partir de la siguiente fórmula:

$$\ln(\rho) = 0.5242 \times S + \bar{X}$$

### Ecuación 6

Para encontrar el valor de las dos capas se promedian los valores de esta resistividad para cada profundidad (la desviación entre la medida mayor y la menor no debe superar el 30%).

La selección del modelo que representa el suelo se hace según el número de medidas realizadas y la desviación entre éstas a cada profundidad.

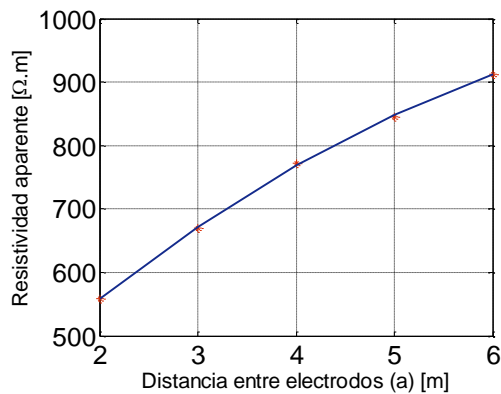


Ilustración 13. Perfil de Resistividad Aparente

### 7.1.2.3 Resistencia de Puesta a Tierra

El modelo que se utiliza para determinar la resistencia de puesta a tierra de la malla, fue por medio de elementos finitos realizado por el módulo de sistema de malla de aterrizamiento del programa ETAP 11, este tiene en cuenta el modelo de las dos capas

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
Resistividad capa superior	$\Omega$ -m	
Resistividad capa inferior	$\Omega$ -m	
Profundidad capa superior	M	
Resistividad de la capa de cascajo o concreto	$\Omega$ -m	
Espesor capa de cascajo	M	
Profundidad de la malla	M	
Tiempo de aclaración de la falla	S	
Sección del conductor	mm <sup>2</sup>	
Longitud de conductor enterrado	M	
Número de varillas	Un	
Diámetro de la varilla	Cm	
Longitud de la varilla	M	

Tabla 1. Datos de Entrada de la Malla de Puesta a Tierra

Del programa se pueden observar las siguientes figuras.

Vista en planta.

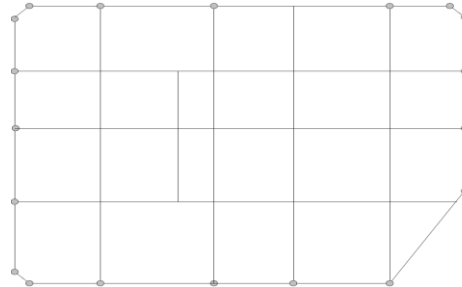


Ilustración 14. Vista en Planta de la Cuadrícula

Malla de puesta a tierra en 3D

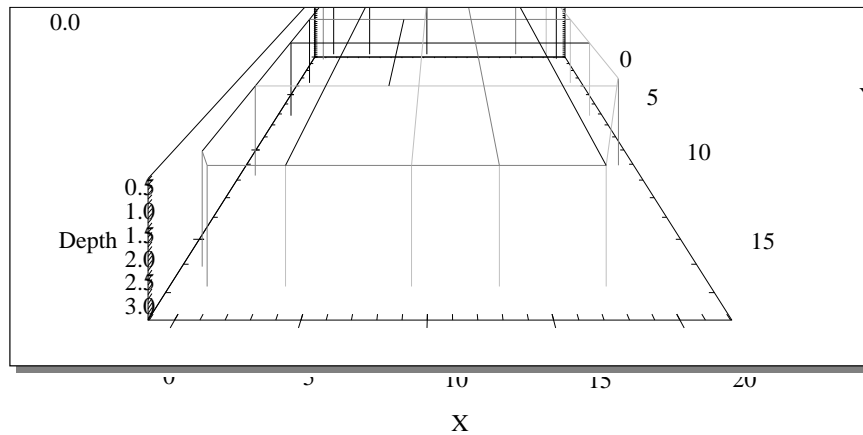


Ilustración 15. Malla de Puesta a Tierra en 3D

Adicionalmente se realizan los estudios de:

- Corrientes de falla con el ATP.
- Tensión generada remotamente GPR con el ATP.

- Tensiones de soportabilidad; que arroja la siguiente gráfica en tres dimensiones:

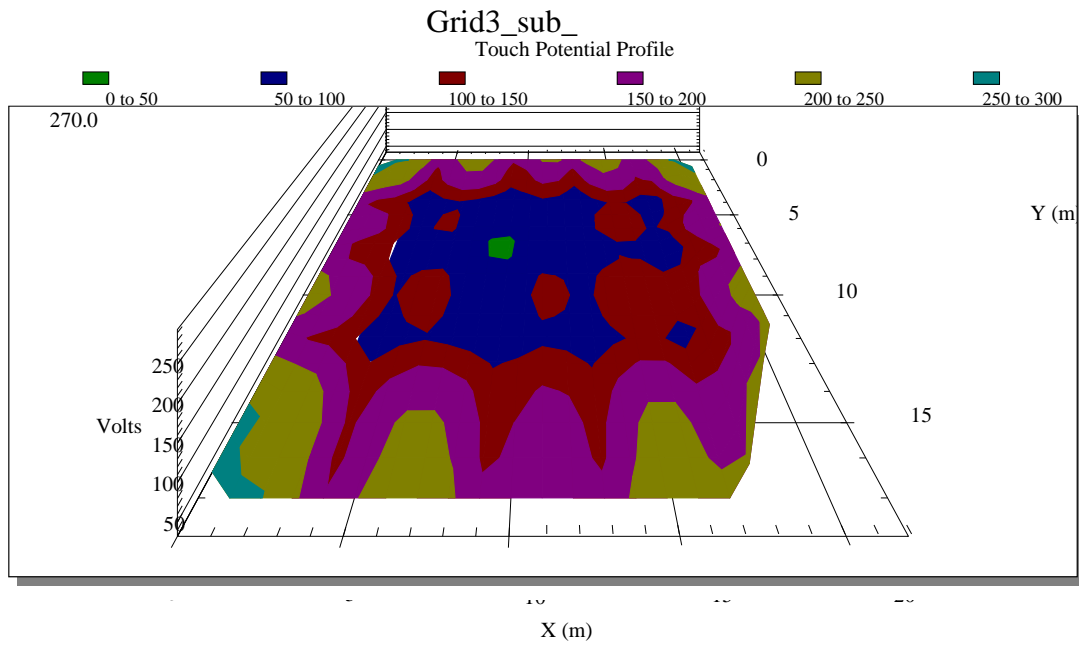


Ilustración 16. Tensiones de Soportabilidad

#### 7.1.2.4 Estudios de Apantallamiento.

Para llevar a cabo el diseño del sistema de apantallamiento, se verifica las características propias del área en el que se instalarán los equipos y las características de los propios equipos instalados para evitar cualquier posible riesgo de daño o falla de la subestación debida a una descarga eléctrica atmosférica.

La metodología adoptada para el diseño del apantallamiento corresponde al modelo electrogeométrico utilizado por la norma ANSI/NFPA 780 "Standard for the Installation of Lightning Protection Systems", con el fin de realizar un diseño preliminar y seleccionar los lugares donde se recomienda instalar los elementos que conforman el sistema de apantallamiento (puntas de captación, mástiles, cables de guarda, etc). Adicionalmente se siguen las recomendaciones dadas por la IEEE std 998-1996 para el cálculo de la corriente crítica de descarga, al igual que la distancia efectiva de la descarga. Para la elaboración del diseño del sistema de apantallamiento se considera el siguiente procedimiento:

- Obtención de la corriente crítica de descarga de acuerdo a lo estipulado por la norma IEEE std 998-1996.
- Especificación y ubicación de los elementos que componen el sistema de apantallamiento mediante el modelo electrogeométrico y utilizando las recomendaciones de la norma ANSI/NFPA 780.
- Corroboración del diseño de apantallamiento mediante el método de la esfera rodante para verificar que no queden equipos expuestos a una descarga que supere el nivel de aislamiento de la subestación.

### **Corriente Crítica de Descarga**

La corriente crítica de descarga es aquella que ocasiona una sobretensión peligrosa en el aislamiento, para el caso de una subestación, esta corriente

depende de la máxima tensión soportada por el aislamiento de los equipos y aisladores así como de la impedancia característica bajo efecto corona de los conductores de fase más altos de la subestación. A continuación se presentan las ecuaciones utilizadas para el cálculo de esta corriente, las cuales se extraen de la norma IEEE std 998-1996.

$$I_c = \frac{2,2*BIL}{Z_s} \text{ [kA]}, \text{ Para barrajes soportados por aisladores tipo poste.}$$

Ecuación 7

$$I_c = \frac{2,068*CFO}{Z_s} \text{ [kA]}, \text{ Para barrajes soportados por cadenas de aisladores.}$$

Ecuación 8

Dónde:

BIL: Máxima tensión soportada para el aislamiento al impulso tipo rayo, [kVp]

CFO: Es la tensión crítica de flameo inverso del aislamiento, [kVp]

Zs: Impedancia característica bajo efecto corona del conductor de fase más alto, [ $\Omega$ ]

Ic': Corriente de retorno corregida para el cálculo de la distancia efectiva de descarga, [kA].

### **Impedancia Características Bajo Efecto Corona**

Para el cálculo de la impedancia características se usan las siguientes ecuaciones de la IEEE std 998-1996.

$$Z_c = 60x \sqrt{\ln\left(\frac{2xh}{R_c}\right) \times \ln\left(\frac{2xh}{r}\right)}$$

#### Ecuación 9

Dónde:

h: Altura promedio del conductor de más altura [m].

R: Es el radio metálico del conductor [m].

Rc: Es el radio corona [m].

El radio corona se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$Rc \times \ln\left(\frac{2xh}{Rc}\right) - \frac{Vc}{Eo} = 0$$

#### Ecuación 10

Dónde:

Vc: Voltaje permitido para un frente de polaridad negativa de 6 us de frente (Vc= BIL o CFO), [kV].

Eo: Gradiente de tensión en la superficie del conductor, 1500 kV/m (recomendado por la norma).

Para la solución de esta ecuación se recurre a métodos numéricos o se puede utilizar la gráfica C-1 del anexo C de la IEEE Std. 998.

### **Distancia Efectiva de la Descarga**

A partir de la corriente crítica de descarga, se obtiene la distancia efectiva de descarga del rayo sobre la tierra ( $S_m$ ) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$S_m = 8 \times k \times I_c^{0.65}; \quad I \leq 30 \text{ kA}$$

#### Ecuación 11

Dónde:

$k$ : Coeficiente que toma en cuenta el elemento apantallado; para cables de guarda  **$k=1$**  y para mástiles o puntas captadoras  **$k=1.2$**

$I_c$ : Corriente crítica de descarga, [kA].

Altura Efectiva del Apantallamiento

La altura efectiva del apantallamiento,  $h_e$ ; es la altura del mismo, sobre el sistema al cual está protegiendo y se define así:

$$h_e = S_m - \sqrt{S_m^2 - d^2} \quad [\text{m}]$$

#### Ecuación 12

Dónde:

$d$ : Es la mitad de la distancia entre cables de guarda [m].

$S_m$ : Distancia efectiva de la descarga [m].



Debe cumplirse que la suma de la altura del castillete **hc** y la altura adicional **had**; sea mayor o igual a la altura efectiva, **he**; como se observa en la ilustración 17.

$$hc + had \geq he$$



Ilustración 17 Parámetros para Determinar la Altura Efectiva

### Determinación del Límite Práctico para la Separación entre Cables de Guarda Adyacentes

El límite práctico para la separación entre cables de guarda adyacentes ( $2D_{m\acute{a}x}$ ), está determinado por:

$$2D_{m\acute{a}x} = 1,5 S_m [m].$$

Ecuación 13

### Cargabilidad de Barras y Conductores.

Siguiendo las recomendaciones de las normas y estándares internacionales se harán las siguientes verificaciones, en los conductores de fase se verifica la capacidad de corriente nominal, de cortocircuito y ausencia de efecto corona; en el cable de guarda se verifica la capacidad de corriente de cortocircuito.

### **Corriente Asignada de Conductor de Fase**

Para la determinación de la capacidad de la capacidad de corriente de los conductores debe tenerse en cuenta la corriente de la carga, temperatura ambiente, velocidad del viento y radiación solar. Esto se hace necesario para garantizar que la temperatura límite de diseño de los cables no sea excedida, con el objeto de no alterar las propiedades mecánicas del material.

La corriente del sistema será la resultante de la capacidad del transformador a ser instalado, más una sobrecarga del 20% de la capacidad nominal del mismo, más un factor de seguridad del 25% del total de la carga.

### **Temperatura Superficial del Conductor**

Para el cálculo de la temperatura en los conductores se debe tener en cuenta el aspecto eléctrico y el ambiental. Para garantizar que la temperatura del conductor no exceda la temperatura de diseño del conductor. Usando la metodología de balance de energía propuesta por la norma IEEE-738 se tiene que:

$$q_c + q_r = q_s + I^2 R(T_c) \quad (1)$$

$$q_c = 0.283 f^{0.5} D^{0.75} (T_c - T_a)^{1.25} \quad (2)$$

$$q_{c1} = \left[ 1.01 + 0.371 \left( \frac{DfV}{\mu f} \right)^{0.52} \right] \times k \times (T_c - T_a) \quad (3)$$

$$q_{c2} = 0.1695 \left( \frac{DfV}{\mu f} \right)^{0.6} k (T_c - T_a) \quad (4)$$

$$q_r = 0.138 D \varepsilon \left[ \left( \frac{T_c + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_a + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (5)$$

$$q_s = \alpha Q_s \sin(\theta) A' \quad (6)$$

#### Ecuación 14

Dónde:

- $q_c$ : Pérdidas en el conductor por convección natural, en W/m
- $q_{c1}$ : Pérdidas en el conductor por convección forzada (viento), en W/m
- $q_{c2}$ : Pérdidas en el conductor por convección forzada (viento), en W/m
- $q_r$ : Pérdidas en el conductor por radiación, en W/m
- $q_s$ : Calentamiento del conductor por el sol, en W/m
- $I$ : Capacidad nominal de corriente del conductor, en A
- $R(T_c)$ : Resistencia del conductor a una temperatura  $T_c$ , en  $\Omega/m$
- $D$ : Diámetro del conductor, en mm.
- $T_c$ : Temperatura de trabajo del conductor,  $^{\circ}C$

- $T_a$ : Temperatura ambiente, en  $^{\circ}\text{C}$
- $f$ : Densidad del aire,  $\text{kg}/\text{m}^3$
- $k$ : Conductividad térmica del aire,  $\text{W}/\text{m}$  ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\nu_f$ : Viscosidad del aire,  $\text{kg}/\text{m}\cdot\text{h}$
- $V$ : Velocidad del viento,  $\text{km}/\text{h}$
- $\epsilon$ : Coeficiente de emisividad, está entre 0,23 a 0,91
- $\alpha$ : Coeficiente de absorción solar, está entre 0,23 y 0,91
- $Q_s$ : Radiación solar, en  $\text{W}/\text{m}^2$
- $\Theta$ : Angulo efectivo de incidencia sobre el conductor de los rayos solares, en radianes
- $A'$ : Área proyectada del conductor, en  $\text{m}^2/\text{m}$

### **Aumento de Temperatura por Corriente en Cortocircuito**

El aumento de temperatura del conductor a causa de una corriente de falla es función del tiempo de duración de la misma, del equivalente térmico para las corrientes de corta duración y del material del conductor. Como criterio de la metodología se supone que las pérdidas de calor durante un cortocircuito son bajas y se considera que el calentamiento es adiabático. Determinar la densidad de corriente soportada por el conductor, que a su vez se refleja en el aumento de temperatura en su superficie. Para ello se usa la expresión sugerida en la norma IEC 60865-1.

$$I = A * \sqrt{\left(\frac{\kappa_{20} c \rho}{T_{kr} * \alpha_{20}}\right) \ln\left(\frac{1 + \alpha_{20}(\theta_e - 20^\circ C)}{1 + \alpha_{20}(\theta_b - 20^\circ C)}\right)} \quad (7)$$

Ecuación 15

Dónde:

I: corriente rms en [A]

A: sección del conductor [m<sup>2</sup>]

K<sub>20</sub>: conductividad específica a 20°C [1/Ωm]

C: capacidad térmica específica [J/kg°C]

ρ : masa específica [kg/m<sup>3</sup>]

T<sub>kr</sub> : tiempo de duración del corto circuito [s]

α<sub>20</sub> : coeficiente de temperatura [1/°C]

Θ<sub>b</sub> : temperatura del conductor al inicio del cortocircuito [°C]

Θ<sub>e</sub> : temperatura del conductor al final del cortocircuito [°C]

Para proceso adiabático se tiene que la temperatura de fusión para los conductores de aleación de aluminio 6201 es de 654°C y para los conductores de aluminio es de 657°C. Con base a esto se toma una temperatura final del conductor de 340°C el cual es el 50% aproximadamente la temperatura de fusión del cable según estándares ASTM.

### **Estudio de Efecto Corona**

El efecto corona, es una descarga causada por la ionización del aire que rodea el conductor cuando este se encuentra energizado. El efecto corona se debe al gradiente de potencial en la superficie del conductor y es dependiente del diámetro del conductor de fase, la rugosidad de la superficie, la humedad del ambiente y la altura sobre el nivel del mar.

En caso de que el gradiente de potencial en la superficie del conductor, presente un valor que arrojen pérdidas por efecto corona considerables, se debe incrementar el diámetro del conductor o usar un haz de conductores.

Se hace la verificación de pérdidas por efecto corona por medio de la ecuación de Peek (IEC CISPR 18-1, 1992).

### **Campo Eléctrico Disruptivo**

El campo eléctrico disruptivo requerido para que se presente efecto corona se expresa por medio de:

$$E_0 = \frac{E * \delta * m}{\sqrt{2}} \cdot \left[ 1 + \frac{0.308}{\sqrt{\delta * r}} \right] \quad (8)$$

Ecuación 16

Donde

$E$ : Gradiente de disrupción del aire a 60Hz, 31kVp/cm

$E_0$ : gradiente critico disruptivo, kVrms/cm

$\delta$ : densidad relativa del aire

$m$ : coeficiente superficial del conductor

r: radio del conductor, cm

$$\delta = \frac{3.92 * b}{273 + t} \quad (9)$$

Ecuación 17

$$b = 10^{\left(1.881 - \frac{h}{18.336}\right)} \quad (10)$$

Ecuación 18

Dónde:

b: presión atmosférica del sitio, en cm(Hg)

h: altura del sitio sobre el nivel del mar, m

t: temperatura ambiente

### **Coefficientes de Maxwell**

La máxima carga eléctrica en un conductor está dada por la capacitancia de las líneas que conforman la subestación, la cual, a su vez, está dada por la diferencia de potencial entre dos conductores. En forma de ecuación, la capacitancia puede ser determinada por los coeficientes de maxwell que relacionan la carga y la diferencia de potencial entre los conductores.

$$[V]=[P]*[Q], V$$

Donde P puede ser determinada por la siguiente matriz:

$$\{P\} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * h}{r_{eq}}\right) & \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * D_{12}}{D_{12}}\right) & \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * D_{13}}{D_{13}}\right) \\ \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * D_{21}}{D_{21}}\right) & \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * h}{r_{eq}}\right) & \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * D_{23}}{D_{23}}\right) \\ \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * D_{31}}{D_{31}}\right) & \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * D_{32}}{D_{32}}\right) & \frac{1}{2\pi\epsilon} * \ln\left(\frac{2 * h}{r_{eq}}\right) \end{pmatrix} \quad (11)$$

### Ecuación 19

Dónde:

$\epsilon$ : Permitividad del aire en espacio libre,  $8.85 \times 10^{-12}$  F/m.

$h$ : altura del conductor con respecto a tierra, m

Teniendo en cuenta la flecha del vano, la altura del conductor se halla con:

$$h = h_{\max} - \frac{2}{3} * Y_c \quad (12)$$

### Ecuación 20

$Y_c$ : flecha del vano

$r_{eq}$ : en este caso es el radio del conductor a usar

$Q$ : carga superficial del conductor, C/m.

$D_{ij}$  y  $D_{ij'}$ : distancia directa entre conductores y su imagen, correspondiente al teorema de las imágenes.

El cálculo de la capacitancia de los conductores se halla con la siguiente expresión:

$$\{C\} = \{P\}^{-1}, F/m \quad (13)$$



### Ecuación 21

#### Tensión Fase Tierra

Para el cálculo del efecto corona se toma el caso más crítico, el cual corresponde a la tensión máxima del sistema.

$$U_r = \frac{U_m}{\sqrt{3}}, kV \quad (14)$$

### Ecuación 22

Teniendo en cuenta los desfases entre las ondas sinusoidales de tensión del sistema, se tiene:

$$\begin{Bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{Bmatrix} = U_r * \begin{Bmatrix} 1 \\ a \\ a^2 \end{Bmatrix}, kV \quad (15)$$

### Ecuación 23

Siendo entonces la capacitancia:

$$\begin{Bmatrix} C_a \\ C_b \\ C_c \end{Bmatrix} = \{C\} * \begin{Bmatrix} 1 \\ a \\ a^2 \end{Bmatrix}, F/m \quad (16)$$

### Ecuación 24

Donde

a: es el desfase de tensiones del sistema

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad (17)$$

Ecuación 25

De la relación anterior se pueden obtener los valores de Ca, Cb y Cc, correspondiente a las capacitancias de fase del conductor.

$$Q = C_{\max} * U_r, C/m \quad (18)$$

Ecuación 26

Siendo Cmax, el valor máximo entre Ca, Cb y Cc.

### **Gradiente Superficial Promedio**

Para el cálculo del gradiente superficial promedio en conductores conformados por más de un conductor, se determina la carga total Q y se aplica el teorema de gauss.

$$g_{av} = \frac{Q}{n * 2 * \pi * \epsilon * r}, kVrms/cm \quad (19)$$

Ecuación 27

Lo anterior supone que la carga total se encuentra uniformemente distribuida en los conductores, pero el efecto de apantallamiento mutuo de un subconductor sobre otro conlleva a un valor mayor del gradiente eléctrico, el cual puede ser obtenido por la ecuación (20).

$$E_{\max} = g_{av} * \left[ 1 + \frac{(n-1) * r}{R} \right], kV/cm \quad (20)$$

Ecuación 28

### **Verificación Efecto Corona**

De exceder el gradiente máximo en un punto cualquiera sobre la superficie del conductor al gradiente crítico, se presenta el fenómeno de las descargas por efecto corona, por lo tanto se debe cumplir que:

$$E_{\max} < E_0$$

La tensión crítica disruptiva fase-tierra  $U_0$ , siempre debe ser mayor que la tensión del conductor fase-tierra, y está dada en la ecuación (21).

$$U_0 = \frac{E_0}{E_{\max}} \times U_r, kV \quad (21)$$

Ecuación 29

Donde se debe cumplir:

$$U_0 > U_r \quad (22)$$

### **7.1.2.5 Coordinación de Aislamiento.**

El procedimiento de coordinación de aislamiento consiste en la determinación de las resistencias dieléctricas de los equipos con relación a

los esfuerzos de tensión que se pueden presentar teniendo en cuenta las características de los elementos de protección.

Para la determinación del nivel de aislamiento de los equipos de la subestación se aplicará un método determinístico para seleccionar los aislamientos internos (no autorestaurables) y un método probabilístico simplificado de acuerdo con la norma IEC 60071-2 para establecer los aislamientos externos (autorestaurables).

Los principales pasos a seguir para la coordinación de aislamiento son:

- Determinación de las sobretensiones representativas ( $U_{rp}$ )
- Determinación de las tensiones de soportabilidad para coordinación ( $U_{cw}$ )
- Determinación de las tensiones de soportabilidad requeridas ( $U_{rw}$ )
- Determinación de las tensiones de soportabilidad normalizadas ( $U_w$ )

De acuerdo A los resultados obtenidos y analizando la Tabla 2 de la norma IEC 60071-1 se seleccionan unos valores normalizados de aislamiento correspondientes al sistema solicitado, con una tensión máxima  $U_s$ , correspondientes a una tensión de soportabilidad normalizada de corta

duración a frecuencia industrial de y a una tensión se soportabilidad normalizada al impulso tipo rayo de. Los equipos con estas especificaciones cubren cualquier esfuerzo al aislamiento interno fase-fase y fase-tierra. Para el aislamiento externo con las especificaciones anteriores, se cubre el aislamiento fase-tierra.

#### **7.1.2.6 Dimensionamiento de Ductos y Cables**

Para el dimensionamiento de los ductos tipo conduit metálicos o PVC, se establece el porcentaje máximo de ocupación de un ducto, con base en el número de conductores en la canalización, a continuación se presenta el cuadro con la cual realizamos el cálculo de ductos:

<b>Número de conductores</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Más de 2</b>
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Tabla 2. Porcentaje de Ocupación de Ductos

Los cables a utilizar son sin cubierta de plomo, el criterio de diseño aplicado es que la suma de las áreas de sección transversal de los conductores instalados no debe exceder del 40% de la mínima área de sección transversal disponible de la canalización.<sup>1</sup>

## Cálculo de Ductos para los Equipos de Patio a Instalar:

- Interruptor Tripolar:

Interruptor Tripolar					
Cables	12x1,5 mm2 - 16	4x2,5 mm2 - 14	4x4,0 mm2 - 12	4x6,0 mm2 - 10	Descripción
Área conductor (mm2)	277,30	157,70	213,57	244,12	
Gabinete terminal	3,00				Control y señalización
		2,00			Circuitos de disparo
			1,00		Calefacción
				1,00	Alimentación de motores
Total Cables	3,00	2,00	1,00	1,00	
Área total por conductor (mm2)	831,89	315,40	213,57	244,12	
Área total requerida conductores	1604,97				
Factor de ocupación tuberías	40%				
Tubería requeridaXcable	2079,72	788,50	533,91	610,29	
Tubería requerida	4012,42				
Tipo tubo a utilizar metálico	3"				
$A = ((d^2) * \pi) / 4$	4560,37	TUBO GALVANIZADO DE		3"	
Número de tubos requeridos	0,88	CANTIDAD		2,00	
Total tubos ajustados	2,00				
Factor de ocupación real	18%				

Tabla 3. Cantidad de Ductos en Interruptor

- Seccionador Motorizado:

Seccionador Motorizado				
Cables	12x1,5 mm2 - 16	4x4,0 mm2 - 12	4x6,0 mm2 - 10	Descripción
Área conductor (mm2)	277,30	213,57	244,12	
Gabinete terminal	2			Control y señalización
		2		Calefacción
			2	Alimentación de motores
Total Cables	2,00	2,00	2,00	
Área total por conductor (mm2)	554,5917914	427,1310943	488,2300448	
Área total requerida conductores	1469,95293			
Factor de ocupación tuberías	40%			
Tubería requeridaXcable	1386,479479	1067,827736	1220,575112	
Tubería requerida	3674,882326			
Tipo tubo a utilizar metálico	3"			
$A = ((d^2) * \pi) / 4$	4560,37	TUBO GALVANIZADO DE		3"
Número de tubos requeridos	0,81	CANTIDAD		1,00
Total tubos ajustados	1,00			
Factor de ocupación real	32%			

Tabla 4. Cantidad de Ductos en Seccionador Motorizado

- Transformador de tensión:

Transformadores de tensión					
Cables	4x1,5 mm2 - 16	4x4,0 mm2 - 12			Descripción
Área conductor (mm2)	135,61	213,57			
Gabinete terminal	1				Señales de tensión devanados 1 y 2
		1			Señales MCB's
Total Cables	1,00	1,00			
Área total por conductor (mm2)	135,6065327	213,5655471			
Área total requerida conductores	349,1720799				
Factor de ocupación tuberías	40%				
Tubería requeridaXcable	339,0163318	533,9138678			
Tubería requerida	872,9301997				
Tipo tubo a utilizar metálico	2"	810,7319666			
$A = ((d^2) * \pi) / 4$	2026,83				
Número de tubos requeridos	0,43			TUBO GALVANIZADO DE	2"
Total tubos ajustados	1,00				
Factor de ocupación real	17%			CANTIDAD	1,00

Tabla 5. Cantidad de Ductos en Transformador de Tensión

- Transformador de Corriente:

Transformadores de corriente				
Cables	4x6,0 mm2 - 10			Descripción
Área conductor (mm2)	244,12			
Gabinete terminal	2			Señales de corriente transformadores de corriente fases R, S y T
Total Cables	2			
Área total por conductor (mm2)	488,2300448			
Área total requerida conductores	488,2300448			
Factor de ocupación tuberías	40%			
Tubería requeridaXcable	1220,575112			
Tubería requerida	1220,575112			
Tipo tubo a utilizar metálico	2"			
$A = ((d^2) * \pi) / 4$	2026,83	TUBO GALVANIZADO DE		2"
Número de tubos requeridos	0,60			
Total tubos ajustados	1,00	CANTIDAD		1,00
Factor de ocupación real	24%			

Tabla 6. Cantidad de Ductos en Transformador de Corriente

- Transformador de potencia.

Transformador de potencia					
Cables	4x1,5 mm2 - 16	12x1,5 mm2 - 16	4x2,5 mm2 - 14	4x4,0 mm2 - 12	Descripción
Área conductor (mm2)	135,61	277,30	157,70	188,69	
Gabinete terminal	2,00				Instrumentación
		4,00	1,00		Control y señalización
				3,00	Alimentador AC
Total Cables	2,00	4,00	1,00	3,00	
Área total por conductor (mm2)	271,21	1109,18	157,70	566,07	
Área total requerida conductores	2104,17				
Factor de ocupación tuberías	0,40				
Tubería requeridaXcable	678,03	2772,96	394,25	1415,18	
Tubería requerida	5260,41				
Tipo tubo a utilizar metálico	3"				
$A = ((d^2) * \pi) / 4$	4560,37	TUBO GALVANIZADO DE		3"	
Número de tubos requeridos	1,15				
Total tubos ajustados	2,00	CANTIDAD		2,00	
Factor de ocupación real	23%				

Tabla 7. Cantidad de Ductos en Transformador de Potencia



- Cuchilla de puesta a tierra

Cuchilla de puesta a tierra motorizada					
Cables	12x1,5 mm <sup>2</sup> - 16	4x4,0 mm <sup>2</sup> - 12	4x6,0 mm <sup>2</sup> - 10		Descripción
Área conductor (mm <sup>2</sup> )	277,30	213,57	244,12		
Gabinete terminal	2				Control y señalizacion
		2			Calefaccion
			2		Alimentacion de motores
Total Cables	2,00	2,00	2,00		
Área total por conductor (mm <sup>2</sup> )	554,5917914	427,1310943	488,2300448		
Área total requerida conductores	1469,95293				
Factor de ocupación tuberías	40%				
Tubería requeridaXcable	1386,479479	1067,827736	1220,575112		
Tubería requerida	3674,882326				
Tipo tubo a utilizar metálico	3"				
$A = ((d^2) * \pi) / 4$	4560,37				
Número de tubos requeridos	0,81			TUBO GALVANIZADO DE	3"
Total tubos ajustados	1,00				
Factor de ocupación real	32%			CANTIDAD	1,00

Tabla 8. Cantidad de Ductos en Cuchilla de Puesta a Tierra

### Cálculo de Cárcamo o Canaleta de la Subestación

De acuerdo con el número de cables a ser tendidos en su interior, se dimensionan el tipo de cárcamo o canaleta que se va a ser utilizado

#### 7.1.2.7 Estudio de Protecciones.

Se presentan los criterios para ajustar los dispositivos de protección involucrados en el proyecto, según recomendaciones prácticas de las normas y/o recomendaciones de la IEEE.

Posteriormente, se presentarán los ajustes de los dispositivos de protección según las recomendaciones de las normas ya mencionadas y la experiencia adquirida en éste tipo de proyectos, lo cuales serán modelados en el módulo de protecciones del programa especializado de protecciones ETAP, con el fin de analizar su correcta operación ante diferentes tipos de fallas en el sistema. Finalmente, se presentarán las conclusiones y recomendaciones al estudio de coordinación de protecciones.

## **7.2 Estimación de cantidades de obra**

Una vez terminada la elaboración de la ingeniería básica y de acuerdo a los resultados obtenidos en los estudios; se procede a realizar el cálculo de cantidades de obra para elaborar la lista de cantidades de obra eléctrica, civil y de control, así como el listado de materiales necesarios para la realización plena del proyecto y que constituyen el insumo para los formularios de precios de las especificaciones técnicas del proceso licitatorio; estos valores constituyen la base para crear los APUS correspondientes a cantidades de obra, materiales, equipos a utilizar y horas hombre de dedicación según la actividad.

### **7.3 Desarrollo del Software:**

El proceso se inicia cuando el servidor recibe el mensaje, comprueba que se trata de una petición válida, y al ver que la extensión es "php" solicita al intérprete de PHP (que es otro programa que se ejecuta en el servidor) que le envíe el archivo. El intérprete PHP lee desde el disco duro del servidor el archivo index.php y empieza a procesar las instrucciones (código de programación) que contenga dicho archivo. El intérprete PHP "ejecuta" los comandos contenidos en el archivo y se comunica con un gestor de base de datos llamado MySQL, que es capaz de devolver la información contenida en lugares determinados de una base de datos; la base de datos podemos verla simplemente como un gran almacén de información organizada en tablas. Una vez el intérprete PHP termina de ejecutar el código contenido en el archivo y ha recibido toda la información necesaria del gestor de base de datos, envía los resultados al servidor. El servidor envía la información al usuario que la había solicitado y el navegador muestra en pantalla la información que le envía el servidor.

El proceso es el siguiente: Se almacenan varios archivos de hojas de cálculo con los insumos de las Análisis de Precios Unitarios (APUS) entre ellos

insumos, mano de obra, herramientas y equipos y costos indirectos con sus costes individuales; seguidamente a través de un navegador web se ingresarán a una base de datos para su utilización en la creación de presupuestos. Una vez ingresados estas entradas, se procede a crear los presupuestos generales en el mismo navegador. Estos presupuestos se arman de acuerdo a los factores calculados de acuerdo al porcentaje de incertidumbre del proyecto más los precios individuales de las APUS. Cabe destacar que en este sistema las APUS conservan sus costos originales ya que solo cambian en cada presupuesto diseñado y no en el origen. Este sistema tiene la posibilidad de filtrar por diferentes niveles de tensión, para luego ser filtrados según su naturaleza en equipos de patio, comunicaciones y otros; facilitando así que se optimicen las búsquedas de las diferentes variables y reduciendo el riesgo de error humano en la realización de presupuestos, pues sólo se deben verificar los precios de los insumos una sola vez y estos pueden ser reutilizados constantemente para realizar otros presupuestos.

## **8. PRUEBAS DE ESCRITORIO**

### **8.1 Elaboración de la Ingeniería Básica**

Se realizó toda la ingeniería básica de subestaciones; constituyéndose como base para definir las siguientes actividades:

- Según su topología: Se delimitan los equipos a utilizar.
- Materiales para la instalación de los equipos.

### **8.2 Creación e Base de Datos**

Se crea una base de datos con todos los elementos involucrados, Se conforma todo el cuadro de actividades con sus respectivos rendimientos para optimizar el montaje de cada equipo.

Se crea la base de datos de todos los equipos tanto individualmente como en grupo, lo cual nos reduce los errores al manipular las cantidades y precios en los proyectos; los ítems analizados son:

- Herramientas menor y especializada.
- Transportes.
- Equipos de izaje.
- Mano de obra.

### 8.3 Pruebas

Se presenta una prueba de escritorio para una subestación de transformación de 66 kV a 34,5 kV, con todos sus equipos asociados.

Paso 1. Se crea un listado de equipos principales a instalar, según el nivel de tensión:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
D	E	F
<b>PRELIMINARES</b>		
Elaboración del diseño eléctrico detallado	Gl	1
<b>NIVEL DE TENSIÓN 66 KV</b>		
<b>BAHÍA DE TRANSFORMADOR 66 kV - CONFIGURACIÓN BARRA SENCILLA - TIPO CONVENCIONAL</b>		
Montaje de interruptor de potencia	Un	2
Montaje Seccionador de maniobra tripolar	Un	1
Montaje Transformadores de corriente	Un	3
Montaje de descargadores de sobretensión 60 kV	Un	3
Suministro e instalación de conjunto de conductores de aluminio AAAC (Darlen) para interconexión de equipos de la nueva bahía de transformador, derivaciones de barraje y conexión del transformador de potencia	ml	60
Suministro e instalación de conectores para derivaciones de barraje	Un	3
Suministro, instalación y conexionado del conjunto de cables de control y fuerza de baja tensión.	Gl	1
<b>TRANSFORMADOR TRIFÁSICO (OLTC) - LADO DE ALTA EN EL NIVEL 4 - CAPACIDAD FINAL DE 11 A 15 MVA</b>		
Conexión del transformador de potencia 66/34,5 kV	Un	1
Suministro, instalación y conexionado del conjunto de cables de control y fuerza de baja tensión.	Gl	1
Suministro, montaje y conexionado de tablero de control y protección para la nueva bahía de transformador 66 kV	Un	1
<b>TRANSFORMADOR DE TENSIÓN NIVEL 4</b>		
Montaje Transformadores de tensión	Un	3
Suministro, instalación y conexionado del conjunto de cables de control y fuerza de baja tensión	Gl	1
Suministro e instalación de conjunto de conductores de aluminio AAAC (Darlen) para interconexión de TPs con barraje existente 66 kV	ml	20
Suministro e instalación de conectores para derivaciones de barraje a TPs	Un	3
<b>NIVEL DE TENSIÓN 34,5 KV</b>		
<b>MÓDULOS DE 34,5 kV</b>		
Montaje de interruptor de potencia	Un	2
Montaje Seccionador de maniobra tripolar con cuchilla de puesta a tierra	Un	1
Montaje Transformadores de corriente	Un	6
Suministro e instalación de conjunto de conductores de aluminio AAAC (Darlen) para interconexión de equipos de los nuevos módulos de 34,5 kV	Un	30
Suministro, montaje y conexionado de tablero de control y protección para los nuevos módulos de 34,5 kV	Un	1
Suministro, instalación y conexionado del conjunto de cables de control y fuerza de baja tensión	Gl	1
Montaje de conjunto de estructuras metálicas Tipo 1, soporte de cables de potencia 36 Kv	Un	3
Montaje de conjunto de elementos y accesorios para conformar estructura metálica Tipo 2, soporte de platinas y cables de potencia 36 kV	Gl	1
Desconexión, desmontaje, traslado, montaje y conexionado de conjunto de cables de potencia 36 kV de la línea PIEDRECITAS al nuevo punto de conexión	ml	40
<b>DUCTO DE BARRAS O CABLES DE LLEGADA TRANSFORMADOR - BARRA SENCILLA - SUBESTACIÓN METAL CLAD</b>		
Tendido del conjunto de cables de potencia 36 kV: Tramos desde Transformador de potencia hasta módulos de 34,5 kV y tramo desde módulo de 34,5 kV hasta seccionamiento del centro de distribución ACUACAR. 1x500 (F) MCM	ml	210
Instalación del conjunto de terminales premoldeados para cables de potencia 36 kV, 1 x fase de 500 MCM	Jgo	7
<b>MÓDULO COMÚN</b>		
Ampliación del sistema de servicios auxiliares c.c. y c.a.	Gl	1
Desconexión y retiro del conjunto de cables de potencia 15 kV	ml	70
<b>INGENIERÍA, DOCUMENTACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO</b>		
Pruebas funcionales de conjunto y puesta en servicio de la ampliación de la subestación	Gl	1
Digitalización y suministro del conjunto de planos electromecánicos de la ampliación de la subestación "SEGÚN LO CONSTRUIDO".	Gl	1
Elaboración de los manuales de operación, mantenimiento y planos de la ampliación de la subestación.	Gl	1
Certificación RETIE	Gl	1

Paso 2:

Generamos la base de datos con los elementos auxiliares para el montaje de equipo.

- Interruptor de potencia

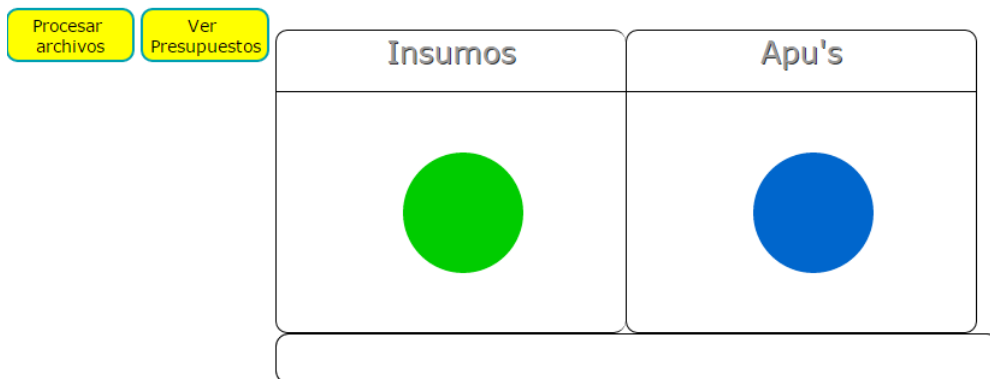
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT
<b>1. SUMINISTRO</b>		
<b>1.1 MATERIALES</b>		
Consumibles(brocas, seguetas, trapo, cintas, grasa, etc)	gbl	1.00
Grapa de fijación para cable 2/0 a estructura metálica	un	3.00
Borna terminal barril largo 2 huecos para conductor 2/0 AWG	un	2.00
Conductor de cobre desnudo 2/0 AWG	m	6.00
Coraza americana flexible 2"	m	8.00
Conector recto LT 2"	un	8.00
Adaptador macho PVC 2" roscado	un	4.00
Conector de cobre para conductor de 2/0 AWG para puesta a tierra de equipo	un	1.00
Conexión en T de 4/0 AWG - 2/0 AWG	un	1.00
Conector de compresión para conductor 2/0 AWG para puesta a tierra de estructura metálica	un	1.00

<b>1.2 TRANSPORTE</b>		
Camión 5 tn	Vj	0.50
Seguro de transporte Interruptor de potencia 66 kV	tarifa	1.00
Vehículo	Día	5.00
<b>2. INSTALACIÓN</b>		
<b>2.1 MONTAJE</b>		
<b>2.1.1 EQUIPO, HERRAMIENTAS Y OTROS</b>		
Escalera	Día	3.00
Grúa hidráulica	Día	0.50
Montacarga 5 Ton	hr	2.00
Herramienta menor	Día	3.00
Herramienta especializada	Día	1.50
<b>2.1.2. MANO DE OBRA</b>		
Cuadrilla No. 6 (1 Técnico + 1 Ayudante)	Día	1.00
Cuadrilla No. 3 (1 Of + 3 Ayudantes)	Día	5.00

Con las anteriores actividades; se generan toda la base de datos deseada y se procede con la plataforma de la herramienta computacional para la manipulación de los datos.

Se muestra como se cargan las bases de datos en la plataforma de la herramienta computacional.

Inicialmente la plataforma de la herramienta computacional; lee el archivo de los insumos, en el cual están integrados de todos los materiales, herramientas, equipos, seguros y demás aspectos necesarios para el costeo; posteriormente lee la base de datos donde se encuentran la cantidad de materiales, las herramientas, equipos, cuadrillas de mano de obra con su porcentaje de utilización para el cálculo de la instalación de cada elemento.





Procesar archivos Ver Presupuestos

Insumos	Apu's
 Se completó el proceso	

Hora Inicio : 19:5:25

Procesar archivos Ver Presupuestos

Insumos	Apu's
 Se completó el proceso	Procesando: APUS_sub2 Hoja: 2.6  Archivo 1 de 2

Hora Inicio : 19:5:25

Procesar archivos Ver Presupuestos

Insumos	Apu's
 Se completó el proceso	 Se completó el proceso

Hora Inicio : 19:5:25 - Hora fin : 19:6:40  
Duración: 0:1:15



Proyecto: Menú Principal

Sistema Nivel de Tensión 166  Uni. Un  
 EQUIPO DE PATIO Cant. 3       
 Fact. 1.0

Buscar

- Montaje de interruptor de potencia
- Montaje Seccionador de maniobra tripolar
- Montaje Transformadores de corriente
- Montaje de descargadores de sobretensión 60 kV
- Suministro e instalación de conjunto de conductores de aluminio AAAC (Darien) para interc
- Suministro e instalación de conectores para derivaciones de barraje
- Conexión del transformador de potencia 66/34,5 kV

Item	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTROS		TRANSPORTE		MONTAJE		PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO		VALOR TOTAL
				VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
<b>1</b>	<b>BAHÍA DE TRANSFORMADOR 66 KV - CONFIGURACIÓN BARRA SENCILLA - TIPO CONVENCIONAL</b>											
1.1	Montaje de interruptor de potencia	Un	2	\$ 421.024	\$ 842.048	\$ 1.744.325	\$ 3.488.651	\$ 3.959.107	\$ 7.918.214	\$ 0	\$ 0	\$ 12.248.913
1.2	Montaje Seccionador de maniobra tripolar	Un	1	\$ 458.576	\$ 458.576	\$ 1.002.898	\$ 1.002.898	\$ 2.382.958	\$ 2.382.958	\$ 0	\$ 0	\$ 3.844.432
1.3	Montaje Transformadores de corriente	Un	3	\$ 3.087.791	\$ 9.263.372	\$ 314.184	\$ 942.552	\$ 656.961	\$ 1.970.882	\$ 0	\$ 0	\$ 12.176.806
1.4	Montaje de descargadores de sobretensión 60 kV	Un	3	\$ 355.690	\$ 1.067.070	\$ 344.242	\$ 1.032.726	\$ 867.779	\$ 2.603.337	\$ 0	\$ 0	\$ 4.703.132

Proyecto: Menú Principal

Sistema Nivel de Tensión 134  Uni. Un  
 EQUIPO DE PATIO Cant. 3       
 Fact. 1.0

Buscar

- Montaje de interruptor de potencia
- Montaje Seccionador de maniobra tripolar con cuchilla de puesta a tierra
- Montaje Transformadores de corriente
- Suministro e instalación de conjunto de conductores de aluminio AAAC (Darien) para interc
- Montaje de conjunto de estructuras metálicas Tipo 1, soporte de cables de potencia 36 Kv
- Montaje de conjunto de elementos y accesorios para conformar estructura metálica Tipo 2.

Item	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTROS		TRANSPORTE		MONTAJE		PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO		VALOR TOTAL
				VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
<b>2</b>	<b>TRANSFORMADOR TRIFÁSICO (OLTC) - LADO DE ALTA EN EL NIVEL 4 - CAPACIDAD FINAL DE 11 A 15 MVA</b>											
2.1	Conexión del transformador de potencia 66/34,5 kV	Un	1	\$ 1.063.296	\$ 1.063.296	\$ 360.625	\$ 360.625	\$ 1.728.244	\$ 1.728.244	\$ 0	\$ 0	\$ 3.152.165
2.2	Suministro, instalación y conexionado del conjunto de cables de control y fuerza de baja tensión.	Gl	1	\$ 44.574.880	\$ 44.574.880	\$ 856.282	\$ 856.282	\$ 3.619.021	\$ 3.619.021	\$ 0	\$ 0	\$ 49.060.183
2.3	Suministro, montaje y conexionado de tablero de control y protección para la nueva bahía de transformador 66 kV	Un	1	\$ 37.518.997	\$ 37.518.997	\$ 1.528.250	\$ 1.528.250	\$ 5.437.739	\$ 5.437.739	\$ 0	\$ 0	\$ 44.484.986
<b>3</b>	<b>MÓDULOS DE 34,5 KV</b>											
3.1	Montaje de interruptor de potencia	Un	2	\$ 520.838	\$ 1.041.676	\$ 1.714.110	\$ 3.428.221	\$ 3.959.107	\$ 7.918.214	\$ 0	\$ 0	\$ 12.388.111
3.2	Montaje Seccionador de maniobra tripolar con cuchilla de puesta a tierra	Un	1	\$ 382.434	\$ 382.434	\$ 1.005.200	\$ 1.005.200	\$ 2.382.958	\$ 2.382.958	\$ 0	\$ 0	\$ 3.770.592
3.3	Montaje Transformadores de corriente	Un	3	\$ 7.639.613	\$ 22.918.838	\$ 309.080	\$ 927.240	\$ 655.761	\$ 1.967.282	\$ 0	\$ 0	\$ 25.813.360

Proyecto: Menú Principal

Sistema: Nivel de Tensión 113 Agregar título Uni.: ml ver apu's. ver proyecto nuevo proyecto buscar proyecto último proyecto

Buscar: EQUIPO DE PATIO Cant.: 70 Fact.: 1.0 cambiar factor agregar título

Desconexión y retiro del conjunto de cables de potencia 15 kV

Item	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	SUMINISTROS		TRANSPORTE		MONTAJE		PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO		VALOR TOTAL	eliminar
				VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL		
3.6	Montaje de conjunto de elementos y accesorios para conformar estructura metálica Tipo 2, soporte de platinas y cables de potencia 36 kV	Gl	1	\$ 9.461.891	\$ 9.461.891	\$ 452.250	\$ 452.250	\$ 689.597	\$ 689.597	\$ 0	\$ 0	\$ 10.603.738	
<b>4 DUCTO DE BARRAS O CABLES DE LLEGADA TRANSFORMADOR - BARRA SENCILLA - SUBESTACIÓN METAL CLAD</b>													
4.1	Tendido del conjunto de cables de potencia 36 kV: Tramos desde Transformador de potencia hasta módulos de 34.5 kV y tramo desde módulo de 34.5 kV hasta seccionamiento del centro de distribución ACUACAR 1x500 (F) MCM	ml	210	\$ 3.448	\$ 724.045	\$ 276.330	\$ 58.029.300	\$ 544.229	\$ 114.288.132	\$ 0	\$ 0	\$ 173.041.477	
4.2	Instalación del conjunto de terminales premoldeados para cables de potencia 36 kV, 1 x fase de 500 MCM	Jgo	7	\$ 399.051	\$ 2.793.359	\$ 405.699	\$ 2.839.893	\$ 1.612.639	\$ 11.288.474	\$ 0	\$ 0	\$ 16.921.728	
<b>5 MÓDULO COMEN</b>													
5.1	Ampliación del sistema de servicios auxiliares c.c. y c.a.	Gl	1	\$ 4.992.594	\$ 4.992.594	\$ 271.199	\$ 271.199	\$ 835.093	\$ 835.093	\$ 0	\$ 0	\$ 6.098.886	
5.2	Desconexión y retiro del conjunto de cables de potencia 15 kV	ml	70	\$ 699	\$ 46.804	\$ 102.690	\$ 7.188.300	\$ 171.144	\$ 11.980.095	\$ 0	\$ 0	\$ 19.215.199	

Después de haber generado todos los ítems deseados para nuestro proyecto, se procede con la generación del cuadro principal de la oferta con sus características.

REPÚBLICA DE COLOMBIA  
DEPARTAMENTO DE  
MUNICIPIO DE MEDELLIN

PROYECTO: E-JEMPL  
Fecha: 10/07/2015

SUMINISTRO, MONTAJE ELECTROMECÁNICO Y PRUEBAS INDIVIDUALES  
FORMULARIO DE PRECIOS COMPONENTE ELECTROMECÁNICO

ITEM	DESCRIPCIÓN	SUMINISTROS						TRANSPORTE						MONTAJE						PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO					
		UNIDAD		CANTIDAD		VALOR		VALOR		VALOR		VALOR		VALOR		VALOR		VALOR		VALOR		VALOR			
		C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X		
<b>1 BAHIA DE TRANSFORMADOR 66 KV - CONFIGURACION BARRA SENCILLA - TIPO CONVENCIONAL</b>																									
1.1	Montaje de interruptor de potencia	Un	2	\$ 421,024	\$ 842,048	\$ 1,744,325	\$ 3,488,651	\$ 989,107	\$ 1,978,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	
1.2	Montaje Seccionador de maniobra tipoair	Un	1	\$ 455,276	\$ 455,276	\$ 1,002,888	\$ 1,002,888	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958		
1.3	Montaje Transformadores de corriente	Un	3	\$ 307,791	\$ 923,373	\$ 314,184	\$ 942,552	\$ 656,961	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882	\$ 1,970,882		
1.4	Montaje de desconectores de sobretension 60 kV	Un	3	\$ 355,690	\$ 1,067,070	\$ 344,242	\$ 1,032,726	\$ 867,779	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337	\$ 2,603,337		
1.5	Suministro e instalación de conductores de aluminio AAAC (Darien) para interconexión de equipo de la nueva bahía de transformador, dimensiones de barraje y conexión del transformador de potencia	ml	60	\$ 477,120	\$ 28,627,200	\$ 283,660	\$ 17,019,600	\$ 676,945	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676	\$ 40,616,676		
1.6	Suministro e instalación de conectores para demarcaciones de barraje	Un	3	\$ 10,156,000	\$ 30,468,000	\$ 51,310	\$ 153,930	\$ 2,937,394	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183	\$ 8,812,183		
1.7	Suministro, instalación y conexorizado del conjunto de cables de control y fuerza de baja tensión.	Gl	1	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000	\$ 0,000		
1.8	Suministro, instalación y conexorizado del conjunto de cables de control y fuerza de baja tensión.	Gl	1	\$ 8,676,059	\$ 8,676,059	\$ 2,126,817	\$ 2,126,817	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058	\$ 8,864,058		
<b>2 TRANSFORMADOR TRIFÁSICO (OLTO) - LADO DE ALTA EN EL NIVEL 4 - CAPACIDAD FINAL DE 11 A 15 MVA</b>																									
2.1	Conexión del transformador de potencia 66/34.5 kV	Un	1	\$ 1,063,298	\$ 1,063,298	\$ 360,625	\$ 360,625	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244	\$ 1,728,244		
2.2	Suministro, instalación y conexorizado del conjunto de cables de control y fuerza de baja tensión.	Gl	1	\$ 4,574,680	\$ 4,574,680	\$ 986,282	\$ 986,282	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021	\$ 3,619,021		
2.3	Suministro, montaje y conexorizado de tablero de control y protección para la nueva bahía de transformador 66 kV	Un	1	\$ 97,518,997	\$ 97,518,997	\$ 1,528,250	\$ 1,528,250	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739	\$ 5,437,739		
<b>3 MODULOS DE 34.5 KV</b>																									
3.1	Montaje de interruptor de potencia	Un	2	\$ 520,838	\$ 1,041,676	\$ 1,714,110	\$ 3,428,221	\$ 3,959,107	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214	\$ 7,918,214		
3.2	Montaje Seccionador de maniobra tipoair con cuehilla de puesta a tierra	Un	1	\$ 382,434	\$ 382,434	\$ 1,005,200	\$ 1,005,200	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958	\$ 2,382,958		
3.3	Montaje Transformadores de corriente	Un	3	\$ 7,639,613	\$ 22,918,839	\$ 3,927,240	\$ 11,781,720	\$ 6,567,761	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282	\$ 19,703,282		
3.4	Suministro e instalación de conductores de aluminio AAAC (Darien) para interconexión de equipos de los nuevos módulos de 34.5 kV	Un	30	\$ 798,940	\$ 23,968,200	\$ 122,260	\$ 3,667,800	\$ 310,086	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588	\$ 9,302,588		
3.5	Montaje de conjunto de estructuras metálicas Tipo 1, soporte de cables de potencia 36 kV	Un	3	\$ 2,979,291	\$ 8,937,873	\$ 452,250	\$ 1,356,750	\$ 686,597	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792	\$ 2,059,792		
3.6	Montaje de conjunto de elementos y accesorios para conformar estructura metálica Tipo 2, soporte de platinas y cables de potencia 36 kV	Gl	1	\$ 9,461,891	\$ 9,461,891	\$ 452,250	\$ 452,250	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597	\$ 686,597		
<b>4 DUCTO DE BARRAS O CABLES DE LLEGADA TRANSFORMADOR - BARRASENCILLA - SUBESTACION METAL CIAD</b>																									
4.1	Tendido del conjunto de cables de potencia 36 kV, Tramos desde Transformador de potencia hasta módulos de 34.5 kV y tramo desde módulo de 34.5 kV hasta accesorio del centro de distribución ACUCHAR, 1x500 (F) MCM	ml	210	\$ 3,448	\$ 724,045	\$ 2,716,330	\$ 5,716,330	\$ 54,228	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132	\$ 114,288,132		
4.2	Instalación del conjunto de terminales premontados para cables de potencia 36 kV, 1 x fase de 500 MCM	-Jpp	7	\$ 399,051	\$ 2,793,358	\$ 416,686	\$ 2,930,003	\$ 1,612,639	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474	\$ 11,288,474		
<b>5 MODULO COMIEN</b>																									
5.1	Ampliación de sistema de servicios auxiliares c.c. y c.a.	Gl	1	\$ 4,982,594	\$ 4,982,594	\$ 271,199	\$ 271,199	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093	\$ 856,093		
5.2	Desconexión y retiro del conjunto de cables de potencia 15 kV	ml	70	\$ 869	\$ 60,830	\$ 102,600	\$ 71,883,300	\$ 171,144	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095	\$ 11,980,095		
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>																									
I/A SOBRE SUMINISTRO (10%)																									
ADMINISTRACION																									
IMPREVISTOS																									
UTILIDAD																									
I/A SOBRE UTILIDAD																									
<b>TOTAL COSTO MONTAJE ELECTROMECANICO</b>																									
\$ 246,674,547																									
\$ 877,729,144																									

Adicionalmente se solicitan todos los análisis de precios unitarios que se involucraron en el proyecto.

FORMULARIO ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA MONTAJE ELECTROMECÁNICO					
PROYECTO:		AMPLIACION DE TRANSFORMACION SUBESTACION 66/34.5 kV - 15			
AÑO:		MVA			
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
DESCRIPCIÓN	Montaje de interruptor de potencia	PAT	66	VALOR:	\$ 6,124,457
ITEM:					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1. SUMINISTRO</b>					
<b>1.1 MATERIALES</b>					
	Consumibles(brocas, seguetas, trapo, cintas, grasa, etc)	gbl	1.00	\$ 50,160	\$ 50,160
	Grapa de fijación para cable 2/0 a estructura metálica	un	3.00	\$ 12,110	\$ 36,330
	Borna terminal barril largo 2 huecos para conductor 2/0 AWG	un	2.00	\$ 17,016	\$ 34,032
	Conductor de cobre desnudo 2/0 AWG	m	6.00	\$ 15,593	\$ 93,558
	Coraza americana flexible 2"	m	8.00	\$ 13,655	\$ 109,240
	Conector recto LT 2"	un	8.00	\$ 5,620	\$ 44,960
	Adaptador macho PVC 2" roscado	un	4.00	\$ 1,936	\$ 7,744
	Conector de cobre para conductor de 2/0 AWG para puesta a tierra de equipo	un	1.00	\$ 15,000	\$ 15,000
	Conexión en T de 4/0 AWG - 2/0 AWG	un	1.00	\$ 15,000	\$ 15,000
	Conector de compresión para conductor 2/0 AWG para puesta a tierra de estructura metálica	un	1.00	\$ 15,000	\$ 15,000
				<b>Subtotal Materiales (Columna G)</b>	<b>\$ 421,024</b>
<b>1.2 TRANSPORTE</b>					
	Camión 5 tn	Vj	0.50	\$ 733,000	\$ 366,500
	Seguro de transporte Interruptor de potencia 66 kV	tarifa	1.00	\$ 32,825	\$ 32,825
	Vehículo	Día	5.00	\$ 269,000	\$ 1,345,000
				<b>Subtotal Transporte (Columna I)</b>	<b>\$ 1,744,325</b>
<b>2. INSTALACIÓN</b>					
<b>2.1 MONTAJE</b>					
<b>2.1.1 EQUIPO, HERRAMIENTAS Y OTROS</b>					
	Escalera	Día	3.00	\$ 5,763	\$ 17,289
	Grúa hidráulica	Día	0.50	\$ 892,000	\$ 446,000
	Montacarga 5 Ton	hr	2.00	\$ 65,000	\$ 130,000
	Herramienta menor	Día	3.00	\$ 200,000	\$ 600,000
	Herramienta especializada	Día	1.50	\$ 400,000	\$ 600,000
				<b>Subtotal Equipos, Herramientas y Otros</b>	<b>\$ 1,793,289</b>
<b>2.1.2. MANO DE OBRA</b>					
	Cuadrilla No. 6 (1 Técnico + 1 Ayudante)	Día	1.00	\$ 304,147	\$ 304,147
	Cuadrilla No. 3 (1 Of + 3 Ayudantes)	Día	5.00	\$ 372,334	\$ 1,861,671
				<b>Subtotal Mano de Obra</b>	<b>\$ 2,165,818</b>
				<b>Subtotal Montaje (Columna K)</b>	<b>\$ 3,959,107</b>
<b>2.2. PRUEBAS INDIVIDUALES</b>					
				<b>Subtotal Pruebas Individuales (Columna M)</b>	<b>\$ -</b>

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La implementación de la herramienta computacional minimizó en forma considerable los tiempos de preparación de la oferta, en tanto que se redujeron los índices de incertidumbre en las proyecciones para la etapa de construcción; de la misma manera se optimizaron los recursos y se realizaron análisis más exhaustivos a condiciones concretas del proyecto; que dada la premura del tiempo y la operatividad de la elaboración en los costos; no permitía profundizar en los mismos.

A través de la implementación de la herramienta computacional; en el costeo para una subestación de 66 kV.; se pudo observar que genero una estructura de costos confiable; que constituyó en un insumo valioso e indispensable para la presentación de la oferta.

Esta estructura de costos; estableció la base presupuestal del proyecto a ejecutar; y por ende el control del mismo durante el plazo de construcción; estableciéndose como la línea base desde el punto de vista económico y generando alertas tempranas en cuanto a variaciones significativas de lo presupuestado contra lo ejecutado.

Es necesario realizar análisis de los resultados arrojados por la herramienta computacional y es recomendable que cada estructurador; desde su conocimiento, experticia y condiciones definidas de cada proyecto aporte el factor diferenciador para asegurar de esta manera que la oferta se costee de acuerdo a su especificidad.

Las bases de datos deberán trabajar en forma dinámica; deben ser fácilmente actualizables; dadas las condiciones específicas de cada proyecto; en cuanto a características técnicas, entornos geográficos, normas aplicables y exigencias propias del cliente.

Los sistemas deberán ser robustos en cuanto a seguridad, pero livianos en su estructura, deben ser modulares y fáciles de integrar y amigables con el usuario.

Se deben crear procedimientos y manuales para preservar el conocimiento y de esta manera garantizar la trazabilidad en los cambios y actualizaciones de la herramienta computacional.



Es pertinente ampliar el alcance de la herramienta computacional; en cuanto a las disciplinas a integrar; módulo ambiental, módulo de obras civiles y otros que se estime conveniente constituir.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahuja H., Walsh M. (1989) *Ingeniería de costos y administración de proyectos* – Ediciones Alfaomega Ciudad de México. México.

ANSI/IEEE Std. 81 1983. Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potential of a ground system.

Código Eléctrico Colombiano. Norma Técnica NTC 2050.

Fernández, R. (2005) *Ingeniería de Costos, Curso de Ingeniería de Costos* de la Escuela de Ingeniería Civil, San José de Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

González. E (2006). Aprender a programar: Tutorial básico del programador web: PHP. Recuperado de [http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com\\_content&view=category&id=70&Itemid=193](http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=category&id=70&Itemid=193)

Grupo de Trabajo WG-02-SC23 (1987) The mechanical effects of short circuit currents in open air substations. CIGRÉ. París, Francia.

International Standard IEC 60071-1 Insulation coordination. Part 1

International Standard IEC 60071-2 Insulation coordination. Part 2

International standard IEC 60044-1

International Standard IEC 60044-5 Instrument transformers

International Standard IEC 60865/1986 Calculation of the effects of short –  
circuit currents

International Standard IEC Round wire concentric lay overhead electrical  
stranded conductors

IEEE Std. C37.91-2008. Guide for protecting power transformers

IEEE Std. C37.230-2007. Guide for protective relay applications to  
distribution lines.

IEEE Std 80. Guide for Safety in A.C. substation grounding

IEEE Std. 242-2001. Recommended practice for protection and coordination of industrial and commercial power systems

IEEE Std. 738. Standard for calculating the current temperature relationship of bare overhead conductors

IEEE Std. 998-1996. Guide direct lightning stroke shielding of substations.

IEEE. Std 1100-2005. Recommended practice for powering and grounding electronic equipment

Miranda H. (2011). Gestión de planificación para la construcción de obras civiles en subestaciones eléctricas. (Tesis de maestría). Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela.

NEC Handbook NEC Handbook (National Electrical Code),

Neyra L. (2009). *Asegurando el valor en proyectos de construcción: un estudio de las técnicas y herramientas utilizadas en la etapa de diseño* (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Puentes C. (2009). *Elaboración de una base de datos de presupuesto y análisis de precios unitarios para los proyectos de infraestructura de la secretaria de planeación del municipio de Piedecuesta*. (Tesis de grado). Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.

Ramírez C. (1991). *Subestaciones de alta y extra alta tensión*. HMV Ingenieros. Colombia

Rodríguez M. (2007) *La problemática del riesgo en los proyectos de infraestructura y en los contratos internacionales de construcción*. Recuperado: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3625980>.

Tyler, E. CPE. (2008) *National Electrical Estimator*. Craftsman Book Company. Carlsbad Canadá.

## ANEXO 1. LISTA DE CANTIDADES Y EQUIPOS

### FORMULARIO - Lista de Cantidades SUBESTACION INTERRUPTOR Y MEDIO 5 CAMPOS EN 230 Kv y 3 CAMPOS EN 500 KV

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
	Montaje transformador de corriente 550 kV 6 núcleos. Incluye el suministro de tornillos con todos sus accesorios, M27 de 70 mm tipo FT-1 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	9
	Montaje transformador de tensión 550 kV 2 devanados. Incluye el suministro de tornillos con todos sus accesorios, M27 de 70 mm tipo FT-1 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	14
	Montaje descargador de sobretensiones Ur=444 kV (incluye montaje y conexión de contador de descargas). Incluye suministro de tornillos con todos sus accesorios, M20 de 120 mm tipo FT-1 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	17
	Montaje descargador de sobretensiones Ur=48 kV. Incluye el suministro de tornillos con todos sus accesorios, M16 de 45 mm tipo FT-2 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	14
	Montaje aislador tipo poste invertido C12,5-1550. Incluye el suministro de tornillos con todos sus accesorios, M16 de 70 mm tipo FT-1 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	65
	Montaje aislador tipo poste vertical C10-1550. Incluye el suministro de tornillos con todos sus accesorios, M16 de 70 mm tipo FT-1 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	28
	Montaje aislador tipo poste vertical C20-1550. Incluye el suministro de tornillos con todos sus accesorios, M16 de 70 mm tipo FT-1 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	6
	Montaje aislador tipo poste vertical C4-550. Incluye el suministro de tornillos con todos sus accesorios, M16 de 45 mm tipo FT-2 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	4
	Montaje aislador tipo poste vertical C4-170. Incluye el suministro de tornillos con todos sus accesorios, M16 de 45 mm tipo FT-2 para fijación del equipo. Ver documento 24550012730	Un	21
<b>1.2.2</b>	<b>Conexiones para barras y templas</b>		
	Montaje de templa de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> Longitud 56 m. (Incluye cadena aisladores poliméricas de retención en V, separadores y bajantes 500 kV)	Un	6
	Montaje de templa de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> Longitud 28 m. (Incluye cadena aisladores poliméricas de retención en V, separadores y bajantes 500 kV)	Un	6
	Montaje de templa de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> Longitud 52,5 m. (Incluye cadena aisladores poliméricas de retención, separadores y bajantes 500 kV)	Un	18
	Montaje de templa de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> Longitud 24 m. (Incluye cadena aisladores poliméricas de retención, separadores y bajantes 500 kV)	Un	3
	Montaje de templa de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> Longitud 18 m. (Incluye cadena aisladores poliméricas de retención, separadores y bajantes 500 kV)	Un	3
	Montaje de templa de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> Longitud 39 m. (Incluye cadena aisladores poliméricas de retención, separadores y bajantes 500 kV)	Un	1
	Montaje de templa de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> Longitud 35,5 m. (Incluye cadena aisladores poliméricas de retención y suspensión, separadores y bajantes 500 kV)	Un	2

**FORMULARIO - Lista de Cantidades**  
**SUBESTACION INTERRUPTOR Y MEDIO**  
**5 CAMPOS EN 230 Kv y 3 CAMPOS EN 500 KV**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
1.2.3	<b>Conexiones entre equipos</b>		
	Montaje de barras tubulares $\varnothing$ 63/55 mm para conexión de neutro de banco de autotransformadores y reactores (Incluye instalación de tapones y conductor flexible al interior para vibraciones).	m	66
	Montaje de barra rectangular de 100x10mm de 2,5m de largo (incluye perforaciones)	Un	6
	Montaje de cable XLPE 36 kV 133% 107 mm <sup>2</sup>	m	1800
	Montaje de terminal termoencogible para cable XLPE 36 kV 133% 107 mm <sup>2</sup>	Un	28
	Montaje de manta o tubo termoencogible 36 kV para aislamiento de barras rectangulares de 100x10mm de 2,5m de largo	Un	6
	Montaje de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> Longitud 10-15 m para conexión del buje 500 kV al descargador de sobretensiones. (incluye separadores)	Un	7
	Montaje de conectores entre equipos y/o templas	Un	60
	Montaje de un conductor código Cowslip 1010 mm <sup>2</sup> Longitud 2-6 m para conexiones buje de 230 kV-descargador de sobretensiones y conexión del neutro.	Un	14
	Montaje de dos conductores código Bluebonnet 1776 mm <sup>2</sup> para conexiones entre equipos de 500 kV. (Incluye separadores)	m	1400
	Montaje y doblado de barras tubulares $\varnothing$ 100/80 mm para soporte de los contracontactos de los seccionadores semipantógrafo (Incluye instalación de tapones).	Un	63
	Montaje de barras tubulares $\varnothing$ 100/80 mm entre aisladores invertidos para conexión de contracontactos de los seccionadores semipantógrafo (Incluye instalación de tapones y conductor flexible al interior para vibraciones).	m	216
	Montaje de conectores entre equipos y/o templas	Un	1175
	Montaje de sistema de apantallamiento 500/230 kV que contiene los siguientes ítems (ver plano CO-SOGA-DISE-K118): Grillete recto (80 Un), Grapa de amarre cable alumoweld 7N <sup>º</sup> 9 (80 Un), Cable alumoweld 7N <sup>º</sup> 9 (3200 m), Conector de fijación a la estructura para cable alumoweld 7N <sup>º</sup> 9 (710 Un), Conector cable-cable para alumoweld 7N <sup>º</sup> 9 (50 Un), Eslabón (80 Un), Conector de fijación a la estructura bimetálico entre cable de cobre N <sup>º</sup> 4/0 AWG y cable alumoweld 7N <sup>º</sup> 9 (45 Un)	S.G.	1
	Montaje de placa para nomenclatura operativa de equipos de patio y campos (ver plano CO-SOGA-DISE-K174)	Un	209

## ANEXO 2. FUNGIBLES DE EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AUTOTRANSFORMADOR 500/230 KV 90/120/150 MVA	REACTOR 500 KV 28 Mvar	INTERRUPTOR CON RESISTENCIA DE PREINSECCIÓN FASES A Y C 500 KV	INTERRUPTOR CON RESISTENCIA DE PREINSECCIÓN FASE B 500 KV	INTERRUPTOR SIN RESISTENCIA DE PREINSECCIÓN FASES A Y C 500 KV	INTERRUPTOR SIN RESISTENCIA DE PREINSECCIÓN FASE B 500 KV
	EQUIPOS DE PATIO							
1	TUBERIA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=2"$	Un	7	4	8	4	8	4
2	TUBERIA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=4"$	m						
3	TUBERIA PVC-DB DE $\phi=2"$	m	0.6	1.3				
4	TUBERIA FLEXIBLE METALICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=2"$ CON RECUBRIMIENTO DE PVC	m						
5	TUBERIA FLEXIBLE METALICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=4"$ CON RECUBRIMIENTO DE PVC	m	2					
6	CONECTOR RECTO PARA TUBERIA FLEXIBLE METALICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=2"$	Un						
7	JUEGO DE TUERCA Y CONTRATUERCA PARA TUBERIA GALVANIZADA DE $\phi=4"$	Un		2				
8	CURVA PARA TUBERIA PVC-DB DE $\phi=2"$	Un						
9	CONECTOR RECTO PARA TUBERIA FLEXIBLE METALICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=4"$	Un	4					
10	UNION PARA TUBERIA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=2"$	Un						
11	UNION PARA TUBERIA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=4"$	Un	2					
12	ACOPLE PARA TRANSICION DE TUBERIA GALVANIZADA PESADA IMC A PVC-DB DE $\phi=2"$	Un						
13	TERMINAL TIPO CAMPANA PARA TUBERIA PVC-DB DE $\phi=2"$	Un						
14	CONECTOR TERMINAL TIPO "OJO" ( $\phi=14$ mm) BIMETALICO PARA CABLE CALIBRE 2/0 AWG	Un		1	1	2	1	2
15	CONECTOR TERMINAL TIPO "OJO" ( $\phi=14$ mm) BIMETALICO PARA CABLE CALIBRE 4/0 AWG	Un	3	1	2	1	1	1
16	CONECTOR BIMETALICO TIPO "T" PARA UNIR BARRA TUBULAR DE ALUMINIO $\phi 63/55$ A CABLE DE COBRE 4/0 AWG. VER NOTA 6	Un						
17	GRAPA DE ALEACION DE COBRE PARA FIJACION DE UN CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG A ESTRUCTURA	Un						
18	GRAPA DE ALEACION DE COBRE PARA FIJACION DE UN CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG A ESTRUCTURA, INCLUYE TORNILLO, TUERCA Y ARANDELAS GALVANIZADOS. VER NOTA 8	Un			3	2	3	3
19	GRAPA PARALELA DE ALEACION DE COBRE PARA FIJACION DE DOS CABLES DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG Y CALIBRE 2/0 AWG A ESTRUCTURA, INCLUYE TORNILLO, TUERCA Y ARANDELAS GALVANIZADOS	Un	2	1	1	2	1	1
20	TORNILLO GALVANIZADO EN CALIENTE M12x1-1/2" (INCLUYE TUERCA, ARANDELA PLANA Y ARANDELA DE PRESION)	Un	3	2	2	3	2	3
21	PERNO EN "U" ROSCADO EN SUS EXTREMOS PARA FIJACION DE TUBERIA DE $\phi=2"$ A ESTRUCTURA (INCLUYE TUERCAS Y ARANDELAS GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA PERNO DE $\phi 3/8"$ )	Un						
22	PERNO EN "U" ROSCADO EN SUS EXTREMOS PARA FIJACION DE CABLE XLPE 4/0 AWG A ESTRUCTURA (INCLUYE TUERCAS Y ARANDELAS GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA PERNO DE $\phi 3/8"$ )	Un						
23	ANCLAJE UNIVERSAL DE EXPANSION DE ROSCA INTERNA 1/4"x1", INCLUYE TORNILLO DE 1/4"x2"	Un						
24	VARILLA ROSCADA DE 3/8"x0.3 m CON TUERCAS Y ARANDELAS	Un						
25	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG	m			0.3	0.6	0.3	0.6
26	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG	m			4	4	4	4
27	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE 25 kv, 100%, 4/0 AWG	m	5					
28	BANDEJA PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 30x8 cm CON TAPA Y SUJETADOR	m	13.1		1.5	2.4	1.1	1.7
29	SUJETADOR DE BANDEJA VERTICAL	Un			1	2	1	2
30	JUEGO DE PLATINA CONECTORA-TUERCA MORDAZA CON RESORTE Y TORNILLO DE 3/8"	Un			2	4	2	4
31	CURVA VERTICAL INTERIOR 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO, 30x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNION Y TORNILLOS	Un	1		1	2		
32	CURVA VERTICAL EXTERIOR 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO, 30x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNION Y TORNILLOS.	Un			1	2		
33	BASE ALTA PARA PERFIL SENCILLO	Un						
34	PERFIL SENCILLO RANURADO FORMA A	m						
35	BANDEJA PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNION Y TORNILLOS	m						
36	TE PARA DERIVACION 90° TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNION Y TORNILLOS	Un	1					
37	REDUCCION PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm A 30x8 cm, CON TAPA Y SUJETADOR	Un	1					
38	CURVA HORIZONTAL 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO 60x8 cm, CON TAPA Y SUJETADOR	Un						
39	BARRA RECTANGULAR DE ALUMINIO 100x10 mm	m						
40	TERMINAL TERMOCONTRACTIL EN CALIENTE TIPO EXTERIOR PARA CABLE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE, 36 kv 133%, 4/0 AWG. (VER NOTA 7)	Un	2					
41	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE 36 kv, 133%, 4/0 AWG	m						
42	MANTA O TUBO TERMOCONTRACTIL EN CALIENTE 36 kv PARA AISLAMIENTO DE BARRA RECTANGULAR DE 100x10 mm	m						



ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	SECCIONADOR SEMPANTÓGRAFO SIN CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA 500 KV	SECCIONADOR SEMPANTÓGRAFO CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 500 KV	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN 500 KV	DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES 500 KV	AISLADOR TIPO POSTE VERTICAL 500 KV
	EQUIPOS DE PATIO	Un	17	4	24	14	17	34
1	TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=2"$	m	7.6	15.1	4.7	5.1		
2	TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=4"$	m						
3	TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	m	36.8	71.7	3.9	3.6		
4	TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=2"$ CON RECUBRIMIENTO DE PVC	m	4.2	8.4	2	10.3		
5	TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=4"$ CON RECUBRIMIENTO DE PVC	m						
6	CONECTOR RECTO PARA TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=2"$	Un	14	28	2	2		
7	JUEGO DE TUERCA Y CONTRATUERCA PARA TUBERÍA GALVANIZADA DE $\phi=4"$	Un						
8	CURVA PARA TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	Un	7	14	1	1		
9	CONECTOR RECTO PARA TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=4"$	Un						
10	UNIÓN PARA TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=2"$	Un	7	14	1	1		
11	UNIÓN PARA TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=4"$	Un						
12	ACOPLE PARA TRANSICIÓN DE TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC A PVC-DB DE $\phi=2"$	Un	7	14	1	1		
13	TERMINAL TIPO CAMPANA PARA TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	Un	7	14	1	1		
14	CONECTOR TERMINAL TIPO "OJO" ( $\phi=14$ mm) BIMETÁLICO PARA CABLE CALIBRE 2/0 AWG	Un	3	6				
15	CONECTOR TERMINAL TIPO "OJO" ( $\phi=14$ mm) BIMETÁLICO PARA CABLE CALIBRE 4/0 AWG	Un	3	3	1	1	2	
16	CONECTOR BIMETÁLICO TIPO "T" PARA UNIR BARRA TUBULAR DE ALUMINIO $\phi 63/55$ A CABLE DE COBRE 4/0 AWG. VER NOTA 6	Un						
17	GRAPA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE UN CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG A ESTRUCTURA	Un						
18	GRAPA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE UN CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG A ESTRUCTURA, INCLUYE TORNILLO, TUERCA Y ARANDELAS GALVANIZADOS. VER NOTA 8	Un	21	45	5	6	3	1
19	GRAPA PARALELA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE DOS CABLES DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG Y CALIBRE 2/0 AWG A ESTRUCTURA, INCLUYE TORNILLO, TUERCA Y ARANDELAS GALVANIZADOS	Un	3	6				
20	TORNILLO GALVANIZADO EN CALIENTE M12x1-1/2" (INCLUYE TUERCA, ARANDELA PLANA Y ARANDELA DE PRESIÓN)	Un	6	9	1	1		
21	PERNO EN "U" ROSCADO EN SUS EXTREMOS PARA FIJACIÓN DE TUBERÍA DE $\phi=2"$ A ESTRUCTURA (INCLUYE TUERCAS Y ARANDELAS GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA PERNO DE $\phi 3/8"$ )	Un			2	2		
22	PERNO EN "U" ROSCADO EN SUS EXTREMOS PARA FIJACIÓN DE CABLE XLPE 4/0 AWG A ESTRUCTURA (INCLUYE TUERCAS Y ARANDELAS GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA PERNO DE $\phi 3/8"$ )	Un						
23	ANCLAJE UNIVERSAL DE EXPANSIÓN DE ROSCA INTERNA 1/4"x1", INCLUYE TORNILLO DE 1/4"x2"	Un						
24	VARILLA ROSCADA DE 3/8"x0.3 m CON TUERCAS Y ARANDELAS	Un						
25	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG	m	0.8	0.6				
26	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG	m	27	13	6.5	5.5	7.2	1.5
27	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE 25 kV, 100%, 4/0 AWG	m					5	
28	BANDEJA PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 30x8 cm CON TAPA Y SUJETADOR	m						
29	SUJETADOR DE BANDEJA VERTICAL	Un						
30	JUEGO DE PLATINA CONECTORA-TUERCA MORDAZA CON RESORTE Y TORNILLO DE 3/8"	Un						
31	CURVA VERTICAL INTERIOR 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO, 30x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	Un						
32	CURVA VERTICAL EXTERIOR 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO, 30x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS.	Un						
33	BASE ALTA PARA PERFIL SENCILLO	Un						
34	PERFIL SENCILLO RANURADO FORMA A	m						
35	BANDEJA PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	m						
36	TE PARA DERIVACIÓN 90° TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	Un						
37	REDUCCIÓN PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm A 30x8 cm, CON TAPA Y SUJETADOR	Un						
38	CURVA HORIZONTAL 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO 60x8 cm, CON TAPA Y SUJETADOR	Un						
39	BARRA RECTANGULAR DE ALUMINIO 100x10 mm	m						
40	TERMINAL TERMOCONTRÁCTIL EN CALIENTE TIPO EXTERIOR PARA CABLE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE, 36 kV 133%, 4/0 AWG. (VER NOTA 7)	Un						
41	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE 36 kV, 133%, 4/0 AWG	m						
42	MANTA O TUBO TERMOCONTRÁCTIL EN CALIENTE 36 kV PARA AISLAMIENTO DE BARRA RECTANGULAR DE 100x10 mm	m						

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REACTOR 230 kV 14 Mvar	INTERRUPTOR FASES A Y C 230 kV	INTERRUPTOR FASE B 230 kV	SECCIONADOR DE ROTACIÓN CENTRAL SIN CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA 230 kV	SECCIONADOR DE ROTACIÓN CENTRAL CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA 230 kV	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 230 kV
	EQUIPOS DE PATIO	Un	4	36	18	38	9	51
1	TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=2"$	m				2.4	4.8	2.6
2	TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=4"$	m	1.2					
3	TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	m				12	24	4.7
4	TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=2"$ CON RECUBRIMIENTO DE PVC	m				1	2	1
5	TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=4"$ CON RECUBRIMIENTO DE PVC	m						
6	CONECTOR RECTO PARA TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=2"$	Un				4	8	2
7	JUEGO DE TUERCA Y CONTRATUERCA PARA TUBERÍA GALVANIZADA DE $\phi=4"$	Un	2					
8	CURVA PARA TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	Un				2	4	1
9	CONECTOR RECTO PARA TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=4"$	Un						
10	UNIÓN PARA TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=2"$	Un				2	4	1
11	UNIÓN PARA TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=4"$	Un						
12	ACOPLE PARA TRANSICIÓN DE TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC A PVC-DB DE $\phi=2"$	Un				2	4	1
13	TERMINAL TIPO CAMPANA PARA TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	Un				2	4	1
14	CONECTOR TERMINAL TIPO "OJO" ( $\phi=14$ mm) BIMETÁLICO PARA CABLE CALIBRE 2/0 AWG	Un	1	1	2	1	2	
15	CONECTOR TERMINAL TIPO "OJO" ( $\phi=14$ mm) BIMETÁLICO PARA CABLE CALIBRE 4/0 AWG	Un	1	1	1	3	3	1
16	CONECTOR BIMETÁLICO TIPO "T" PARA UNIR BARRA TUBULAR DE ALUMINIO $\phi 63/55$ A CABLE DE COBRE 4/0 AWG. VER NOTA 6	Un						
17	GRAPA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE UN CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG A ESTRUCTURA	Un						
18	GRAPA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE UN CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG A ESTRUCTURA, INCLUYE TORNILLO, TUERCA Y ARANDELAS GALVANIZADOS. VER NOTA 8	Un		3	2	15	30	5
19	GRAPA PARALELA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE DOS CABLES DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG Y CALIBRE 2/0 AWG A ESTRUCTURA, INCLUYE TORNILLO, TUERCA Y ARANDELAS GALVANIZADOS	Un		1	2	1	2	
20	TORNILLO GALVANIZADO EN CALIENTE M12x1-1/2" (INCLUYE TUERCA, ARANDELA PLANA Y ARANDELA DE PRESIÓN)	Un	2	2	3	4	5	1
21	PERNO EN "U" ROSCADO EN SUS EXTREMOS PARA FIJACIÓN DE TUBERÍA DE $\phi=2"$ A ESTRUCTURA (INCLUYE TUERCAS Y ARANDELAS GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA PERNO DE $\phi 3/8"$ )	Un						1
22	PERNO EN "U" ROSCADO EN SUS EXTREMOS PARA FIJACIÓN DE CABLE XLPE 4/0 AWG A ESTRUCTURA (INCLUYE TUERCAS Y ARANDELAS GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA PERNO DE $\phi 3/8"$ )	Un						
23	ANCLAJE UNIVERSAL DE EXPANSIÓN DE ROSCA INTERNA 1/4"x1", INCLUYE TORNILLO DE 1/4"x2"	Un						
24	VARILLA ROSCADA DE 3/8"x0.3 m CON TUERCAS Y ARANDELAS	Un						
25	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG	m		0.3	0.6	0.3	2	
26	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG	m		4	4	4.5	10	4
27	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE 25 kV, 100%, 4/0 AWG	m						
28	BANDEJA PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 30x8 cm CON TAPA Y SUJETADOR	m		1.4	2.2			
29	SUJETADOR DE BANDEJA VERTICAL	Un		1	2			
30	JUEGO DE PLATINA CONECTORA-TUERCA MORDAZA CON RESORTE Y TORNILLO DE 3/8"	Un		2	4			
31	CURVA VERTICAL INTERIOR 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO, 30x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	Un						
32	CURVA VERTICAL EXTERIOR 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO, 30x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS.	Un						
33	BASE ALTA PARA PERFIL SENCILLO	Un						
34	PERFIL SENCILLO RANURADO FORMA A	m						
35	BANDEJA PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	m						
36	TE PARA DERIVACIÓN 90° TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	Un						
37	REDUCCIÓN PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm A 30x8 cm, CON TAPA Y SUJETADOR	Un						
38	CURVA HORIZONTAL 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO 60x8 cm, CON TAPA Y SUJETADOR	Un						
39	BARRA RECTANGULAR DE ALUMINIO 100x10 mm	m						
40	TERMINAL TERMOCONTRÁCTIL EN CALIENTE TIPO EXTERIOR PARA CABLE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE, 36 kV 133%, 4/0 AWG. (VER NOTA 7)	Un						
41	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE 36 kV, 133%, 4/0 AWG	m						
42	MANTA O TUBO TERMOCONTRÁCTIL EN CALIENTE 36 kV PARA AISLAMIENTO DE BARRA RECTANGULAR DE 100x10 mm	m						

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES 230 kV	ASLADOR TIPO POSTE VERTICAL 230 kV	SECCIONADOR TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA 230 kV	FORMACIÓN DELTA DEL TERCARIO BANCO DE ATR	ASLADOR EN MURO CORTAFUEGO	TRANSFORMADOR ZIG-ZAG
	EQUIPOS DE PATIO	Un	43	51	6	2	12	2
1	TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=2"$	m						
2	TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=4"$	m						
3	TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	m						
4	TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=2"$ CON RECUBRIMIENTO DE PVC	m						
5	TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=4"$ CON RECUBRIMIENTO DE PVC	m						
6	CONECTOR RECTO PARA TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=2"$	Un						
7	JUEGO DE TUERCA Y CONTRATUERCA PARA TUBERÍA GALVANIZADA DE $\phi=4"$	Un						
8	CURVA PARA TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	Un						
9	CONECTOR RECTO PARA TUBERÍA FLEXIBLE METÁLICA LIQUIDTIGHT DE $\phi=4"$	Un						
10	UNIÓN PARA TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=2"$	Un						
11	UNIÓN PARA TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC DE $\phi=4"$	Un						
12	ACOPLE PARA TRANSICIÓN DE TUBERÍA GALVANIZADA PESADA IMC A PVC-DB DE $\phi=2"$	Un						
13	TERMINAL TIPO CAMPANA PARA TUBERÍA PVC-DB DE $\phi=2"$	Un						
14	CONECTOR TERMINAL TIPO "OJO" ( $\phi=14$ mm) BIMETÁLICO PARA CABLE CALIBRE 2/0 AWG	Un						
15	CONECTOR TERMINAL TIPO "OJO" ( $\phi=14$ mm) BIMETÁLICO PARA CABLE CALIBRE 4/0 AWG	Un	2		1	11		4
16	CONECTOR BIMETÁLICO TIPO "T" PARA UNIR BARRA TUBULAR DE ALUMINIO Ø63/55 A CABLE DE COBRE 4/0 AWG. VER NOTA 6	Un					0.6	
17	GRAPA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE UN CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG A ESTRUCTURA	Un				72		
18	GRAPA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE UN CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG A ESTRUCTURA, INCLUYE TORNILLO, TUERCA Y ARANDELAS GALVANIZADOS. VER NOTA 8	Un						
19	GRAPA PARALELA DE ALEACIÓN DE COBRE PARA FIJACIÓN DE DOS CABLES DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG Y CALIBRE 2/0 AWG A ESTRUCTURA, INCLUYE TORNILLO, TUERCA Y ARANDELAS GALVANIZADOS	Un	3	1	3	2	7	3
20	TORNILLO GALVANIZADO EN CALIENTE M12x1-1/2" (INCLUYE TUERCA, ARANDELA PLANA Y ARANDELA DE PRESIÓN)	Un				9		
21	PERNO EN "U" ROSCADO EN SUS EXTREMOS PARA FIJACIÓN DE TUBERÍA DE $\phi=2"$ A ESTRUCTURA (INCLUYE TUERCAS Y ARANDELAS GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA PERNO DE $\phi$ 3/8")	Un						
22	PERNO EN "U" ROSCADO EN SUS EXTREMOS PARA FIJACIÓN DE CABLE XLPE 4/0 AWG A ESTRUCTURA (INCLUYE TUERCAS Y ARANDELAS GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA PERNO DE $\phi$ 3/8")	Un				11		3
23	ANCLAJE UNIVERSAL DE EXPANSIÓN DE ROSCA INTERNA 1/4"x1", INCLUYE TORNILLO DE 1/4"x2"	Un				468	6	
24	VARILLA ROSCADA DE 3/8"x0.3 m CON TUERCAS Y ARANDELAS	Un				168		
25	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 AWG	m				127		
26	CABLE DE COBRE DESNUDO CALIBRE 4/0 AWG	m	5	1.5	5	2	7	3
27	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE 25 kV, 100%, 4/0 AWG	m	2.2					
28	BANDEJA PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 30x8 cm CON TAPA Y SUJETADOR	m				38.4		
29	SUJETADOR DE BANDEJA VERTICAL	Un						
30	JUEGO DE PLATINA CONECTORA-TUERCA MORDAZA CON RESORTE Y TORNILLO DE 3/8"	Un				173		
31	CURVA VERTICAL INTERIOR 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO, 30x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	Un						
32	CURVA VERTICAL EXTERIOR 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO, 30x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS.	Un				1		
33	BASE ALTA PARA PERFIL SENCILLO	Un				159		
34	PERFIL SENCILLO RANURADO FORMA A	m				150		
35	BANDEJA PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	m				86.4		
36	TE PARA DERIVACIÓN 90° TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm, CON TAPA, SUJETADOR, PLATINAS DE UNIÓN Y TORNILLOS	Un						
37	REDUCCIÓN PORTACABLES TIPO SEMIPESADO DE 60x8 cm A 30x8 cm, CON TAPA Y SUJETADOR	Un						
38	CURVA HORIZONTAL 90° PORTACABLES TIPO SEMIPESADO 60x8 cm, CON TAPA Y SUJETADOR	Un				2		
39	BARRA RECTANGULAR DE ALUMINIO 100x10 mm	m				7.5		
40	TERMINAL TERMOCONTRACTIL EN CALIENTE TIPO EXTERIOR PARA CABLE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE, 36 kV 133%, 4/0 AWG. (VER NOTA 7)	Un				11		3
41	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO EN POLIETILENO RETICULADO XLPE 36 kV, 133%, 4/0 AWG	m				490		310
42	MANTA O TUBO TERMOCONTRACTIL EN CALIENTE 36 kV PARA AISLAMIENTO DE BARRA RECTANGULAR DE 100x10 mm	m				7.5		

### ANEXO 3. CANTIDAD DE CABLES Y MARQUILLAS

Tipo de Cable	Cantidad Total Cable (mts)	Puntos Total Conexión	Cantidad Cables	Cantidad Doble - Flechas	Cintas Panduit Ref. 84C	Cintas Panduit Ref. 44C	Diámetro Conductor (mm)
1 x 50 mm <sup>2</sup> THW (Nº 1/0 AWG)	1000	16	8	16	0.4	N.A.	12.0
1 x 54 mm <sup>2</sup> THW (Nº 1/0 AWG)	144	28	14	28	0.6	N.A.	12.0
1 x 70 mm <sup>2</sup> THW (Nº 2/0 AWG)	2640	32	16	32	0.7	N.A.	13.1
1 x 120 mm <sup>2</sup> THW (Nº 4/0 AWG)	2263	54	27	54	1.2	N.A.	15.7
1 x 500 MCM THW	1648	80	40	80	1.8	N.A.	
3 x 0.33 mm <sup>2</sup> PSD	852	72	12	24	0.5	1.1	
4 x 0.75 mm <sup>2</sup> APANT	226	56	14	28	0.6	0.9	
4 x 1.5 mm <sup>2</sup> THW	19839	3100	492	984	21.9	47.7	4.1
4 x 2.5 mm <sup>2</sup> THW	3250	608	125	250	5.6	9.4	15.2
4 x 4 mm <sup>2</sup> THW	32808	5182	806	1612	35.8	79.7	17.5
4 x 6 mm <sup>2</sup> THW	8391	1334	248	496	11.0	20.5	18.9
4 x 10 mm <sup>2</sup> THW	788	104	15	30	0.7	1.6	19.8
4 x 16 mm <sup>2</sup> THW	947	176	30	60	1.3	2.7	
4 x 25 mm <sup>2</sup> THW	566	48	6	12	0.3	0.7	
4 x 35 mm <sup>2</sup> THW	883	36	9	18	0.4	0.6	
4 x 62.5/125µm FO	4876	940	127	254	5.6	14.5	
12 x 1.5 mm <sup>2</sup> THW	30353	5486	768	1536	34.1	84.4	19.7
12 x 4 mm <sup>2</sup> THW	2384	484	34	68	1.5	7.4	<22

<b>Cantidad Total</b>	<b>N.A.</b>	<b>17836</b>	<b>2791</b>	<b>5582</b>	<b>124</b>	<b>271</b>
-----------------------	-------------	--------------	-------------	-------------	------------	------------

Terminales	Cantidad
Terminales tipo pin o canutillo	8586
Terminales tipo pin o canutillo	608
Terminales tipo pin o canutillo	5666
Terminales tipo pin o canutillo	1334
Terminal de compresión de	44
Terminal de compresión de	32
Terminal de compresión de	54
Terminal de compresión de	80

## ANEXO 4. SISTEMA DE APANTALLAMIENTO

### LISTA DE MATERIALES SISTEMA DE APANTALLAMIENTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
<b>CONDUCTOR DE GUARDA Y PUNTAS PARARRAYOS</b>		
1	Conductor de acero galvanizado 3/8"	ML
2	Punta pararrayos tipo Franklin	UN
<b>CONECTORES Y HERRAJES</b>		
3	Grillete recto en acero galvanizado	PZA
4	Grapa de amarre para conductor de aluminio, Código ACAR 450 kcmil.	PZA
5	Conector paralelo en acero galvanizado	PZA
6	Conector tipo uña para fijación de cable a estructura	PZA
7	Conector bi-metálico	PZA
8	Abrazadera o collarín para poste de 2 salidas	PZA
9	Arandela galvanizada doble ala de 1"	PZA
10	Cinta Band-It de 3/4"	ML
11	Tubería IMC de 1"	ML

## ANEXO 5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

### MALLA DE PUESTA A TIERRA

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Cable para la malla de tierra 2/0 AWG, cobre desnudo	Metro
2	Varilla o electrodo de cobre 5/8 * 2,40m	unidad
3	Conector de fijacion cable Cu 2/0 a estructura	unidad
4	Conector terminal tipo ojo ( $\phi = 12$ mm) de aleación de cobre para cables de cobre calibre no. 2/0 AWG ( 70 mm <sup>2</sup> )	unidad
5	Soldaduras fundente de 90 grs Cable No. 2/0 AWG – Cable No. 2/0 AWG conexión en T de 90	unidad
6	Soldaduras fundente de 200 grs Cable No. 2/0 AWG – Cable No. 2/0 AWG conexión en cruz	unidad
7	Soldaduras fundente de 115 grs Cable No.2/0 AWG – Varilla de 5/8" (16 mm)	unidad
8	Conector de tornillo partido	unidad
9	Caja de inspeccion incluye lo indicado en el plano	unidad
10	Trenza flexible	unidad
11	Conector para conexión de dos conductores de cobre N°2 AWG	unidad
12	Cable de cobre N°2 AWG	Metro
13	Terminal de compresión para conductor de cobre 2 AWG	unidad
14	Conector de compresión para derivar un cable de cobre N° 2/0 AWG a cable de cobre N° 2 AWG	unidad