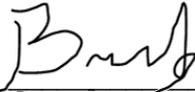
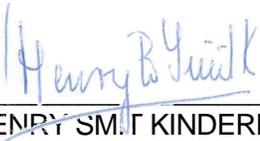


<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

Elaborado por:   
 BENJAMÍN ÁLVAREZ N.  
 Ingeniero de proyectos

Revisado por:   
 ELIANA PATIÑO  
 Ingeniera de proyectos

Aprobado por:   
 HENRY S.M. F. KINDERMANN  
 Gerente Consultoría

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

### CONTROL DE REVISIONES

REVISIÓN	OBSERVACIONES	FECHA DE APROBACIÓN
01	Versión original	Abril 14 de 2000
02	Se actualizaron las responsabilidades de acuerdo con la reestructuración administrativa de noviembre 2000. Desaparece el Dpto. de Subestaciones y Líneas y aparece el Dpto. de Diseños. Se menciona el PR-004 como procedimiento para hacer el control del diseño	Febrero 1 de 2001
03	Se actualiza programa utilizado para diseño de mallas de tierra. Se actualiza versión del NEC. En el punto 6.5 se adicionan como documentos de referencia para los diseños los Reglamentos Técnicos RETIE y RETILAP.	Feb 2 de 2014
04	En el ítem 3 se incluye como responsable también el ingeniero electrónico en el diseño de control, medida y protección. En el ítem 4.2 se incluyen las características técnicas. En el ítem 4.3 se retiran las características técnicas. En el ítem 6.1.5 se actualiza el código del procedimiento de compras. En el ítem 6.2.2 se incluye la coordinación de aislamiento. En el ítem 6.2.10 se cambia el software para el apantallamiento por el PRIMTECH. En el ítem 6.2.11 se actualiza la fecha de la norma En el ítem 6.5 se actualizan las fechas de las normas En el ítem 7 se retiran procedimiento que ya no se emplean.	Marzo 4 de 2021
05	Se realizan cambios por auditoría interna: Se incluye numeral 6.1.6 con los planes de calidad. Se incluyen los planes de calidad como anexos. Se actualizan las normas y reglamentos según fecha de última versión. Se elimina último párrafo del ítem 6.1.3 debido a que el registro RG-501-02 para recolección de información se considera ineficaz. De igual manera	Mayo 16 2022

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

<b>REVISIÓN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>FECHA DE APROBACIÓN</b>
	<p>en el numeral 8 se eliminan los registros RG 501-01 y el RG 501-02.</p> <p>Se actualizan los niveles de tensión en el numeral 4.5 de acuerdo con lo establecido en el Artículo 12 del RETIE.</p> <p>Se realiza actualización general del procedimiento de diseño.</p>	

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

## 1 OBJETIVO

Describir las actividades y los controles utilizados en el diseño de subestaciones eléctricas con el fin de asegurar la calidad y confiabilidad de los resultados.

## 2 ALCANCE

Este procedimiento aplica a los servicios de diseño de subestaciones que se lleven a cabo en **GERS**.

## 3 RESPONSABILIDAD

Los responsables de las actividades a realizar dentro de los proyectos de diseño de subestaciones se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla No 1:** Responsabilidades en el diseño de subestaciones

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>
Recolección de información inicial	Ingeniero responsable del proyecto
Diseños civiles	Ingeniero Civil
Selección de equipos de maniobra	Ingeniero electricista asignado al diseño
Diseños de control, medida, protección y comunicaciones	Ingeniero electricista o electrónico asignado al diseño
Revisión de diseños	Revisión interna de los documentos y planos por los diseñadores y auxiliares. Revisión por un experto.
Revisión informes parciales e informe final	Revisión interna de los documentos y planos por los diseñadores y auxiliares. Revisión por un experto.

## 4 DEFINICIONES

### 4.1 INGENIERÍA PRELIMINAR

Ingeniería que define un marco conceptual del proyecto con el fin de hacer recomendaciones al cliente y presupuestar opciones. El diseño o Ingeniería preliminar abarca solamente aspectos fundamentales que inciden sobre la viabilidad del proyecto, ofreciendo como resultado aspectos técnicos y económicos para el desarrollo de la Ingeniería Básica.

### 4.2 INGENIERÍA BÁSICA

Ingeniería que define una filosofía y generalidades de los requerimientos de equipos incluyendo especificaciones y características técnicas y memorias de cálculo. Incluye conceptos, criterios y

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 4 de 23
--	-------------	----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

metodología para llevar a cabo el proyecto. Como resultado se obtienen los pliegos y planos para licitar la obra.

#### **4.3 INGENIERÍA DE DETALLE**

Es la ingeniería que sirve de base para la construcción y montaje de la obra.

Incluye la definición de los siguientes aspectos:

- Ubicación detallada de los equipos.
- Número definido de equipos.
- Conexión externo y alambrado en el interior de los tableros de los equipos.

#### **4.4 ENTIDAD CONTRATANTE**

Es el cliente, la empresa que contrata los diseños.

#### **4.5 NIVELES DE TENSIÓN**

De acuerdo con el Reglamento Técnico de Instalaciones. Eléctricas – RETIE se estandarizan los siguientes niveles de tensión para sistemas de corriente alterna, los cuales se adoptan de la NTC 1340:

- Baja tensión (BT): Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.
- Media tensión (MT): Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
- Alta tensión (AT): Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
- Extra alta tensión (EAT): Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.

### **5 CONDICIONES GENERALES**

- El alcance de la ingeniería depende de los requerimientos definidos por el cliente para la ejecución de un proyecto.
- Los estudios del sistema de potencia son una entrada para el diseño de la subestación.
- Una vez concluidos los diseños se elaboran las diferentes especificaciones necesarias para las licitaciones de equipos nacionales e importados, las obras civiles y el montaje de las subestaciones. Estas especificaciones son sometidas a la aprobación de la Entidad Contratante.
- Igualmente se elaboran presupuestos y pliegos de las licitaciones depende de los requerimientos definidos por el cliente para la ejecución de un proyecto

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 5 de 23
--	-------------	----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

## 6 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

### 6.1 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

Esta etapa permite conocer las necesidades reales del cliente y del proyecto. Como fuentes para obtener esta información están:

#### 6.1.1 Reuniones con personal de la Entidad Contratante

Esta actividad se lleva a cabo entre personal de **GERS** asignado al proyecto y funcionarios de la entidad Contratante directamente relacionados con él. Durante estas reuniones se presentan al cliente experiencias obtenidas en el diseño de otros proyectos, se definen áreas y se escucha al cliente para tener en cuenta sus necesidades particulares durante la ejecución de los diseños.

#### 6.1.2 Información pertinente al proyecto

- Organigrama de manejo del proyecto por parte de la Entidad Contratante.
- Mapas geográficos, topográficos y viales.
- Información meteorológica, principalmente en lo concerniente a condiciones de temperatura, lluvias, dirección y velocidad de los vientos, niveles ceráunicos, presión atmosférica, brillo solar, humedad relativa.
- Estudios sismológicos, si existen.
- Información cartográfica y fotogeométrica que cubra el área de la subestación teniendo en cuenta los puntos geodésicos de referencia.
- Condiciones de transporte de equipo pesado desde los puertos hasta la subestación.
- Normas y regulaciones de entidades locales que afecten la construcción de la subestación.
- Infraestructura y servicios públicos disponibles (agua, energía, teléfonos, vías).
- Normas y recomendaciones aplicables.

Parte de esta información puede estar disponible en la Entidad Contratante.

#### 6.1.3 Visita de reconocimiento

Una actividad importante que hace parte de la recolección de información es la visita de reconocimiento al sitio del proyecto. Esta actividad se lleva a cabo tanto para proyectos nuevos como para ampliaciones.

Durante esta visita se observan los siguientes detalles:

- Sitio de la Subestación.
- Accesos vehiculares.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 6 de 23
--	-------------	----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- Corredores de líneas eléctricas existentes y proyectadas.
- Interferencia con redes de comunicaciones, acueducto, alcantarillado y de gas existente y proyectado para facilitar la urbanización del lote.
- Disponibilidad y calidad de materiales para las obras de civiles.

A esta visita de reconocimiento asisten ingenieros de la Entidad Contratante e ingenieros y auxiliares de ingeniería de **GERS**.

#### **6.1.4 Estudios de sistemas de potencia**

Los estudios requeridos para el diseño de la subestación son:

- Flujos de carga en condiciones normales o de contingencia.
- Cortocircuito a frecuencia industrial.
- Sobretensiones.

#### **6.1.5 Estudios Subcontratados**

Si la Entidad Contratante no los realiza, **GERS** subcontrata con firmas especializadas en el ramo y debidamente aprobadas, los estudios de:

- Suelos.
- Sismología.
- Topografía.
- Iluminación (en caso de requerirse).
- Y otros estudios en caso de requerirse.

Estas subcontrataciones se hacen teniendo en cuenta el procedimiento para compras, PR-006.

#### **6.1.6 Planes de calidad**

A continuación, se presentan los planes de calidad, en los cuales se encuentran las variables de control y los criterios de aceptación, para las actividades a desarrollarse en el diseño de subestaciones:

- Plan de calidad para diseño de vías.
- Plan de calidad para diseño de cimentaciones.
- Plan de calidad clasificación estudio de suelos.
- Plan de calidad topografía.
- Plan de calidad para diseño de mallas de puesta a tierra.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 7 de 23
--	-------------	----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- Plan de calidad para diseño de subestaciones.
- Plan de inspección para diseño de sistemas de apantallamiento.
- Plan de calidad para medición S.P.T.

#### **6.1.7 Criterios básicos de diseño**

Los criterios básicos de diseño son un entregable previo a la elaboración de los proyectos, para lo cual se considera la siguiente información:

- Alcance y limitaciones de los trabajos a realizar.
- Datos de entrada entregados por el cliente.
- Datos de entrada entregados por el Operador de Red u organismos del estado.
- Visitas de recolección de información (si aplica).
- Aspectos normativos nacionales e internacionales, además del Operador de Red.
- Estudios eléctricos y civiles (si aplica).

#### **6.1.8 Selección Configuración**

En esta actividad se escoge el arreglo de los equipos de maniobra de la subestación de tal forma que su operación permita diferentes grados de confiabilidad, seguridad o flexibilidad de manejo.

#### **6.1.9 Selección disposición física**

La disposición física parte del dimensionamiento del área de maniobra y de los edificios de control de la subestación teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Configuración adoptada para la subestación.
- Equipos a utilizar.
- Corrientes nominales y de cortocircuito para seleccionar el tipo de barraje más apropiado (rígido, flexible, simple o en haz).
- Coordinación de aislamiento y Distancias mínimas y de seguridad.
- Distancias entre equipos según la práctica de la Entidad Contratante y la normativa mencionada.

Es necesario tener en cuenta las facilidades que se deben dejar para ampliaciones futuras.

#### **6.1.10 Diagrama unifilar**

Se realiza la representación esquemática de los elementos principales que constituyen la subestación en cuanto a equipos de potencia, control, protección, medida y comunicación. El

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 8 de 23
--	-------------	----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

diagrama unifilar simple contendrá la información básica del sistema y la interconexión de los equipos.

### 6.1.11 Urbanización del lote

Una vez determinada la configuración en los diferentes niveles de tensión de la subestación, estableciendo las distancias críticas y de seguridad y seleccionada la disposición física, se procede a realizar las urbanizaciones respectivas.

Conociendo las áreas de maniobra y otras áreas de edificios, las perimetrales, de circulación y acceso, parqueaderos, patios de transformadores con sus carrileras para la movilización, servidumbres y accesos de línea y sin olvidar el área para ensanches futuros, se procede a distribuir dichas áreas en tal forma que se ocupe el menor espacio sin que existan interferencias ni problemas de acceso y circulación.

A continuación se enumeran algunos aspectos a tener en cuenta para el proceso de urbanización del lote:

- La ubicación tentativa de equipos se realiza tomando como base el diagrama unifilar general.
- Se ubican los transformadores de potencia con sus rieles y vías de circulación.
- Se ubica el área requerida para la localización de los equipos de servicios auxiliares.
- Tentativamente se ubican los accesos, las vías perimetrales y de circulación.
- Se ubica el edificio de control cerca del acceso a la subestación. La localización debe hacerse en forma tal que se garantice desde la sala de control una visión adecuada de los patios, evitando el paso de líneas por encima de ellos.
- En forma general se estudian los posibles accesos de líneas, procurando evitar su cruce por encima de edificios, bodegas, taller, almacén y parqueaderos.
- Trazar las rutas de los cárcamos en tal forma que exista la menor interferencia con vías, ductos y rieles, obteniendo la menor longitud posible en el tendido de los cables.
- Se elaboran diferentes alternativas para determinar la solución más funcional, que ocupe una menor área y que esté acorde con el lote. Las mejores alternativas se presentan a la Entidad Contratante para su aprobación.

### 6.1.12 Sistema de control

El diseño del sistema de control incluye las siguientes actividades:

- Configuración
  - Control convencional.
  - Control digital.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 9 de 23
--	-------------	----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- Modos de control.
  - Control coordinado.
  - Control integrado.
  - Control centralizado.
- Elementos de Control.
  - Interfaz con el proceso.
  - Secuencias de operación.
  - Diagramas de secuencia.
  - Diagramas lógicos.
  - Software.
    - Sistema operativo.
    - Aplicaciones.
    - Bases de datos.
    - Protocolos de comunicación.
    - Control y supervisión. SCADA.
  - Hardware
    - Unidades de adquisición de datos.
    - Computadores de proceso.
    - Computadores de subestación.
    - Interfaz hombre-máquina.
    - Características y rendimiento.
    - Tiempos de respuesta.

### 6.1.13 Sistema de comunicaciones

El dimensionamiento del equipo de comunicaciones requiere de la siguiente información:

- Sistema existente de comunicación de la Entidad Contratante
- Sistema existente de tele protecciones.
- Planes de expansión de las redes de comunicación existentes.
- Información técnica de los equipos de comunicaciones de las subestaciones adyacentes.
- Protocolos existentes en la subestación.
- Protocolos de comunicación centro de control o CND según sea el caso.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 10 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

El diseño del sistema de comunicaciones incluye las siguientes actividades:

- Redes de área local.
- Equipos de protección y registro.
  - Gestión de protecciones.
  - Esquemas de teleprotección.
- Equipos de control, supervisión y medida.
  - Redes de registro.
  - Conteo de energía.
  - Sistema de control digital.
- Sistemas de comunicaciones (Sistemas de radio, redes de fibra óptica, etc.).
- Cableado estructurado.

#### **6.1.14 Sistema de protecciones**

Los relés de protección se seleccionan con base en los requerimientos del esquema de protecciones planteado para la subestación y teniendo como referencia la última versión de las siguientes normas:

- IEC-60255, normas para los relés eléctricos en plantas de potencia.
- ANSI C37.90/IEEE Std.313, relés y sistemas de relés asociados con aparatos eléctricos de potencia.
- BS EN 60255, relés eléctricos de protección.

#### **6.1.15 Gabinetes**

Los gabinetes seleccionados para contener el equipo eléctrico y electrónico deben cumplir con la norma IEC 60297.

Los gabinetes normalizados deben tener 2200 mm de altura, 800 mm de profundidad y 600 mm de ancho. Sin embargo las medidas deben ser aprobadas según los estándares del cliente. Todos los gabinetes deben tener un controlador de humedad, una lámpara controlada por un suiche de puerta, barra de tierra y tomacorrientes de 125 Vcd y 120Vca.

#### **6.1.16 Medidores de Energía**

Para la especificación de los medidores de energía y de los componentes del sistema de medición se deben tener en cuenta los requerimientos de la Resolución CREG 038-2014 y la normalización que para tal efecto tiene el Operador de Red y/o Comercializador de Energía.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 11 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

### 6.1.17 Verificación del Apantallamiento

Con base en las dimensiones estándares de los equipos se verifica el sistema de protección contra descargas atmosféricas en la subestación.

Para la verificación del apantallamiento de las subestaciones se utiliza el programa de computador PRIMTECH del cual **GERS** tiene la respectiva licencia.

Alternativamente se sigue el método gráfico recomendado de Gilman-Whitehead EGM, conocido como Electric geometry model / Rolling Sphere Method for Lightning Protection (Método electrogeométrico / Método de esfera rodante). Apoyado en la norma internacional IEEE 988 Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations, la cual actualiza el método y describe el procedimiento.

### 6.1.18 Selección de barras, conductores y aisladores

Esta selección se efectúa siguiendo las recomendaciones del CIGRE en las publicaciones CIGRE: Cigré TB – 207, Cigré – 601, Cigré – 214. Además de las normas IEC 60865 y IEC 60815, como las normas IEEE 837 e IEEE 738.

- **Selección de barras y conductores**

El primer paso de esta actividad es seleccionar el tipo y el calibre de los conductores de unión entre equipos y de los conductores de barras. El tipo y calibre se seleccionan teniendo en cuenta las corrientes nominales y de cortocircuito de la instalación.

Para determinar la capacidad nominal de los barrajes colectores de las subestaciones se tiene en cuenta el flujo de carga por las barras, considerando las diferentes etapas de crecimiento de la subestación y los cambios topológicos como consecuencia de fallas y maniobras de restauración del servicio así como durante mantenimiento, además del ordenamiento de los campos.

Una vez seleccionada la conexión de los circuitos a los barrajes colectores para condiciones de flujo normal, se comprueba que esta conexión sea válida para casos de contingencia.

- ◆ Los tubos de aluminio o aleación de aluminio deben cumplir con las normas IEC 60865, IEEE Std 738, DIN EN 14121, DIN 43670 y ASTM B 317.
- ◆ Los conductores flexibles de aluminio o aleación de aluminio deben cumplir con las normas DIN EN 50341-1 VDE 0210-1:2013-11, DIN VDE 0212-399 VDE 0212-399:2015-05, ASTM B399, ASTM B231, ASTM B524, ASTM B549, IEC 60865 y IEEE Std. 738.
- ◆ Seleccionando el conductor por capacidad de corriente se verifica que no se presente efecto corona con base en los datos ambientales tales como la presión barométrica, temperatura ambiente, altura sobre el nivel del mar y los datos del haz de conductores, radio equivalente, altura promedio y distancia entre fases.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 12 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- ◆ Se debe tener en cuenta la pérdida de las propiedades del conductor (aumento de flecha por envejecimiento del conductor, efecto Creep y pérdida de capacidad mecánica por elevación de temperatura debido a los cortocircuitos).
- ◆ El segundo paso consiste en calcular todos los esfuerzos en los barrajes y conexiones, lo cual es fundamental para la selección de aisladores así como para el cálculo de las estructuras y el dimensionamiento de fundaciones.
- ◆ El tercer paso es la selección de los conectores tanto para soportar el conductor como para los terminales de los equipos. Para estos últimos se tiene presente la tensión mecánica máxima que se puede ejercer en los terminales con el fin de determinar la tensión de templa y la longitud del conductor admisible a fin de no sobrepasar dichos valores.

Los conectores para barrajes rígidos (tubos de aluminio) pueden ser fijos, de expansión o deslizantes, de acuerdo con el punto de utilización y teniendo la transmisión mínima de esfuerzos mecánicos a los aisladores debido a dilatación por cambios de temperatura.

- **Selección de Aisladores**

La selección se realiza en base a la norma IEC TS 60815 Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados para su utilización en condiciones de contaminación. Teniendo en cuenta las tensiones y esfuerzos electromecánicos calculados, los niveles de aislamiento resultantes del estudio respectivo, las distancias críticas y de seguridad y el nivel de contaminación ambiental presentes en la zona de la subestación, se seleccionan los aisladores así como sus herrajes adecuados.

### **6.1.19 Estructuras Metálicas**

Para el diseño de estructuras metálicas se consideran los diferentes factores de sobrecarga posibles en cada una de las combinaciones debidas a los efectos de cortocircuito, viento, sismo y tensiones de tiro al tener en cuenta los cambios de temperatura. Se especifican el método de diseño y los esfuerzos últimos admisibles para los diferentes elementos de las estructuras de acuerdo con lo estipulado en la última versión del “Standard ASCE/SEI 10-15 “Design of Latticed Steel Transmission Structures” y de las normas aplicables de la ASTM, AISC, ANSI, AWS, NEMA, Reglamento colombiano de construcción sismo resistente – NSR-10.

Se elaboran planos detallados para la subestación en los cuales se muestran claramente la localización general, la planta detallada, los isométricos, las siluetas y los árboles de carga para cada una de las estructuras. Igualmente se indican los detalles necesarios para el suministro de las estructuras, tales como localización y diámetro de pernos de anclaje, escaleras y guarda cuerpos, conexiones a tierra y de otros detalles que se consideren necesarios para un diseño correcto de las estructuras.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 13 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- **Tipos de estructuras**

De acuerdo con la disposición física escogida y con la configuración se forman las diferentes siluetas para el diseño de las estructuras de soporte tanto para los barrajes como para los equipos.

Por facilidades constructivas y de montaje compatibles con un diseño económico se recomienda el uso de estructuras metálicas del tipo celosía con perfiles laminados de acero galvanizado, similares a estructuras existentes construidas en otras subestaciones.

### 6.1.20 Especificación de Equipos

Para la selección de equipos se deben tener en cuenta:

- Normas: Las normas que rigen el diseño de los diferentes equipos son principalmente las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), complementadas en cuanto haya lugar con las del Instituto Americano de Normas (ANSI) y de la Asociación Nacional de Fabricantes de Equipos Eléctricos de los Estados Unidos (NEMA).

- Las características eléctricas generales del sistema son extractadas de diferentes publicaciones de la IEC, en especial de la IEC 62271-1 para equipos convencionales:

Tensión máxima de diseño.

Corriente nominal.

Corriente nominal de corta duración o de cortocircuito.

Corriente pico soportada o dinámica.

Tensiones auxiliares.

- ◆ Equipos a especificar:

Transformador de potencia.

Interruptor.

Seccionadores.

Cuchilla de puesta a tierra.

Transformador de corriente.

Transformador de tensión.

Descargadores de sobretensión.

- ◆ Equipos interiores

Subestaciones encapsuladas (GIS).

Celdas metal clad.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 14 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

Celdas metal enclosed.

### 6.1.21 Servicios auxiliares y de emergencia

Para el diseño de los servicios auxiliares de una subestación, se usan las normas IEEE Std. 946 para cálculo de servicios auxiliares en D.C e IEEE Std 1115 Para baterías de ácido plomo selladas. En general se realiza el cálculo de las cargas de corriente alterna y corriente continua, con este dato se especifican los equipos requeridos.

#### a. Corriente alterna

Para suministrar potencia a las cargas de corriente alterna de la subestación se instala en el edificio de control un gabinete conformado por barrajes independientes a 208 y 120 Vca alimentados por un transformador preferiblemente de tipo interior. Desde estas barras se alimentan las diferentes cargas de corriente alterna protegidas por interruptores de caja moldeada. Debe presupuestarse carga para UPS'S o los diferentes cargadores que se requieran para el adecuado funcionamiento de la subestación.

#### b. Sistema de emergencia

La capacidad de los grupos electrógenos se determina con base en las cargas esenciales.

Los grupos son instalados generalmente en recintos interiores en las áreas de servicios auxiliares y se utilizan en caso de contingencia como fuentes de suministro de potencia.

Donde aplique se dimensionará un grupo electrógeno para proveer una fuente de energía alterna a las cargas esenciales para el funcionamiento de la subestación en caso de fallas del suministro normal. El diseño incluye el dimensionamiento del grupo electrógeno y todos los equipos relacionados.

#### c. Corriente continua

Los elementos a considerar son:

- Cargas a 125 o 48 Vcd.
- Sistemas UPS.
- Baterías.
- Cargadores de baterías.

Se debe asegurar un suministro de energía adecuado e ininterrumpido para alimentar las cargas de control y operación de la subestación, para este fin, se dimensiona un sistema de servicios auxiliares de corriente continua, que incluye básicamente el gabinete para distribución, un banco de baterías y dos (2) cargadores de baterías.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 15 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

d. Aire acondicionado

Se establecen las condiciones generales para el dimensionamiento del sistema de aire acondicionado para el edificio de control. Luego se determina dependiendo de la potencia requerida y del espacio disponible, el tipo de unidad (ventana, central o paquete). Por último se especifican los equipos que componen el sistema.

e. Protección contra incendios

En los diferentes diseños de subestaciones se tienen en cuenta aspectos de seguridad y riesgo, tales como:

- Sistema protección contra incendio – transformadores.
- Seguridad en edificios: Se recomienda la instalación de extintores en sitios estratégicos. Se instalan barreras metálicas o de material resistente al fuego en los cárcamos para evitar la propagación del fuego de un cuarto al otro. Así mismo se propone instalar dentro del edificio detectores de humo y otros dispositivos de detección y extinción de incendio.

f. Alumbrado interior y exterior e instalaciones interiores

- Alumbrado de interiores

El diseño de alumbrado de interiores se realiza de acuerdo a la normativa RETILAP. En esta se tiene en cuenta la forma de colocación, modulación y el número de luminarias, a la estructura del techo, área, forma y amoblamiento del local. En los casos en que sea necesario éstas se integran con los sistemas de aire acondicionado y modulación de cielo raso. El alcance para el alumbrado de interiores es:

Niveles de iluminación.

Cálculo del número de luminarias.

Distribución de las luminarias.

Alumbrado de emergencia.

Instalación.

- Alumbrado exterior

En el diseño de alumbrado exterior y de vías se realiza de acuerdo a la normativa RETILAP. El alcance del diseño para este alumbrado es:

Alumbrado periférico y de vías.

Alumbrado de equipo de patio.

Alumbrado de emergencia.

Alumbrado de seguridad.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 16 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- Instalaciones interiores

Este diseño involucra las instalaciones eléctricas y telefónicas en el edificio.

g. Cableado y canalizaciones

Los conductores y cables escogidos en el diseño para la conexión de los equipos de medida, control, maniobra, protección y servicios auxiliares a baja y media tensión deben cumplir con las normas internacionales establecidas para el diseño y fabricación de los conductores tales como las normas ICEA, NEMA – WC5, IEC, e ICONTEC 307.

h. Sistema de puesta a tierra

El diseño de la alternativa de disposición de la malla de tierra incluye la selección de calibre de conductor económico, puesta a tierra de equipos y estructuras, especificación de uniones y/o conectores, derivaciones de la malla y conexiones a las varillas de puesta a tierra.

Para el cálculo de la malla de tierra se emplea la última versión de la norma ANSI/IEEE Std. 80 “IEEE Guide for Safety in AC. Substation Grounding”. Para verificar si se cumplen los criterios de diseño, se emplea el programa XGSLab para el análisis, dimensionamiento, simulación y cálculo de la malla de puesta a tierra, del cual **GERS** posee la respectiva licencia.

El diseño de la malla de tierra tiene el siguiente alcance:

- ◆ Determinación de la resistividad del terreno.
- ◆ Selección del conductor.
- ◆ Corriente de diseño.
- ◆ Disposición.
- ◆ Profundidad de enterramiento.

Las consideraciones a tener en cuenta son:

- ◆ Cajas de pruebas.
- ◆ Conexión de los cables de guarda.
- ◆ Conexión de elementos metálicos.
- ◆ Mallas de cerramiento.
- ◆ Sistema de baja tensión.
- ◆ Varillas de tierra.
- ◆ Conectores y accesorios.
- ◆ Recubrimiento de triturado.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 17 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- ◆ Puesta a tierra de circuitos de control y computación.

## **6.2 OBRAS CIVILES**

En general los diseños se hacen ajustándose en lo pertinente al NSR 10 y con base en las normas de la IEEEE, de la Entidad Contratante y en la experiencia de los Ingenieros de **GERS** en el diseño de subestaciones.

Las obras civiles se diseñan tratando de lograr acabados agradables y de fácil mantenimiento. Todos los elementos a construir deben ser resistentes y durables bajo las condiciones de servicio. Para que ello se logre, se elaboran las especificaciones de construcción con normas claras y precisas y se hacen planos detallados de cada una de las obras a ejecutar, en coordinación con los planos de disposición física, malla de tierra y estructuras metálicas.

Finalmente los diseños para construcción tienen como base la información suministrada por los fabricantes de estructuras y equipos en relación con cargas, cableado y puesta a tierra.

### **6.2.1 Alcance del diseño de obras civiles**

El alcance del diseño de obras civiles es:

- Vías de acceso.
- Obras de adecuación.
- Acabado de patios.
- Protección de taludes.
- Filtros, alcantarillados, cunetas.
- Obras sanitarias.
- Malla de tierra.
- Cercas.
- Vías internas.
- Cárcamos, cajas de tiro, ductos.
- Fundaciones para pórticos y equipos.
- Fosos colectores y tanque de aceita.
- Muros cortafuego.
- Edificios.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 18 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

### 6.2.2 Información necesaria

a. Datos de sismología del terreno.

Estos datos proporcionan información acerca de:

- Ubicación de la zona de riesgo.
- Importancia de las estructuras.
- Tipos de suelos desde el punto de vista sísmico.
- Parámetros para cuantificar los sismos.

b. Información meteorológica.

Esta información se obtiene a escala gubernamental o la proporciona el cliente (la Empresa Contratante), incluye datos de:

- Rango de temperaturas de la zona.
- Datos del viento.
- Altitud.
- Nivel cerámico.
- Contaminación ambiental.
- Pluviosidad.

c. Hidrología de la zona.

d. Acceso a la zona de la subestación.

e. Estudio de suelos.

Es un informe que determina las características mecánicas, químicas y de comportamiento del suelo. Incluye recomendaciones para el diseño y procedimientos de construcción de la obra civil.

f. Levantamiento topográfico.

Si no existe levantamiento topográfico del terreno, debe hacerse. Si existe, debe verificarse la exactitud del existente.

g. Evaluación de los requerimientos del diseño eléctrico.

- Disposición física de la subestación (plano de ingeniería básica o de detalle de la parte eléctrica).
- Características de los equipos (catálogos).

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 19 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- Pesos (cargas).
- Dimensiones.
- Niveles de tensión.
- Sistema de fijación.
- Tipos de estructuras que se van a utilizar (planos).
- Características de los conductores (catálogos y planos).
- Cadenas de aisladores y herrajes (catálogos y planos).
- Rutas de cárcamos (planos).
- Tipo de luminarias (catálogos).
- Gabinetes, celdas (catálogos).

### **6.2.3 Diseño de la adecuación del terreno**

Proceso: Con los resultados del levantamiento topográfico se definen las adecuaciones del terreno y si se realizan rellenos o recortes de suelo para dejar el terreno completamente explanado.

### **6.2.4 Localización de ejes y amarres con la distribución de espacios, urbanización general del lote**

Proceso: Elaboración de una cuadrícula sobre el plano del terreno, los amarres se ubican referenciados a los amarres definidos por el sistema de coordenadas nacional.

### **6.2.5 Ubicación general de ejes para bases o fundaciones**

Producto: Plano de ejes generales.

### **6.2.6 Diseño de vías**

Producto: Plano de vías.

### **6.2.7 Diseño de redes hidráulicas**

Producto: Planos de drenajes, desagües, suministro de agua, alcantarillado.

### **6.2.8 Plano de cárcamos**

Producto: Plano de ubicación de cárcamos con ejes.

### **6.2.9 Diseño de malla de tierra**

Producto: Plano de malla de tierra.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 20 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

### 6.2.10 Diseño de edificaciones

Producto: Planos arquitectónicos y estructurales, hidráulicos, sanitarios, eléctricos, telefónicos, aire acondicionado, alarmas, sistema contra incendios.

### 6.2.11 Recolección de información acerca de equipos

Entradas: Especificaciones eléctricas, mecánicas de los equipos que se van a instalar, tamaño, peso, etc.  
Criterios técnicos para cotización y adjudicación.

### 6.2.12 Diseño detallado de fundaciones

Producto: Planos con despieces de fundaciones de patio.

### 6.2.13 Diseño detallado de estructuras metálicas

Producto: Diseño de soportes de equipos, pórticos, torres.

### 6.2.14 Diseño de obras especiales

Producto: Diseño de foso o recolector de aceite de transformadores, diseño de pozo séptico.

### 6.2.15 Diseño del sistema contra incendios

Producto: Diseño del muro cortafuegos, drenaje hidráulico.

### 6.2.16 Diseño de la vigilancia exterior

Producto: Planos de garitas o casetas de vigilancia.

### 6.2.17 Diseño del alumbrado del patio

Producto: Plano de la obra civil para el alumbrado

### 6.2.18 Cerramiento de la subestación

Producto: Plano de Cerramiento

### 6.2.19 Preparación de especificaciones técnicas civiles, arquitectónicas

Producto: Documento de especificaciones

## 6.3 DOSSIER FINAL

Al terminar los trabajos de diseño eléctrico y civil **GERS** entregará una carpeta digital con planos, memorias de cálculo y toda la documentación resultante del diseño.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 21 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

Adicionalmente, se entregará la carta de declaración de responsabilidad de los diseños y el cumplimiento con la normativa actual, incluyendo RETIE, NTC 2050 y las demás que apliquen.

#### 6.4 REFERENCIAS ADICIONALES

A continuación se listan las referencias adicionales que se emplean para el diseño de subestaciones las cuales se emplea sus últimas versiones.

- Ministerio de minas y energía. Reglamento técnico de instalaciones. Eléctricas (RETIE). Agosto de 2013.
- El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. NTC 2050, Código eléctrico colombiano, 2020.
- El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, Resolución número 40031 del 5 de febrero de 2021 del Ministerio de Minas y Energía.
- El National Electrical Code 2020 (NEC), ANSI/NFPA-70 publicado por la National Fire Protection Agency (NFPA), proporciona los estándares de seguridad eléctrica que protegen del fuego y riesgos eléctricos, a las personas y a las instalaciones.

Existen estándares adicionales que también deben ser tomados en cuenta a la hora de definir o diseñar un sistema de telecomunicaciones.

- TIA/EIA TSB-67 transmission performance specification for field testing of unshielded twisted-pair cabling systems – draft: Regula las especificaciones de equipos para la prueba, medición y certificación de sistemas de cableado estructurado.
- TIA/EIA TSB-72 centralized optical fiber cabling guidelines – draft: Regula la instalación de sistemas centralizados de fibra óptica.
- TIA/EIA TSB-75 additional horizontal cabling practices for open offices – draft: Regula lo concerniente a espacios de oficinas abiertas u oficinas con mucho movimiento de personal.
- Manual de métodos de distribución de telecomunicaciones del Building Industry Consulting Service International.
- ANSI/TIA/EIA TSB-36 especificaciones adicionales para cables de par trenzado sin blindaje. Esta especificación se define por aparte de ANSI/TIA/EIA-568 pero se incluye en el ANSI/TIA/EIA-568-A.
- ANSI/TIA/EIA TSB-40 especificaciones adicionales de transmisión para hardware de conexión de cables de par trenzado sin blindaje. Estas especificaciones se definen por aparte de ANSI/TIA/EIA-568 pero se incluye en el ANSI/TIA/EIA-568-A.
- ANSI/TIA/EIA 310-D-92. Gabinetes, andenes, paneles y equipo asociado.
- NFPA-75, estándar para la protección de equipo de cómputo electrónico y de procesamiento de datos.

Archivo: PR-501 Diseño de subestaciones Rev. 5 - 16 May 2022	Copia No: 2	Página 22 de 23
--	-------------	-----------------

<b>GERS</b>	<b>PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DE SUBESTACIONES</b>	<b>PR- 501</b>	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Mayo 16 2022

- NFPA-780. Estándar para la instalación de sistemas de protección contra rayos.
- IEEE 988. IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations.
- IEC 62305. Protection against lightning
- Documentos de Panduit Network Systems Division.

## 7 CONTROL DEL DISEÑO

El control del diseño se hace a través de las prácticas definidas en el Procedimiento para control del diseño, PR-004.

La inspección de los productos obtenidos en el diseño se lleva a cabo por medio del procedimiento para inspección e identificación del estado de inspección, PR-010. El control de producto no conforme se hace mediante el procedimiento PR-013.

## 8 REGISTROS

Registro de las revisiones:

En planos: Casillas en el cajetín Elaboró, revisó, aprobó  
 En informes: Portada del documento Elaboró, revisó, aprobó.  
 RG-010-01 Registro de inspección

Registro de modificaciones:

En reuniones: Actas de reuniones. Se guardan en el folder del contrato.  
 En cartas enviadas por el cliente Se guardan en el folder del contrato.  
 En planos: Casilla de modificaciones impresa en el cajetín de los planos.

## 9 ANEXOS

- Plan de calidad para diseño de vías.
- Plan de calidad para diseño de cimentaciones.
- Plan de calidad clasificación estudio de suelos.
- Plan de calidad topografía.
- Plan de calidad para diseño de mallas.
- Plan de calidad para diseño de subestaciones.
- Plan de inspección para diseño de sistemas de apantallamiento.
- Plan de calidad para medición S.P.T.