

Asignatura:
**Subestaciones Eléctricas
2015-30**

Ing. Jesús Hinestroza C.

Ing. Laura Hinestroza O.

DIEE- Universidad del Norte



*El Roble Amarillo: símbolo de nuestro pasado
terrenal y futuros ideales.*

Contenido

- **Presentación del Curso**

- *Objetivos

- *Parcelación

- *Evaluación

- *Bibliografía

- **Introducción Unidad No. 1**

Presentación del Curso



- ¿Cuáles son sus expectativas para esta asignatura?
- ¿Qué han escuchado sobre esta asignatura?

Presentación del Curso

- **Código:** IEL 7150
- **Intensidad Horaria:** 3 horas Teóricas
- **Período:** 27 de Julio 2015 a 14 de Noviembre de 2015

- **Objetivos:**

Al finalizar el curso el estudiante:

- Identificará los criterios básicos para el diseño de una subestación eléctrica, así como los principales equipos que la conforman

Presentación del Curso

- Específicos

- Presentar conceptos y definiciones, disposición física y los tipos de configuraciones de barras más usados en las subestaciones a partir de los diferentes niveles de tensión y de su uso
- Desarrollar estudios de coordinación de aislamiento, puesta a tierra y apantallamiento
- Definir los equipos de patio, los equipos de protección y control y servicios auxiliares de una subestación



Presentación del Curso

- Contenido del Curso

Tópico	Tema	HT ¹
1	Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)	3
2	Criterios Básicos para el diseño de Subestaciones	3
3	Configuraciones de las subestaciones	9
4	Coordinación de Aislamiento, distancias mínimas de seguridad y Apantallamiento	9
5	Equipos de Patio de Subestaciones	9
6	Sistemas de puesta a tierra	6
7	Sistema de Control y Protecciones de Subestaciones	6
8	Costos de equipos de S/E	3

Presentación del Curso

- Metodología
- **Clase Teórica:**
 - Ejercicios en clase
 - Tareas
 - Exposiciones (Grupo de dos (2))
 - Quices
 - Participación en clases y en Foros de discusión (Bonificación)
 - Mínimo dos (2) visitas técnicas a S/E



Presentación del Curso

- Metodología
- **Exposiciones:**
 1. Transformadores de Potencia
 2. Interruptores de potencia
 3. Seccionadores
 4. Transformadores de tensión y de corriente (TC's y TP's)
 5. Descargadores de Sobretensión
 6. Subestaciones Encapsuladas en SF₆
 7. Pruebas y Puesta en Servicio



Presentación del Curso

- Para tener en cuenta:

- Asistencia (Quices)
- Puntualidad en la entrega de trabajos
- Uso de herramientas virtuales (Catálogo Web/ correo institucional)
- Uso de una segunda lengua (Inglés)
- Plagio o copia → Nota cero (0.0)
- Formato IEEE
- Calculadora



Presentación del Curso

- Evaluación:

Evaluación	Fecha	Porcentaje	Contenido
Primer parcial	Semana 6	20	Tópico 1 a 3
Segundo parcial	Semana 11	25	Tópico 4 a 5
Trabajos y Quices	Semanas 1 a 16	15	Tópicos 1 a 8
Proyecto final	Semana 16	20	Tópicos 1 a 8
Examen final	Semana 17,18	20	Tópicos 6 a 8

Presentación del Curso

- Evaluación:

Período: Núm. de Ref. de Curso: Materia: Curso: Sección:

Nombre: Inscritos Máx.: Reales:

Matriz de Conflicto General Programa:

Incluir Horario Profesor: Crear Grupos de: Estudiantes

Grupo No.: / Estudiantes Inscritos:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
06:30 - 07:29	----	----	----	LIBRE	LIBRE	----
07:30 - 08:29	----	----	----	LIBRE	----	----
08:30 - 09:29	----	----	----	LIBRE	----	----
09:30 - 10:29	----	----	----	----	----	----
10:30 - 11:29	----	----	----	----	----	----
11:30 - 12:29	----	----	----	----	----	LIBRE
12:30 - 13:29	----	----	----	----	----	LIBRE
13:30 - 14:29	----	----	----	----	----	LIBRE
14:30 - 15:29	----	----	----	----	LIBRE	LIBRE
15:30 - 16:29	----	----	----	----	----	LIBRE

Presentación del Curso

Horario de Atención:

M: 5:30-6:30 pm

W, R: 3:30-4:30 pm

F: 9:30- 10:30 am

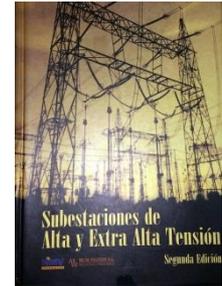
Cubículo BL-L6 2-31

Correo: lhinestroza@uninorte.edu.co

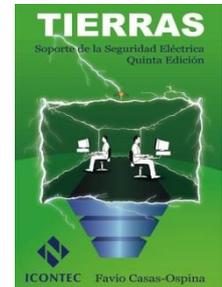
Presentación del Curso

- **Bibliografía:**

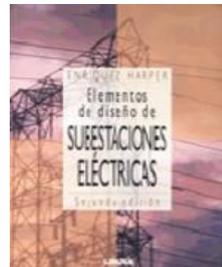
[1] Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión- Ramírez, C. Editorial Mejía Villegas S.A., 2003.



[2] Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas. Enríquez Harper, G. México Limusa, 1990.



[3] Tierras-Soporte de la seguridad eléctrica. Casas, F., ICONTEC, 5ª Edición, 2010.



[4] Conferencias del Docente y Apuntes de clase

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

- Definición de Subestaciones Eléctricas
- Requerimientos de las S/E
- Selección de S/E
- Clasificación de S/E
- Términos utilizados en S/E
- Tensiones y Corrientes Normalizadas en S/E
- Normas Técnicas utilizadas en S/E

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

¿Qué es un SEP?

- “conjunto de elementos eléctricos, civiles, mecánicos y electrónicos que desarrollan coordinadamente las actividades de generación transformación, transporte, distribución y comercialización de la energía eléctrica”

Principales agentes de un SEP:

1. Generación
2. Transmisión
3. Distribución- Operador de Red
4. Comercialización
5. Usuario Final

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

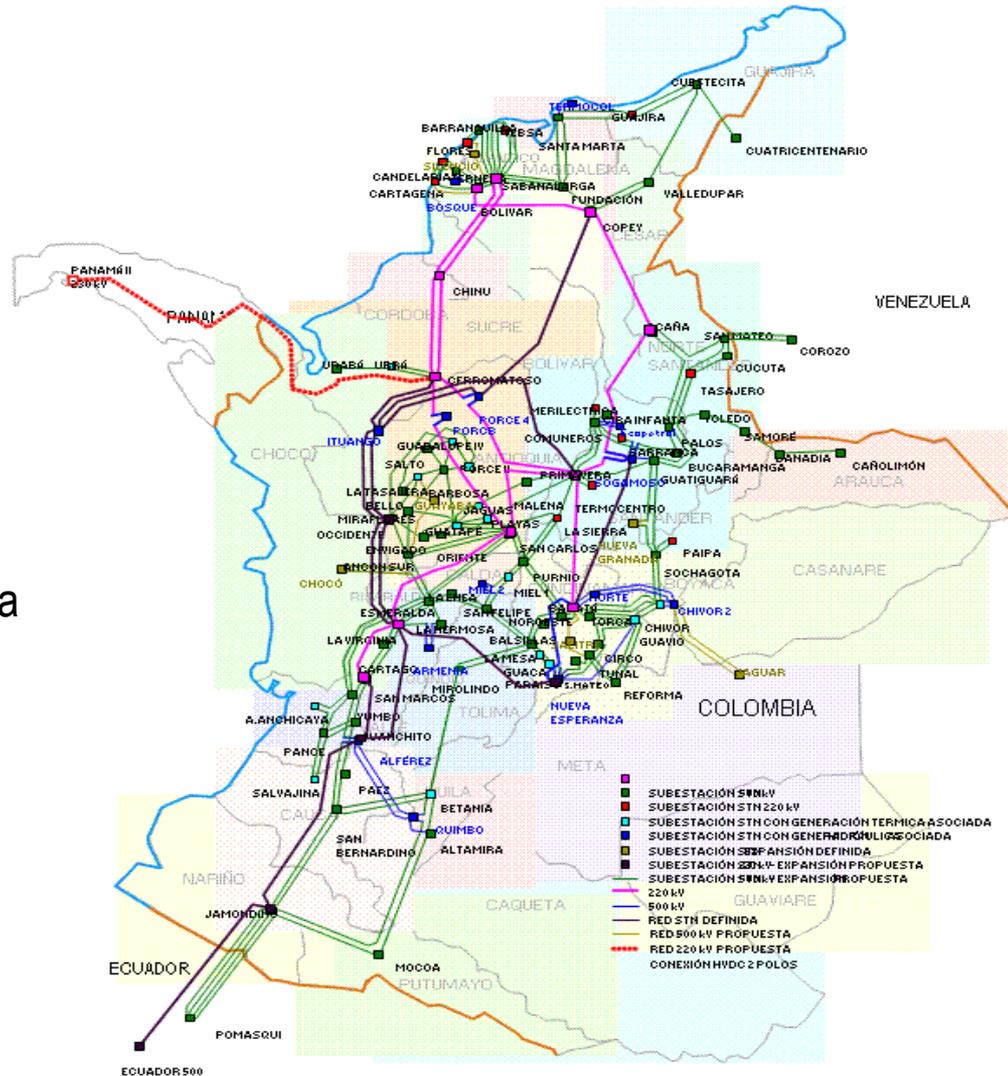
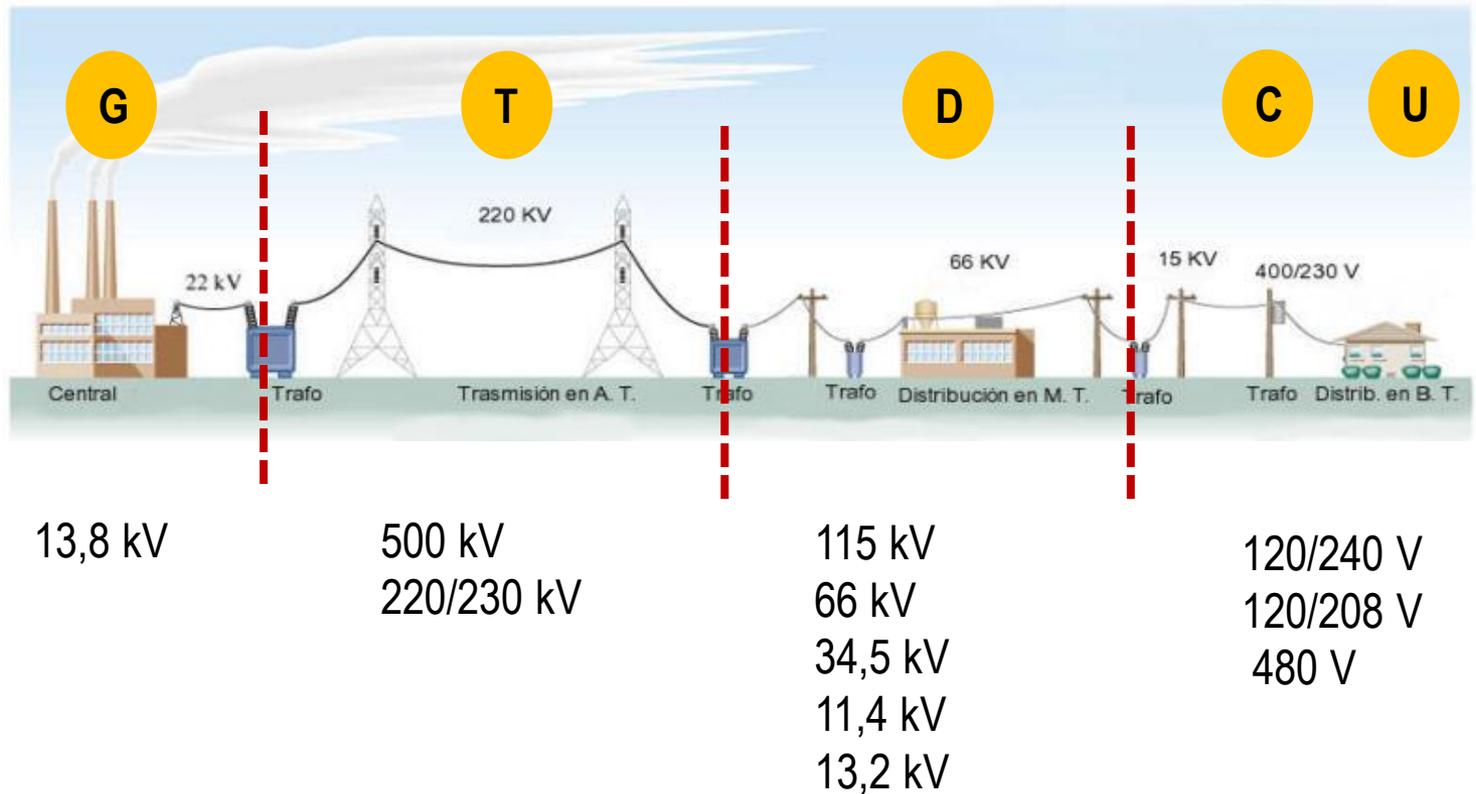


Fig.1. SIN Colombia

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

Niveles de Tensión asociados a cada actividad



1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

DEFINICIÓN DE S/E



1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

DEFINICIÓN:

«Una subestación eléctrica es la conexión de un grupo de equipos y elementos eléctricos y/o electromecánicos utilizados para modificar, transformar y operar los parámetros de un sistema eléctrico (*tensión, corriente, frecuencia, impedancias, factor de potencia.*)»

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

DEFINICIÓN:

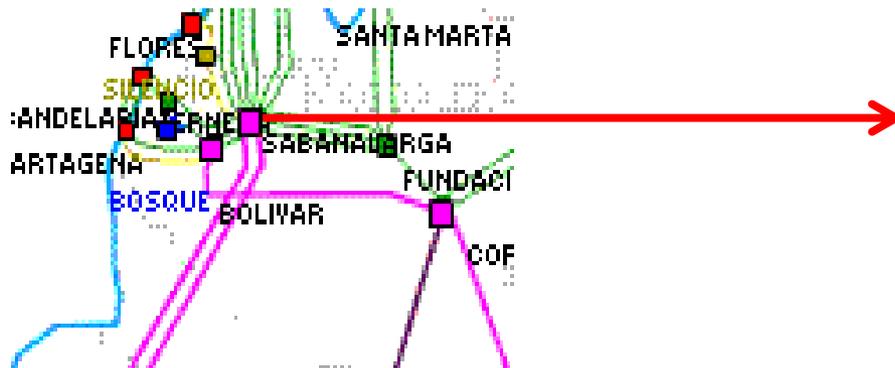
RETIE- Pág.- 143

“UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA : es un conjunto de equipos utilizados para transferir el flujo de energía en un sistema de potencia, garantizar la seguridad del sistema por medio de dispositivos automáticos de protección y para redistribuir el flujo de energía a través de rutas alternas durante contingencias”

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

DEFINICIÓN:

«UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA : es la exteriorización física de un nodo de un sistema eléctrico de potencia, en el cual la energía se transforma a niveles adecuados de tensión para su transporte, distribución o consumo»



1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

DEFINICIÓN:

RETIE- Pág.- 143

Una subestación puede estar asociada con UNA CENTRAL DE GENERACIÓN, controlando directamente el flujo de potencia al sistema, CON TRANSFORMADORES DE POTENCIA convirtiendo la tensión de suministro a niveles más altos o más bajos, o puede CONECTAR DIFERENTES RUTAS DE FLUJO AL MISMO NIVEL DE TENSIÓN.

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

SELECCIÓN DE S/E:

La selección de la construcción de un tipo de subestación se realiza de acuerdo al oficio que desempeñará en el sistema interconectado y para ello se evalúan los siguientes requerimientos:

1. Características de las configuraciones
2. Facilidad de extensión y modulación
3. Simplicidad en el control y protección
4. Facilidad de mantenimiento
5. Área disponible
6. Costos

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

CLASIFICACIÓN DE LAS S/E:

Las S/E se pueden clasificar de acuerdo con:

- Función
- Niveles de tensión
- Instalación
- Según el tipo de equipos
- Operación

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

CLASIFICACIÓN DE LAS S/E:

•Función

Subestaciones variadoras de tensión:

- Sub. Elevadora: De tensión baja a tensión alta
- Sub. Reductora: De tensión alta a tensión baja

Subestaciones de maniobra o seccionadores de circuito

Subestaciones Mixtas: Combinan variadoras de tensión y maniobra

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

ARTÍCULO 12º. – RETIE

Clasificación Niveles de Tensión

EXTRA ALTA TENSIÓN (EAT): $T > 230 \text{ kV}$

ALTA TENSIÓN (AT): $230 \text{ kV} \geq T \geq 57,5 \text{ kV}$

MEDIA TENSIÓN (MT): $57,5 \text{ kV} > T > 1 \text{ kV}$

BAJA TENSIÓN (BT): $1 \text{ kV} \geq T \geq 25 \text{ V}$

MUY BAJA TENSIÓN (MBT): $T < 25 \text{ V}$

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

CLASIFICACIÓN DE LAS S/E:

• Instalación

De acuerdo al sitio de ubicación de las subestaciones se pueden clasificar en:

-Subestación aérea: se ubican en postes y se utilizan normalmente para distribución

-Subestación de piso: Subestación tipo patio, subestación tipo pedestal o pad-mounted y subestación encapsulada

-Subestación subterránea: Se ubican debajo de nivel del terreno y sirven para instalaciones internas

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

CLASIFICACIÓN DE LAS S/E:

•Tipo de Equipos

- Equipos a la intemperie
- Encapsuladas en SF₆
- Híbridas

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

CLASIFICACIÓN DE LAS S/E:

•Operación

- De corriente alterna
- De corriente continua

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

TÉRMINOS UTILIZADOS EN LAS S/E:

- **Acople:** Enlace o conexión de los barrajes de la S/E
- **Barraje:** Nodo o punto común de conexión de los diferentes circuitos asociados
- **Bahía:** Conjunto de equipos de maniobra, protección y medida de un circuito que se conecta a la S/E
- **Configuración:** Ordenamiento de equipos que permite definir sus propiedades y características de operación
- **Construcción:** Actividades de obras físicas de la S/E

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

TÉRMINOS UTILIZADOS EN LAS S/E:

- **Disposición Física:** ordenamiento físico de equipos y barrajes constitutivo del patio de conexiones
- **Energización:** puesta en servicio de equipos
- **Equipos de patio:** elementos electromecánicos para la maniobra, protección y medida de los circuitos y barrajes
- **Interruptor:** Dispositivo de maniobra capaz de interrumpir, establecer y llevar las corrientes normales o de cortocircuito mediante conexión o desconexión de circuitos

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

TÉRMINOS UTILIZADOS EN LAS S/E:

- **Descargador de Sobretensión (Pararrayos):** Dispositivo para la protección del sistema contra sobretensiones
- **Patio de conexiones:** área donde se instalan los equipos de patio y barrajes
- **Seccionador:** Dispositivo de maniobra para aislar interruptores, porciones de la S/E o circuitos para mantenimiento
- **Sistemas de Control:** Dispositivos para el manejo y supervisión de todos los equipos, dispositivos y sistemas instalados en una S/E

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

TÉRMINOS UTILIZADOS EN LAS S/E:

- **Sistemas de Servicios Auxiliares:** suministro de la potencia necesaria para operación de equipos de la subestación
- **Sistemas Secundarios:** Sistemas para ejecutar el control, la protección, las comunicaciones y el suministro de servicios auxiliares
- **Subestación Convencional o Abierta:** Subestación aislada al aire (Air Isolated Substation)
- **Subestación Encapsulada:** Elementos instalados en ductos metálicos, aisladas en gas (SF₆)

1. Conceptos Generales sobre subestaciones eléctricas (S/E)

TÉRMINOS UTILIZADOS EN LAS S/E:

- Transferencia:** operación mediante la cual se conmuta un circuito desde su punto de conexión hasta el barraje dispuesto para ello. También se llama al barraje que lo realiza
- Transformadores de instrumentación:** dispositivos de monitoreo para sensor el cambio de estado de las variables

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Condiciones para diseño de subestaciones electricas

1. BAJO COSTO DE CONSTRUCCION (material mínimo, espacio mínimo, tiempo de construcción mínimo)
2. SISTEMA MODULAR
3. CONTINUIDAD DEL SERVICIO
4. POSIBILIDAD DE SUPLENCIA
5. EQUIPOS MODERNOS
6. MINIMA POSIBILIDAD DE FALLA
7. MINIMA INTERRUPCION POR MANTENIMIENTO
8. BAJO COSTO DE OPERACIÓN
9. SEGURIDAD DEL PERSONAL DE SERVICIO

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Equipos y sistemas que conforman una SE

1	Transformador de Potencia
2	Transformador de Servicios Auxiliares
3	Transformador de Puesta a Tierra
4	Interruptor de Potencia
5	Seccionador de Potencia
6	Seccionador de Puesta a Tierra
7	Transformador de Corriente
8	Transformador de Tensión
9	Pararrayos- Descargador de Sobre Tensión
10	Aisladores Soporte

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Equipos y sistemas que conforman una SE

11	Barrajes
12	Herrajes y Conectores
13	Cadenas de Aisladores
14	Estructuras Soporte de equipos y Pórticos
15	Cables desnudos
16	Cables de potencia aislados
17	cable de Guarda
18	Cables aislados de fuerza y Control
19	Sistema de Puesta a Tierra

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Equipos y sistemas que conforman una SE

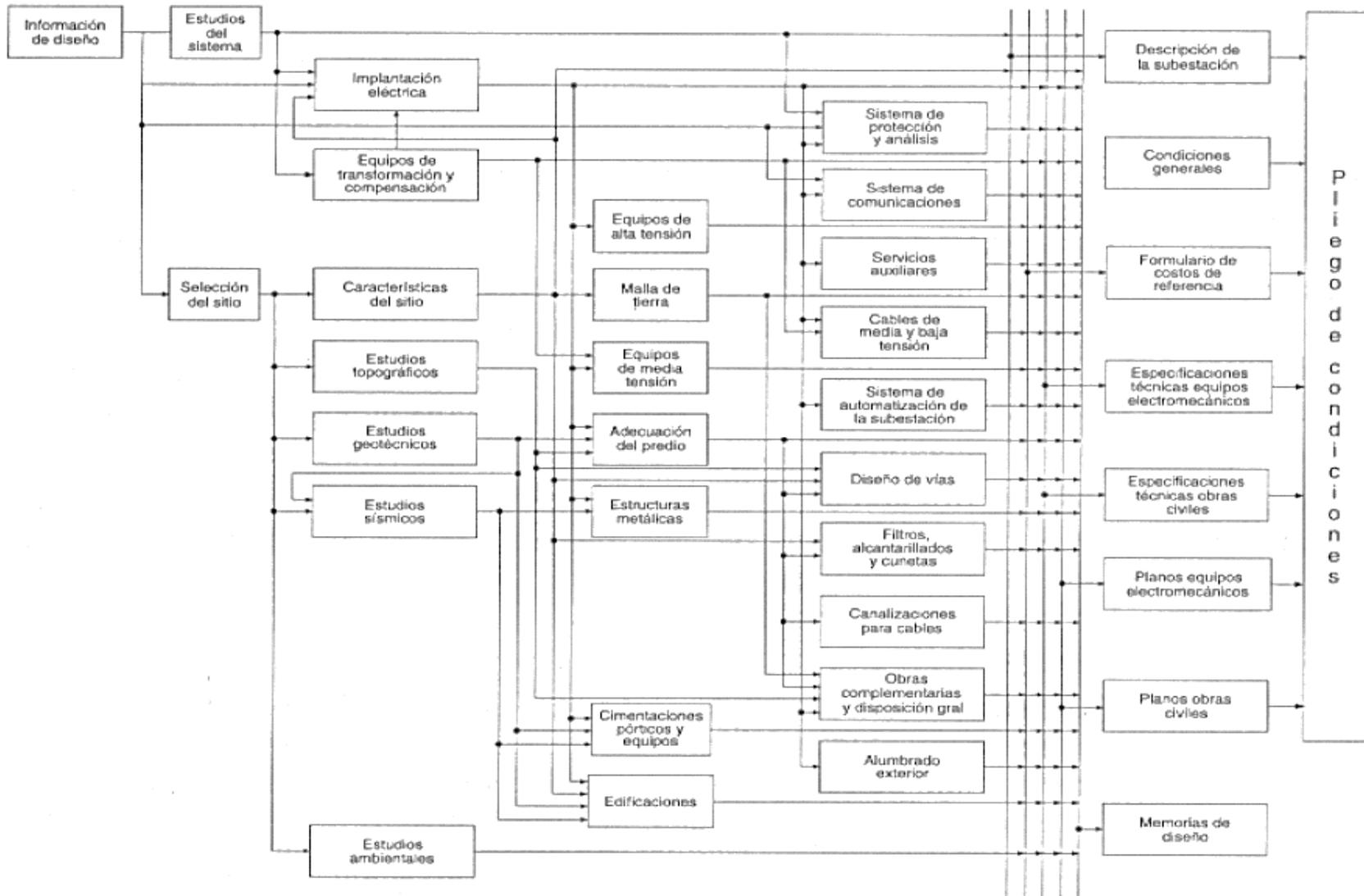
20	Sistema de Apantallamiento
21	Sistema de control- Tableros
22	Sistema de Protecciones - Tableros
23	Sistema de Servicios Auxiliares C.A y C.C - Tableros- Baterías y cargadores
24	Sistema de Medidas- Tableros y Contadores
25	Sistema de Comunicaciones- Tableros
26	Sistema Registrador de Fallas- Tableros
27	Celdas tipo interior

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

Se definen los conceptos generales de diseño de subestaciones partiendo desde los requerimientos generales hasta el pliego de peticiones respectivos a la cotización de subestaciones eléctricas. Esta información es útil para identificar los procedimientos a seguir en el diseño de subestaciones.

2. Criterios Básicos para el diseño de SE



2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño



2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

1. Datos de Entrada

Los diseños parten de la necesidad de una nueva subestación o ampliación de una ya existente en el sistema, para lo cual se requiere que el personal de planeación haya establecido la siguiente información:

- Localización General
- Tensión de Diseño
- Número de circuitos Iniciales
- Equipos de Transformación y/o compensación requeridos
- Ampliaciones futuras (tamaño final de la subestación)

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

1. Datos de Entrada

Los diseños parten de la necesidad de una nueva subestación o ampliación de una ya existente en el sistema, para lo cual se requiere que el personal de planeación haya establecido la siguiente información:

- Localización General
- Tensión de Diseño
- Número de circuitos Iniciales
- Equipos de Transformación y/o compensación requeridos
- Ampliaciones futuras (tamaño final de la subestación)

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

2. Datos Generales

Luego de seleccionar el predio en el que se construirá la obra, se procede a recolectar o complementar la siguiente información:

Datos del Sitio seleccionado

Datos del Sistema

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

Datos del Sitio seleccionado
1. Altura sobre el nivel del mar
2. Temperaturas mínima, media y máxima anual y mensual
3. Humedad relativa
4. Viento máximo
5. Grado de contaminación ambiental
6. Exposición solar
7. Precipitación fluvial
8. Nivel de descargas atmosféricas
9. Amenaza sísmica
10. Características topográficas
11. Planos generales del área, indicación de vías de acceso y líneas de transmisión
12. Condiciones del suelo del terreno
13. Resistividad del terreno

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

Datos del Sistema
<ol style="list-style-type: none">1. Tensión y frecuencia asignadas a la instalación2. Estudios de flujo de cargas para diferentes años3. Corriente de corto circuito máxima4. Requerimientos de estabilidad del sistema5. Capacidad máxima de transporte y longitud de las líneas de transmisión6. Sobretensiones transitorias y de régimen permanente del sistema7. Requerimientos de compensación reactiva

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

3. Selección Tipo de Configuración

Una vez disponibles los datos iniciales y las necesidades de la subestación en el sistema, se identifica:

*Tipo de Instalación

*Tipo de Configuración (según requerimientos y preferencias de la compañía dueña de la subestación)

*Selección preliminar de la disposición física de la subestación

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

4. Proceso de Ejecución

Actividades relacionadas con los diseños electromecánicos, civiles y ambientales de una subestación.

Estudios del Sistema	Equipos de transformación y compensación	Adecuación del predio
Selección del Sitio	Equipos de media tensión	Diseño de obras civiles
Características generales del sitio	Malla de tierra	Edificaciones
Estudios Topográficos	Sistemas de protección y análisis de fallas	
Estudios Geotécnicos	Sistemas de telecomunicaciones	
Estudios Sísmicos	Servicios Auxiliares	
Aspectos Ambientales	Cables de media y baja tensión	
Urbanización y disposición física	Sistemas de automatización de la subestación	
Equipos de Alta tensión	Estructuras metálicas	

2. Criterios Básicos para el diseño de SE

Procedimiento general de Diseño

5. Recomendaciones y Normas

Para la elaboración de diseños y metodología de selección de equipos se considera la utilización de las normas establecidas Nacionales e Internacionales