

ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

CALIDAD DE LA ENERGIA

EQUIPO 2

TRABAJO REALIZADO POR

JHON JAIRO GUTIERREZ DIAZ

BRAYAM SMITH ALFONSO BELTRAN

JOAN SEBASTIAN PORRAS GONZALES

DARWIN STIP GUAYACAN MANCO

PARTES DEL TRABAJO

SUBESTACIONES

CELDAS

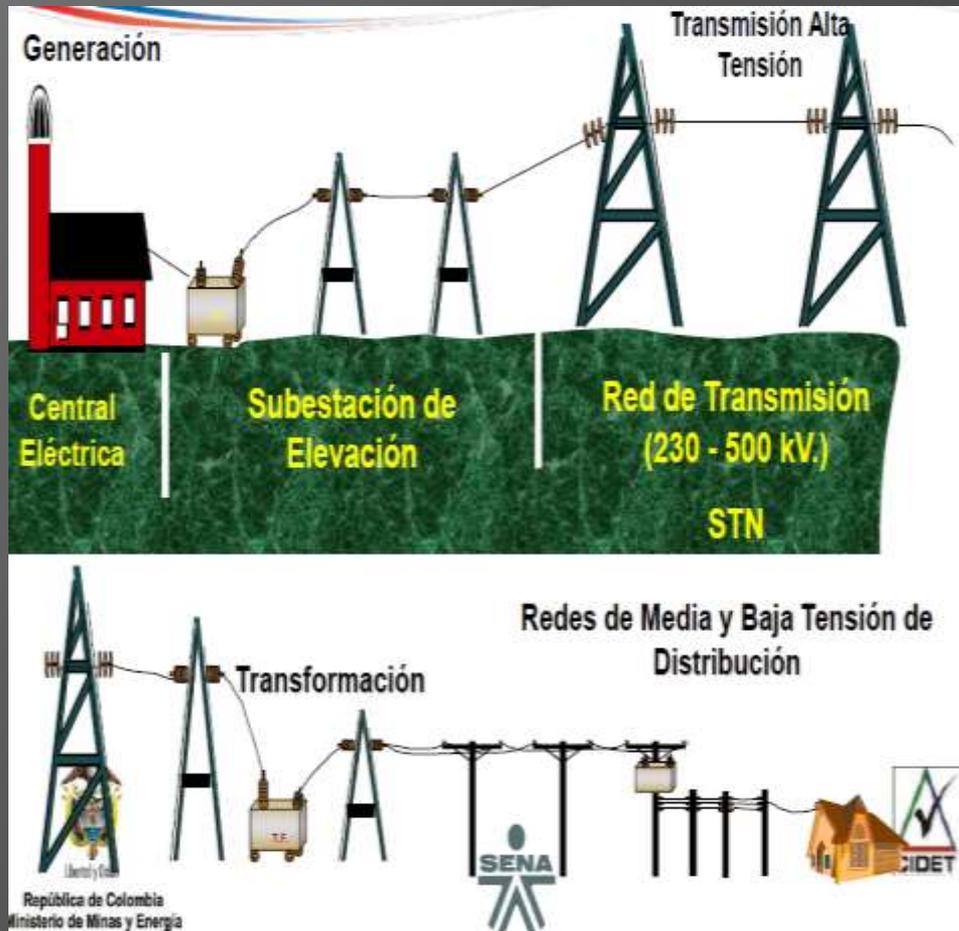
TRANSFORMADORES

EPP Y SEGURIDAD ELECTRICA

PUESTA A TIERRA

BIBLIOGRAFIA Y CIBERGRAFIA

SUBESTACIONES



Una subestación eléctrica se puede definir como un conjunto de maquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión y corriente) y de permitir el subministro de la misma al sistema y líneas de transmisión existentes.

PDT

CLASIFICACION DE SUBESTACIONES

De acuerdo a su función

Receptoras primarias

Subestación de Generación

Subestación de maniobra

Receptoras secundarias

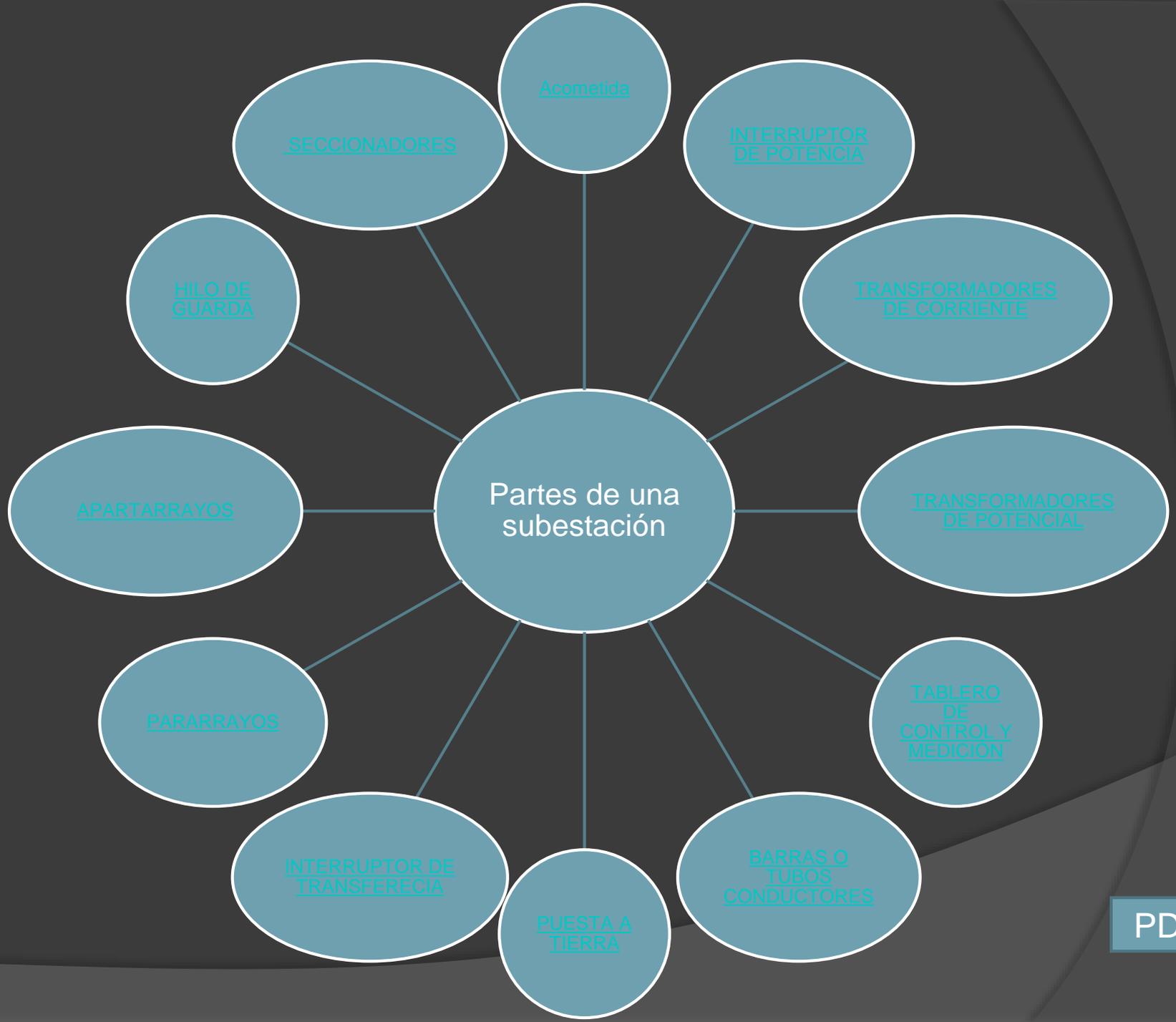
De acuerdo al tipo de instalación

Subestación aérea

Subestación de piso

PDT





Subestación de Generación

- Es aquella que funciona como patio de conexiones para una central generadora, es decir, es un conjunto de equipos con igual nivel de tensión, localizados en la misma zona, a partir de los cuales la subestación de generación realiza la elevación del nivel de tensión de generación a un nivel de tensión apto para transporte de energía eléctrica en considerables distancias.



Central Hidroeléctrica

El Guavio:



Tomada de <http://www.ingetec.com.co/experiencia/textos-proyectos/proyecto-hidroelectricos/quavio.htm>

Potencia declarada	1.213 MW
Generación media anual ⁽¹⁾	5.890 GWh
Frecuencia	60 Hz
Factor de carga medio ⁽²⁾	58,47%
Caudal turbinable	176 m ³ /s
Altura de caída neta	1.050,0 m

CS

PDT

Sistema de Transmisión



- Las líneas y subestaciones de la red de transporte o transmisión y las de la red de distribución no son iguales. Sus características varían para adecuarse a las condiciones de la electricidad en cada etapa.

CS

PDT

Subestación Elevadora



Subestaciones transformadoras elevadoras

- Elevan la tensión generada de media a alta o muy alta para poderla transportar. Se encuentran al aire libre y están situadas al lado de las centrales generadoras de electricidad.
- La tensión primaria de los transformadores suele estar entre 3 y 36kV. Mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de la línea de transporte o de interconexión (66, 110, 220 ó 380 kV).

CS

PDT

Subestación Reductora



Subestaciones transformadoras reductoras

- Son subestaciones con la función de reducir la tensión de alta o muy alta a tensión media para su posterior distribución.
- La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte (66, 110, 220 ó 380 kV). Mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de las líneas de distribución (entre 6 y 30kV).

CS

PDT

Subestación de maniobra



Es la subestación en la que se interconectan varios sistemas y de la cual se distribuye energía eléctrica a otras subestaciones o a otros sistemas, por esto lo mas importante es la flexibilidad de la subestación, la seguridad y la confiabilidad depende de la importancia que ejerza la subestación en el sistema de potencia.

CS

PDT

SUBESTACIÓN AÉREA



La subestación aérea o tipo poste es empleada en zonas rurales, y urbanas, para prestar el servicio a usuarios industriales o residenciales de estratos 1,2 y 3. La subestación aérea esta conformada por un transformador de distribución, acompañado de su respectiva protección contra sobretensión (Descargadores de sobretensión DST) y protección contra sobrecorriente (cortacircuitos), como también de algunos accesorios indispensables para su montaje como apoyos, aisladores y herrajes.

CS

PDT

Potencias nominales de transformadores instalados en subestación aérea o tipo poste en Colombia

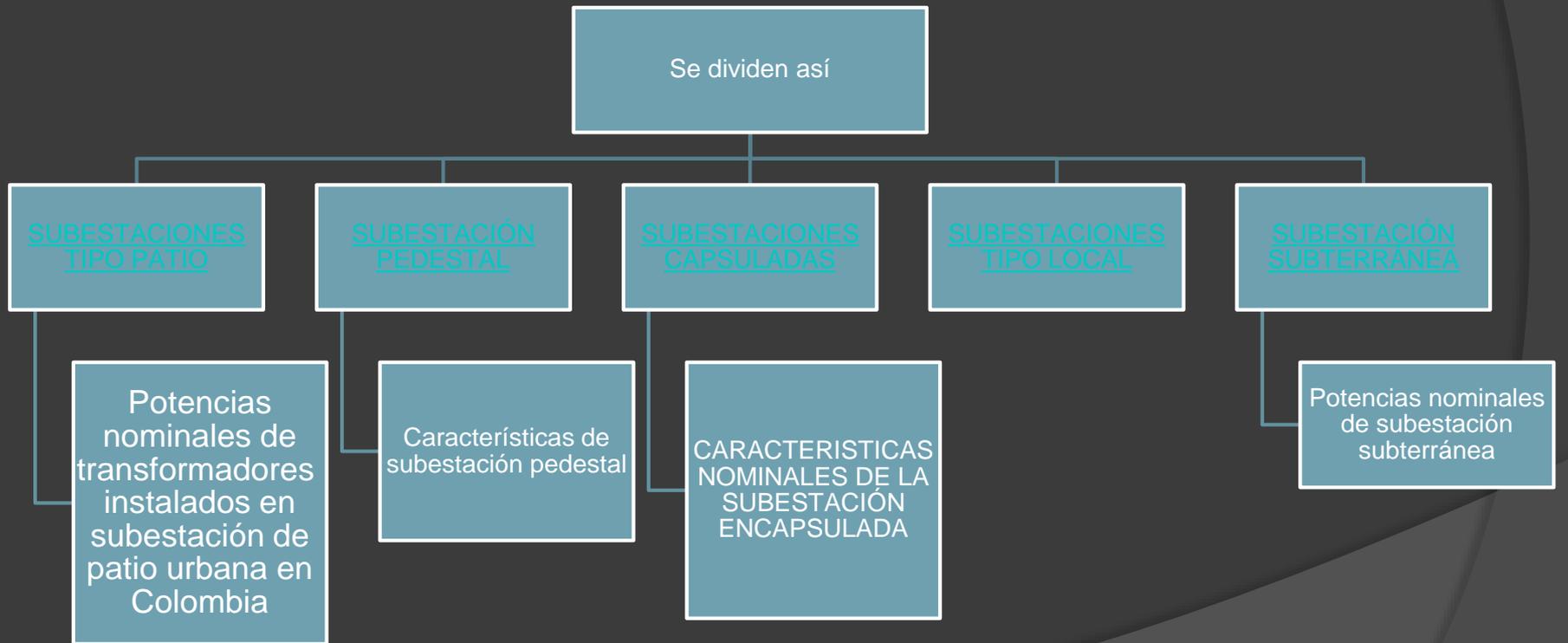
TRANSFORMADORES TRIFASICOS 13,2 KV o 11,4 KV- 0,208/0,120kV	TRANSFORMADORES MONOFASICOS 13,2 KV o 11,4 KV, 7,6 Kv o 6,6 kV -0,208/0,120kV
15 KVA	5 KVA
30 KVA	10 KVA
45 KVA	15 KVA
75 KVA	25 KVA
112,5 KVA	37,5 KVA
150 KVA	50 KVA

CS

PDT

SUBESTACIÓN DE PISO

La subestación de piso se utiliza en zonas urbanas, para prestar el servicio a usuarios industriales, comerciales, alumbrado público y residencial.



CS

PDT

SUBESTACIONES TIPO PATIO



Las subestaciones tipo patio son empleadas a la intemperie en algunas industrias, habitualmente son alimentadas por redes subterráneas a 34,5 kV y en el lado de baja tensión se pueden manejar niveles de tensión según la necesidad del usuario.

SP

CS

PDT

Potencias Nominales de transformadores instalados en subestación de patio urbano en Colombia

TRIFASICOS			MONOFASICOS	
34,5 – 0.440/0.254 kV ó 480/277 V	34,5 – 11,4 kV	11,4 – 0.208/0.120 kV	11,4 – 0.120/0.240 kV	6,6 – 0.120/0.240 kV
225 kVA	500 kVA	15 kVA	10 kVA	10 kVA
300 kVA	630 kVA	30 kVA	15 kVA	15 kVA
400 kVA	750 kVA	45 kVA	25 kVA	25 kVA
500 kVA	800 kVA	75 kVA	37,5 kVA	37,5 kVA
630 kVA	1 000 kVA	112,5 kVA	50 kVA	50 kVA
750 kVA	1 250 kVA	150 kVA		
800 kVA	1 600 kVA	225 kVA		
1 000 kVA	2 000 kVA	300 kVA		
1 250 kVA	2 500 kVA	400 kVA		
		500 kVA		
		630 kVA (Uso Dedicado)		
		750 kVA (Uso Dedicado)		
		800 kVA (Uso Dedicado)		

SP

CS

PDT

SUBESTACIÓN PEDESTAL



La subestación de pedestal está conformada por dos gabinetes, uno en el que se encuentra alojado el transformador el cual lleva sus protecciones internas y otro para la caja de maniobras, estos gabinetes cuentan con cerradura que impiden el ingreso de personal no autorizado. La subestación de pedestal debe contar con una puesta tierra a la que se conectan las partes metálicas de la subestación, al neutro del transformador y la tierra de los descargadores de sobretensión.

SP

CS

PDT

Características de subestación pedestal

- Transformadores tipo trifásico para potencias desde 45 y hasta 1000 kVA.
- Voltaje Alta Tensión desde 10,5 y hasta 24,9 kV.
- Voltaje Baja Tensión hasta 480 Y / 277 V en vacío.
- 65° C aumento de Temperatura.
- Frecuencia de 60 Hz ó 50 Hz.
- Diseño bajo norma ANSI, ICONTEC y CODENSA.
- Transformadores monofásicos y trifásicos.
- Para sistemas radiales o en anillo.

SP

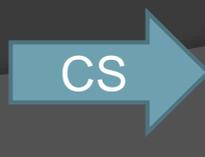
CS

PDT

SUBESTACIONES CAPSULADAS



Las subestaciones o centros de transformación capsuladas, son aquellas en las que existe un recinto cerrado en el cual se encuentran alojadas varias celdas, una de ellas destinada para el transformador de distribución, una celda para el equipo de protección y maniobra, es decir el seccionador tripolar de trabajo bajo carga con nivel de aislamiento de 15 kV; otra celda alberga el grupo de medida compuesto por los transformadores de potencial y de corriente.



CARACTERÍSTICAS NOMINALES DE LA SUBESTACIÓN ENCAPSULADA

U_r	72,5 kV
I_r	4000 A
U_{BIL}	325 kV
I_s	31.5 kA



SUBESTACIONES TIPO LOCAL



Las subestaciones tipo local en la actualidad no son permitidas, debido al peligro latente al que esta expuesto el personal, ya que tanto el transformador de distribución, los seccionadores de operación bajo carga o el barraje, se encuentran a la vista en el interior de un recinto cerrado de 3.5X2.5X3 m.

SP

CS

PDT

SUBESTACIÓN SUBTERRÁNEA



La subestación subterránea se instala bajo el nivel del piso en andenes, zonas verdes, o en un predio particular, están conformadas por dos bóvedas una para el transformador y otra para el seccionador de maniobras, estas se encuentran unidas por un banco de ductos. El seccionador debe ser de tipo inundable de operación bajo carga de 200 A, debe contar con codos premoldeados sin partes vivas expuestas, para la conexión de los terminales de media tensión.

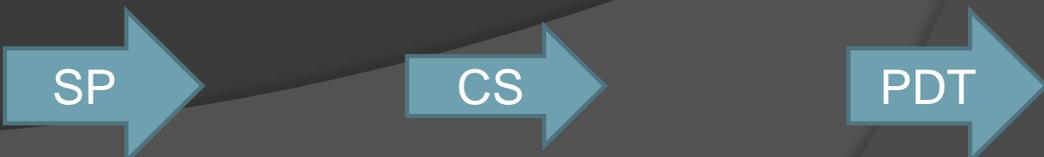
SP

CS

PDT

Potencias nominales de subestación subterránea

Los transformadores sumergibles deben cumplir la norma ANSI C57.12.24., sus potencias normalizadas son 75 kVA, 150 kVA, 225 kVA, 300 kVA, 500 kVA, 750 kVA, 1000 kVA, 1500 kVA, 2000 kVA y 2500 kVA. El tanque deberá ser fabricado de acero inoxidable tipo 304.

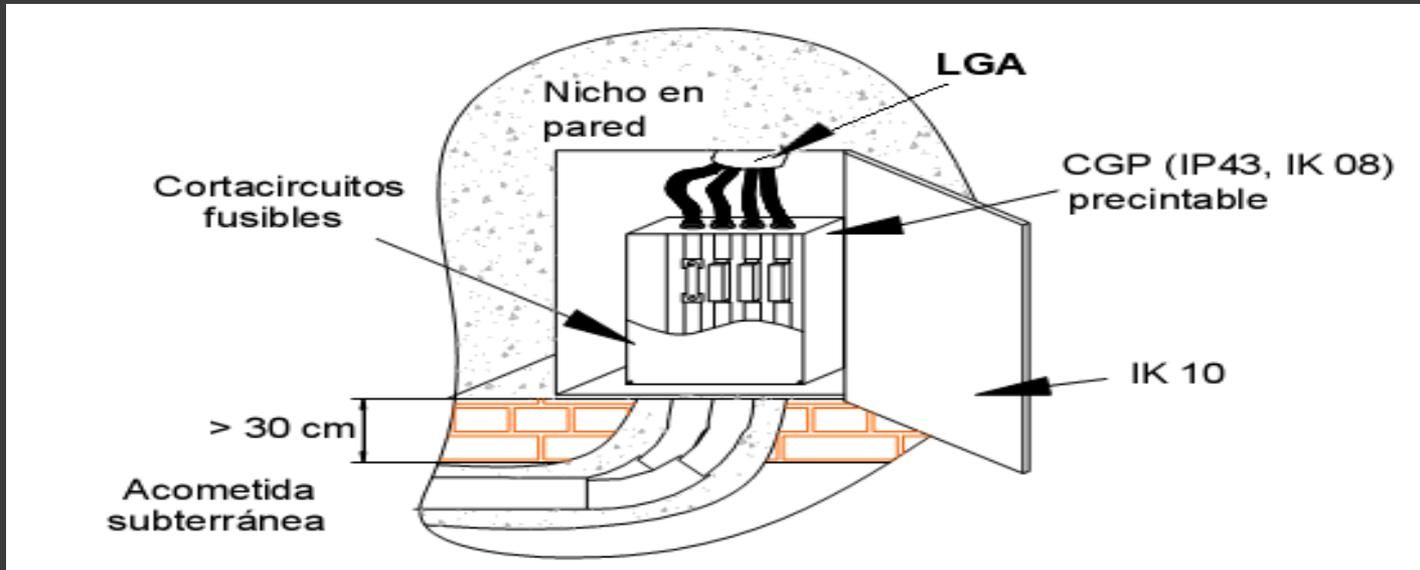


SP

CS

PDT

Acometida



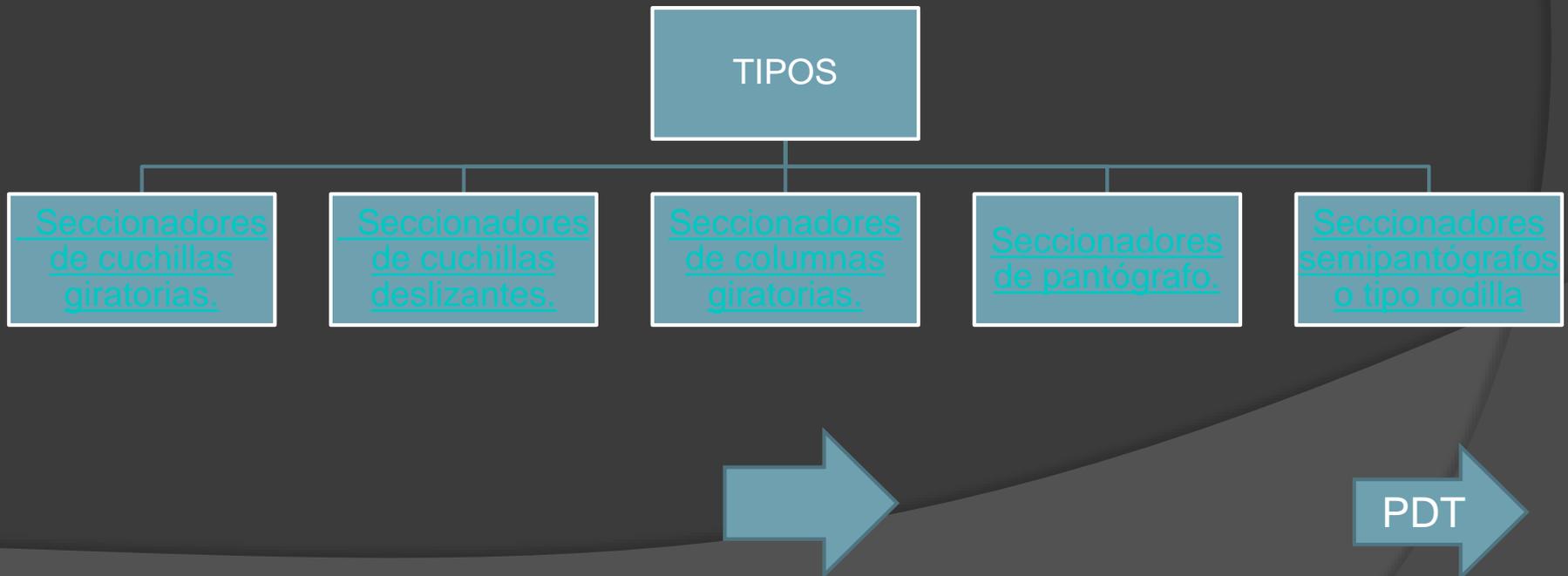
La parte de la instalación eléctrica que se construye desde las redes de distribución, hasta las instalaciones del usuario, y estará conformada por los siguientes componentes: punto de alimentación, conductores, ductos, tablero general de acometidas, interruptor general, armario de medidores o caja para equipo de medición, los cuales se muestran en la Norma AE 200.

PS

PDT

SECCIONADORES

El seccionador eléctrico es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación según una norma. Es un dispositivo de ruptura lenta, puesto que depende de la manipulación de un operario.



Seccionadores de cuchillas giratorias.

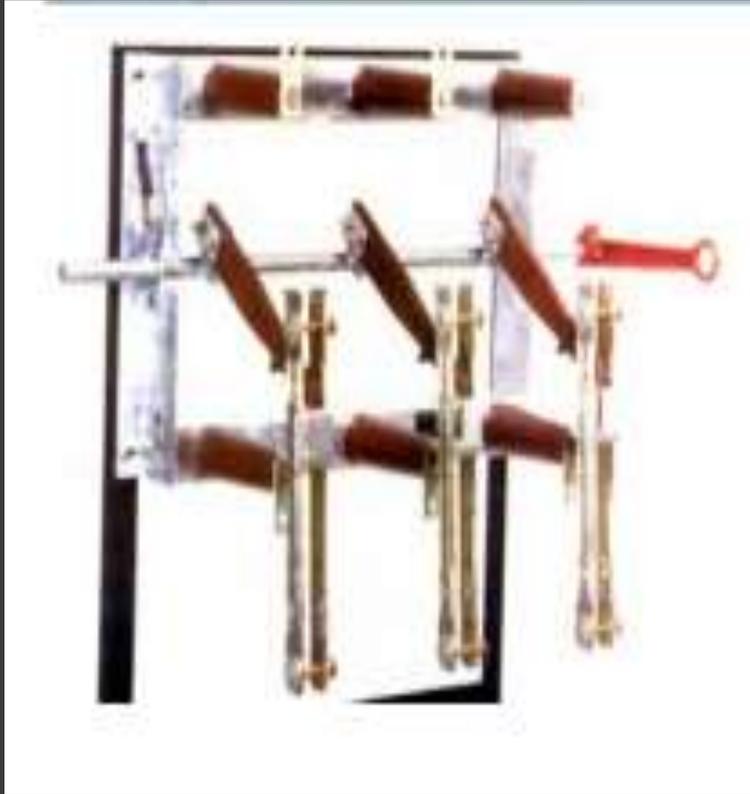


Estos aparatos son los más empleados para tensiones medias, tanto para interior como para exterior, pudiendo disponerse de seccionadores unipolares como tripolares.

PS

PDT

Seccionadores de cuchillas deslizantes.

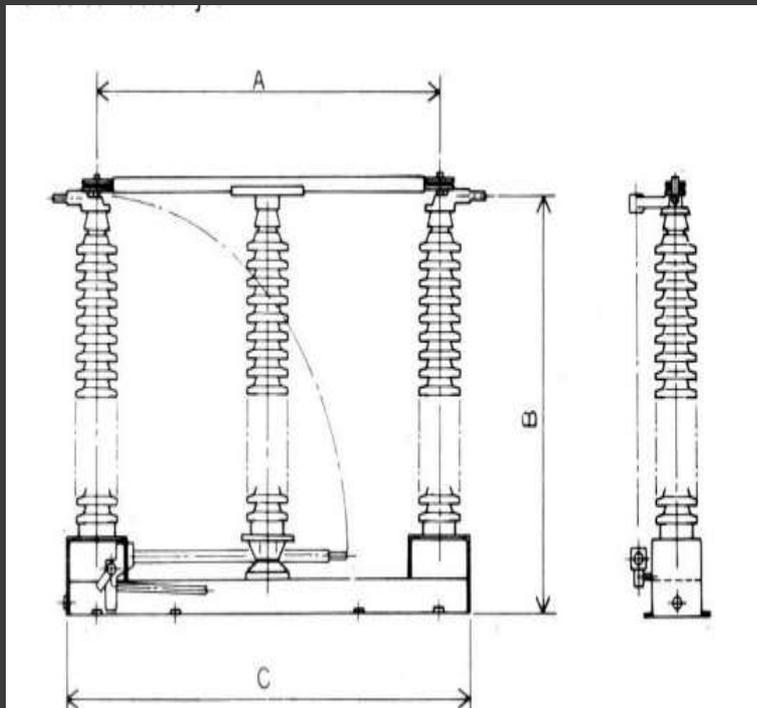


Con una estructura muy similar a la de los seccionadores de cuchillas giratorias, descritos anteriormente, poseen la ventaja de requerir menor espacio en sus maniobras dado que sus cuchillas se desplazan longitudinalmente, por lo que se puede instalar en lugares más angostos.

PS

PDT

Seccionadores de columnas giratorias.



Este tipo de seccionadores se utiliza en instalaciones de intemperie y con tensiones de servicio desde 33 kV hasta 220 kV.

PS

PDT

Seccionadores de pantógrafo

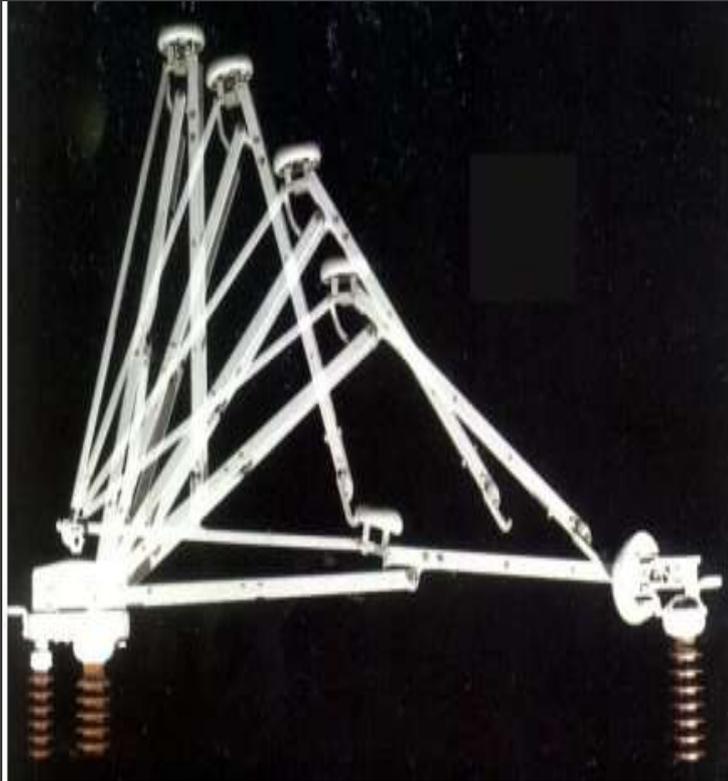


Los seccionadores de pantógrafo han sido creados para simplificar la concepción y la realización de las instalaciones de distribución de alta tensión en intemperie (se suelen utilizar para la conexión entre líneas y barras que se hallan a distinta altura y cruzados entre sí).

PS

PDT

Seccionadores semipantógrafos o tipo rodilla



El seccionador tipo rodilla pertenece al grupo de los seccionadores de palanca.

El brazo del seccionador, que constituye el contacto móvil, se mueve en un plano vertical y abierto genera un espacio del aislamiento horizontal.

PS

PDT

INTERRUPTOR DE POTENCIA



El interruptor de potencia es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito. La operación de un interruptor puede ser manual o accionada por la señal de un relé encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado.

PS

PDT

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



Un transformador de corriente o “TC” es el dispositivo que nos alimenta una corriente proporcionalmente menor a la del circuito. Es de aclarar que un transformador de corriente por su aplicación se puede subdividir en transformador de medición y transformador de protección, no obstante los transformadores se diseñan para realizar ambas funciones y su corriente nominal por secundario puede ser de 1 ó 5 Amperios, es decir desarrollan dos tipos de funciones, transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

PS

PDT

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL



Es el transformador diseñado para suministrar la tensión adecuada a los instrumentos de medición como los voltímetros, frecuencímetros, wattmetros, wathhorímetros, etc., así como a los aparatos de protección como los relevadores; en el cual la tensión secundaria es proporcional a la tensión primaria y desfasada respecto a ella un ángulo cercano a cero.

PS

PDT

TABLERO DE CONTROL Y MEDICIÓN



Es el conjunto de gabinetes modulares utilizados para instalar los diferentes equipos de medición, protección y mecanismos de control de la subestación, además tiene instalados los sistemas de mandos para efectuar las diferentes maniobras de control de una subestación cuando sea necesario en forma manual.

PS

PDT

BARRAS O TUBOS CONDUCTORES

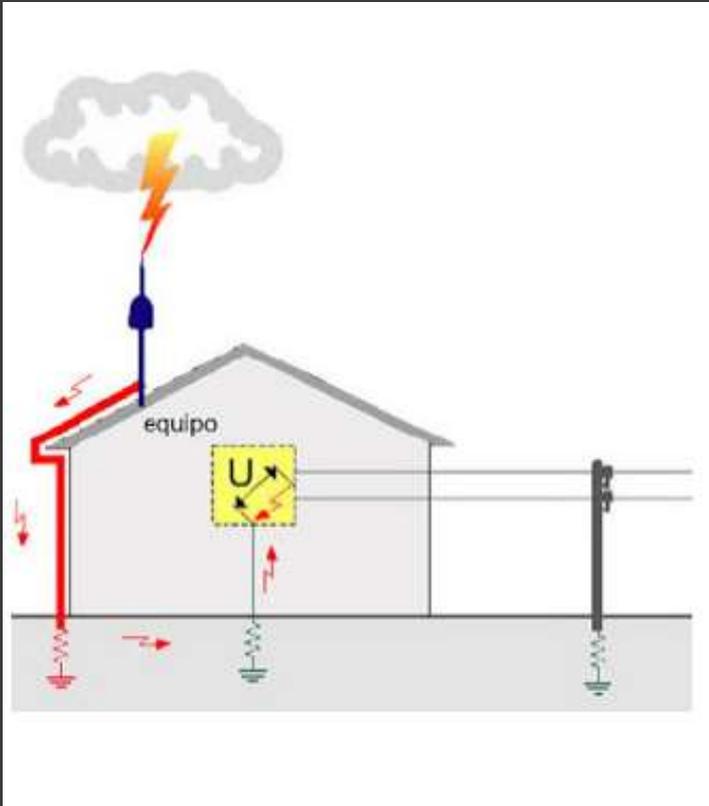


Se refiere a los elementos utilizados en cada etapa de transporte de energía, ya sea en elementos de generación, transformación, empalmes, etc.

PS

PDT

PUESTA A TIERRA



Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados. Se refiere a la condición de un sistema, circuito o aparato conectado a tierra intencional o accidentalmente. No deben utilizarse términos como aterrado o aterrizado.

PS

PDT

INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA



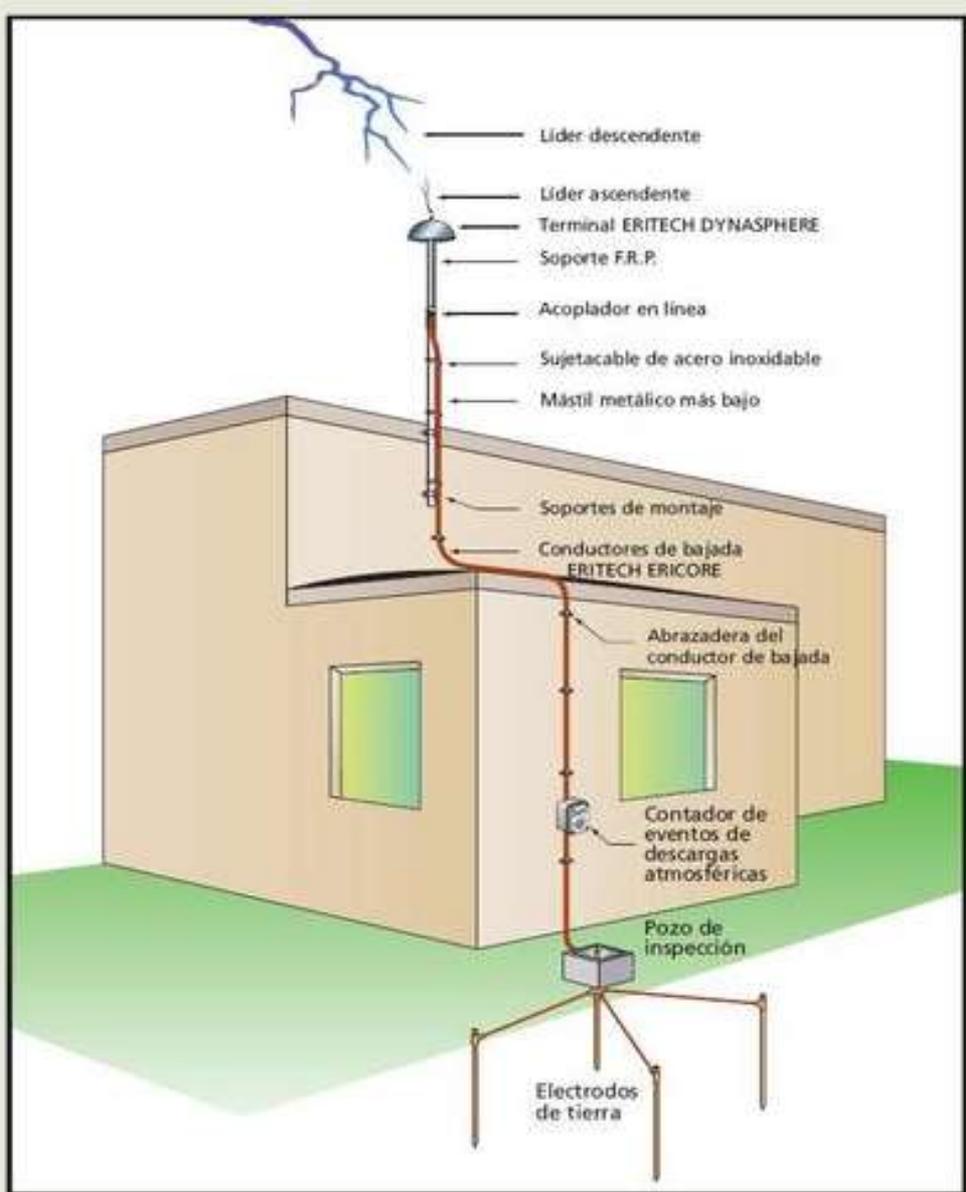
Un interruptor de transferencia eléctrica es un dispositivo que cambia la fuente de alimentación de una a otra. Típicamente se trata de transferir desde una fuente de alimentación principal, tal como la compañía local, a una fuente de alimentación secundaria, tal como un generador de emergencia. El interruptor de transferencia eléctrica también cambia el poder a la fuente de alimentación principal de energía de emergencia, cuando ya no es necesaria. El conmutador de transferencia mantiene las dos fuentes de energía aisladas, lo que permite la transferencia segura de una fuente de alimentación a la otra.

PS

PDT

PARARRAYOS

Es un dispositivo formado por una o más barras metálicas terminadas en punta y unidas entre sí y con la tierra, o con el agua, mediante conductores metálicos, y que se coloca sobre los edificios o los buques para preservarlos de los efectos del rayo.



APARTARRAYOS

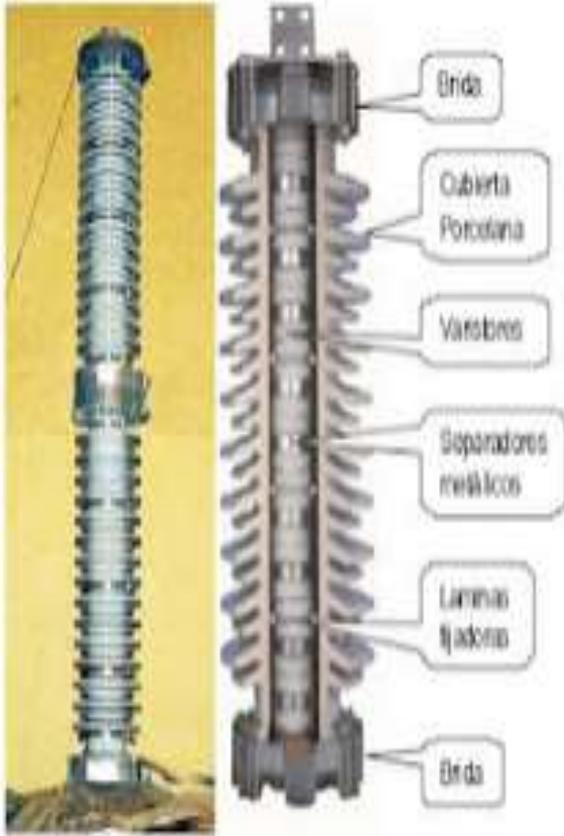


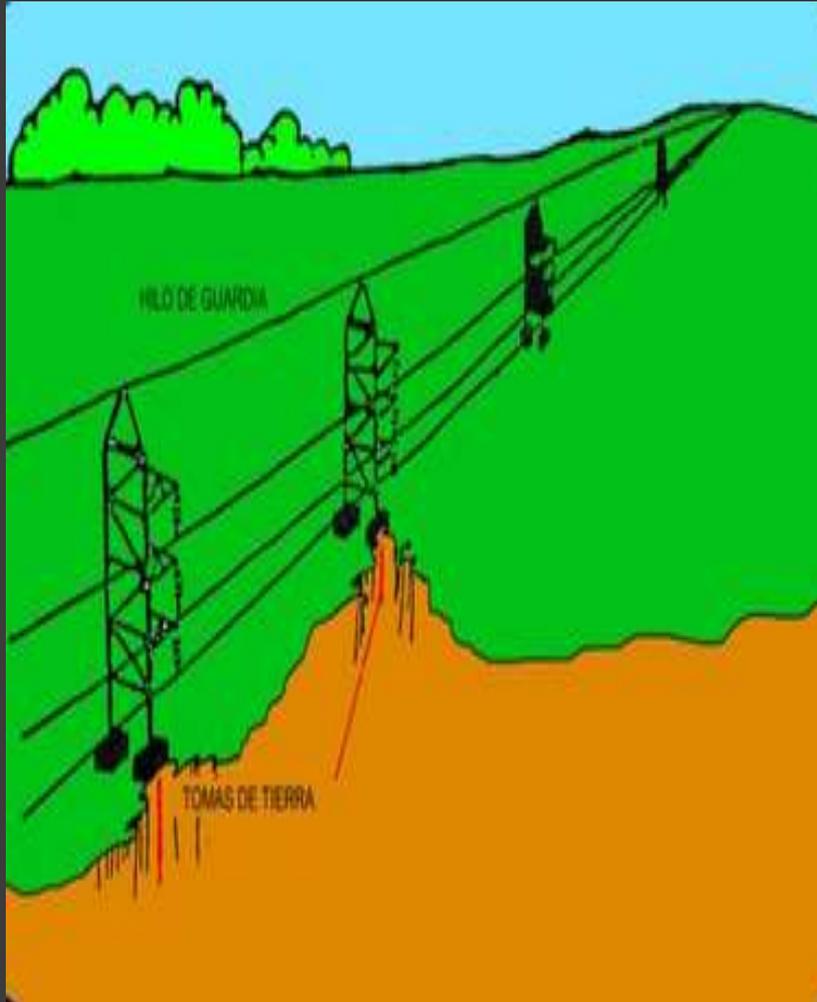
Figura 1. Apartarrayos de dos unidades bajo estudio y sus partes constitutivas

El apartarrayos es un dispositivo que su principal elemento activo son los varistores de óxido metálico cuya característica principal es su no linealidad. Cuando está trabajando a voltaje nominal, la corriente que fluye a través de este es de aproximadamente 1 mA. A medida que el voltaje aumenta, su resistencia disminuye drásticamente, permitiendo que fluya más corriente y que la energía del sobre voltaje se drene a tierra.

PS

PDT

HILO DE GUARDA



Los hilos de guardia no conducen corriente, por lo que normalmente se hacen de acero y se conectan solidariamente a tierra en cada una de las torres. Las torres se conectan solidariamente a tierra. Cuando un rayo cae sobre la torre, o el cable de guardia, la corriente del rayo puede descargarse rápidamente a tierra sin llegar a producir arcos en la cadena de aisladores.

PS

PDT

CELDAS

En general se entenderá como Celdas de Media Tensión (en inglés Switchgear) al conjunto continuo de secciones verticales (Celdas) en las cuales se ubican equipos de maniobra (interruptores de potencia extraíbles, seccionadores ,etc.), medida (transformadores de corriente y de tensión, etc.), y, cuando se solicite, equipos de protección y control, montados en uno o más compartimientos insertos en una estructura metálica externa, y que cumple la función de recibir y distribuir la energía eléctrica.



Celdas

Celdas de protección

Celdas de medición

Celdas para transformadores

Celdas para el control de motores

Celdas de entrada

Celdas de salida

Celdas unión de barras

Celdas duplex

Celdas Triplex con Seccionadores
Entrada-Salida-
Protección

Celdas metalclad

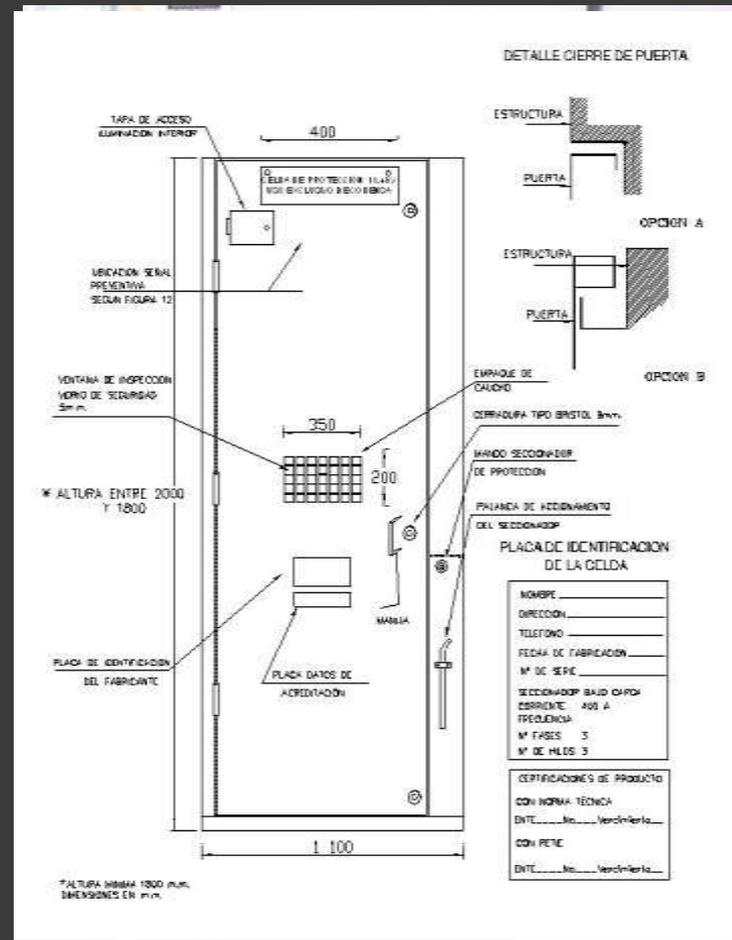
→
PDT

ANEXOS DE CELDAS

- ◉ PLACA DE CARACTERÍSTICAS Y LETREROS
- ◉ ESQUEMAS UNIFILARES REFERENCIALES
- ◉ PINTURA Y GALVANIZADO
- ◉ CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOMINALES
- ◉ NIVEL DE AISLAMIENTO

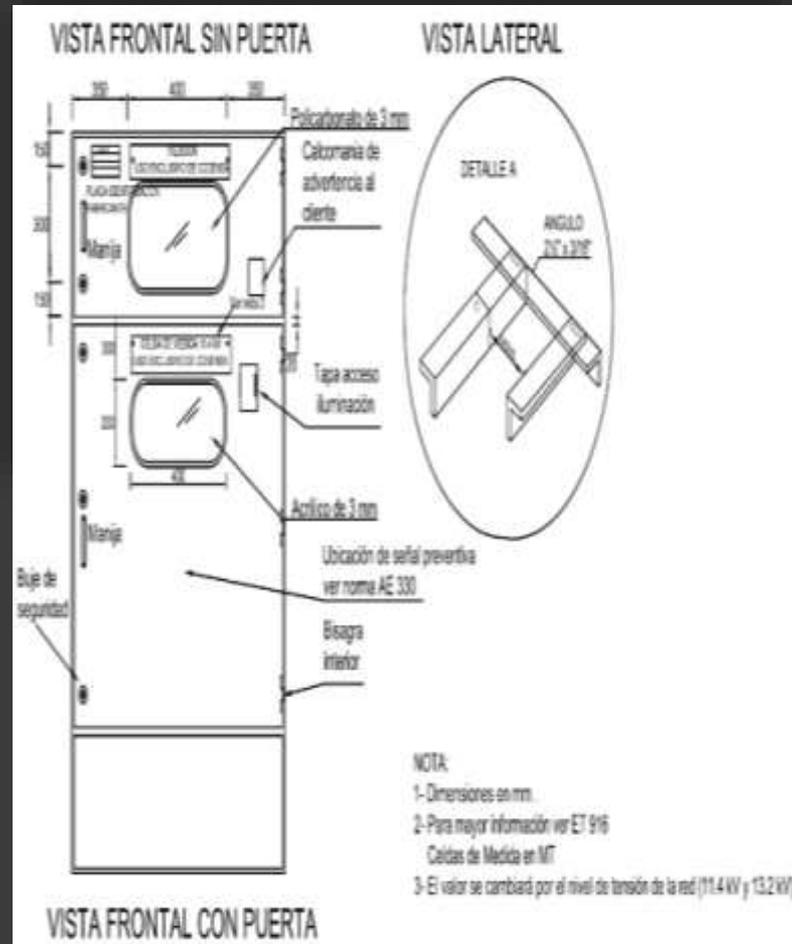
Celdas de protección

- Deberá ser apta para la instalación de un seccionador tripolar bajo carga con portafusibles y comando lateral derecho. Una celda metálica de acuerdo con las figuras 3 y 4.
- Un seccionador bajo carga de 17.5kV- 400A, con portafusibles el cual debe cumplir con las normas NTC 2131 e IEC 265-1.
- Un comando manual completo del seccionador bajo carga, con palanca de accionamientos.
- Ventana de inspección en vidrio templado de 5 mm de espesor.
- Tapa de acceso y compartimiento para la iluminación interior.
- Señales preventivas y placa de identificación del fabricante de la celda.
- Barra general para conexión a tierra.
- Cerradura con pestillo y llave bristol.



Celdas de medición

- Es la celda destinada al equipo de medición de la compañía suministradora, diseñada con el espacio adecuado de acuerdo a las normas de la compañía de luz y Fuerza del Centro y Comisión Federal de electricidad, para alojar sin problemas el equipo de medición.



Celdas para transformadores



C

PDT

Celdas para el control de motores



C

PDT

Celdas de entrada

- La celda de M.T. (11,4 kV ó 13,2 kV) es metálica de tipo cerrado (Metal - clad), con un BIL de 110 kV y dimensiones máximas de 2,5 m de altura, 2,3 m de profundidad y 1,0 m de ancho.
- La celda debe ser apta para recibir el interruptor de potencia de 15 kV , tipo cajón extraíble (draw-out type), capacidad nominal de corriente de 800 A , capacidad de interrupción 12 kA simétricos y cable triplex de cobre 300 kcmil aislado a 15 kV , para las conexiones.

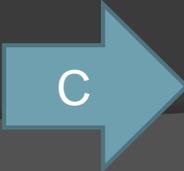


C

PDT

Celdas de salida

- Esta celda de M.T. (11,4 kV ó 13,2 kV) tiene las mismas dimensiones y características de la celda de entrada. La celda debe ser apta para recibir el interruptor de potencia 15 kV tipo extraíble, capacidad nominal de corriente de 630 A , capacidad de cortocircuito de 12 kA y apta para el cable triplex de cobre N° 4/0 AWG aislado a 15kV .



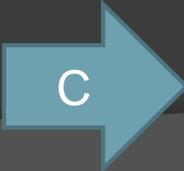
C



PDT

Celdas unión de barras

- Es de característica similar a las celdas de entrada o salida, en lugar de interruptor de potencia tiene un seccionador trifásico, con enclavamiento mecánico eléctrico, con los
- interruptores de potencia de las celdas de entrada, ya que el seccionador trabaja en condición normalmente abierto.
- El seccionador trifásico de 15 kV , tiene una capacidad nominal de corriente de 800 A y la capacidad de cortocircuito de 12 kA , con mecanismos de operación manual mediante el uso de palanca.
- La celda de unión barras lleva en su parte frontal, todos los equipos necesarios para el monitoreo de la subestación de 34,5 kV.



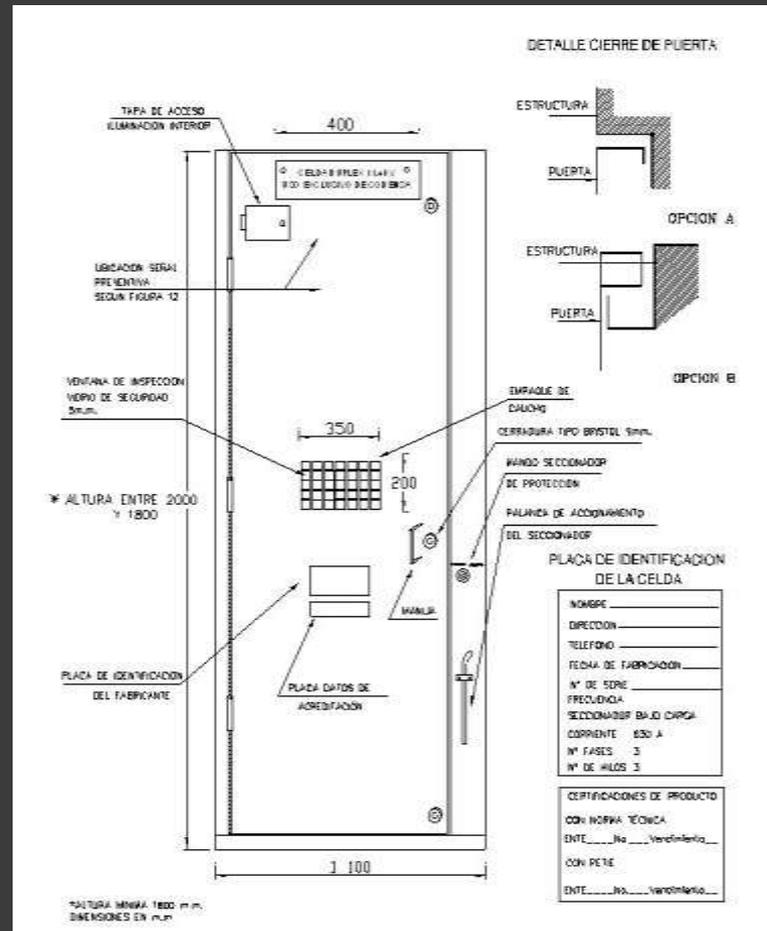
C



PDT

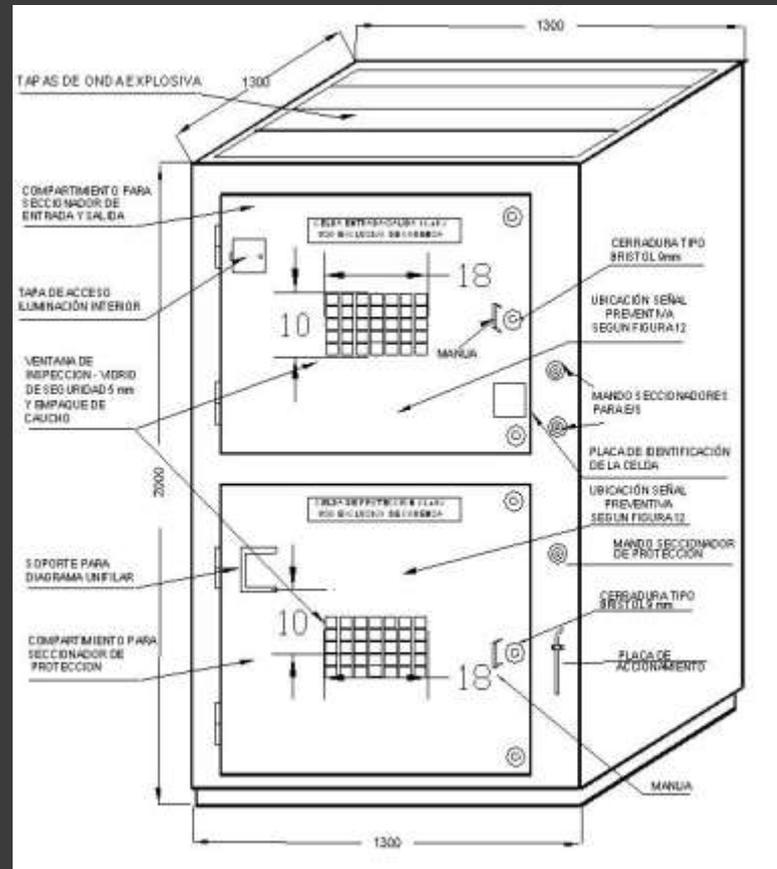
Celdas duplex

- Deberá ser apta para la instalación de dos seccionadores tripolares bajo carga con comando lateral derecho.
- Deberá estar conformada por: Una celda metálica de acuerdo con las figuras 1 y 2.
- Dos seccionadores bajo carga de 17.5kV - 630A, unidos entre si y derivación central en la unión, el cual debe cumplir con las normas NTC 2131 e IEC 265-1.
- Dos comandos manuales completos de los seccionadores bajo carga.
- Ventana de inspección en vidrio templado de 5 mm de espesor.
- Tapa de acceso y compartimiento para la iluminación interior.
- Señales preventivas y placa de identificación del fabricante de la celda.
- Barra general para conexión a tierra.
- Cerradura con pestillos y llave bristol.



Celdas Triplex con Seccionadores Entrada-Salida-Protección

- Deberá ser apta para la instalación de dos seccionadores tripolares de operación bajo carga y un seccionador tripolar de operación bajo carga con portafusibles con comando lateral derecho.
- Dos seccionadores bajo carga de 17.5kV - 630A, y un seccionador bajo carga de 17.5kV - 400A con portafusibles, el cual debe cumplir con las normas NTC 2131 e IEC 265-1.
- Tres comandos manuales completos para los seccionadores bajo carga.
- Dos puertas cada una con una Ventana de inspección en vidrio templado de 5 mm de espesor (la puerta donde se localiza el seccionador con los portafusibles debe ir enclavada, mientras esté cerrado el seccionador).
- Tapa de acceso y compartimiento para la iluminación interior.
- Señales preventivas y placa de identificación del fabricante de la celda.
- Barra general para conexión a tierra.



Celdas metalclad

- La norma IEC 60298 define que las celdas de MT para uso eléctrico deben ser METALENCLOSED (es decir metálicas), pero dentro de esta clasificación pueden ser compartimentadas o sin compartimentar. Las celdas con cuatro compartimientos (Baja Tensión, Cables, aparato de maniobra, y conducto de barras) se denominan METALCLAD.

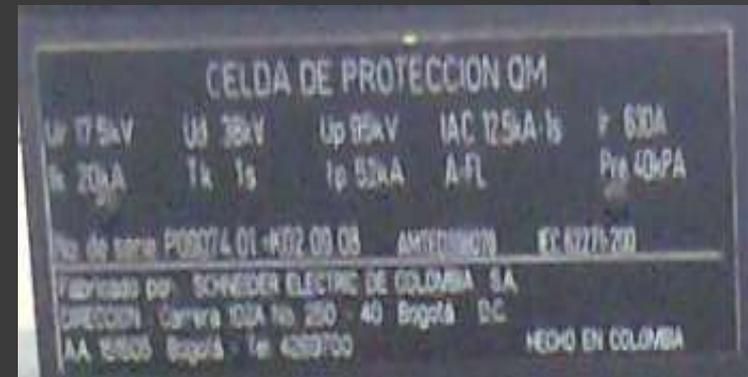


C

PDT

PLACA DE CARACTERÍSTICAS Y LETREROS

- Cada celda llevará una placa con la indicación mínima siguiente:
- Nombre del fabricante.
- País de origen.
- Numero de fabricación.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal (kv).
- Si es para interior o para intemperie.
- Normas utilizadas.
- Nivel de aislación.
- Nivel de aislación nominal (kv).
- Peso total.
- Cada celda deberá identificarse mediante placas identificadoras, de acuerdo a su función, tanto en su frente como en su parte posterior.



AC

PDT

ESQUEMAS UNIFILARES REFERENCIALES

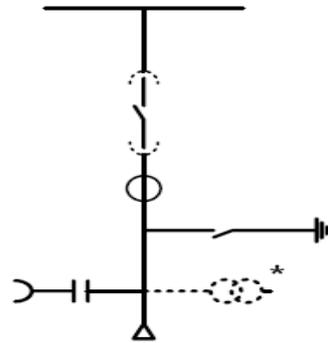


Fig. 1 : Celda de Entrada de Transformador

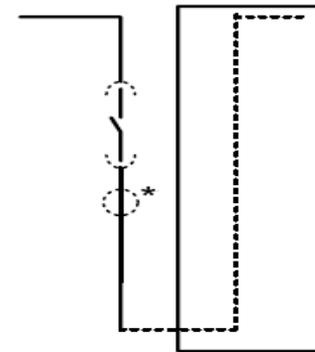


Fig.2 : Celda Acoplamiento y Remonte de Barra

(*) Nota: Requerimiento opcional.

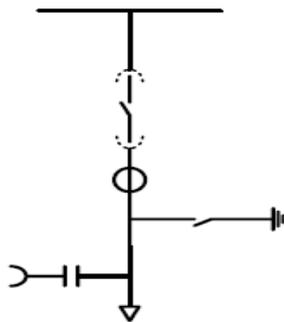


Fig.3: Celda de Salida o SS/AA

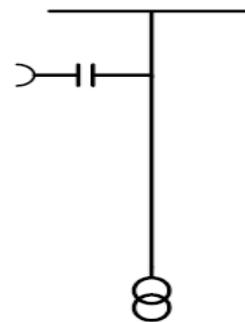


Fig.4 : Celda de Medida

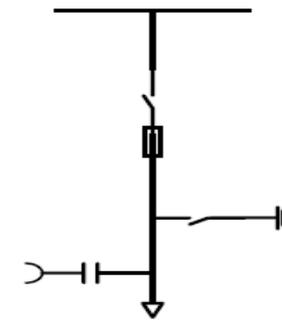


Fig.5 : Celda de SS/AA con seccionador Fusible

Nota: Para el caso de alternativas de las Celdas en Gas (GIS) los diagramas serán distintos

AC

PDT

PINTURA Y GALVANIZADO

La lámina de acero utilizada en la construcción de las celdas (al igual que las celdas en proceso) debe someterse a un proceso de limpieza, desengrase y fosfatizado, el cual debe garantizar que las superficies estén libres de grasas, óxidos o cualquier elemento extraño disminuyan la adherencia (son válidos procesos químicos y/o mecánicos); en un tiempo no mayor a dos horas, después de la limpieza debe aplicarse una capa de imprimante no mayor a 20 micras y en un lapso no menor a 8 ni mayor a 16 horas (o según recomendación de fabricante de pintura) se debe aplicar una pintura epóxica, con espesor no menor a 40 micras (para un total de 60 micras), que deberá ser horneada. La pintura epóxica debe ser color gris RAL serie 70, similar al RAL 7032, resistente a los rayos ultravioleta y la intemperie. El proceso debe garantizar las características de "tropicalización".

El espesor de pintura debe medirse con un medidor de espesores debidamente calibrado según la norma ASTM D 14000 y el espesor mínimo debe estar de acuerdo con el numeral 6.3

Para la medición de los espesores de recubrimiento se deben tener en cuenta las siguientes definiciones:

- a. Lectura del espesor: Medida que muestra el medidor de espesores, al colocar una vez el sensor sobre la pieza a medir.
- b. Medida del espesor: Promedios de 3 lecturas de espesor tomadas a una distancia aproximada de 2,5 cm.

En pinturas horneables que garanticen la adherencia y espesores mínimos no requerirán imprimante.

Cada capa de pintura debe garantizar una adherencia mínima de 400 PSI (libras/pulgada²) probada según norma NTC 3916 (ASTM D 4541 de 1995).

AC

PDT

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS NOMINALES

8.1. CLASE DE TENSIÓN

- La clase de tensión requerida para las celdas será las indicadas en la Tabla.

Tabla 4 Clase de tensión

Clase de tensión (U_m) [kV]	Tensión nominal del sistema (U_n) [kV]
12	10
17,5	11,40-11,95-12-13,2-13,8
24	20-23
36	33,0-34,5

AC

PDT

NIVEL DE AISLAMIENTO

- Los niveles de aislamiento para los valores seleccionados de clase de tensión serán los indicados en la Tabla.

Tabla 5 Niveles de Aislamiento Asignados

Clase de Tensión kV	Tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial 1 minuto (valor eficaz) kV		Tensión soportada con impulsos tipo rayo (valor de cresta) kV	
	A tierra y entre fases	A la distancia de seccionamiento	A tierra y entre fases	A la distancia de seccionamiento
12	28	32	75	85
17,5	38	45	95	110
24	50	60	125	145
36	70	80	170	195

AC

PDT

TRANSFORMADORES

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar, disminuir o aislar la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, es igual a la que se obtiene a la salida



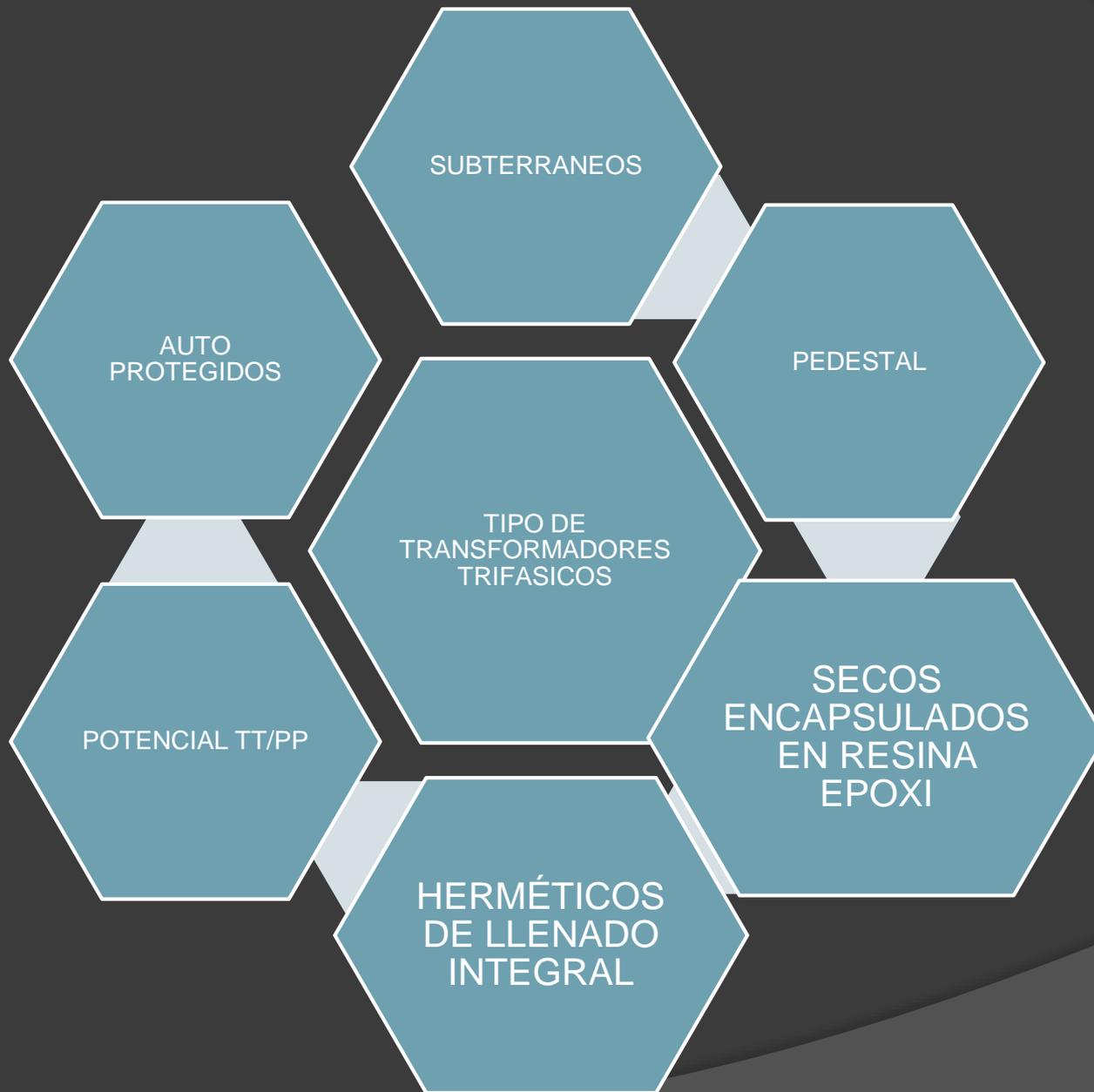
CLASIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES

AUTOTRANSFORMADOR

TRANSFORMADOR MONOFASICO

TRANSFORMADORES TRIFASICOS

PDT



SEGÚN
EL LUGAR

```
graph LR; A[SEGÚN EL LUGAR] --> B[AREA URBANA]; A --> C[AREA RURAL];
```

AREA
URBANA

AREA
RURAL

PDT

POTENCIA

SEGÚN SU
TRANSFORMACIÓN

VOLTAJE

CORRIENTE

PDT

Aspectos constructivos: trafos trifásicos



5000 kVA
Baño de
aceite



2500 kVA
Baño de aceite



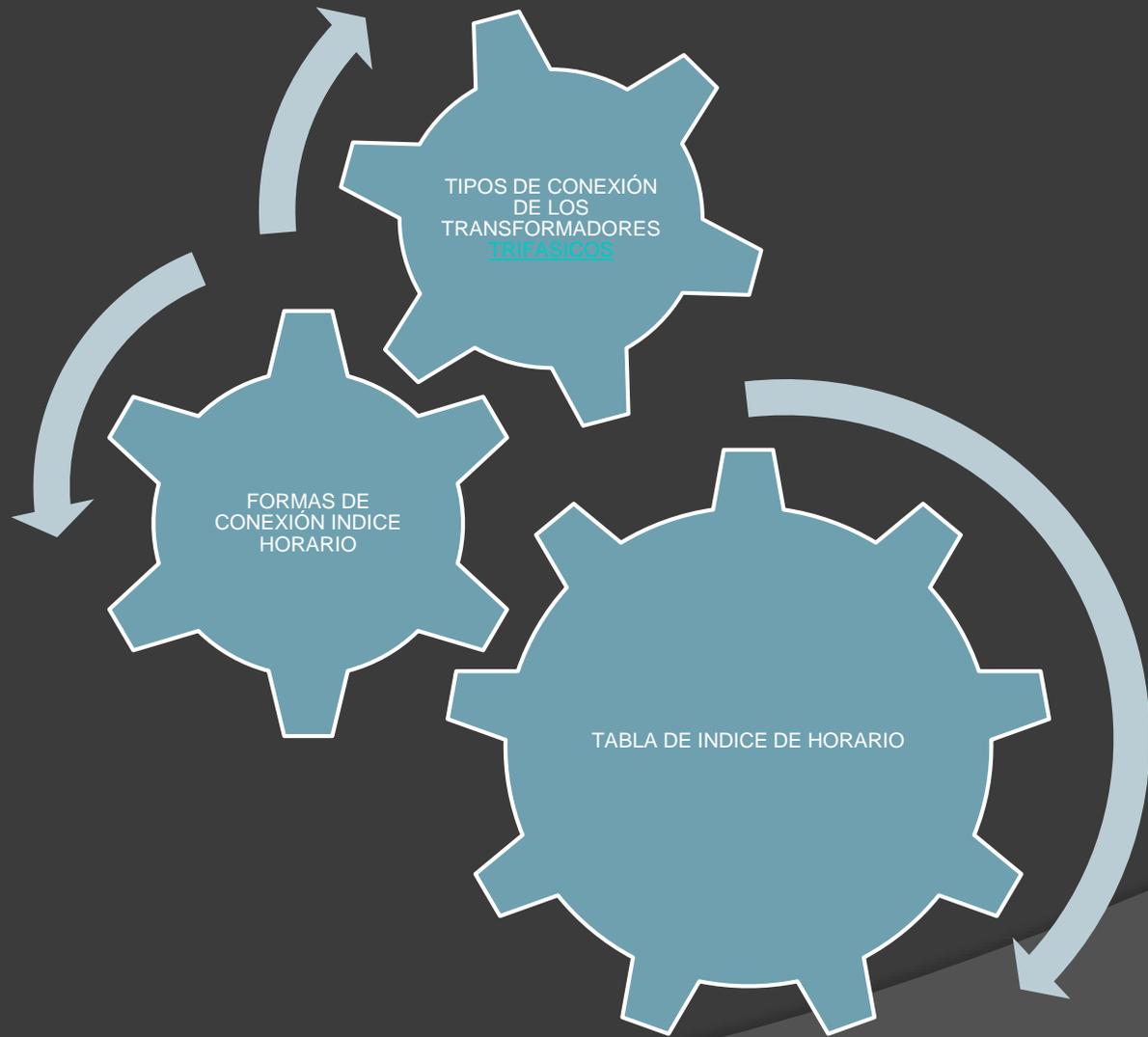
1250 kVA
Baño de aceite



10 MVA
Sellado con N₂



10 MVA
Sellado con N₂



DATOS DE LOS TRANSFORMADORES TRIFASICOS

Potencia/Power	kVA	*25	50	100	160	250	400	630	*800	1.000	*1.250	*1.600	*2.000	*2.500	
Grupo de conexión/Vector group		Yzn11	Yzn11	Yzn11	Yzn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	Dyn11	
Hasta/Up to 24 kV	Pérdidas en vacío <i>No-load losses</i>	W	115	190	320	460	650	930	1.300	1.550	1.700	2.130	2.600	3.100	3.800
	Pérdidas en carga a 75°C <i>Load losses at 75°C</i>	W	700	1.100	1.750	2.350	3.250	4.600	6.500	8.100	10.500	13.500	17.000	20.200	26.500
	Tensión de cortocircuito <i>Short-circuit voltage</i>	%	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
	Corriente de vacío 100%v <i>No-load current 100%v</i>	%	4	3,5	2,5	2,3	2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9
	Corriente de vacío 110%v <i>No-load current 110%v</i>	%	8,5	7,5	6	5,5	5	4,8	4,5	4	3,6	3	2,5	2,4	2,3
	Potencia acústica <i>Acoustic level</i>	dB(A)	49	52	56	59	62	65	67	68	68	70	71	73	76
	Hasta/Up to 36 kV	Pérdidas en vacío <i>No-load losses</i>	W	160	230	380	520	780	1.120	1.450	1.700	2.000	2.360	2.800	3.300
Pérdidas en carga a 75°C <i>Load losses at 75°C</i>		W	800	1.250	1.950	2.550	3.500	4.900	6.650	8.500	10.500	13.500	17.000	20.200	26.500
Tensión de cortocircuito <i>Short-circuit voltage</i>		%	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	6	6	6	6	6
Corriente de vacío 100%v <i>No-load current 100%v</i>		%	5,2	3,8	3	2,5	2,4	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1
Corriente de vacío 110%v <i>No-load current 110%v</i>		%	15	10	8	7	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,6	2,5
Potencia acústica <i>Acoustic level</i>		dB(A)	52	52	56	59	62	65	67	68	68	70	71	73	76

Las potencias marcadas con asteriscos (*) no están contempladas en la UNE 21428
Power rating marked with asterisk (*), are not included in the CENELEC HD 428.

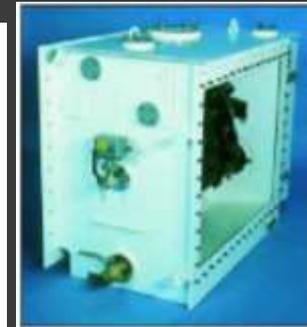
Disposición de los

taps

- La mayoría de los transformadores están equipados con un equipo cambiador de tap, el cual permite pequeños cambios en la relación de voltaje de la unidad.
 - El devanado de alto voltaje es el que generalmente se constituye con taps.
 - Los cambios de taps pueden ser hechos solo si el transformador esta desenergizado o mientras la unidad esta con carga.
 - Dichos cambios pueden ser realizados de forma manual o de forma automática.
- Los equipos para cambio s de taps son diseñados tanto para operar dentro del transformador o montados externamente en un pequeño gabinete con aceite ubicado al exterior del tanque principal



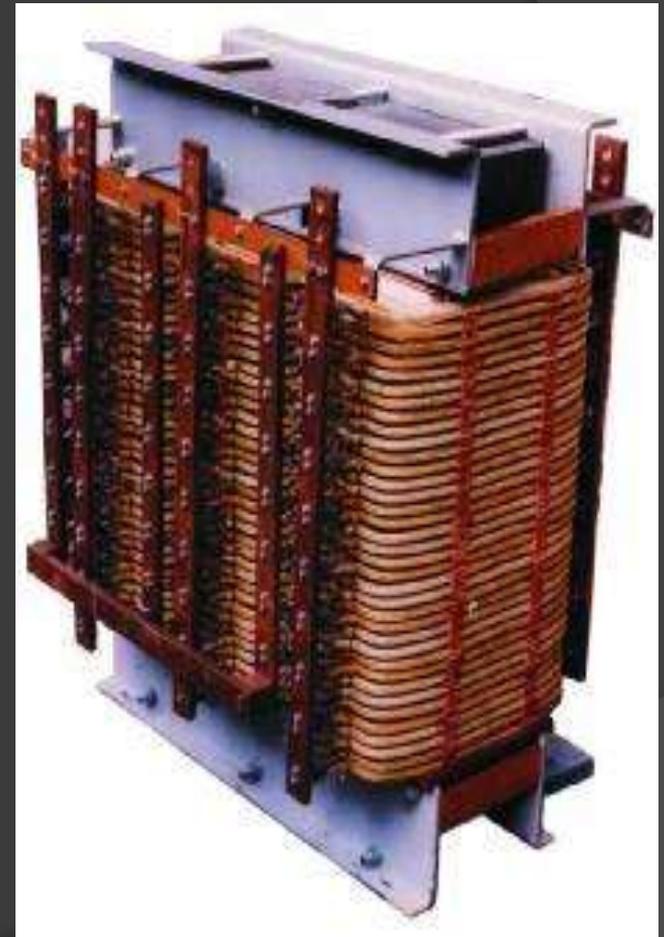
EQUIPO CAMBIADOR DE TAP PARA OPERAR



1.27 EQUIPO CAMBIADOR DE TAPS BAJO CARGA

AUTOTRANSFORMADOR

- Un autotransformador tiene un solo devanado continuo con un punto de conexión, llamado toma entre los lados primario y secundario
- Su mayor ventaja respecto al transformador de dos devanados es su capacidad para transferir mayor potencia
- Los autotransformadores se usan en lugar de un transformador convencional, cuando el aislamiento eléctrico no se requiere



CDT

PDT

TRANSFORMADOR MONOFASICO

- Un transformador es un dispositivo que convierte la potencia eléctrica de CA de una tensión determinada a otra que puede ser, más alta o más baja que la primera a través de la acción de un campo magnético.



CDT

PDT

TRANSFORMADORES TRIFASICOS

- El Transformador trifásico es el de mayor aplicación en los sistemas de transporte y distribución de energía eléctrica, dado que los niveles de energía que se manejan en estos casos es elevada, este tipo de transformadores se construyen para potencias nominales elevadas



CDT

PDT

TRANSFORMADOR SUBTERRANEO

- Son equipos que serán instalados en cámaras, en cualquier nivel. Podrá ser utilizado donde haya la posibilidad de inmersión de cualquier naturaleza.
- se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.
- Se utilizan para sub transmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media
- tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios.

CARACTERISTICAS			
POTENCIA [kVA]	ALTA TENSION [kV]	BAJA TENSION [V]	
150 a 20000	15.6 24.2	216.5/ 125, 220/127, 380/220, 400/231	



TTT

PDT

TRANSFORMADOR PEDESTAL

- El pedestal trifásico está diseñado para operar a la intemperie y estar montado sobre una base típicamente de concreto
- El pedestal trifásico está diseñado para operar a la intemperie y estar montado sobre una base típicamente de concreto
- Los transformadores del tipo pedestal trifásico se utilizan en lugares donde la seguridad y apariencia son un factor decisivo, tales como:
 - Desarrollos comerciales.
 - Desarrollos turísticos.
 - Edificios de oficinas y/o residenciales.
 - Hoteles.
 - Hospitales.
 - Parques eólicos.
 - Pequeña y mediana industria bajo el concepto de subestaciones compactas.
 - Universidades



TTT

PDT

TRANSFORMADORES SECOS ENCAPSULADOS EN RECINA EPOXI

- Se utilizan en interior para distribución de energía eléctrica en media tensión, en lugares donde los espacios son reducidos y los requerimientos de seguridad en caso de incendio imposibilitan la utilización de transformadores refrigerados en aceite.
- Son de aplicación en grandes edificios, hospitales, industrias, minería, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.

CARACTERISTICAS			
Potencias Normalizadas [kVA]	en	Tensiones Primarias [kV]	Frecuencias [Hz]
100 hasta 2500		13.2, 15, 25, 33 y 35	50 y 60



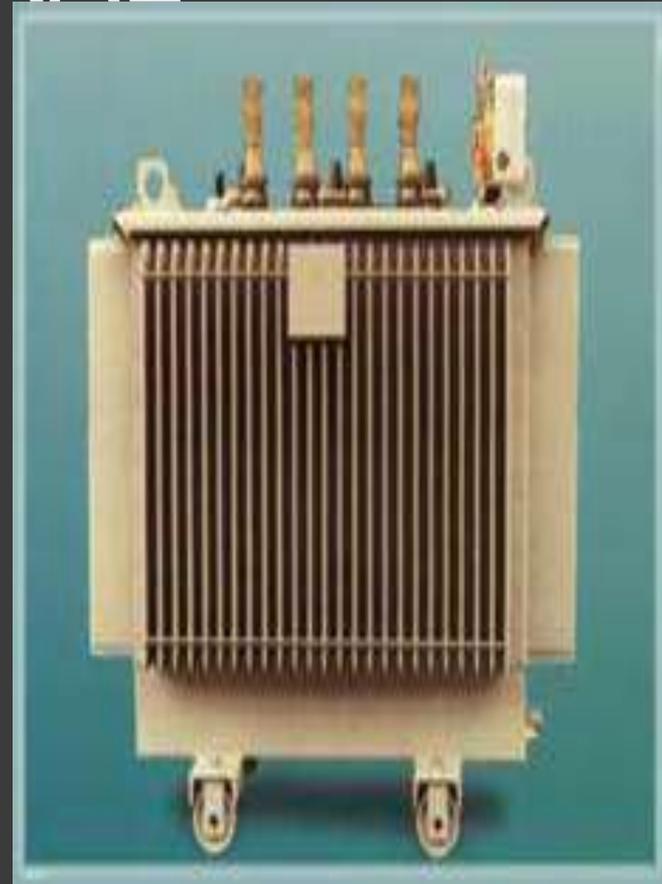
TTT

PDT

TRANSFORMADORES HERMETICOS DE LLENADO INTEGRAL

- Se utilizan en intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en media tensión, siendo muy útiles en lugares donde los espacios son reducidos.
- Son de aplicación en zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.
- Su principal característica es que al no llevar tanque de expansión de aceite no necesita mantenimiento, siendo esta construcción más compacta que la tradicional

CARACTERISTICAS			
Potencias Normalizadas [kVA]	en	Tensiones Primarias [kV]	Frecuencias [Hz]
100 hasta 1000		13.2, 15, 25, 33 y 35	50 y 60



TTT

PDT

TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO

- El transformador incorpora componentes para protección del sistema de distribución contra sobrecargas, corto-circuitos en la red secundaria y fallas internas en el transformador
- Para protección contra sobretensiones el transformador está provisto de dispositivo para fijación de pararrayos externos en el

CARACTERISTICAS		
Potencias [kVA]	Alta Tensión [kV]	Baja Tensión [V]
45 a 150	15 o 24.2	380/220, 220/127



TTT

PDT

POTENCIAL TT/PP

- Es un transformador devanado especialmente, con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión.
- Su único objetivo es suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia, para que se mida con instrumentos incorporados.
- puesto que el objetivo principal es el muestreo de voltaje deberá ser particularmente preciso como para no distorsionar los valores verdaderos.
- Se pueden conseguir transformadores de potencial de varios niveles de precisión, dependiendo de que tan precisas deban ser sus lecturas, para cada aplicación especial



TTT

PDT

TRANSFORMADORES S ÁREA RURAL

- Están diseñados para instalación mono-poste en redes de electrificación suburbanas monofilares, bifilares y trifilares.
- En redes trifilares se pueden utilizar transformadores trifásicos o como alternativa 3 monofásicos.
- Los centros de transformación rurales de distribución tienen transformadores de 34,5 – 11,4 kv o 34,5 – 13,2 kv, dependiendo de la tensión existente en la zona.



SL

PDT

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION APICADOS EN ÁREAS URBANAS

- Se denomina transformadores de distribución, generalmente los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos.
- Aunque la mayoría de las unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas.
- Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.
- Se utilizan en intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en media tensión.
- Son de aplicación en zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica

CARACTERISTICAS			
Potencias [kVA]	Normalizadas en	Tensiones Primarias [kV]	Frecuencias [Hz]
25 hasta 1000		13.2, 15, 25, 33 y 35	50 y 60



SL

PDT

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Es el transformador diseñado para suministrar la tensión adecuada a los instrumentos de medición como los voltímetros, frecuencímetros, wattmetros, wathhorímetros, etc., así como a los aparatos de protección como los relevadores; en el cual la tensión secundaria es proporcional a la tensión primaria y desfasada respecto a ella un ángulo cercano a cero.



ST

PDT

TRANSFORMADOR ES DE CORRIENTE

Un transformador de corriente o “TC” es el dispositivo que nos alimenta una corriente proporcionalmente menor a la del circuito. Es de aclarar que un transformador de corriente por su aplicación se puede subdividir en transformador de medición y transformador de protección, no obstante los transformadores se diseñan para realizar ambas funciones y su corriente nominal por secundario puede ser de 1 ó 5 Amperios, es decir desarrollan dos tipos de funciones, transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

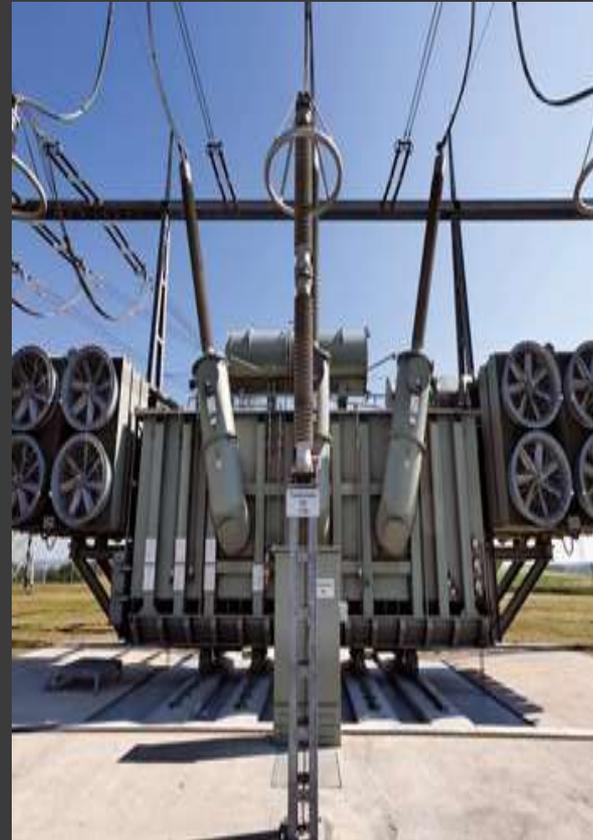


ST

PDT

Transformador de voltaje

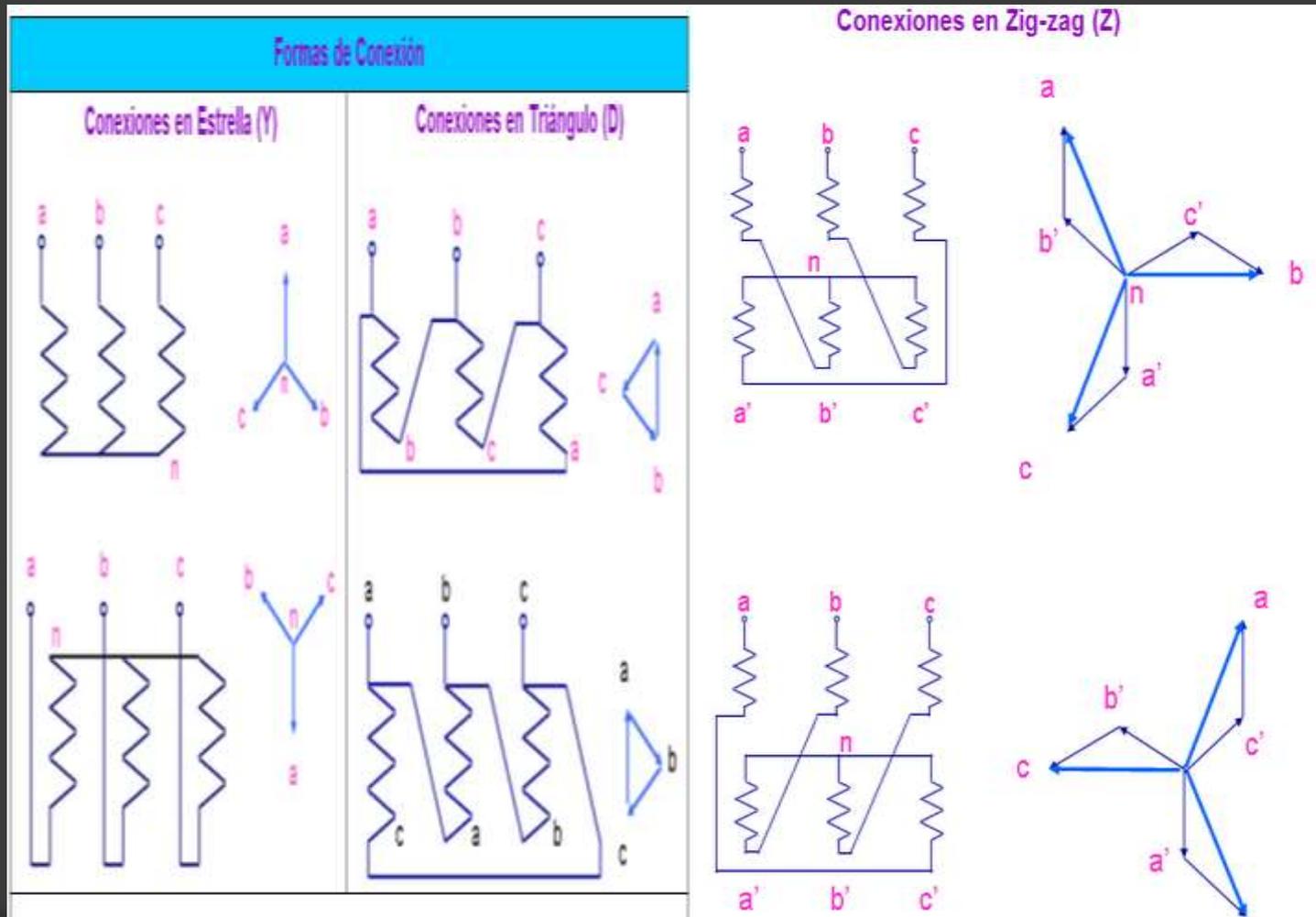
El transformador eléctrico es un dispositivo que se encarga de transformar el voltaje de corriente alterna (VAC) que le llega a su entrada, en otro voltaje también en corriente alterna de diferente amplitud, que entrega a su salida.



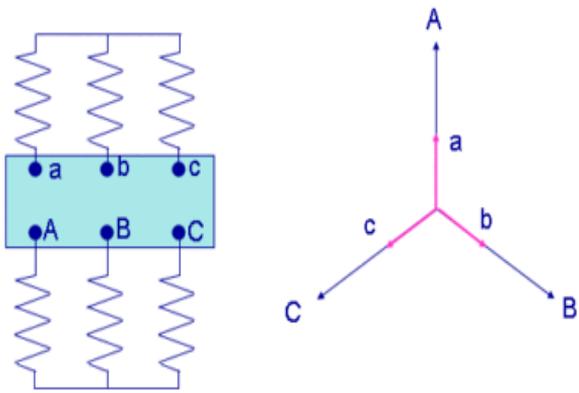
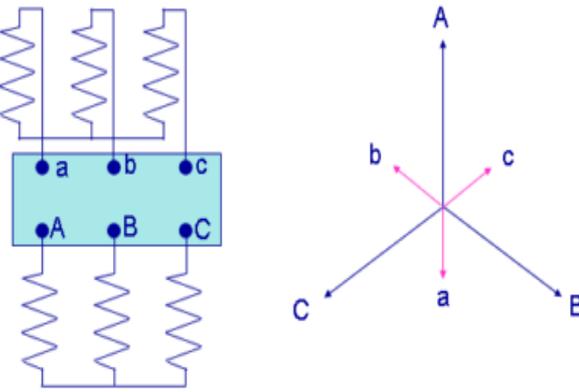
ST

PDT

Tipos de conexiones de los transformadores trifásicos



Formas de conexión índice horario

Conexión	Relación de transformación
<p>V_{FP} = Tensión fase primario; V_{FS} = tensión fase secundario; V_{LP} = Tensión línea primario; V_{LS} = tensión línea secundario</p>	
<p data-bbox="608 435 724 485" style="text-align: center;">Yy0</p> 	$V_{FP} / V_{FS} = m$ $V_{LP} / V_{LS} = (\sqrt{3} * V_{FP}) / (\sqrt{3} * V_{FS}) = m$
<p data-bbox="647 921 753 963" style="text-align: center;">Yy6</p> 	$V_{FP} / V_{FS} = m$ $V_{LP} / V_{LS} = (\sqrt{3} * V_{FP}) / (\sqrt{3} * V_{FS}) = m$

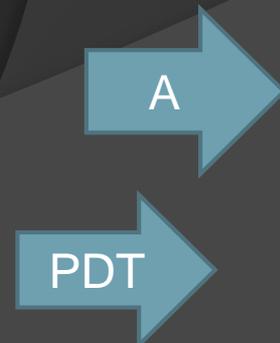
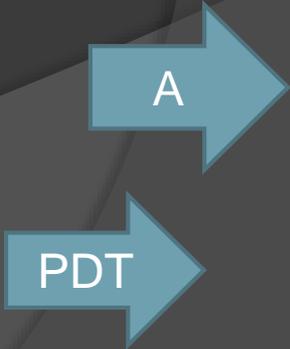


Tabla de índice de horario

1	2	3	4	5	6	7	8
Identificación	Diagrama		Esquema		Relación de tensiones compuestas (*)		Antigua denominación V.D.E.
Desfase Áng. de B.T. en retardo)	Denominación C.E.I.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.	$\frac{U_{AT}}{U_{BT}}$	
0°	Dd0					$\frac{N_A}{N_B}$	A1
	Yy0					$\frac{N_A}{N_B}$	A2
	Dz0					$\frac{2N_A}{3N_B}$	A3
150°	Dy5					$\frac{N_A}{\sqrt{3}N_B}$	C1
	Yd5					$\frac{\sqrt{3}N_A}{N_B}$	C2
	Yz5					$\frac{2N_A}{\sqrt{3}N_B}$	C3
180°	Dd6					$\frac{N_A}{N_B}$	B1
	Yya					$\frac{N_A}{N_B}$	B2
	Dz6					$\frac{2N_A}{3N_A}$	B3
-30°	Dy11					$\frac{N_A}{\sqrt{3}N_B}$	D1
	Yd11					$\frac{\sqrt{3}N_A}{N_B}$	D2
	Yz11					$\frac{2N_A}{\sqrt{3}N_B}$	D3



SEGURIDAD ELÉCTRICA

Consiste en la reducción de riesgo de un accidente eléctrico



PDT

Índice

Como las prevenimos

Elementos de protección personal

Herramientas aislantes

Señalización

Principales riesgos eléctricos

Primeros auxilios

Reglas de oro del electricista

¿Cómo los prevenimos?

Protección de la instalación eléctrica:

Todo equipo eléctrico debe estar señalizado y con advertencias visibles.

Acceso restringido a equipos o artefactos que tengan partes energizadas expuestas (transformadores y barrajes, entre otros).

Los materiales de trabajo y herramienta deben estar en buen estado



SEÑALIZACIÓN: Utilice los códigos de colores y formas dependiendo de la señalización requerida.



Azul informar



Verde emergencia



Amarillo
prevenir



Rojo prohibir



Pasos para realizar un trabajo

Aparte de realizar la 5 reglas de oro de trabajo sin tensión o si trabajamos con tensión asegurarnos de no correr riesgos

- 1) identificación de el trabajo a realizar
- 2) análisis de riesgo
planeación del trabajo
- 3) delimitación y señalización del área de trabajo
- 4) Llevar una ayudante o acompañante señalándole en caso de descarga o un accidente que debe hacer
- 5) Realizar el trabajo
- 6) Verificación de la efectividad del trabajo que se realizo
- 7) Asear el área donde se realizar el trabajo

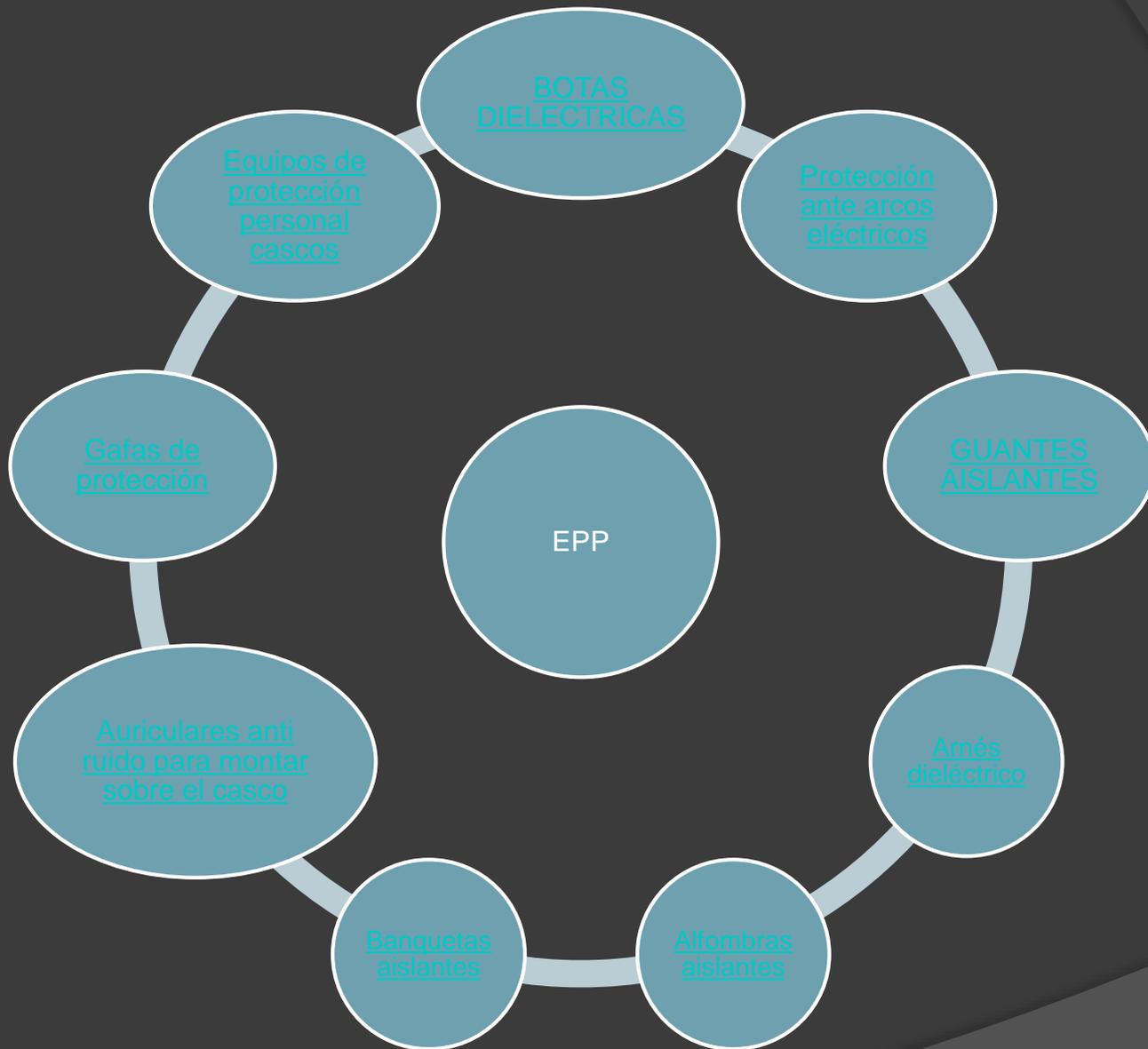
Cinco Reglas de Oro



Elementos de protección personal (epp)

El Elemento de Protección Personal (EPP), es cualquier equipo o dispositivo destinado para ser utilizado o sujetado por el trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o su salud en el trabajo. Las ventajas que se obtienen a partir del uso de los elementos de protección personal (EPP) son las siguientes: proporcionar una barrera entre un determinado riesgo y la persona, mejorar el resguardo de la integridad física del trabajador y disminuir la gravedad de las consecuencias de un posible accidente sufrido por el trabajador. La mayoría de los EPP son de fácil selección, fáciles de utilizar y existe una gran variedad de oferta en el mercado.





Equipos de protección personal cascos

TIPOS DE CASCOS

En la actualidad existen tres tipos de cascos: Clase A, B y C, los cuales deben cumplir con requisitos de absorción de impacto, resistencia a la penetración y a las llamas. Y muy importante la resistencia contra descargas eléctricas



TIPO DE CASCOS DESCARGA ELÉCTRICA

Clase A : 30.000 v

Clase B: 2.200 v

Clase C: No ofrece protección contra descargas eléctricas

EPP

I

PDT

GAFAS DE PROTECCIÓN

- Protección contra radiación U.V. y partículas sólidas.
- Ocular de policarbonato con amplio campo de visión. Tratadas anti rayaduras, contra impactos y contra productos químicos.
- Las gafas deben superar la frecuencia de emisión de 428.51 teraherz



EPP

I

PDT

AURICULARES

Auriculares anti ruidos
estos auriculares bajan el
índice de ruidos en el
área de trabajo en casos
de trabajos duros y
ruidosos deben ser
cómodos y diseñados
para no afectar el oído
Hay nuevas tecnologías
de plásticos de moldeo
para oídos oídos las



EPP

I

PDT

GUANTES AISLANTES

- Los guantes aislantes deben elegirse en función de su clase, que corresponde al nivel de tensión de utilización.

Clase	Tensión corriente alterna	Tensión corriente continua
00	500 V _{eficaz}	750 V
0	1 000 V _{eficaz}	1 500 V
1	7 500 V _{eficaz}	11 250 V
2	17 000 V _{eficaz}	25 500 V
3	26 500 V _{eficaz}	39 750 V
4	36 000 V _{eficaz}	54 000 V



EPP

I

PDT

• Los guantes aislantes pueden tener otras propiedades de resistencia al medio ambiente y se clasifican en categorías.

Categoría	Resistente a
A	Ácido
H	Aceite
Z	Ozono
R	Ácido, Aceite y Ozono
C	Muy baja temperatura

Nota 1: La categoría R combina las características de las categorías A, H y Z. **Nota 2:** Es posible utilizar cualquier combinación de categoría.



EPP

I

PDT

Sobreguantes de electricista

Son Protección de los guantes aislantes contra las agresiones mecánicas

Estos guantes mejoran el uso de los guantes aislantes.

Aportan un mejor agarre e higiene y un mayor confort



EPP

I

PDT

BOTAS DIELECTRICAS



Clase	Tensión de prueba aplicada (V)	Tensión AC máxima de uso. (ASTM D120-95 [B2])
00	1.000	750
0	5.000	1.000
1	10.000	7.500
2	20.000	17.000
3	30.000	26.500
4	40.000	36.000

son calzados destinados a proteger al usuario en trabajos eléctricos, deberán presentar una gran resistencia eléctrica para evitar que la corriente circule a través del cuerpo humano y para evitar golpes fuertes en los pies

EPP

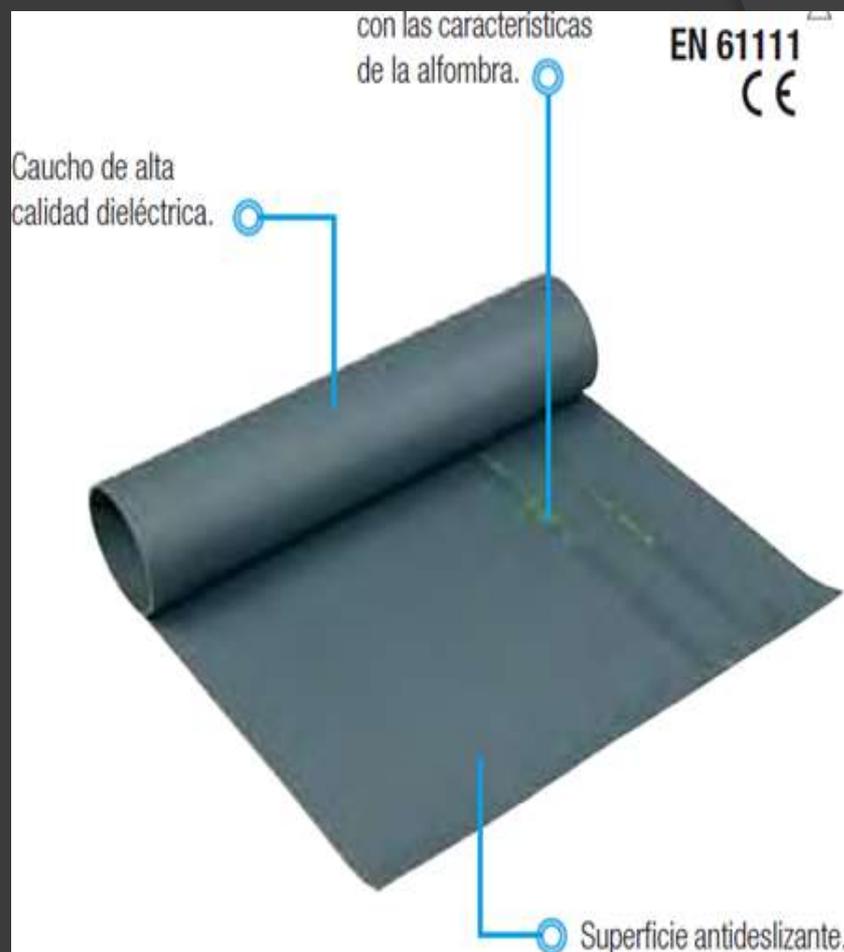
I

PDT

Alfombras aislantes

Consisten en una alfombrilla de material aislante, generalmente caucho y en algunas ocasiones goma sintética, sobre la que se coloca el trabajador para incrementar significativamente la resistencia al paso de la corriente. evitan que los trabajadores se deriven a tierra y proporcionan seguridad en caso de descarga eléctrica.

Para obtener un resultado óptimo conviene cambiarlas cada 12 meses



EPP

I

PDT

Banquetas aislantes

Al igual que las alfombrillas sirven para proporcionar a los trabajadores aislamiento respecto a tierra. Las más modernas se fabrican en material plástico, pero aún existen en uso algunas fabricadas íntegramente en madera o bien consistentes en una plataforma de madera apoyada en madera sobre patas de material cerámico



Referencia	Tensión de uso	Altura mm	
CT-7-63	≤ 63 kV	515	3 350

EPP

I

PDT

Protección ante arcos eléctricos

Estos elementos también llamados Mono de trabajo Arc Flash o anti arco eléctrico en español. Estos quipos son totalmente aislantes la persona debe estar completamente aislada de pies a cabeza.



EPP

I

PDT

Arnés dieléctrico

- Dispositivo a base de bandas o correas que se colocan alrededor del cuerpo entre el tórax, hombros y piernas. La formación del arnés permite distribuir la fuerza de carga en todo el cuerpo utilizados para trabajos de alturas mayores a 150 cm
- Al ser dieléctrico no debe tener ninguna parte conductora



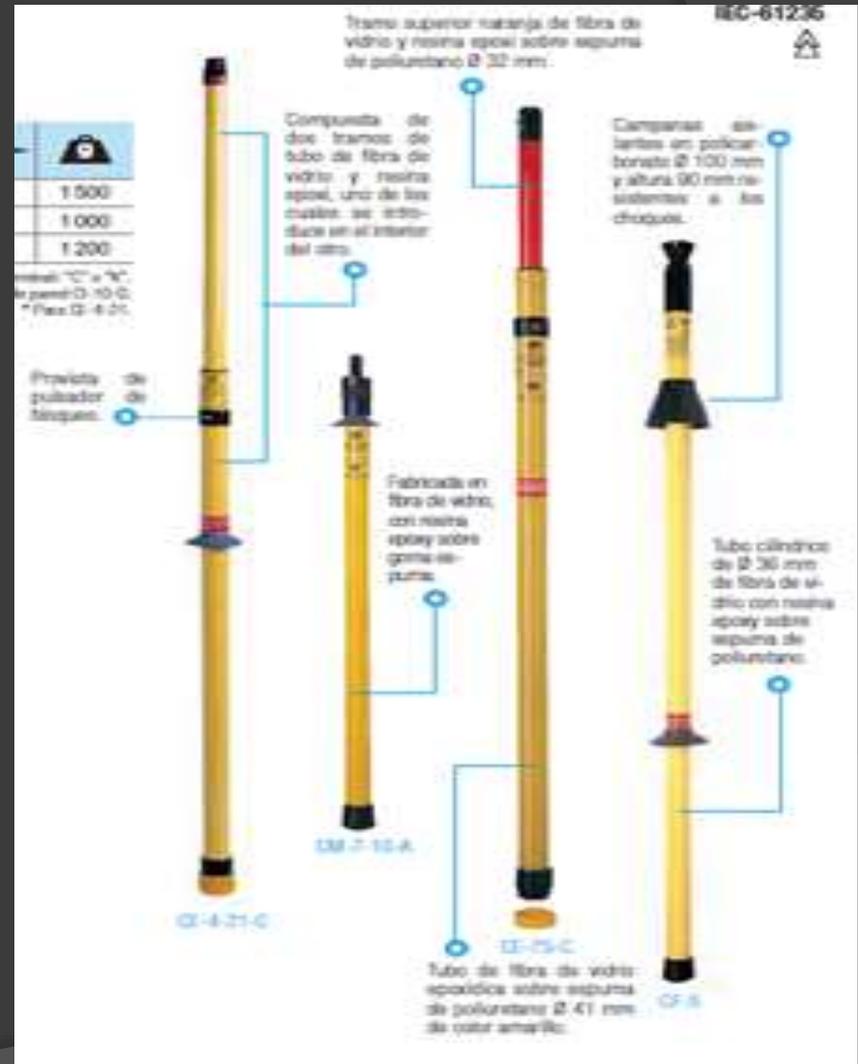
Herramientas aislantes

- Las herramientas de nosotros como electricistas debe es primordial para trabajar seguros ya que la herramienta con aislante nos protegerá de las descargas eléctricas todo debe ser aislante como las epp procurar que sea lo ultimo en tecnología aislante y que no sean tan pesadas para tener mayor movilidad



Pértigas aislantes

- Estos equipos están diseñados para permitir al trabajador efectuar su tarea sin tener que aproximarse o entrar en contacto con las partes activas de la instalación.
- Además de aumentar la resistencia de contacto y dificultar el paso de corriente eléctrica,
- mediante sus dimensiones ayudan a mantener una distancia adecuada para evitar los arcos eléctricos. Suelen ser extensibles y estar dotadas de una empuñadura, o, en su defecto de unas marcas que indican a partir de donde no debemos colocar nunca nuestras manos



Primeros auxilios

EN ESTE INFORME VAMOS A
ENCONTRAR LA INFORMACIÓN
BÁSICA DE PRIMEROS AUXILIOS EN
ACCIDENTES ELÉCTRICOS



Tengamos en cuenta

Si alguno de nuestros compañeros sufre algún accidente es de suma importancia que le sean prestados los primeros auxilios con prontitud. Antes de realizar cualquier acción, acuda al personal de seguridad responsable o a personas que puedan asistirlo. Es muy importante contar con equipos de comunicación confiables



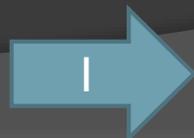
EN EL LUGAR EL ACCIDENTE

- Verifique que su compañero no continúe en Contacto eléctrico.
- Si sospecha contacto eléctrico busque la Fuente y suspenda la energía con un elemento Aislante.
- No se exponga a la electricidad sin la protección adecuada



.Cuando esté completamente seguro de haber aislado a su compañero del contacto con la electricidad, asegúrese de verificar la presencia de pulso y respiración.

- Ausencia de movimiento o respuesta
- Ausencia de respiración.



Respiración boca a boca

Paso 1:

Con un dedo saque rápidamente cualquier cosa que esté atorada en la boca o en la garganta, luego hale la lengua hacia adelante

Si hay moco en la garganta, trate de sacarlo rápidamente.

Paso 2:

Suavemente acueste a su compañero boca arriba. Dóblele la cabeza hacia atrás con cuidado y hale su quijada hacia adelante.

Paso 3:

Tape la nariz de la víctima con sus dedos,

Ábrale bien la boca y tápela completamente

Con la suya. Sople con fuerza dos veces hasta

Inflar los pulmones, deje que salga el aire y repita el procedimiento cada 5 segundos





Continúe dándole respiración boca a boca hasta que su compañero pueda respirar solo o hasta que no quede ninguna duda de que haya fallecido. Tenga en cuenta que a veces hay que seguir tratando por más de una hora



Posterior a la finalización de la ayuda, asee su boca y manos para evitar el riesgo de contagio de algún tipo de enfermedad.

Recuerde poner a la víctima de lado una vez recupere la conciencia para evitar ahogo. Si sospecha traumas fuertes en la columna, tenga mucho cuidado y no mueva al Paciente sin inmovilizarlo. Una vez considere que su compañero se encuentra estable, revise otras posibles lesiones, como quemaduras de mayor grado, fracturas y hemorragias, entre otros.



Masajes cardiacos

Paso 1:• Ubique la parte baja del esternón (hueso que se encuentra en la mitad del pecho) y cuente dos dedos hacia arriba a partir de este punto.

- Estire muy bien los brazos y póngalos en posición vertical para iniciar el masaje.
- Tenga en cuenta que no puede doblar ni inclinar los brazos durante el masaje. A Proceder con la aplicación de los masajes cardiacos.

La frecuencia es de 100 masajes por minutos



PRINCIPALES RIESGOS ELÉCTRICOS

- Es de gran importancia evaluar los riesgos en sus instalaciones eléctricas, con el fin de tomar las medidas necesarias para garantizar la seguridad de personas, animales, vegetación y ambiente



*ELECTRICIDAD ESTÁTICA: Se genera a causa de la unión y separación constante de materiales con la presencia de un aislante.
Solución: Instalar sistemas de puesta a tierra y conexiones equipotenciales. Aumentar la humedad relativa y utilizar pisos conductivos.

*CONTACTO INDIRECTO: Se puede causar por fallas de aislamiento, falta o deficiencia en su mantenimiento o por la ausencia de puestas a tierra.

Solución: Separar circuitos y conexión equipotencial. Realizar mantenimientos preventivos y correctivos e implementar sistemas de puesta a tierra.



***CONTACTO DIRECTO EN REDES ELÉCTRICAS:** Es el contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica.

Solución: Mantener distancias de seguridad, aislamiento, elementos de protección personal, puestas a tierra y ausencia de tensión.

***CORTOCIRCUITOS:** Este tipo de fallas generalmente se dan cuando se unen dos conductores generando chispa.

Solución: Utilizar fusibles, cortacircuitos e interruptores. Revisar el estado de los conductores o cables periódicamente y no ser tan bobo de unir los cables

CONTACTO DIRECTO



***EQUIPO DEFECTUOSO:** Este tipo de fallas pueden originarse por falta de mantenimiento en los equipos, mala instalación o transporte inadecuado.

Solución: Hacer mantenimientos predictivos y preventivos.
Mantener las instalaciones según las normas técnicas

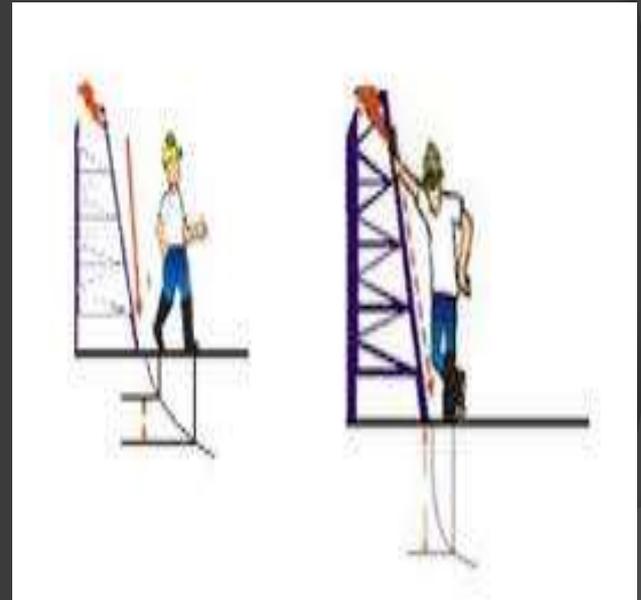


***RAYOS:** Las averías a causa de los rayos se dan por fallas de diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de protección. Solución: Instalar dispositivos de protección contra sobretensiones, pararrayos, bajantes, sistemas de puesta a tierra, apantallamiento y equipotencialidad



***TENSIÓN DE PASO:**
Son generadas por rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento y descuidos en las distancias de seguridad.

Solución: Tener alta resistencia del piso bajo los pies y sistemas de puesta a tierra adecuados. Restringir el acceso y mantener equipotencialidad



* **ARCO ELÉCTRICO:** Es originado por malos contactos, cortocircuitos, apertura de interruptores con carga y/o apertura o cierre de seccionadores.

Solución: Utilizar materiales envolventes contra arcos, distancias de seguridad y equipos de protección personal. No trabajar en líneas energizadas de baja tensión

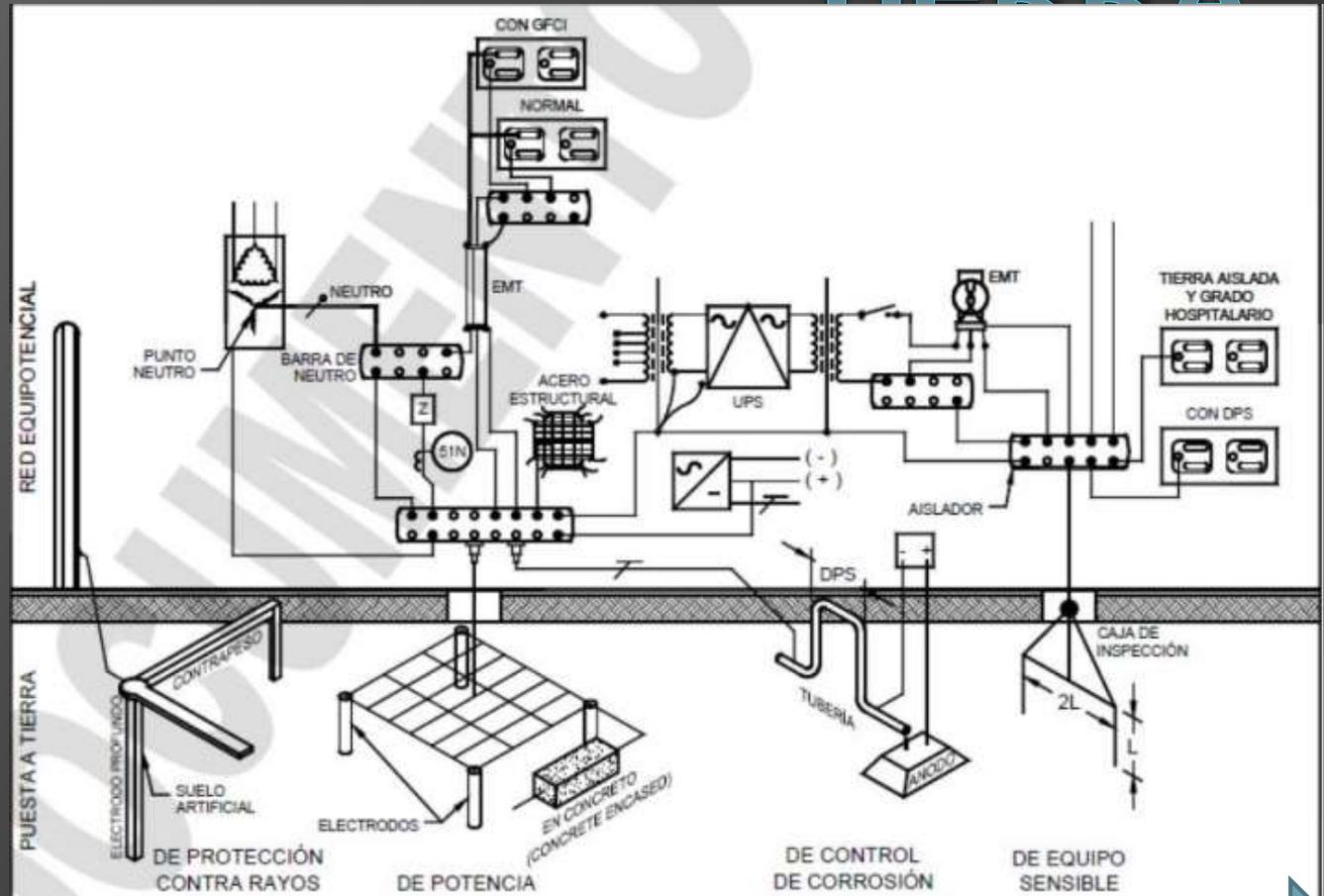
* **SOBRECARGA:** Generalmente se origina por violar los límites nominales o por incumplir las normas en las instalaciones y armónicos.

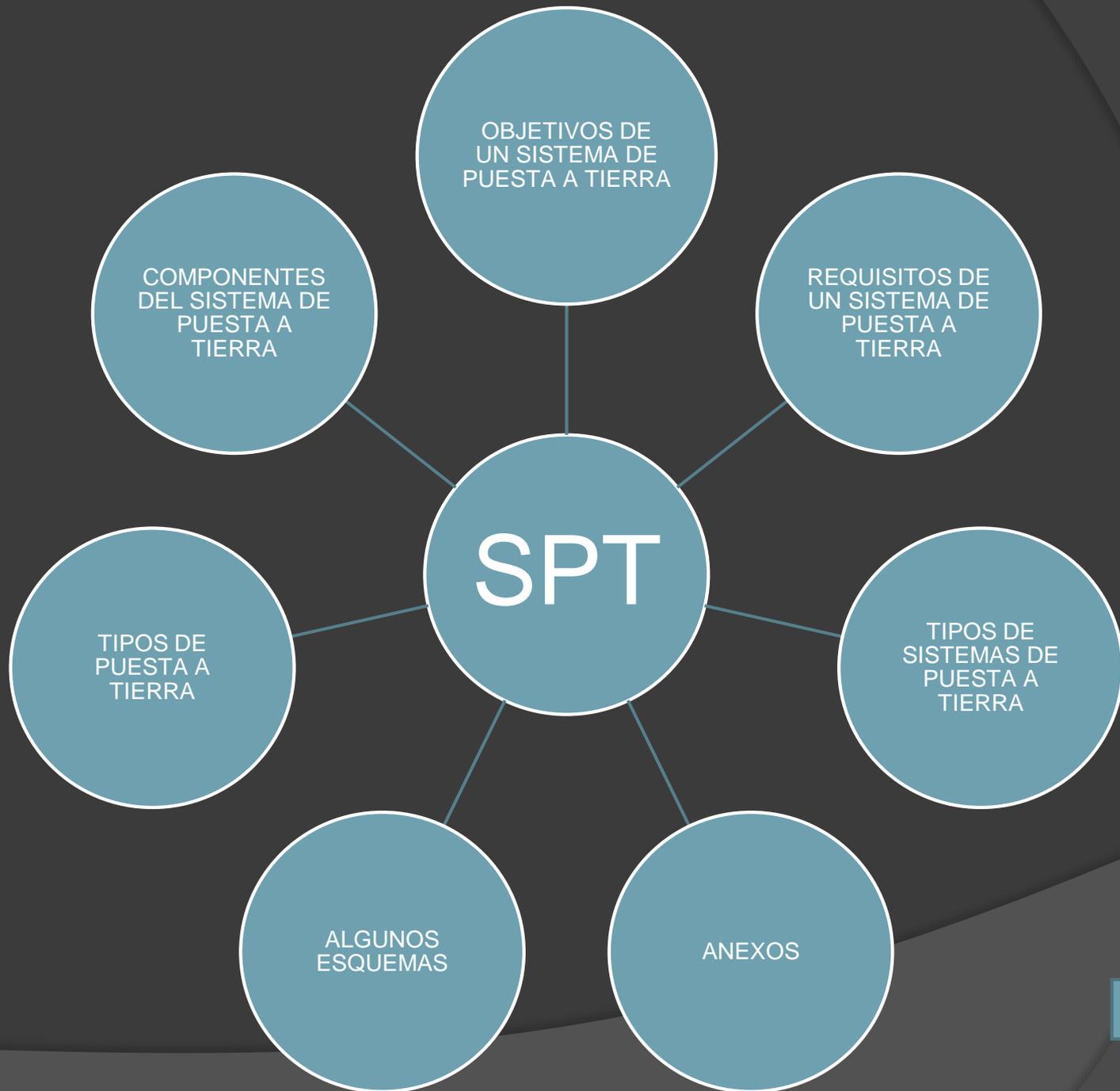
Solución: Instalar interruptores automáticos, fusibles



SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Es un conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin riesgo de interrupción involuntaria, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial.





OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Los objetivos de instalar la puesta a tierra en conductores eléctricos, materiales y partes de equipo que no deben transportar corrientes eléctricas indeseables en forma permanente son:

- Conducir a tierra todas las corrientes de fuga, producidas por una falla de aislamiento que haya energizado las carcasas de los equipos eléctricos.
- Evitar que en las carcasas metálicas de los equipos eléctricos aparezcan tensiones que resulten peligrosas para la vida humana.
- Permitir que la protección del circuito eléctrico (disyuntor magnético térmico), despeje la falla, en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Limitar sobretensiones debidas a descargas atmosféricas y fenómenos transitorios.
- Limitar la diferencia de potencial a tierra en un circuito, durante su operación normal. Elementos que conforman un sistema de puesta a tierra.



SPT



PDT

REQUISITOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Los requisitos principales de una puesta a tierra se pueden resumir en lo siguiente:

- Permitir la conducción a tierra de cargas estáticas o descargas atmosféricas.
- Garantizar a niveles seguros los valores de la tensión a tierra de equipos o estructuras accidentalmente energizados y mantener en valores determinados la tensión fase–tierra de sistemas eléctricos, fijando los niveles de aislamiento.
- Permitir a los equipos de protección aislar rápidamente las fallas.

Ahora bien, para realizar adecuadamente estas funciones, una puesta a tierra debe presentar las siguientes características:

- Baja resistencia
- Capacidad de conducción.



SPT



PDT

COMPONENTES DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Conectores y soldaduras

Conductores de enlace

Barrajes o conductores equipotenciales

Electrodos de puesta a tierra

SPT

PDT

Conectores y soldaduras

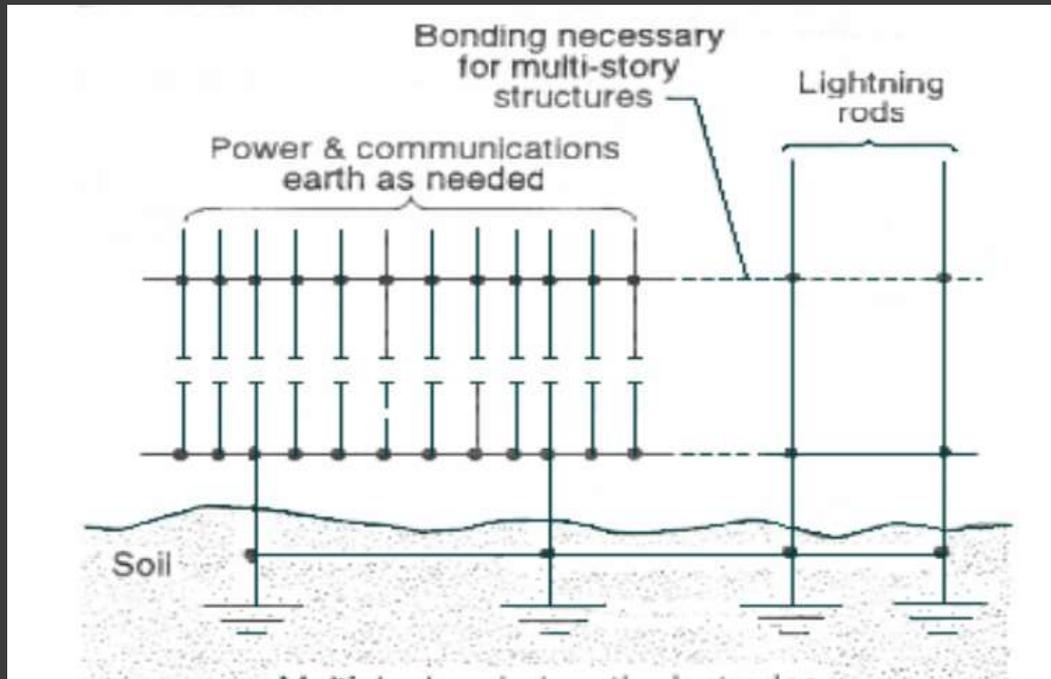


Los elementos que conforman el sistema de puesta a tierra deben soportar las condiciones ambientales del sitio donde están instalados, tener una mínima resistencia eléctrica y capacidad para soportar las corrientes de falla que se puedan presentar. Las conexiones de estos se realizan con soldadura exotérmica o conectores mecánicos aprobados.

CSPT

SPT

PDT



Conductores de enlace

Transmiten el potencial de seguridad y referencia existente en el suelo a cualquier equipo o lugar de la instalación. Estos conductores deben tener un correcto dimensionamiento, para que sea efectiva la seguridad y estabilidad de los electrodos de puesta a tierra a un componente que esté en puntos remotos con respecto a estos.

CSPT

SPT

PDT

Los conductores de enlaces son los siguientes:

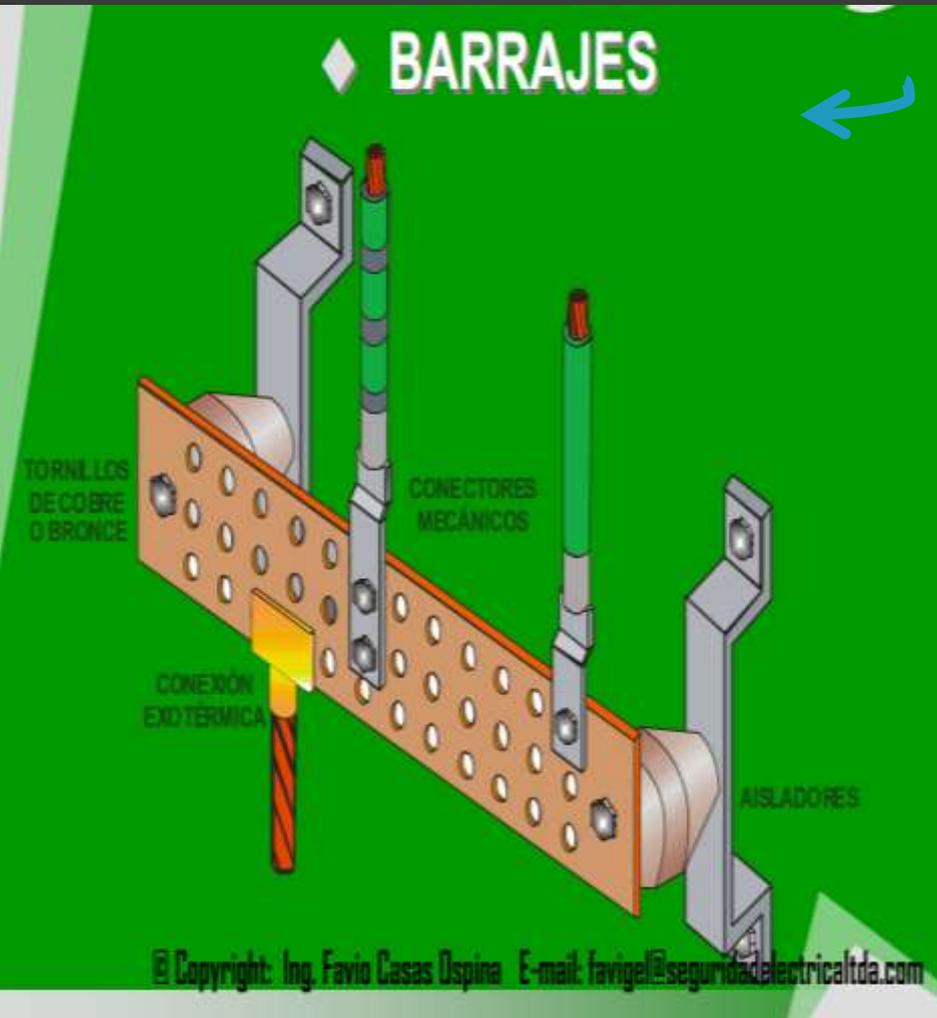
- Conductor del electrodo de puesta a tierra: enlaza, mediante el primer barraje equipotencial de la instalación, el electrodo de puesta a tierra con el conductor de puesta a tierra.
- Conductor de puesta a tierra del sistema: es aquel que viene del primer barraje equipotencial y recorre la instalación llegando a todas las áreas ni equipos donde están los barrajes equipotenciales. No tiene ni empalmes ni uniones. Se considera también como el principal conductor para la puesta a tierra de equipos.
- Puentes de conexión equipotencial: conductores o uniones con mínima resistencia eléctrica, para así tener la continuidad necesaria entre las partes que están conectadas entre si. El puente de conexión más importante es un puente con mínima resistencia y sin ningún empalme, éste está entre el lado del suministro, el conductor de puesta a tierra de la acometida y el conductor de puesta a tierra.; otro puente es el que está entre varias partes del conductor de puesta a tierra a equipos que son los puentes de conexión equipotencial, el cual consiste en conductores o uniones que tienen una mínima resistencia

CSPT

SPT

PDT

Barrajes o conductores equipotenciales



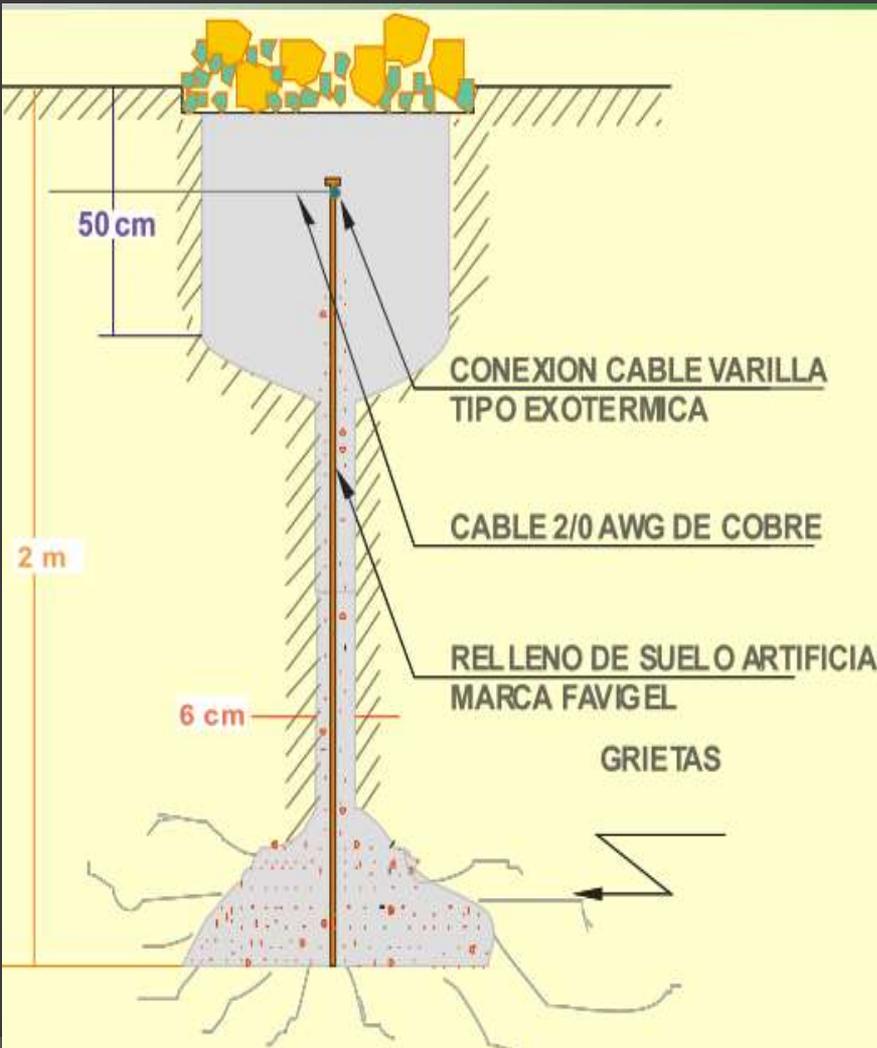
Barras de sección rectangular o cilíndrica que permiten el agrupamiento de múltiples conexiones a tierra en un punto. Entre los principales equipos y áreas que se deben dotar de barrajes equipotencialmente encontramos: equipos de acometidas, subestaciones, salas de equipos, entre otros.

CSPT

SPT

PDT

Electrodos de puesta a tierra



Contacto entre las instalaciones eléctricas y el suelo. La conductividad eléctrica del suelo, sirve de soporte eléctrico y da la seguridad a instalaciones y equipos eléctricos.

CSPT

SPT

PDT

TIPOS DE PUESTA A TIERRA

Puesta a tierra de protección

Puesta a tierra de servicio

A blue arrow pointing to the right, containing the text 'SPT' in white.

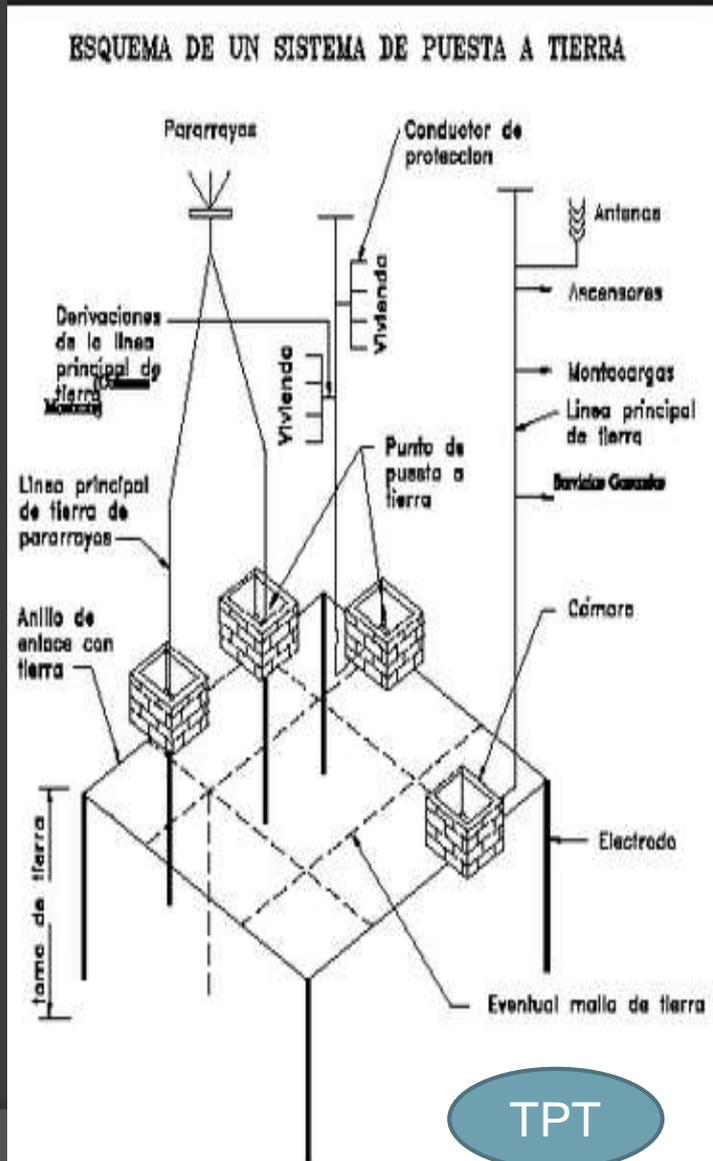
SPT

A blue arrow pointing to the right, containing the text 'PDT' in white.

PDT

Puesta a tierra de protección

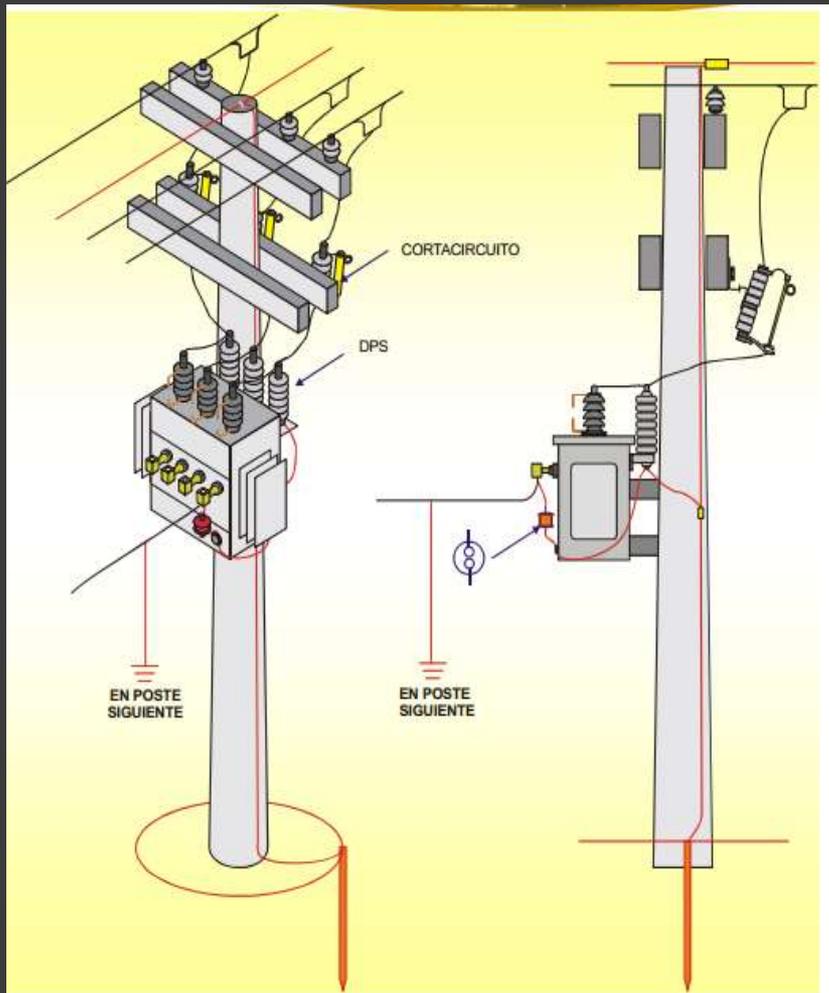
Todas las partes metálicas de una instalación que no pertenecen al circuito de corriente de trabajo (que no están en tensión normalmente) pero que pueden entrar en tensión a causa de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones, deben estar conectadas a tierra. Por tanto, en general, hay que conectar a tierra los siguientes elementos de la Instalación: Chasis y bastidores de aparatos de maniobra; envolventes de armarios metálicos; puertas metálicas de los locales; vallas y cercas metálicas, estructuras y armaduras metálicas de edificios con instalaciones de alta tensión (1 kw); blindajes metálicos de los cables y los conductos y tuberías metálicas; y las carcassas de transformadores, generadores, motores y otras máquinas.



SPT

PDT

Puesta a tierra de servicio



Es la que pertenece al circuito de corriente de trabajo.

Hay que conectar: neutros de transformadores, alternadores, etc., circuitos de baja tensión de transformadores de medida; dispositivos de eliminación de sobretensiones; los circuitos de tierra a pararrayos.

TPT

SPT

PDT

ANEXOS

Medida de la Resistencia a Tierra

Medida de resistencia de puesta a tierra sobre pavimentos o suelos de concreto

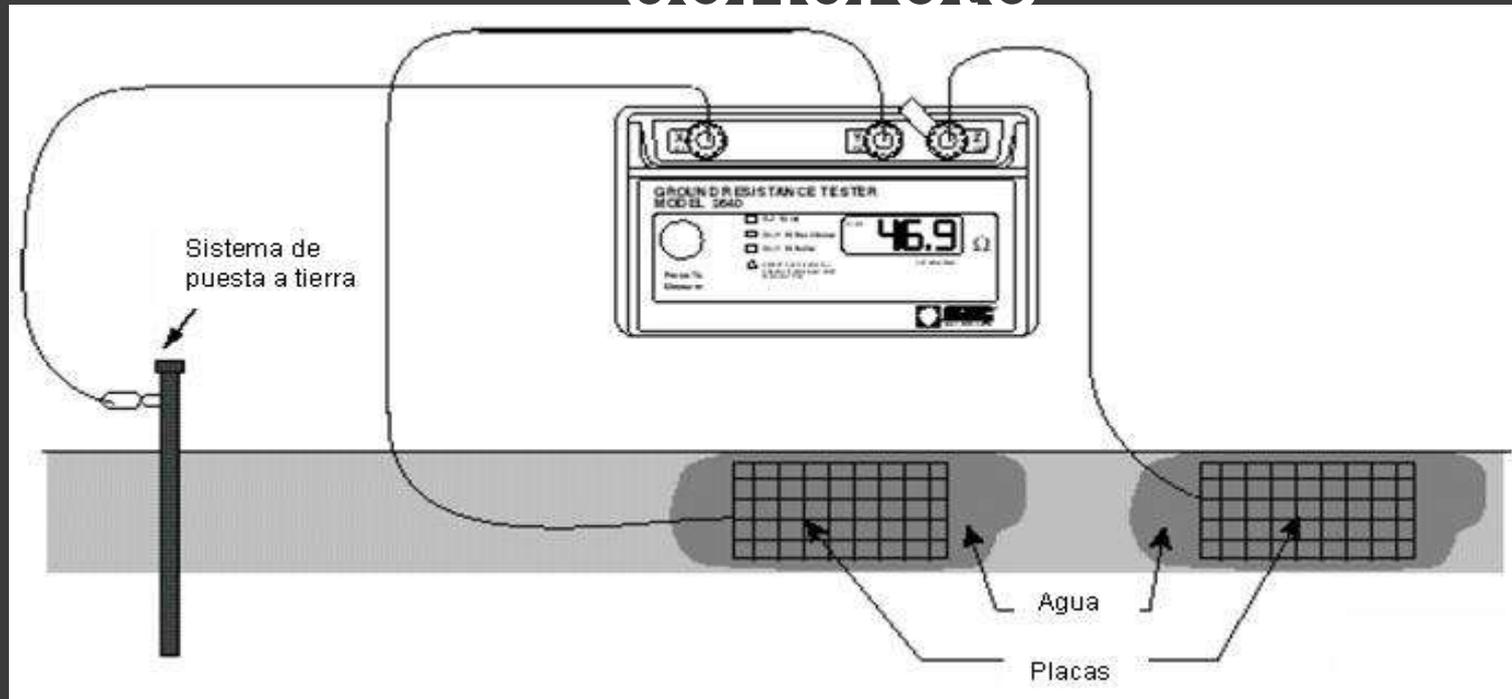
La medida de la RPT mediante medidor tipo pinza

Tablas y formulas

SPT

PDT

Método de resistencia de puesta a tierra sobre pavimentos o suelos de concreto



Si el sistema de puesta a tierra se encuentra rodeado de suelos cubiertos por pavimentos, concreto o cemento y en los cuales no es fácil la colocación de los electrodos de prueba tipo varilla. En tales casos pueden usarse placas de cobre para reemplazar los electrodos auxiliares y agua para remojar el punto y disminuir la resistencia de contacto con el suelo, como se ilustra en la figura.

AT

SPT

PDT

La medida de la RPT mediante medidor tipo pinza

La medida de la RPT mediante medidor tipo pinza, es un método práctico que viene siendo ampliamente usado para medir la puesta a tierra en sitios donde es imposible usar el método convencional de caída de potencial, como es el caso de lugares densamente poblados, celdas subterráneas, centros de grandes ciudades, entre otros. El medidor tipo pinza mide la resistencia de puesta a tierra de una varilla o sistema de puesta a tierra simplemente abrazando el conductor de puesta a tierra o bajante como lo ilustra la figura.



AT

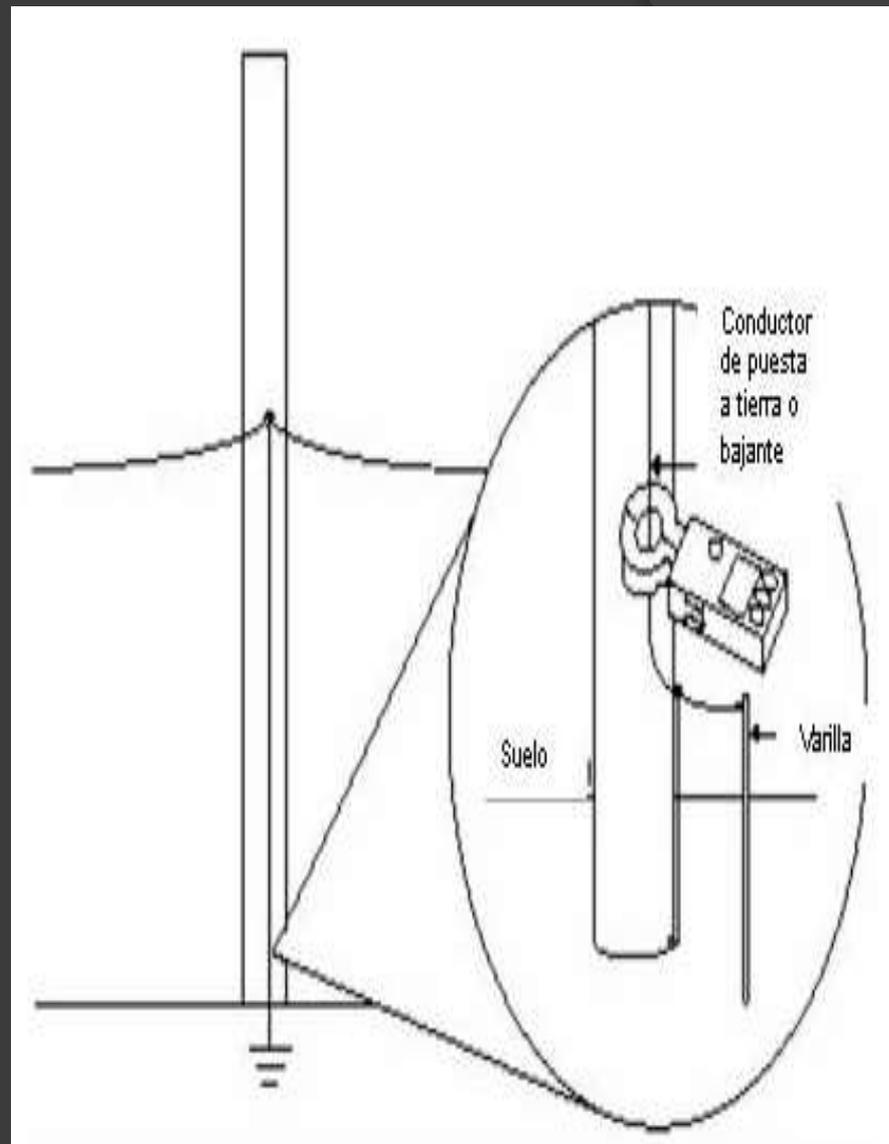
SPT

PDT

El principio de operación es el siguiente:

El neutro de un sistema multiaterrizado puede ser representado como el circuito simple de resistencias de puesta a tierra en paralelo. Si un voltaje “E” es aplicado al electrodo o sistema de puesta a tierra Rx, la corriente “I” resultante fluirá a través del circuito.

Típicamente los instrumentos poseen un oscilador de voltaje a una frecuencia de 1.6 kHz y la corriente a la frecuencia generada es recolectada por un receptor de corriente. Un filtro interno elimina las corrientes de tierra y ruido de alta frecuencia.



AT

SPT

PDT

Medida de la Resistencia a Tierra

La medida de la resistencia de aislamiento a tierra es imprescindible en la mayoría de las instalaciones de monitorización y control que tienen relación con la ingeniería de tránsito. Al término de cada instalación se procederá a la toma de lecturas de resistencia eléctrica al paso de corriente en ohms bajo el método de la caída de tensión ó de los tres puntos, conforme a la norma IEEE Std. 80. En este método se utiliza una sonda de tensión y una de corriente conectadas a dos electrodos de referencia los cuales se colocan a una distancia conveniente a fin de que no se vean influenciadas por la propia instalación. Así mismo la distancia entre sondas deberá ser tal que se eviten los fenómenos de interferencia. Para realizar esta toma de lecturas se utilizará un probador de tierras “megger” de tres bornes Mca. LEM mod. HANDY GEO, SATURN GEO plus, o similar.



AT

SPT

PDT

Conductor del electrodo de puesta a tierra

Tomada y adaptada de la Tabla 250-94. NTC 2050

Sección transversal mayor conductor de suministro eléctrico		Sección transversal conductor del electrodo de puesta a tierra	
mm ²	AWG	mm ²	AWG
33,62 o menor	2 o menor	8,36	8
42,20 a 53,50	1 o 1/0	13,29	6
67,44 a 85,02	2/0 o 3/0	21,14	4
107,21 a 177,34	4/0 a 350 kcmil	33,62	2
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	53,50	1/0
329,35 a 557,37	650 a 1100 kcmil	67,44	2/0
608,04 o mayor	1200 o mayor	85,02	3/0

→

AT

SPT

PDT

Tomada y adaptada de la Tabla 250-95. de la NTC 2050

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente	Sección mínima en cobre	
	mm	AWG
Amperios	□	□
15	2,08	14
20	3,30	12
30	5,25	10
40	5,25	10
60	5,25	10
100	8,36	8
200	13,29	6
300	21,14	4
400	26,66	3
500	33,62	2
600	42,20	1
800	53,50	1/0
1000	67,44	2/0
1200	85,02	3/0
1600	107,21	4/0
2000	126,67	250 kcmil
2500	177,34	350 kcmil
3000	202,68	400 kcmil
4000	253,25	500 kcmil
5000	354,69	700 kcmil
6000	405,36	800 kcmil

CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS

AT

SPT

PDT

Los electrodos de puesta a tierra deben cumplir con los siguientes requisitos:

Tipo de electrodo	Materiales	Dimensiones mínimas			
		Diámetro (mm)	Área (mm ²)	Espesor (mm)	Recubrimiento (μ m)
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			250
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Cobre cincado	25		2	55
Tipo de electrodo	Materiales	Dimensiones mínimas			
Fleje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable	Cobre	1,8 para cada hilo	25		
	Cobre estañado	1,8 para cada hilo	25		
Placa	Cobre		20000	1,5	
	Acero inoxidable		20000	6	



AT

SPT

PDT

VALORES DE REFERENCIA PARA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable guarda	20 Ω
Centrales y Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Subestaciones pequeñas (IEEE)	5 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω

→
AT

SPT

PDT

MAXIMA TENSION DE CONTACTO PARA UN SER HUMANO

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios
500 milisegundos	80 voltios	164 voltios
400 milisegundos	130 voltios	183 voltios
300 milisegundos	200 voltios	211 voltios
200 milisegundos	270 voltios	259 voltios
150 milisegundos	300 voltios	299 voltios
100 milisegundos	320 voltios	366 voltios
50 milisegundos	345 voltios	518 voltios



MAXIMA RESISTENCIA PERMITIDA

Valores máximos de resistencia al medir equipotencialidad o continuidad y resistencia de los conductores

Para una conexión de puesta a tierra	10 mΩ
Para un enlace equipotencial	0,1 Ω
Entre los puntos extremos de una puesta a tierra	1 Ω
Entre el barraje equipotencial y la puesta a tierra	5 mΩ
Para los conductores bajantes	0,3 Ω
Para el conductor de neutro	0,25 Ω

AT

SPT

PDT

FORMULAS

Corriente máxima que tolera una persona de 50 Kg, con una probabilidad del 95% de sobrevivencia (max 3 seg).

$$I_b = \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

Donde:

I_b = Corriente en amperios

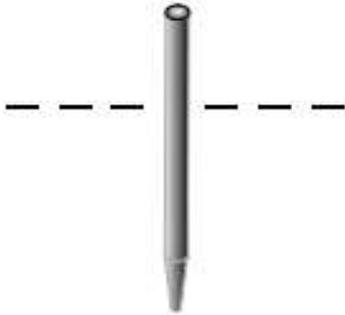
t = Duración de la corriente en segundos

AT

SPT

PDT

RESISTENCIA DE UN ELECTRODO



$$R = \rho L / a$$

Donde:

- ◆ ρ es la resistividad de tierra en ohm-cm
- ◆ L es el largo del electrodo
- ◆ a es el área de sección del electrodo

AT

SPT

PDT

TIPOS DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Los principales tipos de Sistemas de Puestas a Tierra son:

- Sistema de varilla "Cooper Well"
- Sistema de plancha
- Sistema de red o malla
- Sistema de disco
- Sistema de esfera



SPT

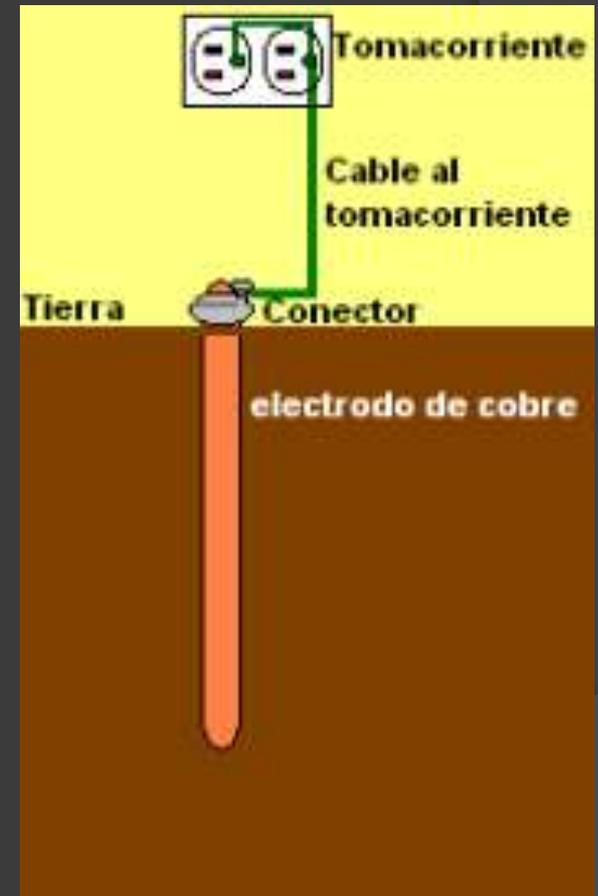


PDT

Sistema de varilla "Cooper Well"

Este sistema de puesta a tierra consiste en una varilla de cobre o de hierro colado ubicada en el suelo, cerca al medidor, con una longitud mínima de 2,40 mts. y un espesor de 5/8".

De su extremo superior se deriva, por medio de un empalme, un hilo conductor en cobre, que ingresa a la instalación eléctrica haciendo contacto con todas las partes metálicas que la conforman. El empalme entre el hilo y la varilla puede ser elaborado mediante una abrazadera de cobre o utilizando soldadura exotérmica.

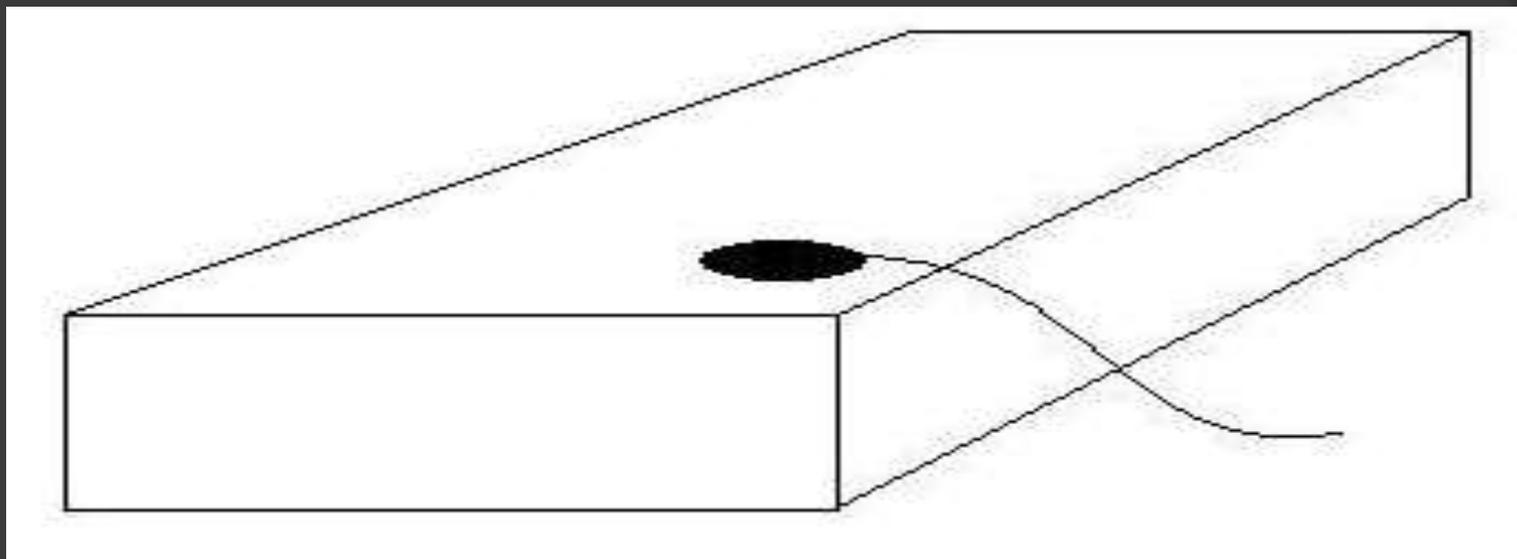


TSPT

SPT

PDT

Sistema de plancha



Este tipo de sistema de puesta a tierra puede reemplazar al de la varilla de Cooper well a nivel residencial. Se trata de una plancha en cobre enterrada en el suelo cerca a la instalación dentro de un terreno preparado previamente.

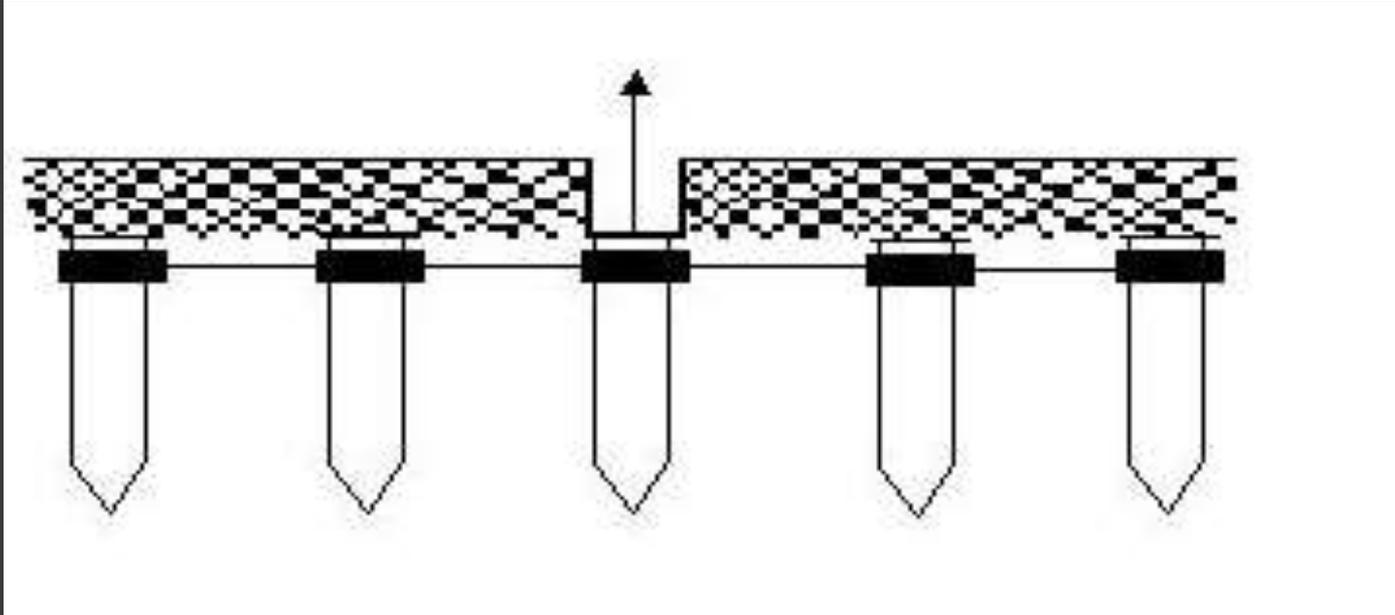
El hilo conductor que se distribuye se deriva de la plancha por medio de un empalme elaborado con soldadura de plata o de cobre aplicada con soplete. Su profundidad mínima ha de ser de 40 cm. Es usada en terrenos donde no puede ser posible la conexión de la varilla Cooper well por causa de la profundidad.

TSPT

SPT

PDT

Sistema de red o malla



Se trata de un sistema de varilla Cooper well reforzada que se emplea para sistemas eléctricos de carga elevada en instalaciones tipo comercial e industrial.

Consiste en la interconexión de (3) o más varillas dependiendo de la carga, ubicándolas en diferentes puntos de un terreno y derivando de allí el hilo conductor que se distribuye por la instalación eléctrica. La instalación mínima entre varillas debe ser del doble de la longitud de cada una de ellas. Los empalmes deben ser elaborados con soldadura exotérmica. Deben empezar a ser utilizados con cargas iguales y superiores a 7,5 kW. En cada punto de ubicación de cada varilla es indispensable preparar el terreno.

TSPT

SPT

PDT

Sistema de disco

El sistema de puesta a tierra en forma de disco es utilizado a nivel industrial con el fin de aterrizar las cargas eléctricas que se encuentran en reposo en la superficie de las máquinas y/o equipos (electrostática).

Se trata de un disco hecho en acero colado que actúa de forma individual para las carcasas de los equipos; se ubica en el suelo a poca profundidad (entre 10 y 30 cm), derivando se de él un hilo conductor en cobre que hace contacto con la estructura metálica de la maquinaria. La electrostática se produce en máquinas que funcionen o presenten fricción.



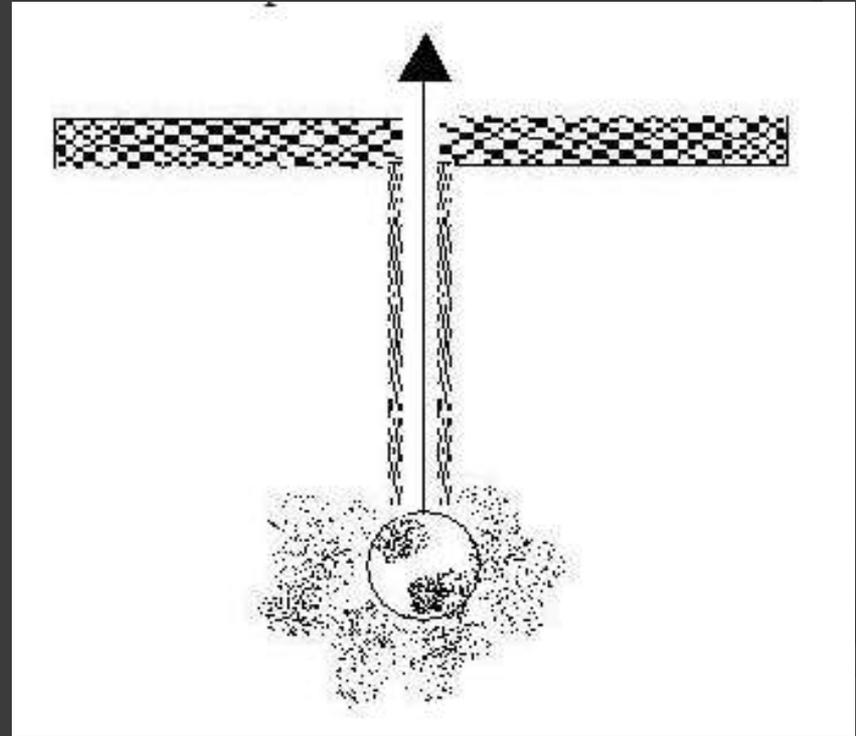
TSPT

SPT

PDT

Sistema de esfera

Este tipo de sistema de puesta a tierra es utilizado para aterrizar cargas de alto nivel eléctrico, en redes de alta tensión. Se trata de una esfera en acero con un diámetro mínimo de 20 cm. que se ubica en el suelo a una profundidad muy grande (de entre 10 y 20 mts de la superficie). De su cuerpo se desprende un hilo conductor a través de un ducto, dirigiéndose a la superficie, evitando el contacto con la tierra, con el fin de evitar que se presente tensiones de paso.



TSPT

SPT

PDT

ALGUNOS ESQUEMAS



TIERRAS INTERCONECTADAS

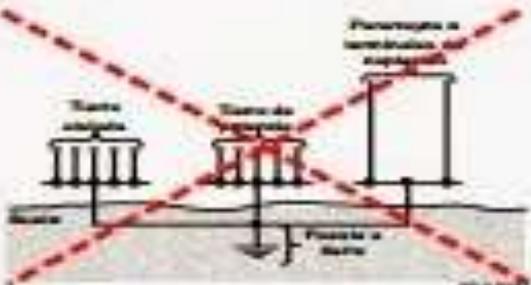
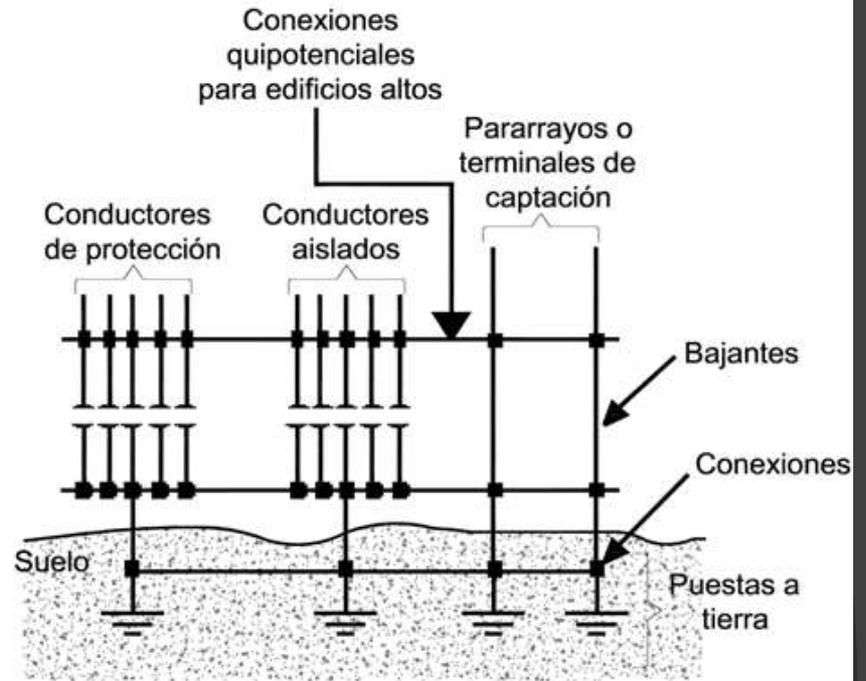


Figura 15.3. Una sola puesta a tierra para todas las necesidades

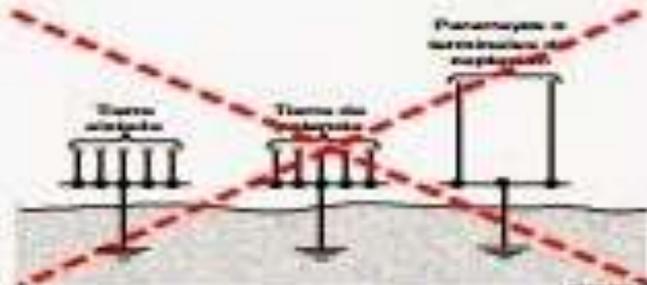


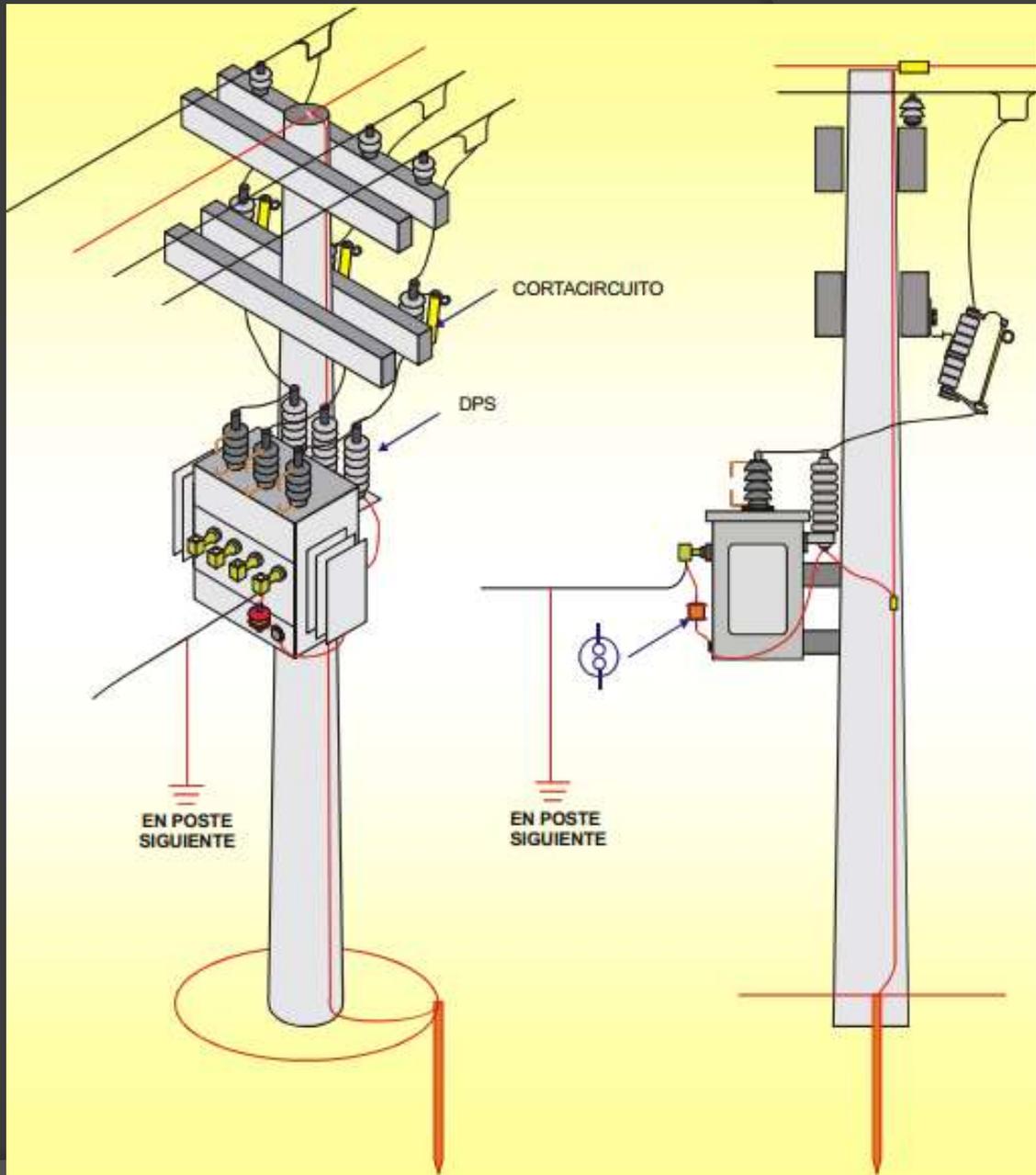
Figura 15.2. Puestas a tierra separadas o independientes

CONEXIÓN A TIERRA DE POSTES DE ENERGÍA ELECTRICA

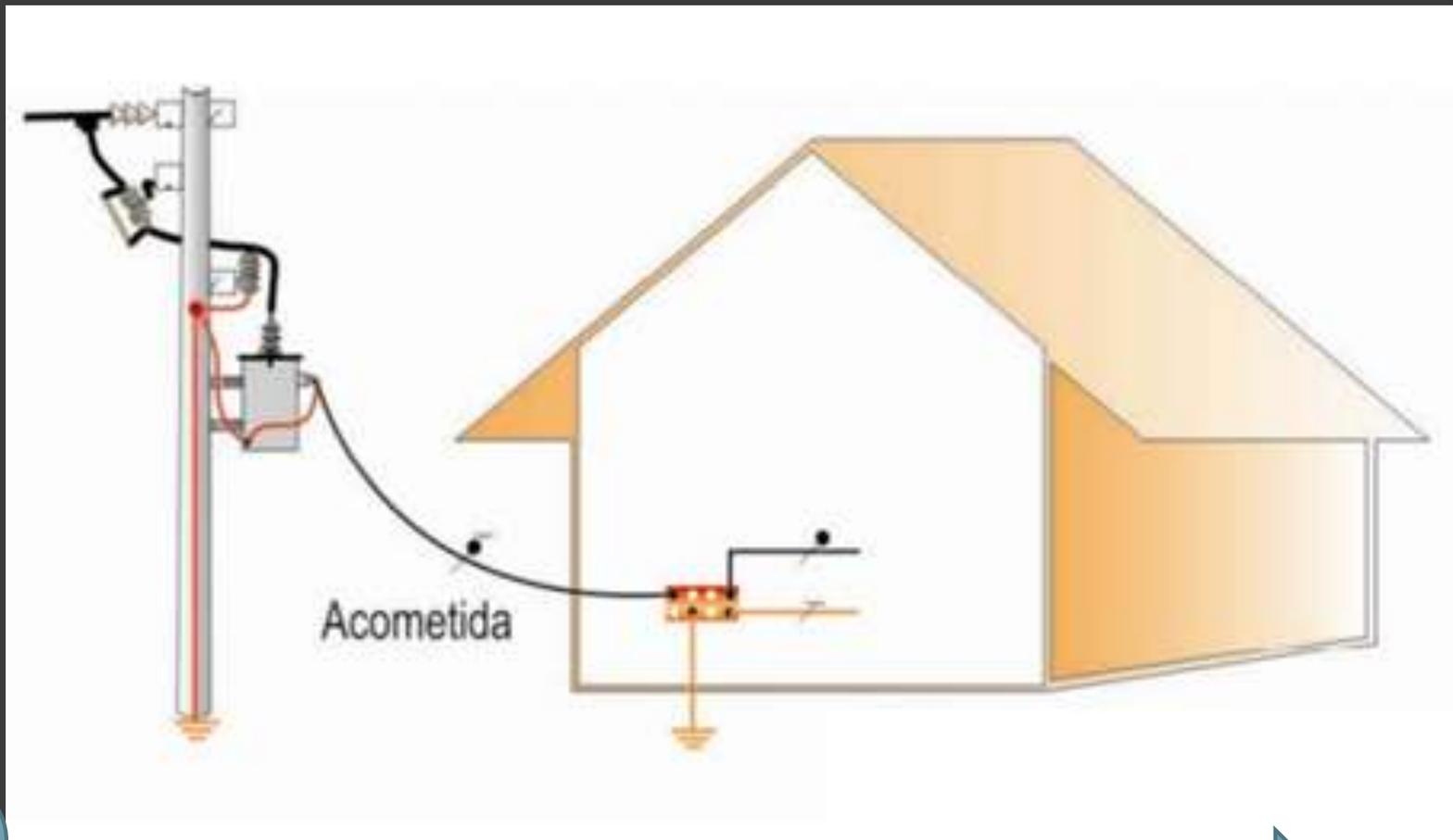
AE

SPT

PDT



CONEXION A TIERRA DE POSTE A TABLERO DE CONTROL

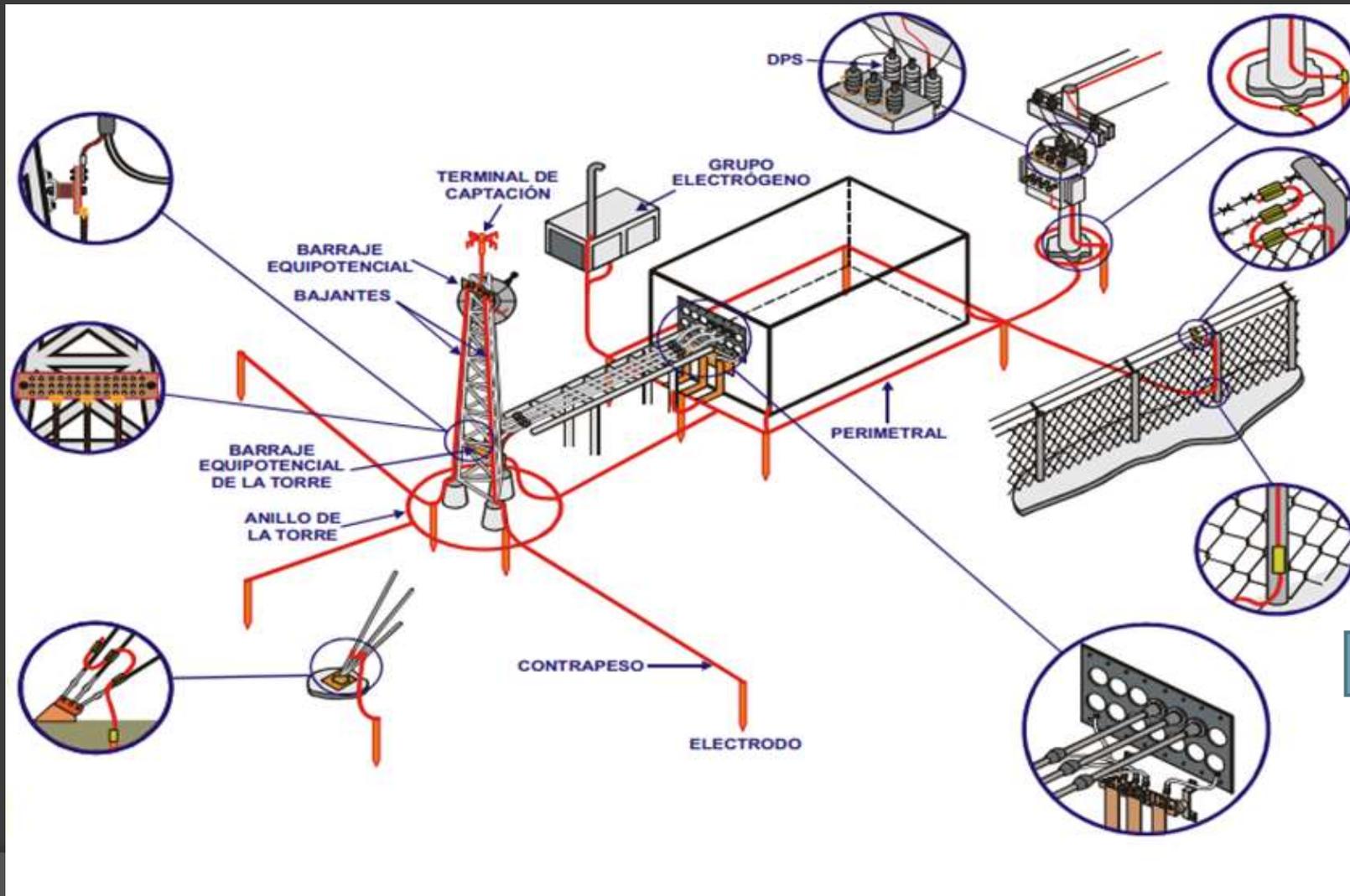


AE

SPT

PDT

SIPRA PARA TELECOMUNICACIONES



AE

SPT

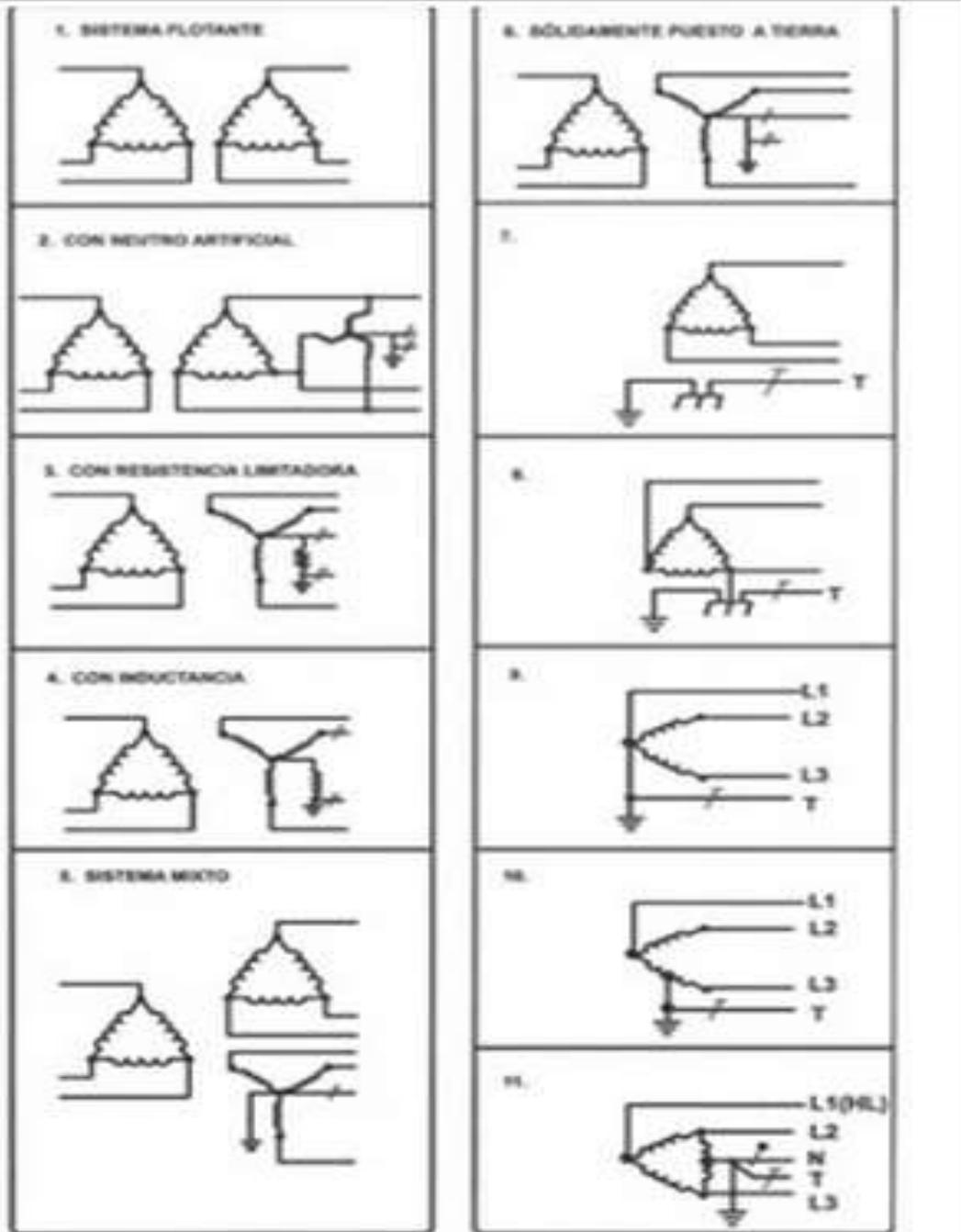
PDT

REGIMENES DE CONEXIÓN A TIERRA

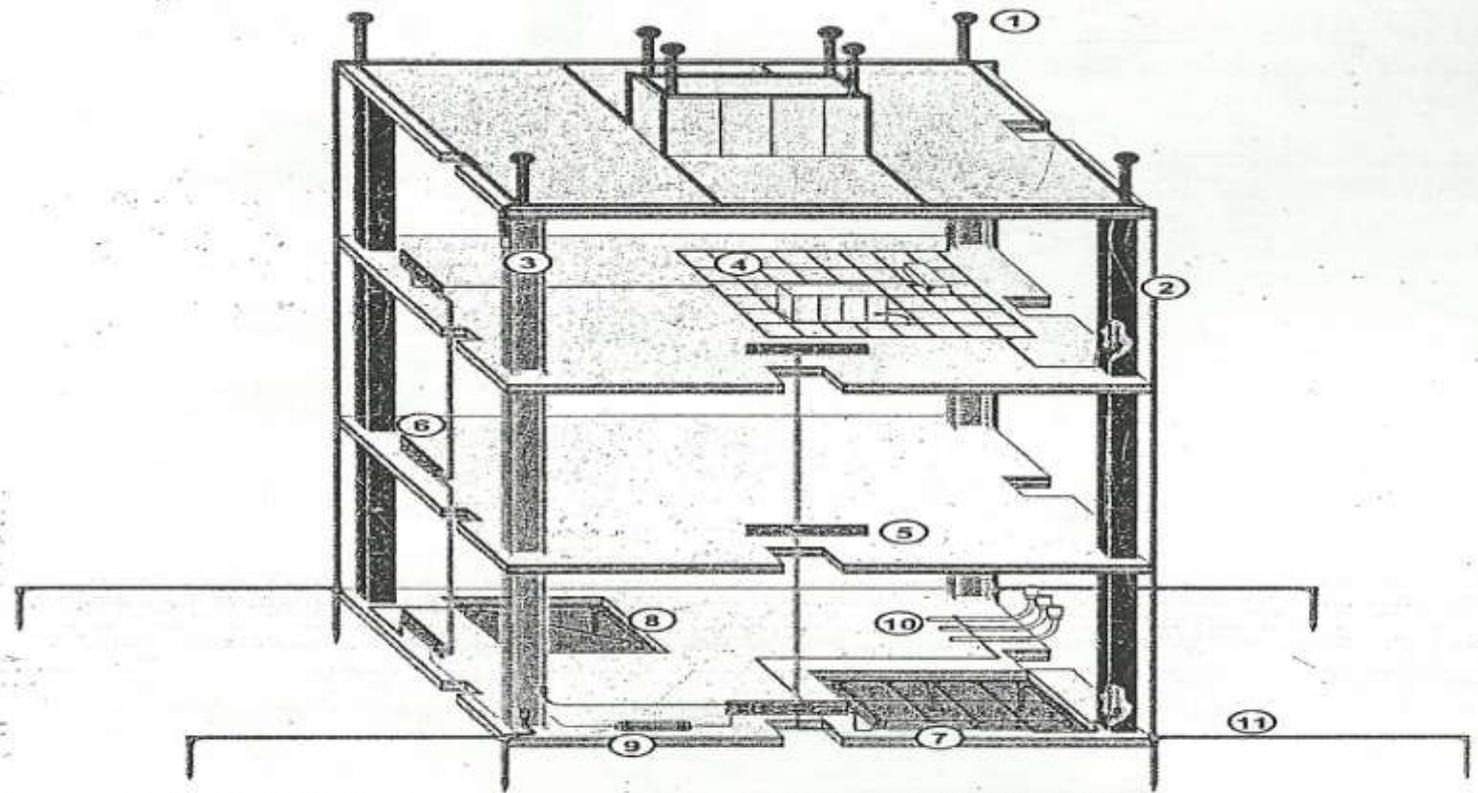
AE

SPT

PDT



SIPRA PARA EDIFICIOS



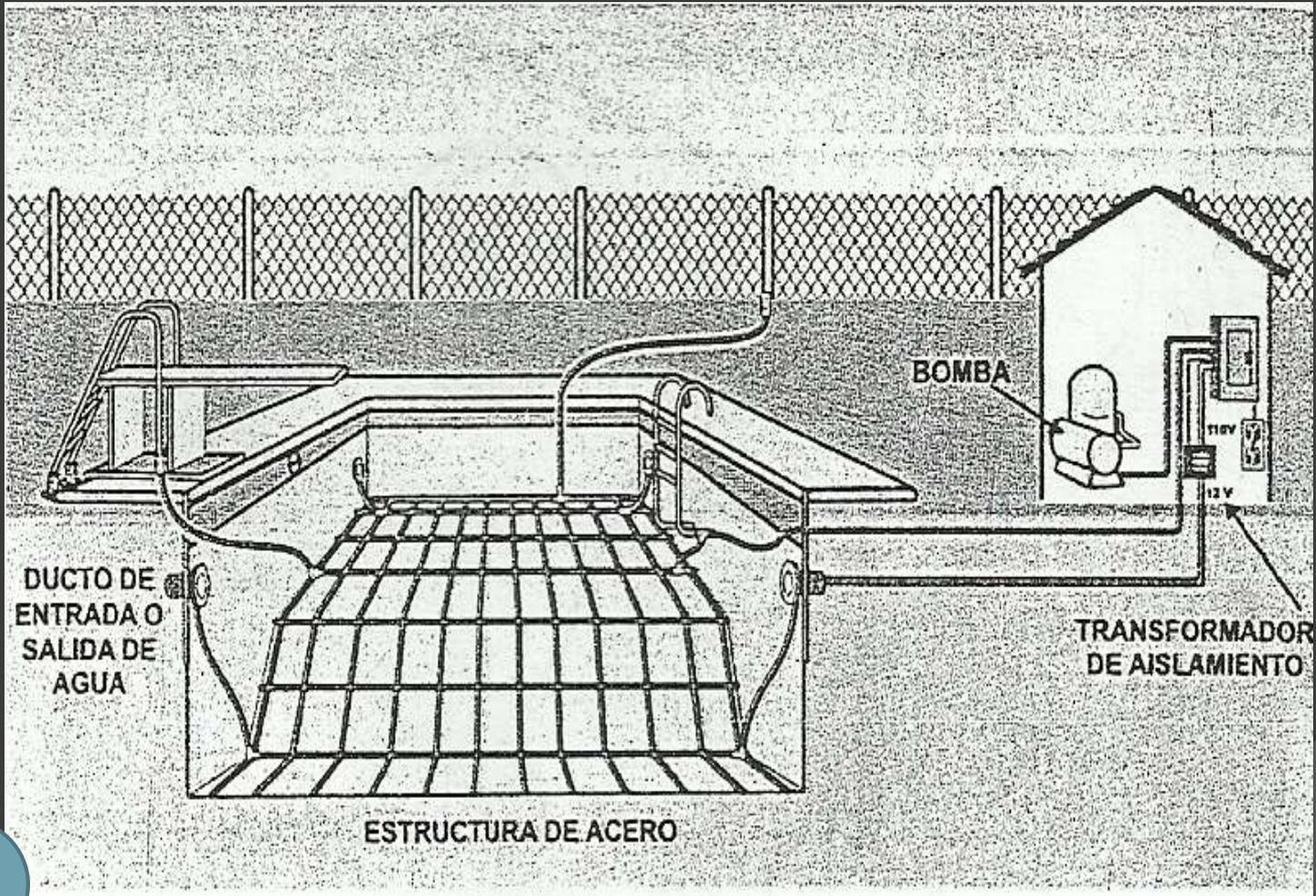
- | | |
|---|---|
| ① PARARRAYOS | ⑦ PUESTA A TIERRA PARA S/E O ACOMETIDA |
| ② BAJANTE | ⑧ PUESTA A TIERRA PARA EQUIPO ELECTRÓNICO |
| ③ COLUMNA USADA COMO BAJANTE | ⑨ BOBINA DE CHOQUE |
| ④ MALLA DE ALTA FRECUENCIA | ⑩ TUBERÍA METÁLICA |
| ⑤ BARRAJE EQUIPOTENCIAL PARA RED NORMAL | ⑪ CONTRAPESO |
| ⑥ BARRAJE EQUIPOTENCIAL PARA EQUIPO ELECTRÓNICO | |

AE

SPT

PDT

SPT PARA PISCINAS

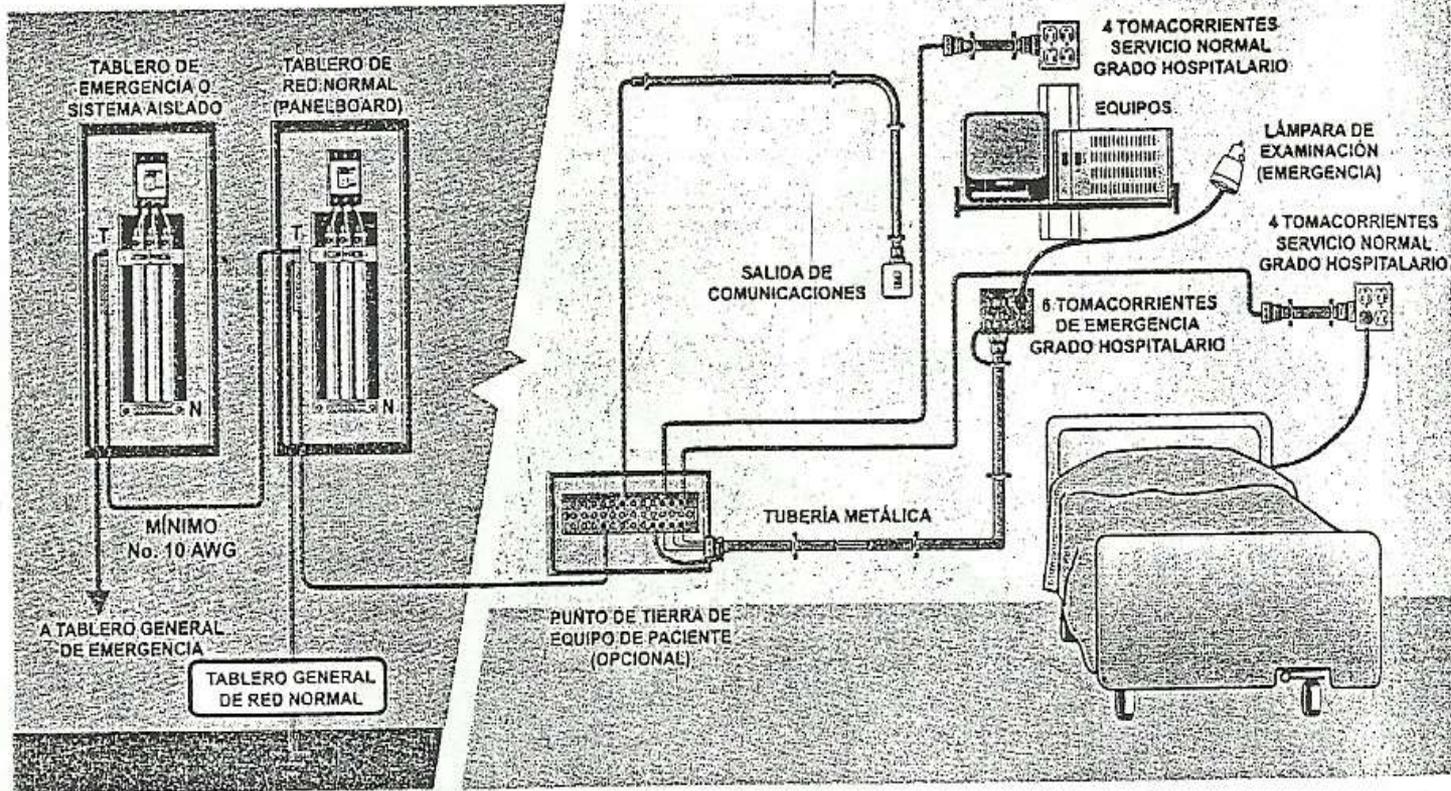


SPT

PDT

AE

SPT EN AREAS DE CUIDADO CRITICO DE PACIENTES



SPT

PDT

AE

Bibliografía

De lo anteriormente presentado se encontrara en estos links, y si por casualidad no esta incluido el autor de alguna información le referimos disculpas y una rápida información hacia nosotros para corregir.



1. Liki normas Codensa

2. <http://www.endesa.cl/es/conocenos/nuestroNegocio/centrales/Paginas/centralelguavio.aspx>
3. <http://www.ingetec.com.co/experiencia/textos-proyectos/proyecto-hidroelectricos/guavio.htm>
4. http://www.cerpch.unifei.edu.br/sp/sub_elevadora.php
5. http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-transporte-de-electricidad/xvi.-las-subestaciones-electricas
6. http://www.endesa.com/es/conoceendesa/lineasnegocio/Electricidad/Red_Transporte
7. <http://www.ingetec.com.co/experiencia/textos-proyectos/lineas-transmision/torca.htm>
8. <http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gispud/redeselectricas/site/cap2/c2tsubestaciones24.php>
9. http://www.codensa.com.co/documentos/3_17_2010_7_38_11_AM_GENERALIDADES%207.2.pdf
10. http://www.tuveras.com/interiores/ienlace_calculos.htm
11. http://www.javierbotero.com/Javier_Botero/SUBESTACIONES.html
12. <http://www.ectricol.com/producto/subestacion/29>
13. http://magnetron.com.co/magnetron/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=10
14. <http://www.nichese.com/seccionador.html>
15. <http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gispud/redeselectricas/site/cap2/c2tsubestaciones25.php>
16. http://www.ceaconline.org/documentos/Subestaciones_Electricas_Encapsuladas.pdf



PDT

1. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/tydee/seccionadores.pdf>
2. <http://tecnosolucioneslp.com/productos/potencia/interruptores.html>
3. <http://montanux.wikispaces.com/file/view/trafos+de+corriente.pdf>
4. <http://miltonlaelectricidad.blogspot.com/2011/12/transformadores-de-corriente.html>
5. <http://www.co.all.biz/transformador-de-potencial-g18143>
6. <http://subestacionesdedistribucion.blogspot.com/2011/11/transformador-de-potencial.html>
7. <http://subestacionesdedistribucion.blogspot.com/2012/01/32-tableros-duplex.html>
8. <http://www.comcarsa.com/servicios/>
9. <http://colmenarezjl.blogspot.com/2012/06/sistema-de-puesta-tierra-spat.html>
10. http://www.ehowenespanol.com/funcionan-interruptores-transferencia-electrica-como_48652/
11. <http://spanish.alibaba.com/product-free/generator-automatic-transfer-switch-400amp-103322629.html>
12. <http://www.aabenet.com/pararrayos.html>
13. <http://www.sistemas-iq.com/pararrayos>
14. <http://6iv6-2012.blogspot.com/2012/05/apartarrayos.html>
15. <http://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm>
16. http://www.dlyservicios.com.ar/ej_sist_concen_grad.htm
17. [http://www02.abb.com/global/boabb/boabb011.nsf/0/d3c76fa21ad68648c12575a80008b097/\\$file/myat.pdf](http://www02.abb.com/global/boabb/boabb011.nsf/0/d3c76fa21ad68648c12575a80008b097/$file/myat.pdf)
18. <http://www.gstgrounding.com/ptnueva.html>
19. <http://gecca.wordpress.com/>



PDT

1. <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Grupo%20de%20Participacion%20Ciudadana/SistemasDePuestaATierra.pdf>
2. <http://sistemapuestatierra.blogspot.com/2009/07/objetivos-de-un-sistema-de-puesta.html>
3. <http://sistemapuestatierra.blogspot.com/2009/07/requisitos-basicos-de-una-puesta-tierra.html>
4. <http://aterramiento.blogspot.com/>
5. http://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/acometidas_electricas/ae280_con_ductor_neutro_acometidas_subterranas_baja_tension
6. <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/OLGA%20BAQUERO/Retie%20-%20Seguridad%20en%20Instalaciones%20Electricas%20-Minminas.pdf>
7. <http://www.seguridadelectricaltda.com/pdfs/presentacion-seguridad-electrica.pdf>
8. http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1030517
9. http://www.geiico.com.co/geiico/Publica/Upload/Publico/7_parte_5_p_a_tierra.pdf
10. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040007/lecciones/cap11-2.htm>
11. <http://www.marcombo.com/Descargas/8496334147-INSTALACIONES%20EL%20CTRICAS%20DE%20INTERIOR/UNIDAD%2010.pdf>
12. <http://www.para-rayos.com/datos/gel20061.pdf>
13. <http://abrilmarzo.wikispaces.com/la+tierra+fisica>
14. <http://tecnologiasupervisioncodensa.blogspot.com/p/sistema-de-puesta-tierra.html>
15. <http://sptelectrico.blogspot.com/>
16. <http://programacasasegura.org/mx/para-usted/fugas-electricas-causas-y-soluciones-parte-1/>
17. <http://sptelectrico.wikispaces.com/>
18. <http://retie2013.blogspot.com/2014/01/articulo-15-sistema-de-puesta-tierra.html>



PDT