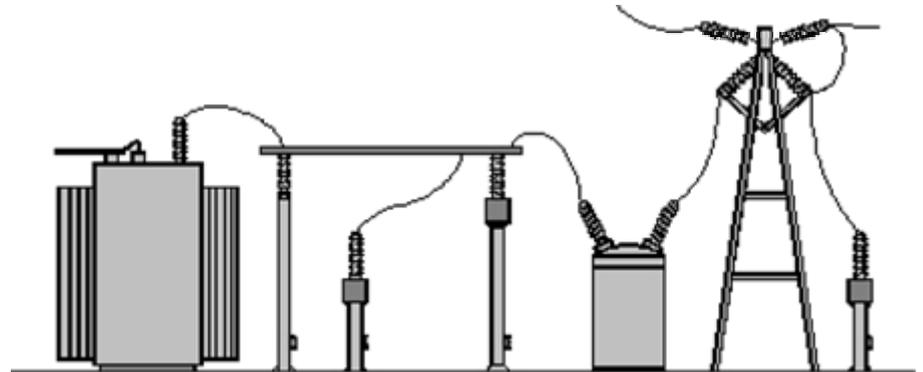


Subestaciones eléctricas

- **1. Introducción**
 - Definición
 - Tipos de subestaciones
- **2. Estructura característica de una subestación**
 - Partes principales
- **3. Aislamiento eléctrico**
- **4. Aparata de maniobra y corte**
 - Seccionador
 - Interruptor automático
- **5. Aparata de protección y medida**
 - Transformadores de intensidad
 - Transformadores de tensión
 - Equipos de medida
 - Equipos de protección
- **6. Esquemas eléctricos de subestaciones**
 - Barra partida
 - Interruptor y medio
 - Doble barra



1. Introducción

Definición

- Conjunto situado en un mismo lugar, de la aparamenta eléctrica y de los edificios necesarios para realizar alguna de las funciones siguientes:
 - transformación de la tensión,
 - de la frecuencia,
 - del número de fases,
 - rectificación,
 - compensación del factor de potencia y
 - conexión de dos o más circuitos.

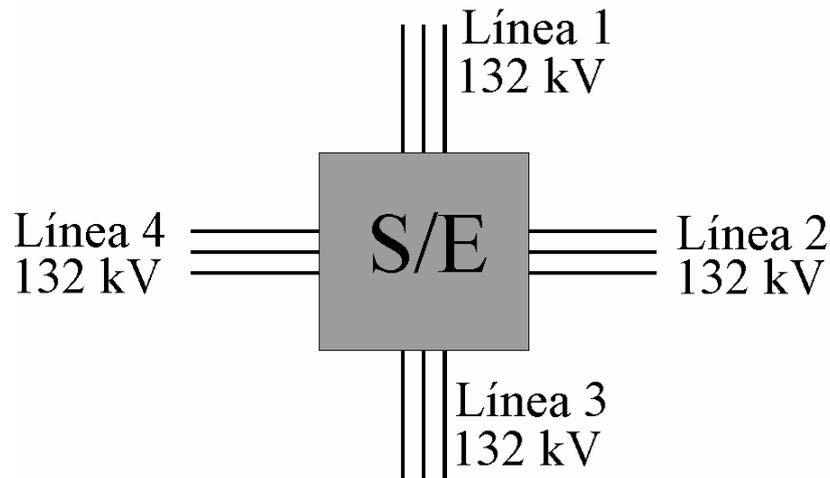
(Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación)

1. Introducción

Tipos de subestaciones

- **Según la función**

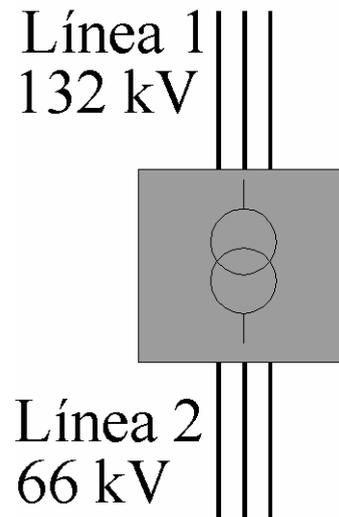
1. De **maniobra**: destinada a la interconexión de dos o más circuitos
 - Todas las líneas que concurren en la subestación a igual tensión
 - Permite la formación de nudos en una red mallada
 - Aumenta la fiabilidad del sistema



1. Introducción

Tipos de subestaciones

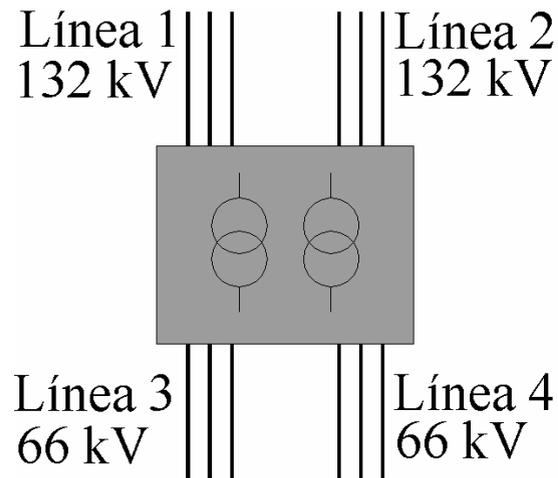
2. De **transformación pura**: destinada a la transformación de tensión desde un nivel superior a otro inferior
- Necesario presencia de uno o varios transformadores
 - Niveles de transformación
 - Transporte → Subtransporte
 - Subtransporte → Reparto
 - Reparto → Distribución



1. Introducción

Tipos de subestaciones

3. De **transformación/maniobra**: destinada a la transformación de tensión desde un nivel superior a otro inferior, así como a la conexión entre circuitos del mismo nivel
- Uso frecuente

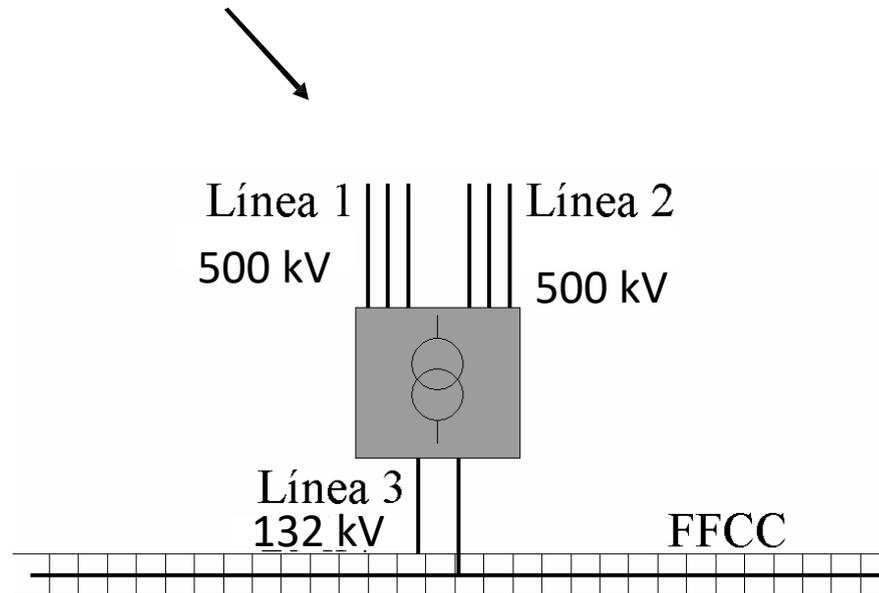


1. Introducción

Tipos de subestaciones

4. De **transformación/cambio del número de fases**: destinada a la alimentación de redes con distinto número de fases

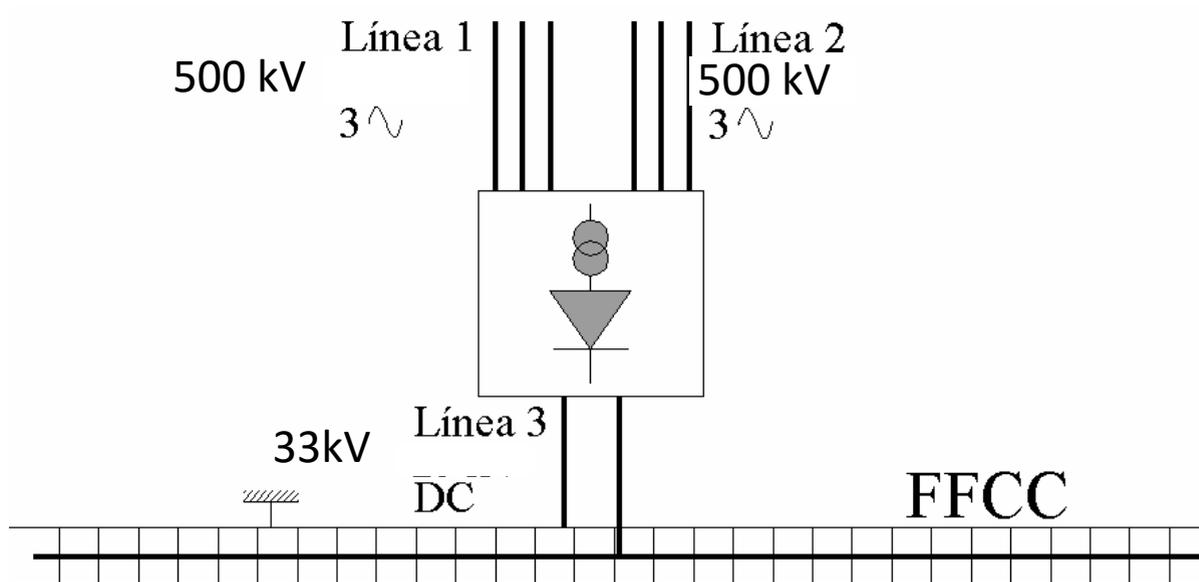
- Trifásica → hexafásica
- Trifásica → monofásica (subestación de tracción)



1. Introducción

Tipos de subestaciones

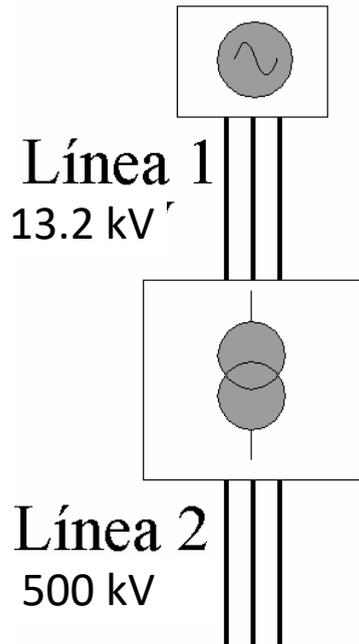
5. De **rectificación**: destinada a alimentar una red en corriente continua (subestación de tracción)



1. Introducción

Tipos de subestaciones

6. De **central**: destinada a la transformación de tensión desde un nivel inferior a otro superior (centrales eléctricas)



1. Introducción

Tipos de subestaciones

- **Según emplazamiento**
 1. **De intemperie**



Cuarto de control,
protecciones y
comunicaciones

1. Introducción

Tipos de subestaciones

2. De interior

- Elementos protegidos frente a agentes atmosféricos
- Distancias menores
- Más caras



1. Introducción

Tipos de subestaciones

De interior

- Transformadores: suelen estar a la intemperie



1. Introducción

Tipos de subestaciones

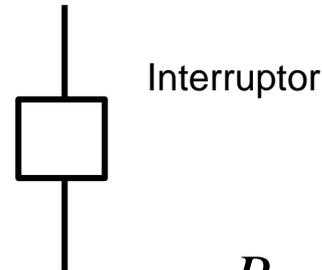
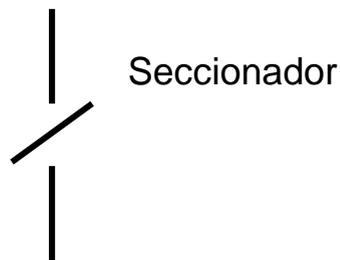
3. Blindadas

- Aisladas en gas SF₆
- Mínimo espacio requerido
- Empleada en ciudades, zonas de alta contaminación



2. Estructura característica de una subestación Aparamenta de maniobra y corte

- **Seccionadores:** Su misión consiste en aislar tramos de circuito de forma visible para que se pueda trabajar sobre los mismos sin peligro.
 - Abren y cierran en vacío.
 - Deben soportar la intensidad nominal de forma permanente y corrientes de cortocircuito durante un tiempo determinado.
- **Interruptores:** Su misión consiste en abrir y cerrar el circuito en carga.
 - Deben soportar intensidades normales y de cortocircuitos, y ser capaces de interrumpir estas últimas.
 - Disyuntores: Interruptores automáticos accionados mediante relés.



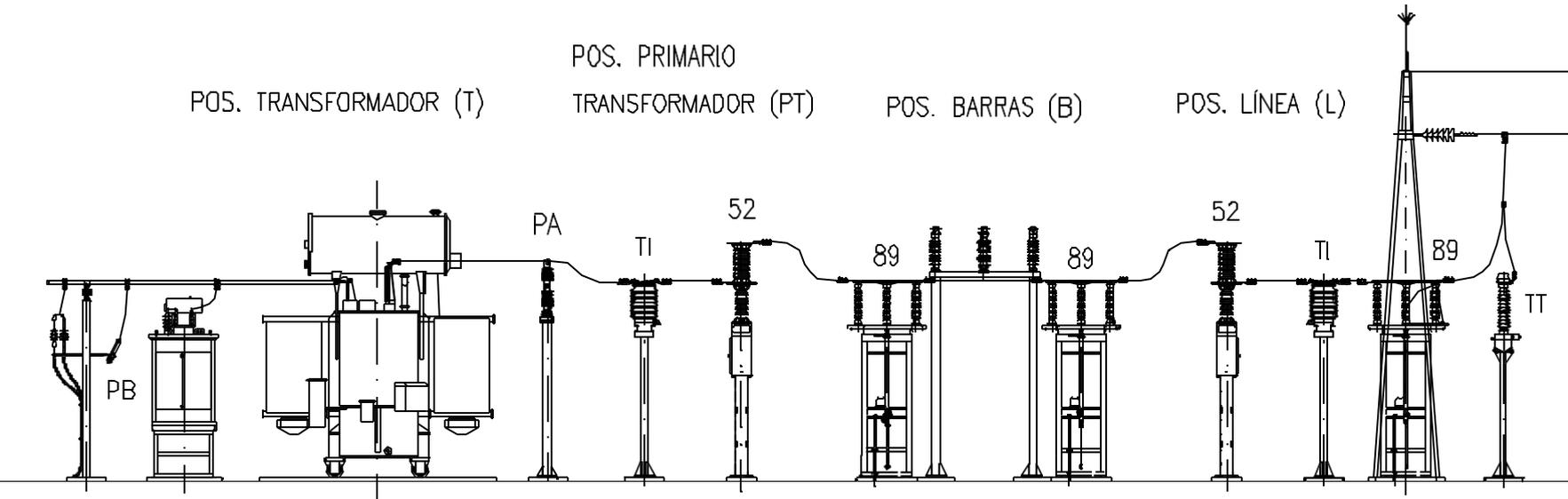
$$P_r = \sqrt{3} V_n I_r \quad (\text{KVA})$$

Poder de corte o ruptura: valor eficaz de la intensidad máxima que pueden interrumpir. Se expresa como potencia trifásica calculada en base a la tensión nominal.

2. Estructura característica de una subestación

Partes principales

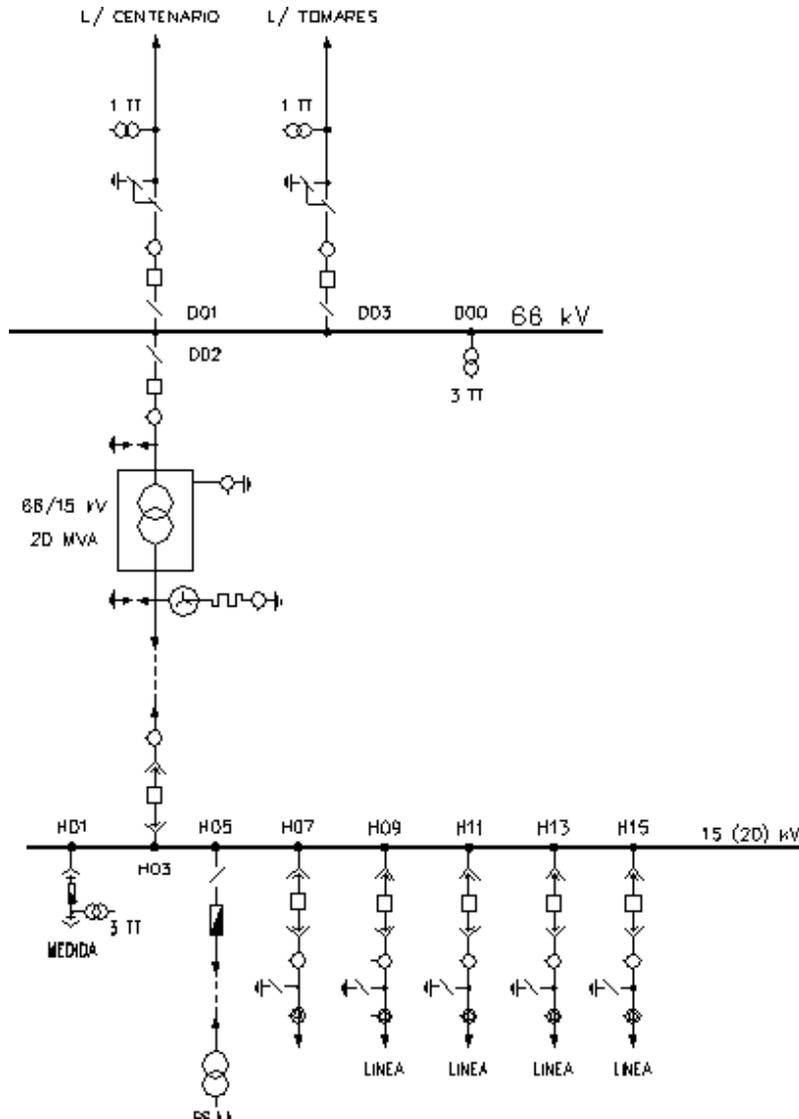
- Posición/es línea
- Posición/es barras/celdas lado de alta
- Posición/es primario transformador
- Posición/es barras/celdas lado de baja
- Servicios auxiliares, baterías, instalaciones de mando y control



Ejemplo de S/E 66/13.2 kV de intemperie. Alzado de una posición de línea, barras y transformador

2. Estructura característica de una subestación

Partes principales

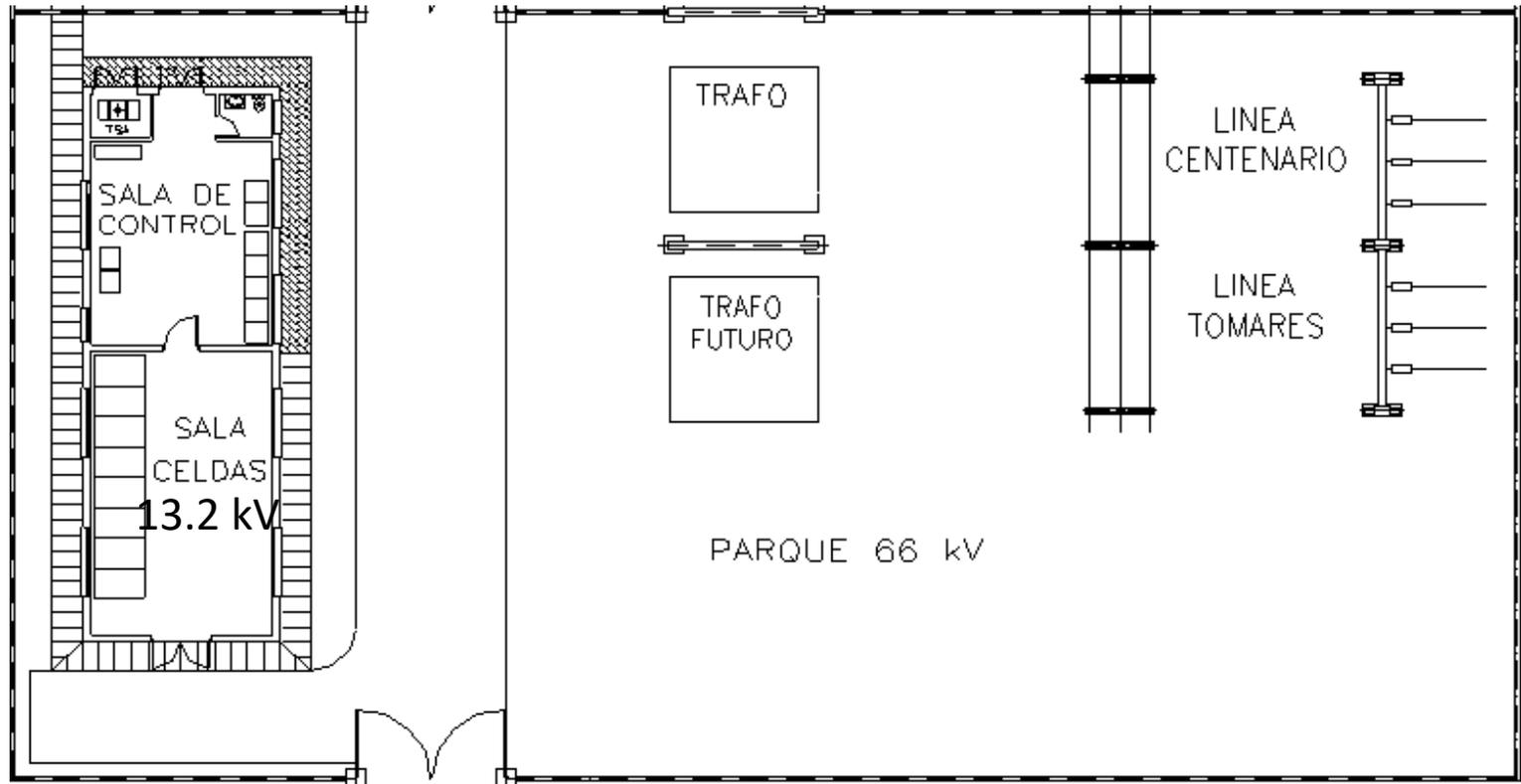


Ejemplo de S/E 66/13.2 kV.
Esquema eléctrico

2. Estructura característica de una subestación

Partes principales

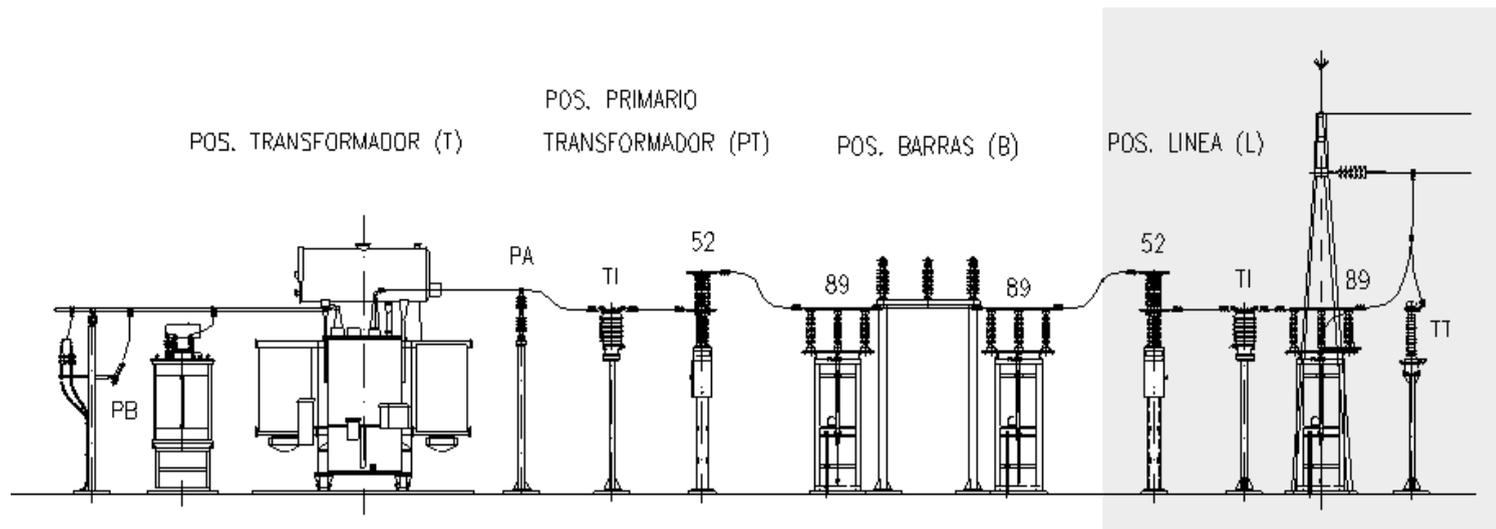
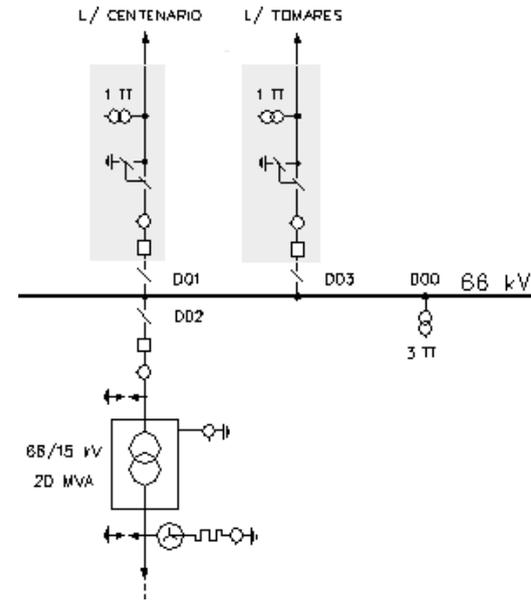
Ejemplo de S/E 66/13.2 kV. Disposición en planta



2. Estructura característica de una subestación

Partes principales

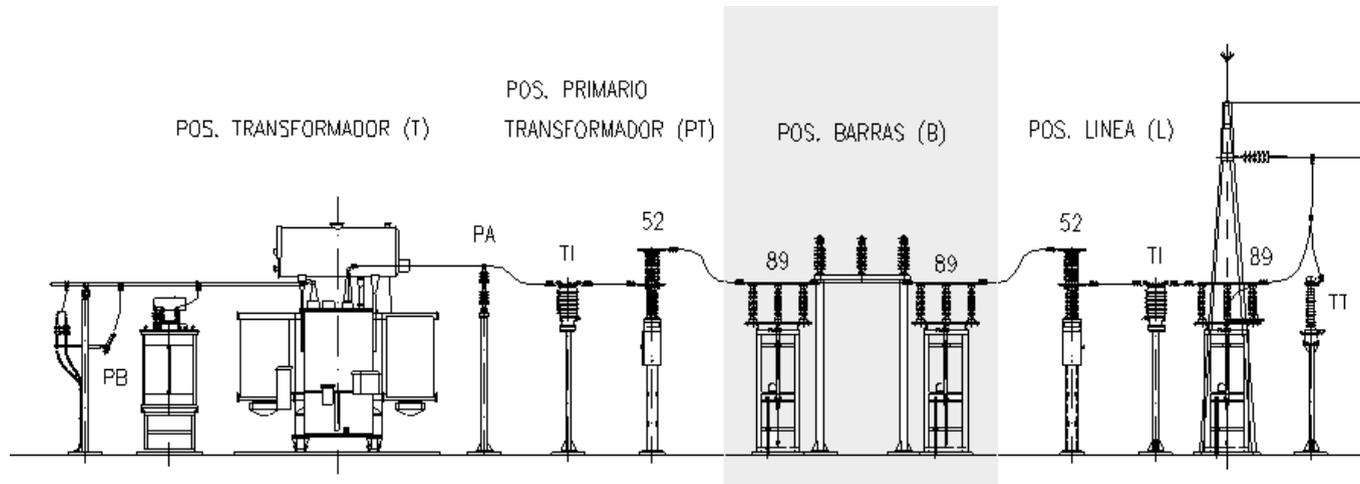
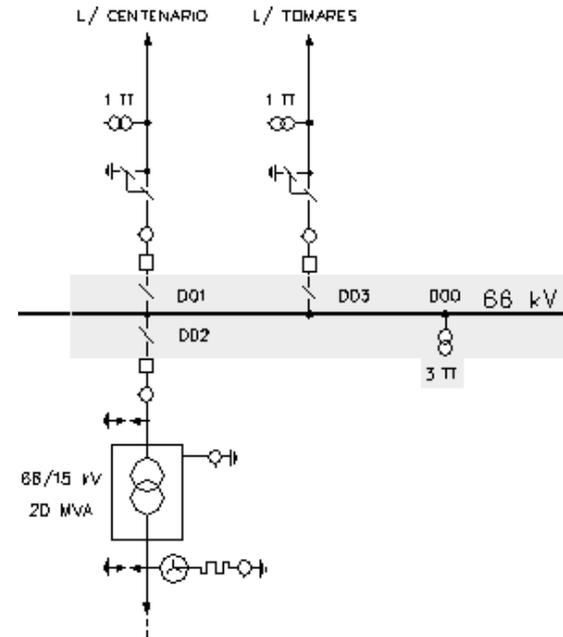
- Posición línea
 - Llegada de línea (pórtico de acometida)
 - Aislamiento eléctrico y puesta a tierra
 - Medida
 - Protección automática
 - En ocasiones: protección frente a rayos



2. Estructura característica de una subestación

Partes principales

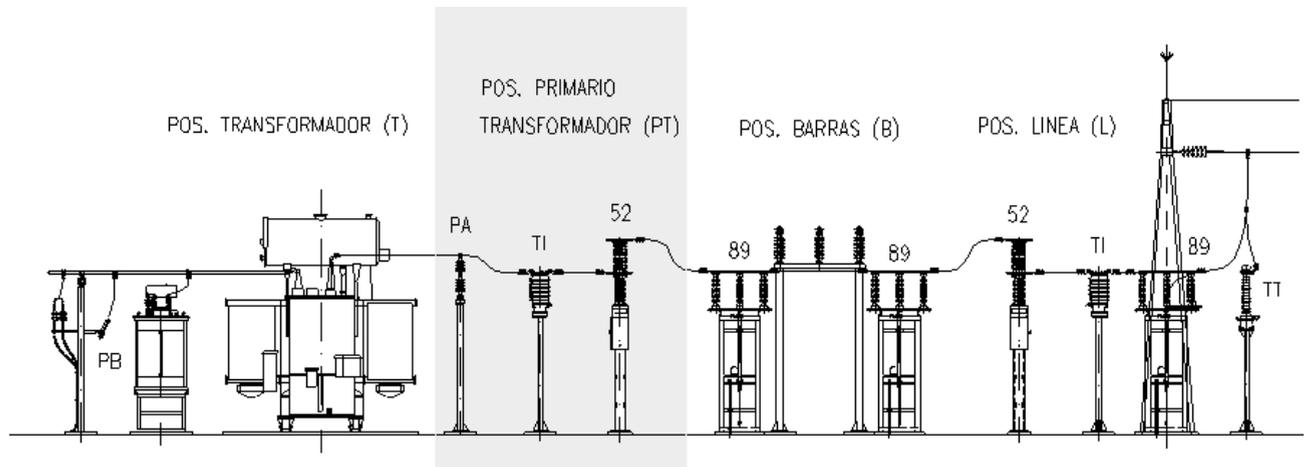
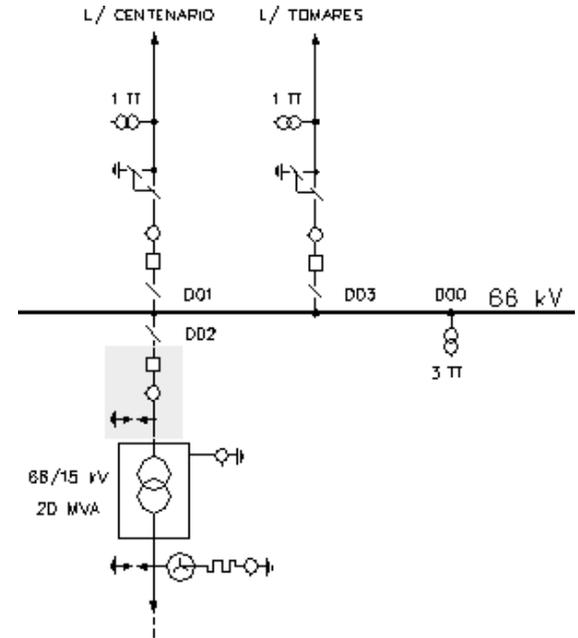
- Posición barras
 - Conexión/aislamiento entre posiciones de líneas (seccionador-89)
 - Conexión/aislamiento entre posiciones de transformador (seccionador-89)
 - Medida tensiones (transf. tensión)



2. Estructura característica de una subestación

Partes principales

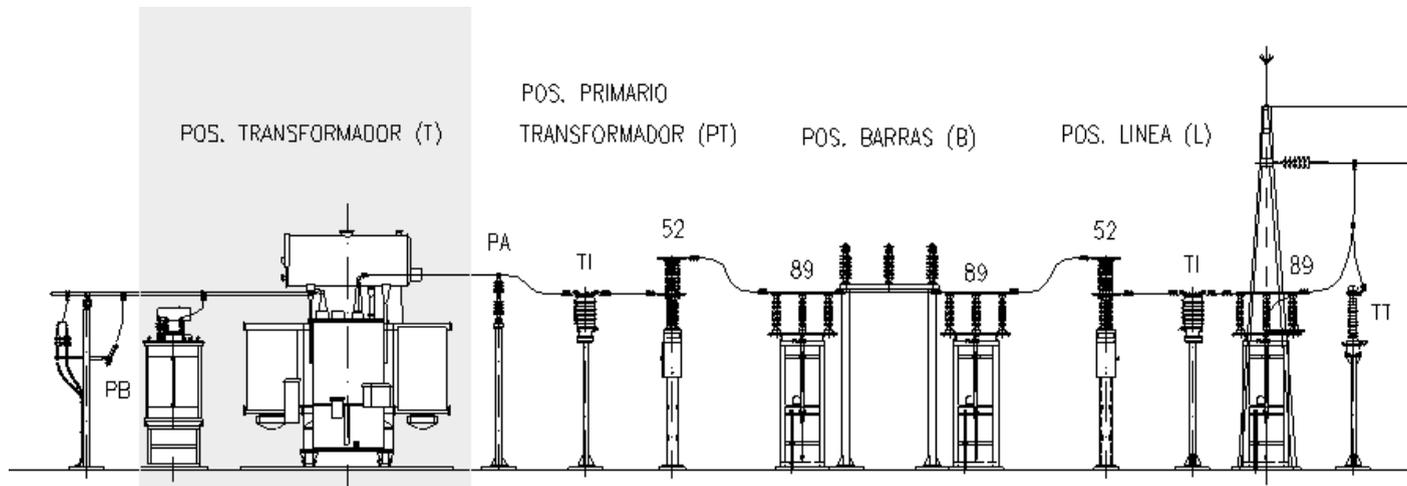
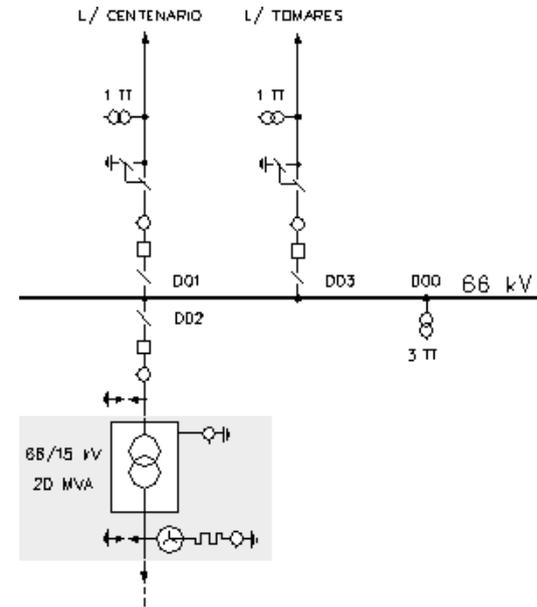
- Posición primario transformador
 - Protección automática (interruptor automático-S2)
 - Medida (transf. Intensidad-TI)
 - Protección frente a rayo (pararrayos-PA)



2. Estructura característica de una subestación

Partes principales

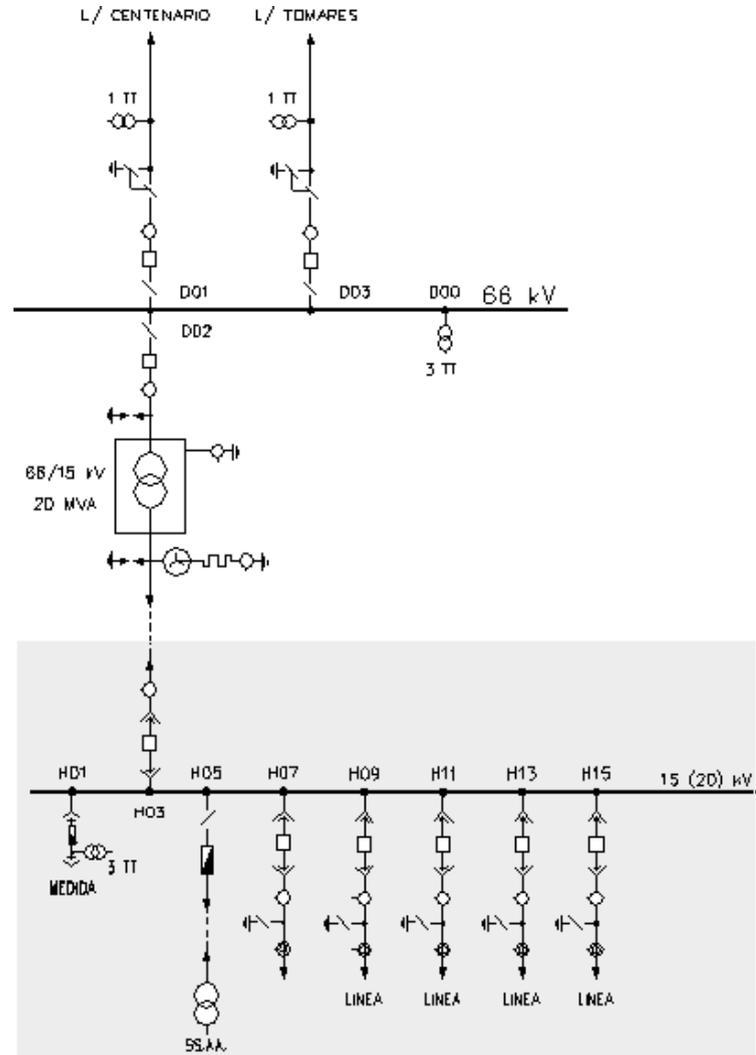
- Posición transformador
 - Protección automática (interruptor automático-S2)
 - Medida (transf. Intensidad-TI)
 - Protección frente a rayo (pararrayos-PA)



2. Estructura característica de una subestación

Partes principales

- Posición barras/celdas lado baja
 - Media tensión: celdas prefabricadas
 - Facilidad montaje
 - Integración equipos



3. Aislamiento eléctrico

- Necesario distancias mínimas
 - Fase-fase
 - Fase-masa
 - Fase-tierra

Separación f-f



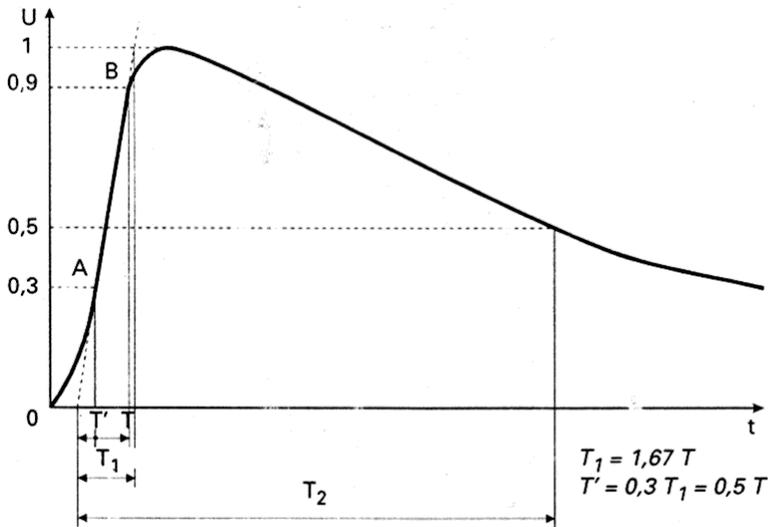
Sep.
f-m

Sep.
f-t

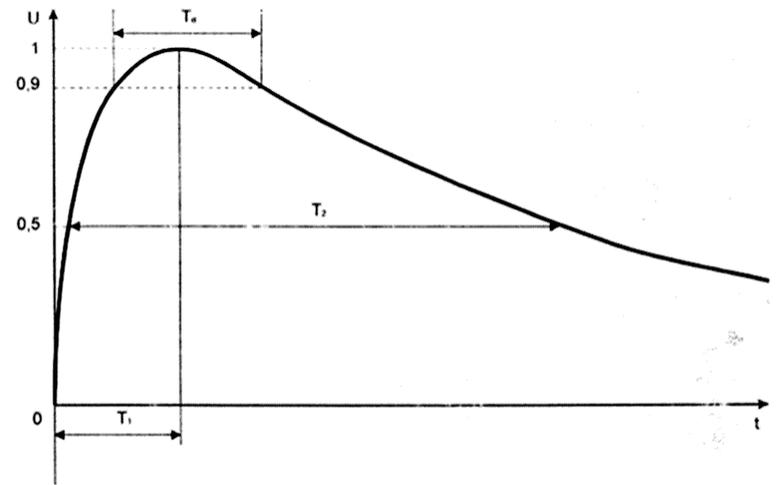
3. Aislamiento eléctrico

Nivel de Aislamiento: Capacidad para soportar sobretensiones de origen atmosférico, de maniobra y a frecuencia industrial. Definido por los valores máximos que soporta en tres ensayos normalizados:

- Onda de sobretensión a frecuencia industrial: 60 s.
- Onda de sobretensión tipo rayo: 1.2/50 μs
- Onda de sobretensión tipo maniobra: 250/2500 μs



Onda de sobretensión tipo rayo 1,2/50 (s normalizada según UNE 21308).



Onda de sobretensión tipo maniobra 250/2500 μs normalizada según UNE 21308.

4. Aparamenta de maniobra y corte

Seccionador

- Aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierto, asegura una distancia de seccionamiento que satisface las condiciones especificadas
- Permite aislar la subestación de la red
- Permite aislar interruptores, transformadores, barras
- Ha de maniobrarse en vacío
- Soporta corriente de cortocircuito
- Seccionador de puesta a tierra: permite poner a tierra la línea

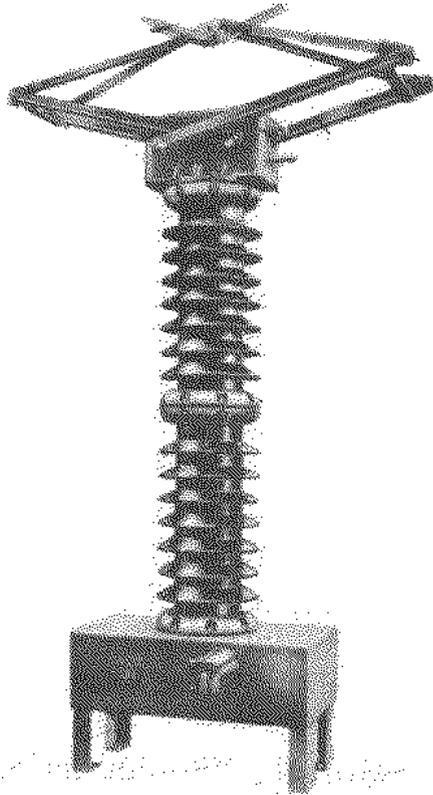
4. Aparamenta de maniobra y corte Seccionador

Seccionador de cuchillas giratorias



4. Aparamenta de maniobra y corte Seccionador

Seccionador pantógrafo



4. Aparamenta de maniobra y corte

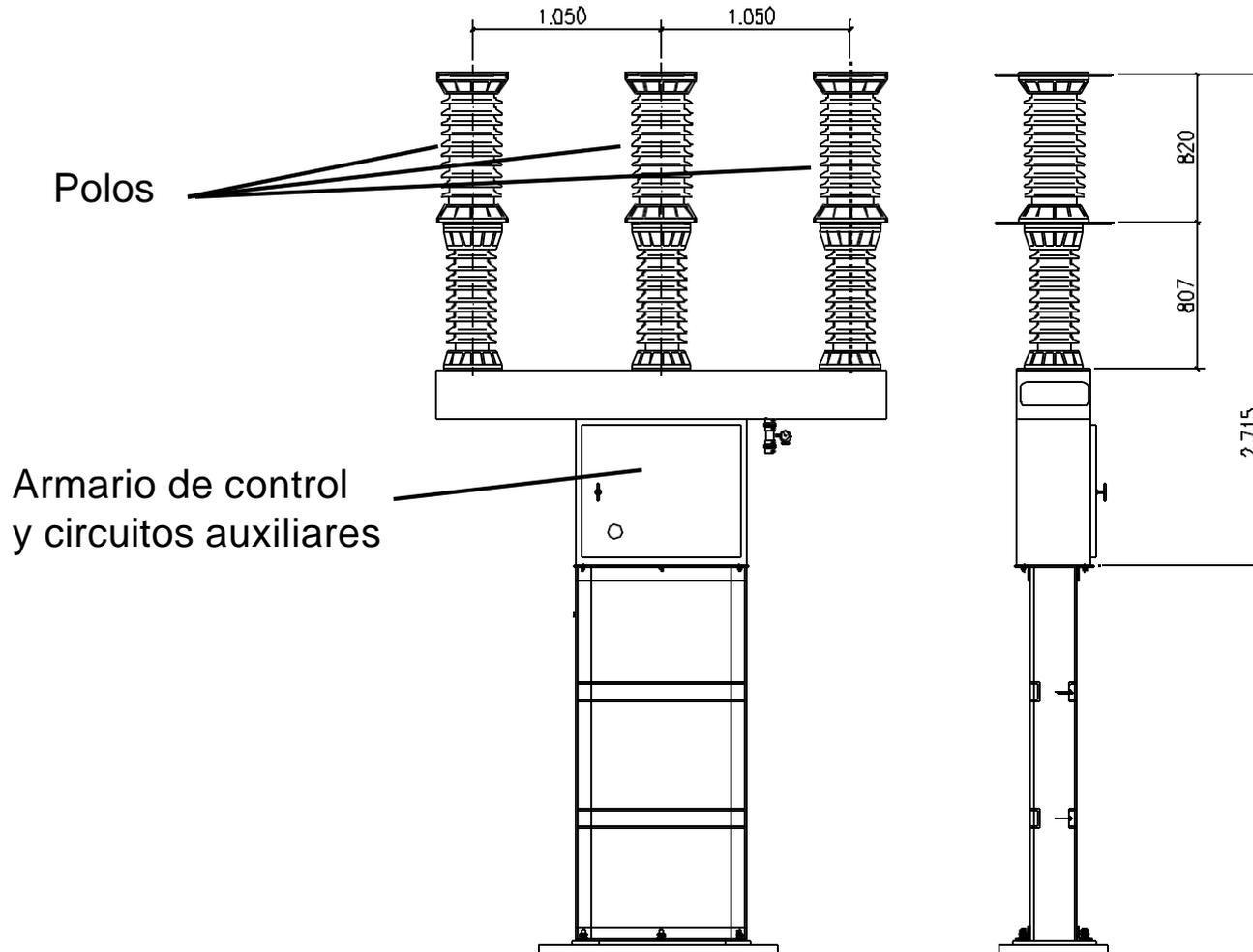
Interruptor automático

- **Interruptor:** Aparato dotado de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y el cierre de un circuito, que tiene dos posiciones en las que puede permanecer en ausencia de acción exterior y que corresponden una a la apertura y otra al cierre del circuito.
- **Interruptor automático:** Interruptor capaz de establecer, mantener e interrumpir la intensidad de la corriente de servicio, o de interrumpir automáticamente o establecer, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito.
- Dificultad en el proceso de apertura del arco eléctrico. Equipo costoso
- Diferentes sistemas
 - Atmósfera de hexafluoruro de azufre (SF_6): el más empleado actualmente
 - Pequeño volumen de aceite
 - Vacío
 - Aire comprimido
 - Soplado magnético (corriente continua)

4. Aparamenta de maniobra y corte

Interruptor automático

Interruptor SF₆ trifásico 66 kV



4. Aparamenta de maniobra y corte Interruptor automático

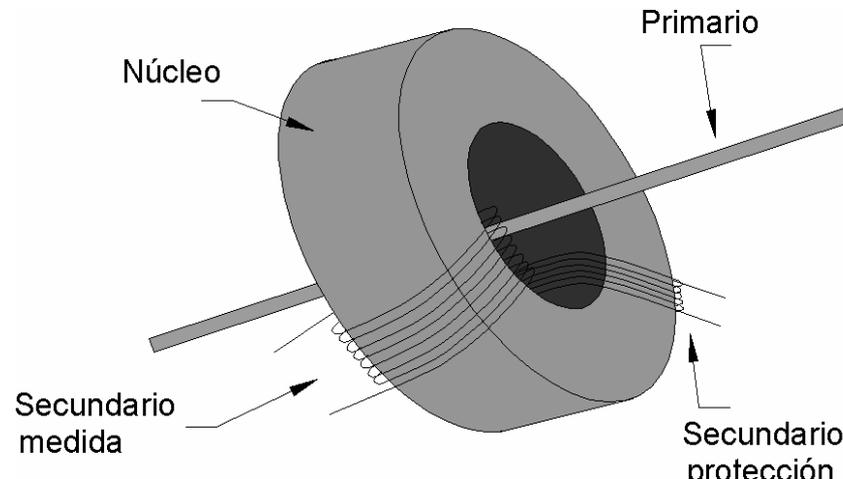
3 interruptores SF₆ monofásicos 500 kV



5. Aparamenta de protección y medida

Transformadores de intensidad

- Transforma la corriente por líneas, barras, transformador, etc., en 0-5 A baja tensión.
 - Transformador de medida:
 - Se diseña para conseguir un nivel de incertidumbre pequeño en la medida
 - El secundario alimenta aparatos de medida
 - Transformador de protección:
 - Se diseña para conseguir un nivel de incertidumbre aceptable en la medida, incluso para corrientes varias veces la nominal
 - El secundario alimenta relés de protección
 - Posibilidades:
 - Un TI para medida y otro para protección
 - Un único TI para medida y protección, con doble secundario



5. Apararmenta de protección y medida

Transformadores de intensidad

Transformadores de intensidad 66 kV



Transformador de intensidad 500 kV



5. Apararmenta de protección y medida Transformadores de tensión

- Transforma la tensión fase-tierra en un valor de baja tensión ($0-110/\sqrt{3}$ V)
- Un mismo transformador de tensión puede servir como medida y protección

Transformadores de tensión 66 kV

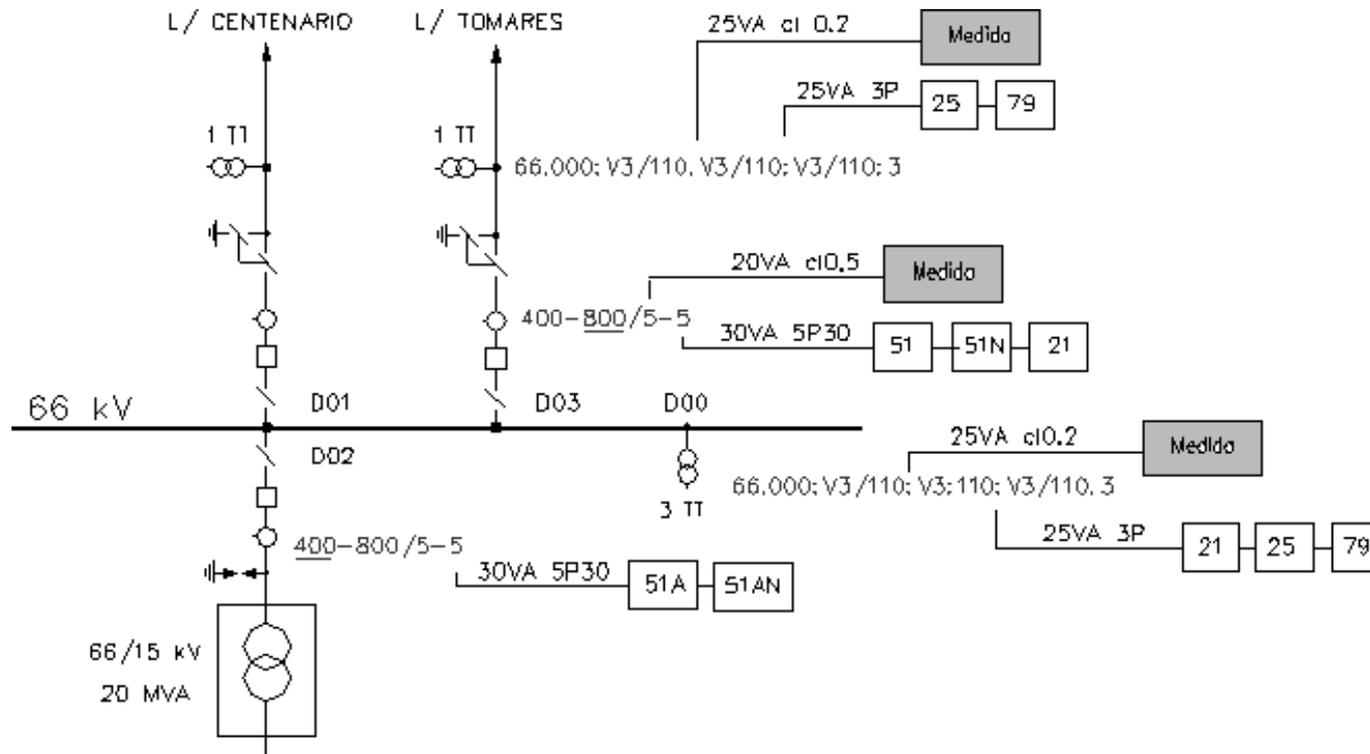


5. Apararmenta de protección y medida

Equipos de medida

- Voltímetros
- Amperímetros
- Vatímetros/vatihorímetros
- Contadores
- Totalizador/tarificador

Puntos de medida en S/E 66/15 kV



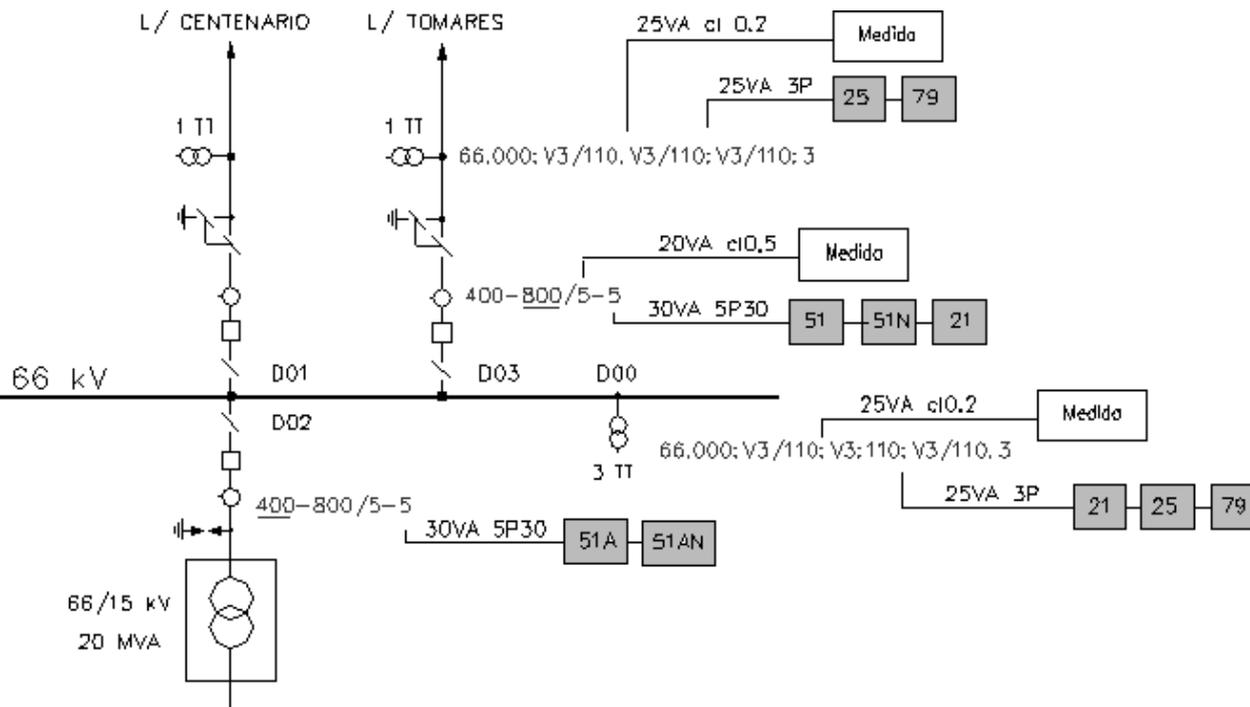
5. Apararmenta de protección y medida

Equipos de protección

- Relé de sobreintensidad (50/51)
- Relé de distancia (21)
- Relé diferencial de transformador
- Relé de sincronismo (25)

Armarios de relés de protección digitales

Relés de protección en S/E 66/13.2 kV



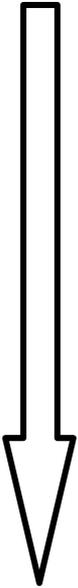
6. Esquemas eléctricos de subestaciones

Criterios de diseño

- Costes de instalación
 - Número de interruptores por entrada/salida (circuito)
 - Número de seccionadores por circuito
 - Aparamenta de medida, control y protección necesaria
- Operación y maniobra
 - Posibilidades de interconexión entre circuitos
- Fiabilidad. Análisis de la continuidad de servicio ante:
 - Fallas en circuitos
 - Fallas en barras
 - Mantenimiento de interruptores
 - Falla en apertura de interruptores

6. Esquemas eléctricos de subestaciones Configuraciones tipo

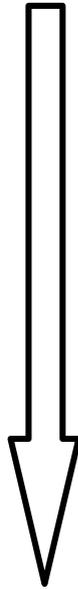
Coste



Aumenta

- Interruptor Sencillo - Barra simple
- Interruptor Sencillo - Barra simple partida
- Interruptor Sencillo - Barra transferencia
- Interruptor y medio
- Doble interruptor

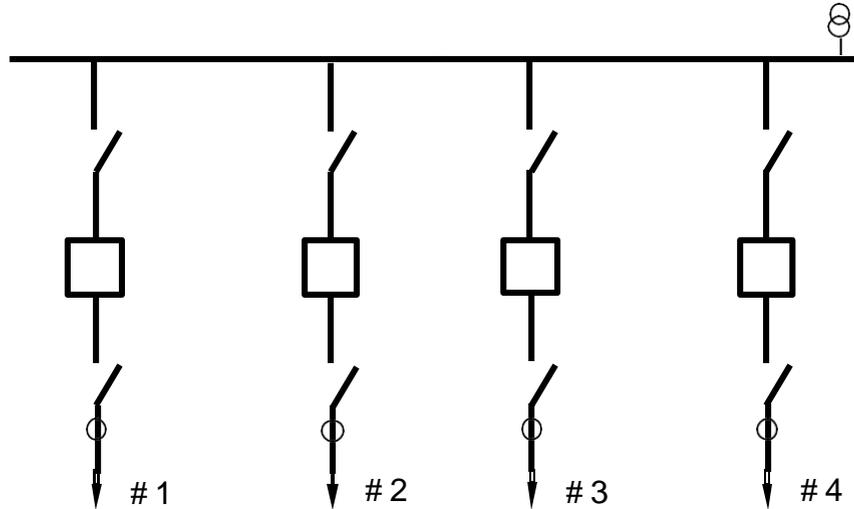
Fiabilidad



Aumenta

6. Esquemas eléctricos de subestaciones

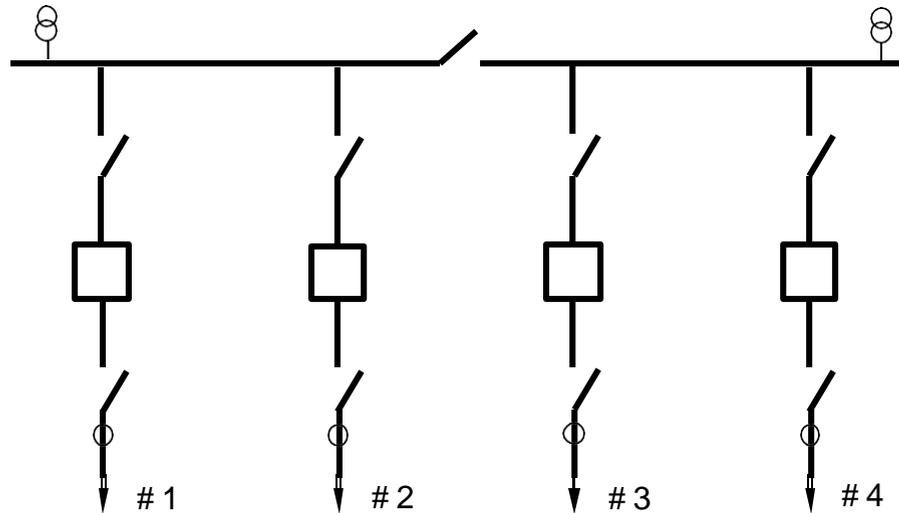
Interruptor sencillo – Barra simple



- 1 Interruptor por circuito
- 2 Seccionadores por circuito
- Falla en barra: se pierden todos los circuitos al despejar los interruptores la falta
- Falla de interruptor al abrir: se pierden todos los circuitos al abrir el resto de interruptores
- Mantenimiento interruptor: el circuito afectado queda indisponible
- Operación con un nudo eléctrico únicamente

6. Esquemas eléctricos de subestaciones

Interruptor sencillo – Barra partida

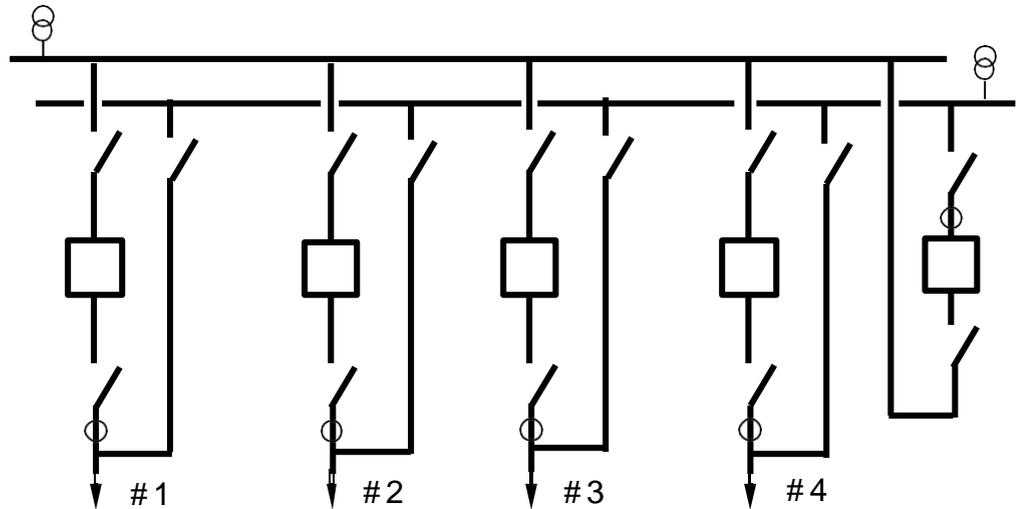


- 1 Interruptor por circuito
- 2 Seccionadores por circuito + 1 Seccionador de barra
- Falla en barra: tras una interrupción, sólo se pierde media barra
- Falla de interruptor: tras una interrupción, sólo se pierde media barra
- Mantenimiento interruptor: el circuito afectado queda indisponible
- Posible operación con 2 nudos eléctricos

6. Esquemas eléctricos de subestaciones

Interruptor simple – barra de transferencia

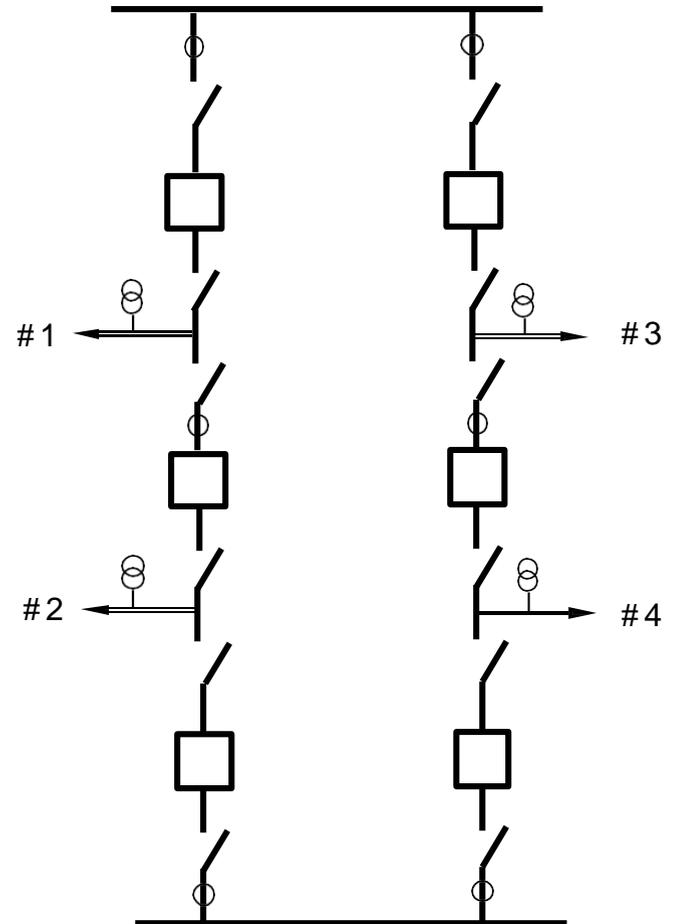
- 1 Interruptor por circuito
+ 1 de transferencia
- 3 Seccionadores por circuito
+ 2 de transferencia
- Falla en barra: Tras un corte, continuidad de servicio. Todos los circuitos quedan protegidos por interruptor de transferencia
- Falla Interruptor: Tras un corte, continuidad de servicio
- Mantenimiento interruptor:
Continuidad de servicio
- Operación con un nudo eléctrico



El interruptor de transferencia puede sustituir a cualquier otro interruptor

6. Esquemas eléctricos de subestaciones Interrupor y medio

- 1+ ½ Interruptores por circuito
- 3 Seccionadores por circuito
- Falla en barra: Continuidad de servicio
- Falla de interruptor en barra: Continuidad de servicio
- Falla de interruptor central: Se pierde un circuito
- Mantenimiento de interruptor: Continuidad de servicio
- Posible operación con 2 nudos eléctricos



6. Esquemas eléctricos de subestaciones

Interruptor doble – barra doble

- 2 Interruptores por circuito
- 4 Seccionadores por circuito
- Falla en barra: continuidad de servicio
- Falla de interruptor: continuidad de servicio
- Mantenimiento de interruptor: continuidad de servicio
- Flexibilidad interconexiones

