



TEMA 1, SISTEMAS ELÉCTRICOS

Sistemas eléctricos en

Ciclo Superior de Energías Renovables

Jesús Fernández Alonso
[Dirección de correo electrónico]

Contenido

1.	Introducción a los sistemas eléctricos.....	2
	Redes de distribución mallada.....	3
2.	Sistemas de distribución en redes eléctricas.....	3
2.1.	Sistema radial.....	4
2.2.	Sistema de Red en anillo.....	5
2.3.	Sistema de Red en malla.....	6

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1.	Diagrama de la red eléctrica.....	2
Ilustración 2.	Escalones de tensión en España.....	2
Ilustración 3.	Sistema de distribución radial.....	4
Ilustración 4.	Sistema de distribución en anillo.....	5

1. Introducción a los sistemas eléctricos

Un sistema eléctrico es el conjunto de elementos eléctricos que convenientemente conectados, cubren todas las etapas de la energía eléctrica: la generación, el transporte, la distribución y el consumo de la misma.

Los subsistemas son, por tanto:

- **Generación** o producción: la energía eléctrica es generada a partir de otras formas de energía (centrales térmicas, fotovoltaicas, hidroeléctricas, nucleares, etc.). La tensión de salida de las centrales suele ser entre 15 y 20 kv). Con la irrupción de las energías renovables, la generación de energía eléctrica ha evolucionado rápidamente, y ahora existen muchas más centrales, teniendo menos potencia de salida cada una de ellas. En España hay unas 100.000 instalaciones fotovoltaicas.
- **Transporte:** Es la parte del sistema en el que la electricidad es llevado de unos puntos a otros, que están a kilómetros de distancia. Esto ocurre a muy alta tensión (entre 220 Kv y 400 Kv). Para que esto ocurra, necesitaremos líneas de Alta tensión, cables de AT, estaciones elevadoras y reductoras de tensión, protecciones, sistemas de control, etc). En España existe una empresa estatal (Red Eléctrica Española), que se encarga de este subsistema.
- **Distribución:** Este subsistema conecta la energía eléctrica desde la red de transporte hasta los consumidores finales de energía. Está en la banda de alta tensión comprendida entre y 66KV.
- **Consumo:** son los puntos donde se utiliza la energía eléctrica, tanto viviendas como industrias. En los hogares, se consume a baja potencia y con unos niveles de tensión de 230/400V. En muchas industrias se consume a valores de tensión mucho más altos (hasta varios kv).

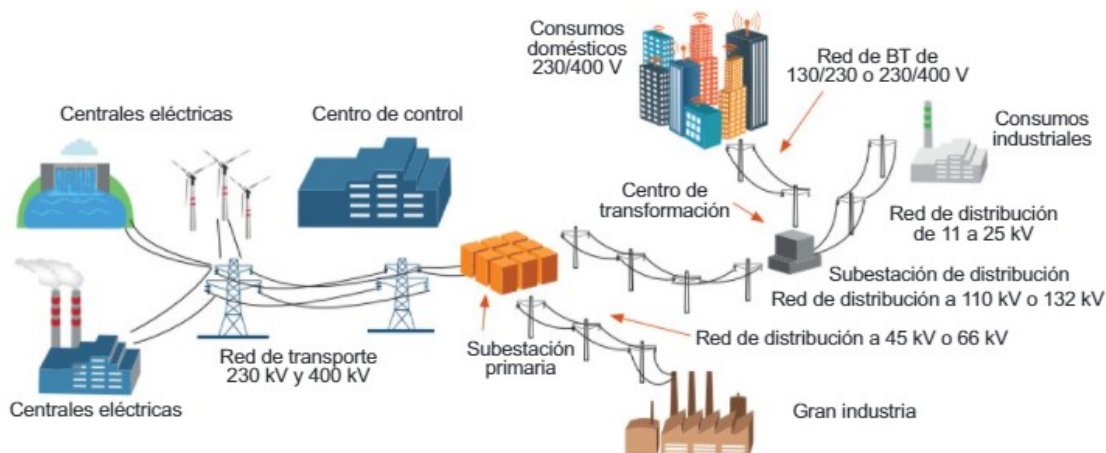


Ilustración 1. Diagrama de la red eléctrica

Debemos ahora definir los escalones de la tensión según el REBT (Reglamento electrotécnico de Baja tensión). Se considera baja tensión, cuando trabajamos a menos de 1000V en CA (corriente alterna) y 1500 V en CC (corriente continua).

Normalmente, la alta tensión se suele dividir en media tensión y alta tensión, llegando la MT hasta los 66 kV. Desde 66kV hasta 400 kV se considera Alta tensión.

:

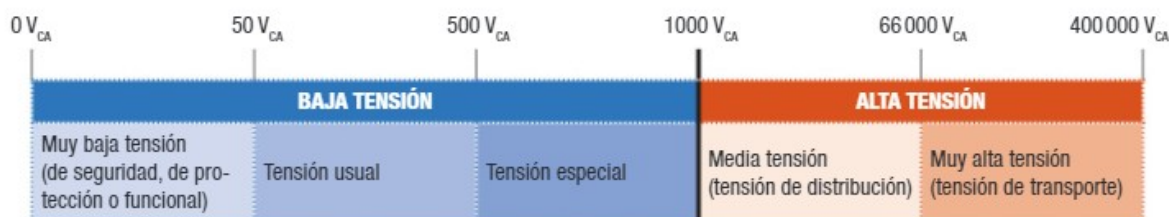


Ilustración 2. Escalones de tensión en España

2. Sistemas de distribución en redes eléctricas

Un sistema de distribución nos indica la forma en que la energía eléctrica llega desde el punto de origen hasta los usuarios finales, nos indica como se distribuye.

Para un buen funcionamiento del sistema de distribución es necesario diseñar, construir, operar y mantener el sistema de distribución que proporcionará el adecuado servicio eléctrico al consumidor: viviendas, industrias, etc). No cualquier tipo de sistema de distribución puede ser empleado en todas las áreas por la diferencia en densidad de carga (cantidad de consumo energético). Por tanto, no puede aplicarse el mismo sistema para una zona industrial que una zona rural debido a la cantidad de demanda eléctrica.

Para diferentes áreas de carga o incluso para diferentes partes de la misma área de carga, el sistema de distribución más efectivo podría tomar diferentes formas.

El sistema de distribución debe proveer servicio con un mínimo de variaciones de tensión y el mínimo de interrupciones, debe ser flexible para permitir expansiones en pequeños incrementos, así como para reconocer

cambios en las condiciones de carga con un mínimo de modificaciones y gastos. Sobre todo, elimina la necesidad para predecir la localización y magnitudes de las cargas futuras

Existen 3 tipos básicos de sistemas de distribución:

- Sistema radial
- Sistema anillo
- Sistema en malla o mallado

2.1. Sistema radial

Las redes radiales se alimentan desde uno sólo de sus extremos, que cuenta con una trayectoria entre la fuente y la carga, proporcionando el servicio de energía eléctrica. Tiene un simple camino sin regreso sobre el cual pasa la corriente, parte desde una subestación y se distribuye por forma de "rama", como se ve en la siguiente figura.

Tienen la ventaja de ser redes muy sencillas en su instalación y en las protecciones eléctricas. Como inconveniente principal ante un fallo del transformador toda la red se quedaría sin energía eléctrica.

Este tipo de sistema de distribución tiene como característica básica, el que está conectado a un sólo juego de barras.

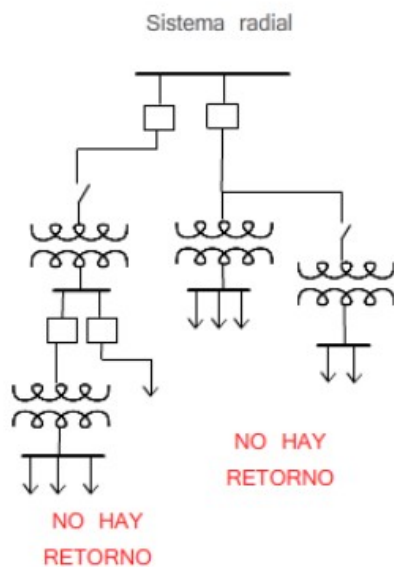


Ilustración 3. Sistema de distribución radial

Este tipo de sistema es el más simple y el más económico debido a que es el arreglo que utiliza menor cantidad de equipo, sin embargo, tiene varias desventajas por su forma de operar:

- El mantenimiento de los interruptores se complica debido a que hay que dejar fuera parte de la red.
- Son los menos confiables ya que una falla sobre el alimentador primario principal afecta a la carga.

2.2. Sistema de Red en anillo

La red en anillo o en bucle cerrado se alimenta desde dos o más sitios cerrando un anillo, los receptores se insertan entre los transformadores. La ventaja principal es que ante una avería de un transformador el usuario seguirá recibiendo alimentación eléctrica desde otro transformador, es decir garantiza mejor la continuidad del servicio.

Estas redes son más complejas y más difíciles de proteger eléctricamente.

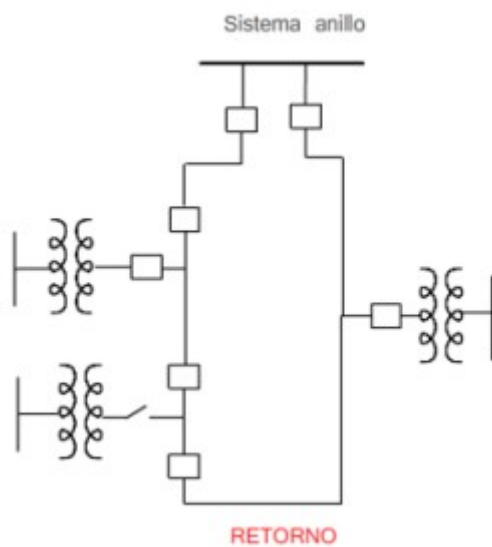


Ilustración 4. Sistema de distribución en anillo

Permiten la continuidad de servicio, aunque no exista el servicio en algún transformador de línea.

Al salir de servicio cualquier circuito por motivo de una falla, se abren los dos interruptores adyacentes, se cierran los interruptores de enlace y queda

restablecido el servicio instantáneamente. Si falla un transformador o una línea la carga se pasa al otro transformador o línea o se reparte entre los dos adyacentes.

Si el mantenimiento se efectúa en uno de los interruptores normalmente cerrados, al dejarlo sin energía, el alimentador respectivo se transfiere al circuito vecino, previo cierre automático del interruptor de amarre.

2.3. Sistema de Red en malla

Están formadas por redes en anillo unidas en forma radial. Son redes muy complejas en donde la potencia de cortocircuito aumenta de forma amplia.

Una forma de subtransmisión en red o en malla provee una mayor fiabilidad en el servicio que las formas de distribución radial o en anillo ya que se le da alimentación al sistema desde dos o más plantas y le permite a la potencia alimentar desde cualquier sistema de generación a cualquier subestación de distribución.

Este sistema es utilizado donde la energía eléctrica tiene que estar presente sin interrupciones.

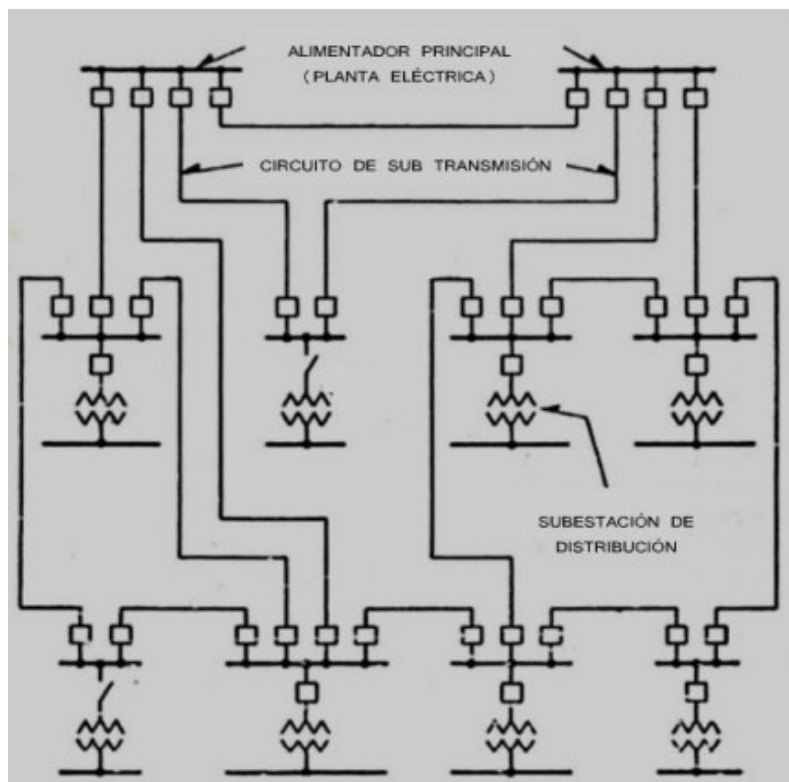


Ilustración 5. Sistema de distribución en malla

3. Subestaciones

Las subestaciones son una parte esencial del sistema eléctrico, así que vamos a verlas con detenimiento.

Una subestación es un punto que permite cambiar las características de energía eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etcétera) normalmente en corriente alterna, con la capacidad de reconfigurar las conexiones de las líneas de transporte o distribución. Existen varias formas de clasificar una subestación, las clasificaremos en 4 tipos, que son:

1) Subestación de maniobra en una estación de generación Tiene como objetivo facilitar la conexión de la planta generadora hacia la red eléctrica, transformando la energía eléctrica para su transporte.

2) Subestaciones de enlace Se encuentra dentro de la red de transporte de la energía eléctrica, tiene la función de facilitar el enlace y/o direccionamiento de la misma, normalmente con estas subestaciones finaliza la línea de transmisión que parte desde la subestación de maniobra

3) Subestaciones de distribución Son las más comunes dentro del sistema eléctrico, los cuales se encuentran cerca de los centros de consumo eléctrico, en su caso, una ciudad o industria.

4) Subestaciones industriales Funciona a partir de una línea principal del sistema eléctrico, tiene la característica de cumplir con los requerimientos técnicos del cliente. Su necesidad y existencia radica en brindar las necesidades que requiera la industria que va a alimentar.

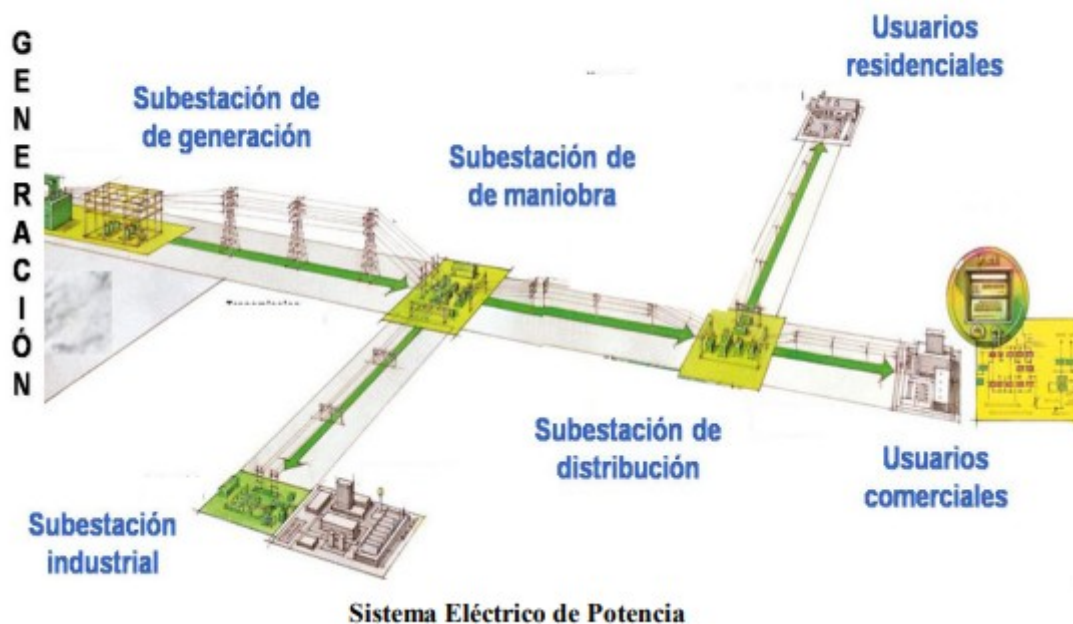


Ilustración 6. Distintos tipos de subestaciones

4. Esquemas de conexión de las tierras y neutros

Hay diversas formas de realizar las conexiones a tierra, para proteger las personas o partes del sistema eléctrico.

Existen 3 formas básicas de conexión del neutro y tierra:

- **Esquema TT.** La primera T indica que el transformador está conectado a tierra, y la segunda, que las carcasas metálicas de las cargas están también conectadas a tierra. Ambas conexiones son distintas, no están interconectadas. Es el más utilizado por su alta capacidad de protección (gracias a la instalación de diferenciales) para las personas, y es el obligatorio en viviendas para el REBT.

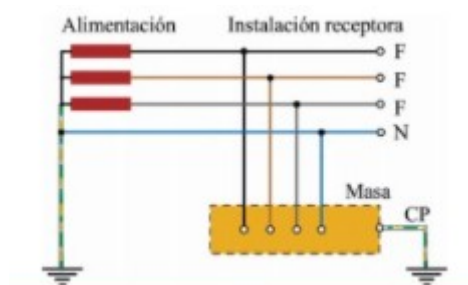


Ilustración 7. Esquema de conexión TT

- **Esquema IT.** La primera T indica que el secundario del transformador no está conectado a tierra, o conectado con una impedancia muy alta, y la segunda T indica que las masas de las cargas sí están conectadas a tierra. Se usa en lugares donde la continuidad del servicio sea crítica, como por ejemplo en quirófanos.

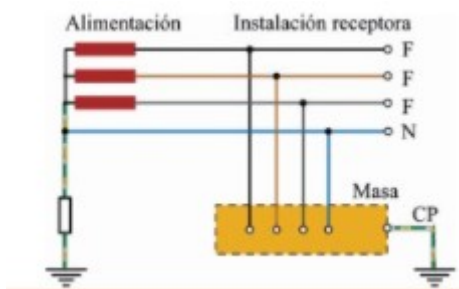


Ilustración 8. Esquema IT de conexión a tierra

- **Esquema TN.** En este esquema, el secundario del transformador está conectado a tierra, y las masas de las carcassas de las cargas se conectan también a la misma toma de tierra. Es un sistema muy estable en el que no se necesita utilizar diferenciales, pero en el que hay que diseñar las protecciones para cada carga por separado. El esquema puede ser TN_C si el conector de protección (CP) y el de tierra van unidos (OEN) o TN-S si son independientes en la zona de carga.

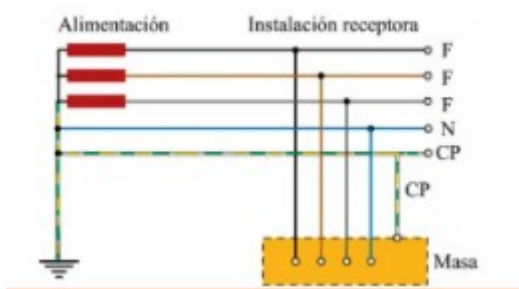


Ilustración 9. Esquema de conexión a tierra tipo TN-S

En este vídeo está muy bien explicado:

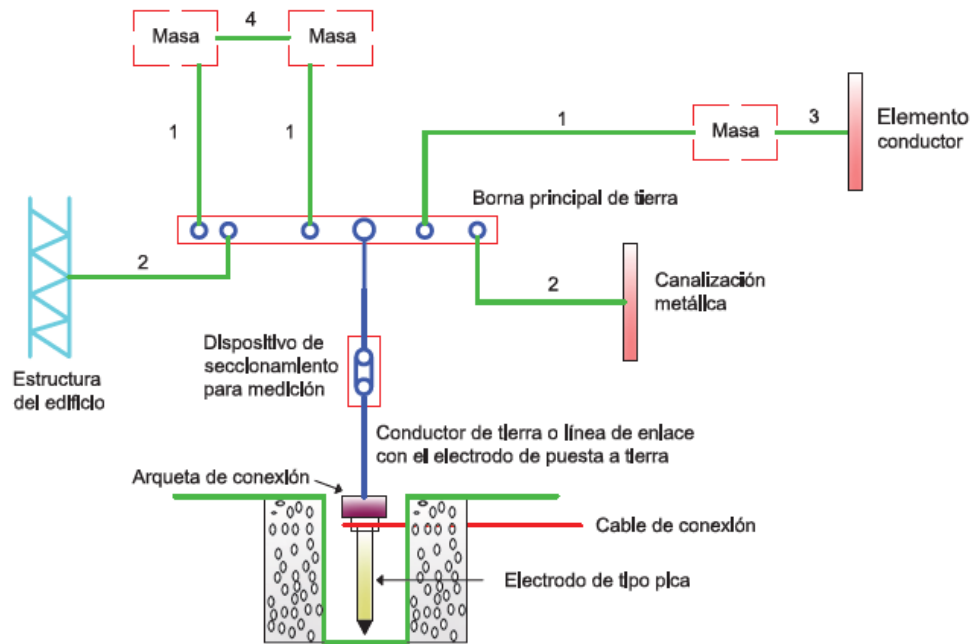
<https://www.youtube.com/watch?v=4bKj3zBos4A>

Ventajas e inconvenientes de los diferentes esquemas de red

Tipo de red	Ventajas	Inconvenientes
Sistema IT	• Conforme con las normativas de CEM • Alta disponibilidad: El primer fallo solo se notifica, el segundo fallo causa la desconexión • Corriente de derivación a tierra limitadas en redes pequeñas • Pocas interferencias en las instalaciones vecinas gracias a instalaciones de puesta a tierra sencillas • Reducción del tendido de cables y conductores • Localización sencilla de los fallos con los dispositivos correspondientes	• Los consumidores deben estar bien aislados contra la tensión entre los conductores exteriores • Es necesario un dispositivo de protección de sobreintensidad para el conductor neutro • Puede haber problemas con la desconexión con un segundo fallo a tierra
Sistema TT	• Conforme con las normativas de CEM • Medidas de protección independientes de la potencia de cortocircuito de la red • Reducción del tendido de cables y conductores • Diferente tensión de contacto permitida por zonas • Combinable con redes TN	• Solo para baja potencia debido al uso de RCD (interruptores diferenciales) • Requiere una comprobación de funcionamiento periódica • Laboriosa puesta a tierra de servicio ($\leq 2 \Omega$) • Conexión equipotencial obligatoria para cada edificio
Sistema TN-C	• Fácil de montar • Requiere poco material	• No conforme con las normativas de CEM • No adecuado para edificios con instalaciones de TI (tecnologías de la información) debido a las corrientes de fuga y los campos magnéticos de baja frecuencia • Peligro de muerte en caso de rotura del conductor PEN • Mayor riesgo de quemaduras eléctricas
Sistema TN-C-S	• Solución económica para edificios sin tecnologías de la	• No conforme con las normativas de CEM

	información	• Posibilidad de campos magnéticos de baja frecuencia
Sistema TN-S	• Conforme con las normativas de CEM • Bajo aumento de tensión en las fases sanas	• Mayor inversión en protecciones en caso de acometidas múltiples remotas • Riesgo de puestas a tierra accidentales involuntarias

Esquema de conexión a tierra en edificios



1 = Conductor de protección

2 = Conductor de unión equipotencial principal

3 = Conductor de equipotencialidad suplementaria entre masas y elementos conductores

4 = Conductor de equipotencialidad suplementaria entre masas.