

Clase 2 - Tipos de Corriente Eléctrica

Corriente continua y corriente alterna

Cuando por un conductor los electrones circulan siempre en el mismo sentido, la corriente recibe el nombre de continua en virtud de dicha continuidad direccional, como se muestra en el gráfico de la figura 14-1.

Por ejemplo, la pila seca, acumulador o batería mencionadas anteriormente son fuentes de corriente continua.

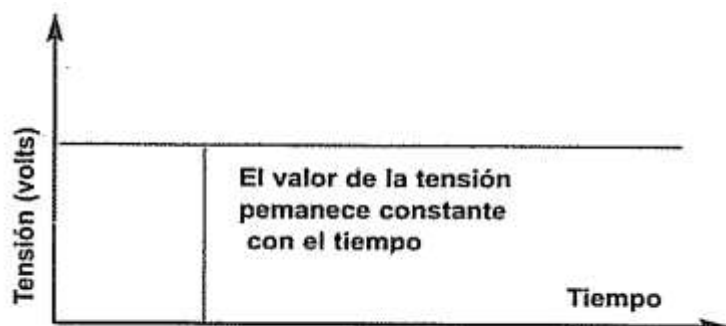


Figura 14-1. Representación de la corriente continua

La corriente alterna se basa en que los electrones cambian periódicamente su dirección de circulación, dirigiéndose alternativamente en un sentido y en el opuesto, razón por la cual esa denominación.

La generación y distribución de energía eléctrica se la realiza en corriente alterna, debido a la posibilidad que brinda ese tipo de corriente para su distribución a altas tensiones y a la gran facilidad de convertirse luego a bajas tensiones, mediante la aplicación de los transformadores estáticos. Las altas tensiones de distribución, posibilitan la reducción de secciones de conductores con la consecuente disminución de costos.

Analogía hidráulica-eléctrica de corriente continua y alterna

En el esquema del circuito hidráulico superior, de la figura 15-1, se dice que la corriente es continua, porque el agua siempre circula en un mismo sentido. Para ello, se utiliza una bomba centrífuga. En cambio, en el esquema inferior debido al efecto alternativo del pistón de la bomba, el agua circula una vez en un sentido y otra vez en el contrario, pero se observa que la rueda hidráulica gira siempre en el mismo sentido. O sea que genera el mismo efecto útil

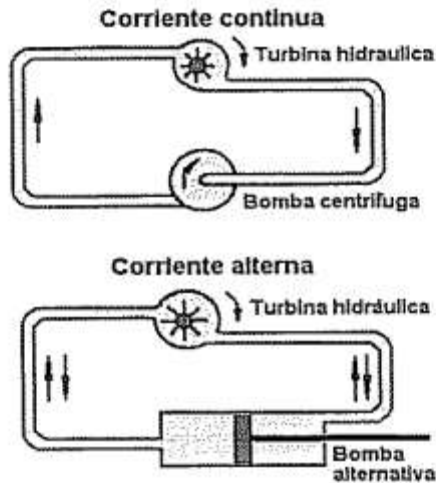


Figura 15-1. Analogía hidráulica corriente continua y alterna

Producción de corriente alterna

Supóngase un conductor recto (en la realidad es una espira o bobina), colocado transversalmente y que gira en forma constante en el interior de un electroimán, donde hay un campo electromagnético con líneas de fuerzas que van del polo norte al sur, tal cual se indica el detalle de la figura 16-1

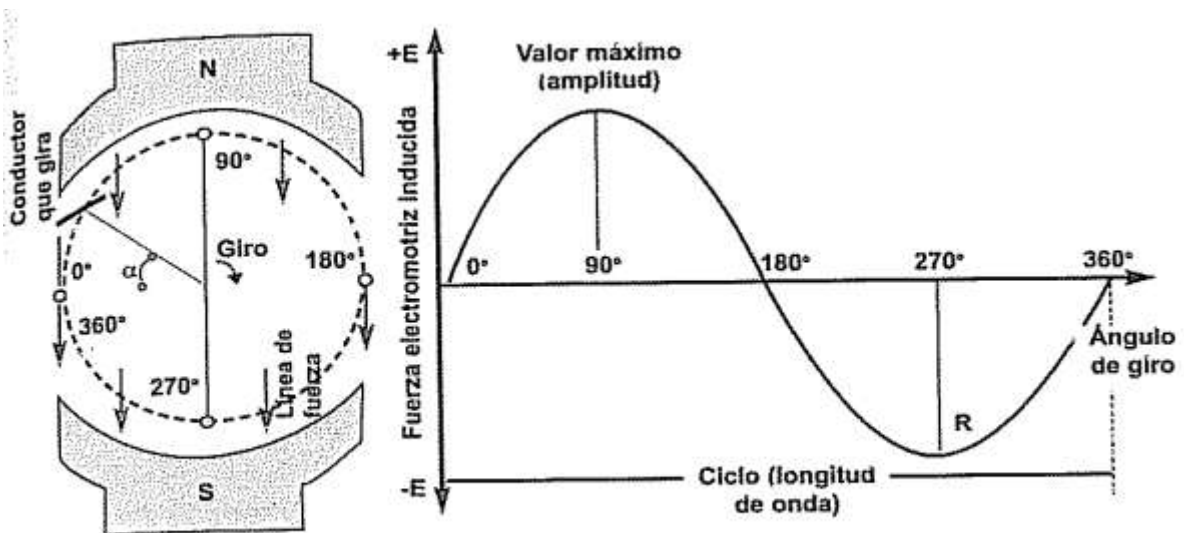


Figura 16-1 . Representación gráfica de la corriente alterna monofásica

Si se considera una posición inicial 1, la dirección del movimiento del conductor en ese instante es paralela a las líneas de fuerza. En 2 forma un ángulo α de 45°, mientras que en 3 es de 90°, moviéndose en ese momento en forma perpendicular a ellas.

Cuando el conductor atraviesa líneas de fuerza se inducen en el mismo fuerzas electromotrices, o sea, se genera una era una tensión eléctrica que depende de la posición que se encuentra en el giro y está dada por la siguiente expresión

$$E = \epsilon \text{ sen } \alpha$$

Donde:

E : fuerza electromotriz o tensión eléctrica inducida (volt).

ϵ : valor constante.

α : ángulo de giro del conductor con respecto a la posición inicial ($^{\circ}$).

El valor de ϵ es constante, porque depende de:

- Intensidad del campo magnético (líneas de fuerza/ cm^2).
- Velocidad de giro del conductor ($\text{cm}/\text{seg.}$).
- Longitud del conductor (cm).

Por lo anteriormente indicado, se desprende que la tensión inducida E, es solo variable en función de los valores del $\text{sen } \alpha$. De esa manera:

- $\alpha = 0^{\circ}$ $\text{sen } \alpha = 0$
- $\alpha = 90^{\circ}$ $\text{sen } \alpha = 1$
- $\alpha = 180^{\circ}$ $\text{sen } \alpha = 0$
- $\alpha = 270^{\circ}$ $\text{sen } \alpha = -1$

Con estos valores se ha confeccionado la curva sinusoidal en la que se representan las tensiones inducidas (E), en función de los distintos ángulos que va tomando el conductor en su giro. El valor máximo corresponde a los puntos 3 y 7, siendo este último negativo, dado que el $\text{sen } \alpha$ es -1.

De esa manera, se observa que se ha inducido una fuerza electromotriz (E) positiva o negativa según la posición del conductor en el giro, de modo que la corriente circula en un sentido u otro en un lapso muy pequeño y se la denomina corriente alterna monofásica.

Se pueden definir algunos elementos importantes que son:

- Ciclo: se refiere a cada vuelta que da el conductor alrededor del eje, lo que constituye la longitud de onda.
- Periodo (T): duración del ciclo, o sea el tiempo en que tarda el conductor en dar una vuelta completa (seg.).
- Frecuencia (f): número de ciclos o vueltas por segundo se lo mide en Hertz que equivale a un ciclo por segundo. En nuestro país se utiliza en la distribución una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

En el conductor que gira dentro del electroimán se produce la circulación de corriente alterna, cuyo valor estará dado por la Ley de Ohm de acuerdo a la fórmula: $I = E/R$ y como la resistencia R se mantiene constante, la intensidad de corriente representada en su escala, adquiere la misma configuración sinusoidal de la fuerza electromotriz.

Esa configuración sinusoidal puede ser coincidente, como se indica en la figura 17-I, o eventualmente desfasada en el tiempo, por efectos de la resistencia magnética o reactancia a la circulación de la corriente alterna, como se verá posteriormente.

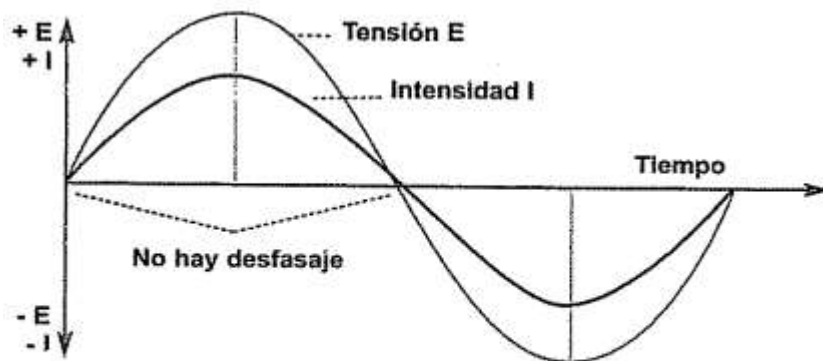


Figura 17-I. Variaciones de la tensión y corriente en el tiempo

Circuitos de corriente alterna trifásica

Si en lugar de un conductor se colocan dentro del electroimán tres conductores, (en realidad son bobinas), denominados R, S, T, apartados $1/3$ de vuelta o sea 120° que giran alrededor del punto O, se puede efectuar un análisis similar al caso anterior. Se observa en la figura 18-1, que los tres conductores al cortar las líneas de fuerza, inducen tensiones alternadas que están desfasadas en 120° una respecto de otra.

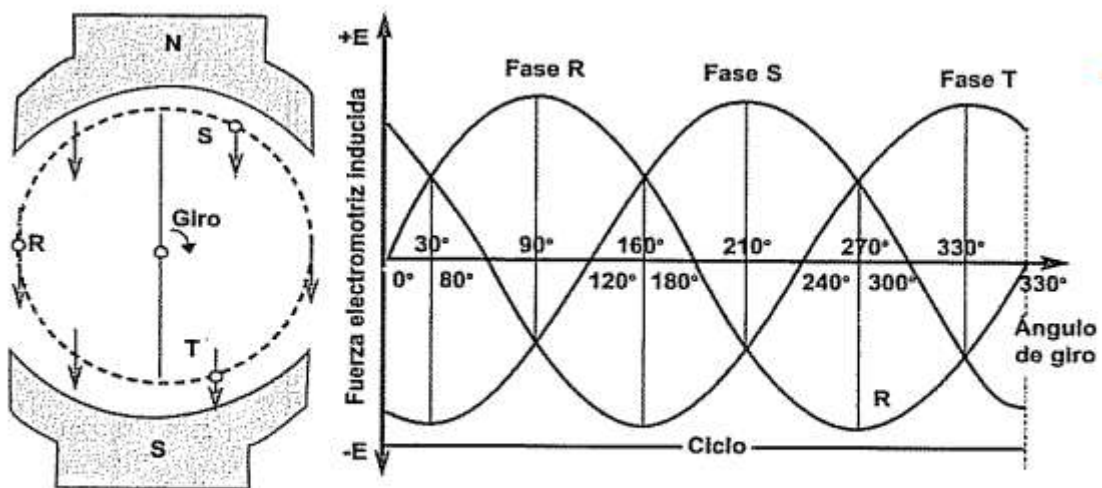


Figura 18-1. Representación gráfica de la corriente alterna trifásica

Los tres conductores (bobinas) que giran dentro del electroimán pueden vincularse entre sí formando un triángulo, originándose de esa manera tres intensidades de corriente alterna iguales en cada vértice, desde la cual, puede efectuarse la distribución mediante tres conductores que tienen el mismo valor de tensión entre sí.

Sin embargo, en la práctica normalmente se los conectan de la manera que se indica en la figura 19-1, denominada estrella por su forma característica, con cuatro conductores de salidas o polos.

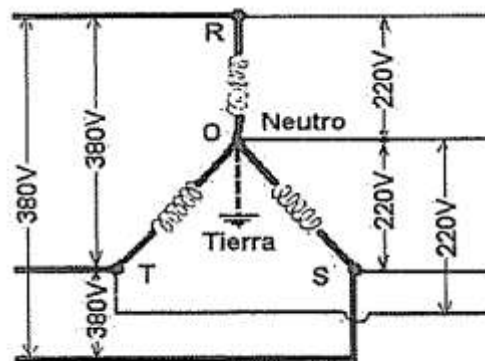


Figura 19-1. Distribución trifásica en estrella

De las puntas de la estrella, parten los conductores R, S y T (llamados también L1, L2, L3 respectivamente), denominadas líneas vivas, las que se vinculan a un punto común o centro de la estrella conectado a tierra, donde nace el conductor O, denominado neutro, porque la intensidad de corriente que circularía por el mismo en un sistema equilibrado donde las cargas de las líneas vivas sea la misma, sería teóricamente igual a 0.

Mediante esta conexión, se pueden obtener dos tipos de tensiones:

- Tensión de fase (E_f) cuando se conecta una línea viva R, S o T con el neutro O.
- Tensión de línea (E_l) cuando se conectan las líneas vivas R, S o T entre sí

Se demuestra que:

$$E_l = \sqrt{3} E_f$$

En la generalidad de los casos, en nuestro país se distribuye la energía eléctrica para consumo domiciliario con una tensión de fase (vivo y neutro) de 220 Volts, existiendo por lo tanto entre vivos una tensión de

$$E_l = \sqrt{3} \times 220 = 380 \text{ Volts}$$

Por tal motivo, se identifican a esas redes como de 3 x 380/220 Volts.

Habiendo cuatro conductores hay distintas posibilidades de tomar tensión, tal cual se indica en la figura 20-1.

- Si se suministra un conductor vivo y el neutro, a esa conexión de 220 Volts se la denomina domiciliaria, que se la utiliza para pequeños consumos, alumbrado y motores pequeños, como el caso de las viviendas unifamiliares.

- Si se suministran los tres polos vivos y el neutro, se denomina conexión de fuerza motriz. O sea que si el usuario pide esa conexión, la Compañía de Electricidad le provee los tres conductores vivos R, S y T con una tensión de 380 Volts y además, el conductor neutro para disponer de la tensión de 220V. Se aplica para industrias, o edificios colectivos que consumen grandes potencias eléctricas

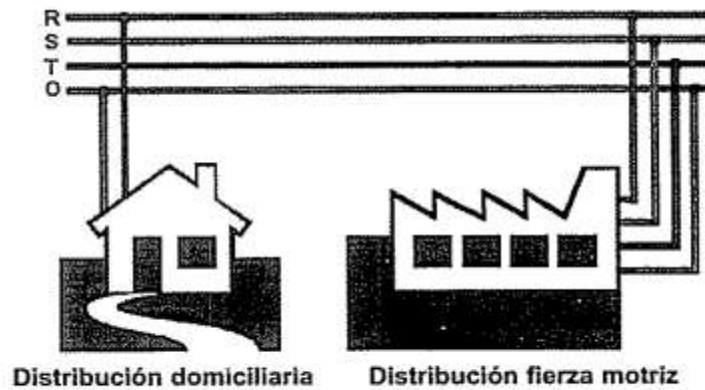


Figura 20-1. Formas básicas de distribución eléctrica

En una red urbana es imposible que todos los usuarios conecten a la red aparatos que consuman cargas iguales en el mismo instante, por lo tanto, la distribución nunca está equilibrada por fase. Por ejemplo, puede ser que consuma más electricidad la fase RO que la SO o la TO, de esa manera por el conductor neutro circula corriente para equilibrar ese desfase.

Para atenuar este efecto, las Compañías de Electricidad van repartiendo los conductores R, S y T en forma proporcionada a la potencia y además, en los edificios que se suministra fuerza motriz, se exige que se adopte ese criterio en el proyecto de la instalación interna, de modo de equilibrar las corrientes de fases dentro de lo posible.

A pesar de ello, en la realidad se produce la circulación de bastante corriente por el conductor neutro, por lo que en la actualidad se exige que su sección se dimensione como mínimo igual que las líneas vivas, como se detallará más adelante

La forma de distribución trifásica en estrella tiene la ventaja con respecto a la monofásica, que se utilizan tres conductores y el neutro para servir a tres circuitos de igual carga. En un sistema monofásico se necesitarían seis conductores, para que sea equivalente.

Además, existe la posibilidad de obtener una tensión $\sqrt{3}$ veces mayor con la conexión de las líneas vivas, que sirve para la utilización de fuerza motriz. Por tal motivo, es generalizada la utilización de esos sistemas para la distribución de corriente eléctrica.

Según la Reglamentación de la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, las instalaciones eléctricas para una frecuencia de 50 Hertz, pueden clasificarse por la tensión aplicada entre las fases, de la siguiente manera:

- Muy baja tensión (MBT): hasta 50 Volts. Cuando se limita a 24 Volts por razones de seguridad, son denominadas de muy baja tensión de seguridad (MBTS).
- Baja tensión (BT): más de 50 Volts y hasta 1000 Volts.
- Media tensión (MT): más de 1000 Volts y hasta 33000 Volts.
- Alta tensión (AT): más de 33000 Volts

Potencia eléctrica

La potencia eléctrica de una corriente continua, se la puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$W = E I$$

Donde:

W : potencia eléctrica (watts).

E : tensión aplicada (volts).

I : intensidad de corriente(amper).

Se puede definir al Watt, como la potencia desarrollada por la circulación de corriente de un amper, cuando existe una diferencia de potencial de un volts. Muchas veces se utiliza el Kilowatt, que equivale a 1000 Watts.

En un circuito de corriente alterna existe además de la resistencia normal o resistencia óhmica, otra oposición al pasaje de corriente, porque encuentra a su paso una resistencia adicional llamada reactancia, debido a un fenómeno magnético de autoinducción. A la acción conjunta de la resistencia óhmica y la reactancia, se la denomina impedancia.

Este efecto de reactancia u oposición magnética a la circulación de la corriente, provoca una disminución de la potencia transmitida, por lo que la fórmula anterior deber ser afectada por un factor menor que uno, denominado factor de potencia ($\cos \rho$).

Por lo tanto la ecuación anterior, para el caso de corriente alterna, queda de la siguiente manera:

- Corriente alterna monofásica: $W = E_f I \cos \rho$
- Corriente alterna trifásica: $W = \sqrt{3} E_l I \cos \rho$

Donde:

E_f : tensión de fase (volts).

E_l : tensión de línea (volts).

En un circuito de corriente alterna en el que no existe reactancia, el valor del \cos es igual a uno como en el caso de la corriente continua. A esa potencia se la denomina potencia aparente, utilizándose generalmente como unidad el volt-amper (VA) en lugar de watts, o el KVA en lugar de KW.

Siempre hay un efecto de reactancia, pero su acción al circular por un conductor es despreciable y sólo suele considerarse circuitos en la que intervienen bobinados o arrollamientos, como el caso de motores eléctricos. En el diseño de líneas comunes de pequeños edificios, no se tiene en cuenta la reactancia y sin muchos errores se trabaja solamente con la resistencia óhmica, de modo que se considera $\cos \rho = 1$.

Sin embargo, en instalaciones de fuerza motriz con gran cantidad de motores o en grandes redes de distribución, tiene mucha importancia el factor de potencia, porque si un generador de corriente alterna trabaja en una red en la que existe gran reactancia con un bajo factor de potencia, se reduce la potencia útil que puede distribuir.

Por ello, las compañías proveedoras de energía eléctrica exigen a sus clientes que el factor de potencia o $\cos \rho$ generalmente no sea inferior a 0,85, estableciendo tarifas punitivas al usuario que no cumpla con dicho valor, por lo que es necesario, especialmente en las instalaciones de fuerza motriz con muchos motores corregir el factor de potencia empleando condensadores o capacitores, como se describirá posteriormente.

DISTRIBUCIÓN DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

La distribución de la energía eléctrica desde las centrales no se las realiza a las tensiones normales de utilización sino a grandes tensiones, dado que las secciones de los conductores son tanto menores cuanto más grande es la tensión o voltaje de trabajo. De esa manera, se reducen notablemente los costos de las instalaciones además de la simplificación estructural en el caso de distribuciones aéreas a distancia.

El uso generalizado de la corriente alterna en lugar de la continua, es debido a la gran facilidad de ser convertida de alta a baja tensión o viceversa en su distribución, mediante la utilización de transformadores estáticos.

Transformador

En forma elemental, el transformador consiste en un núcleo de hierro, provisto de dos bobinas convenientemente aisladas, llamadas primaria y secundaria, como se observa en el esquema de la figura 21-I y en la vista de la figura 22-1

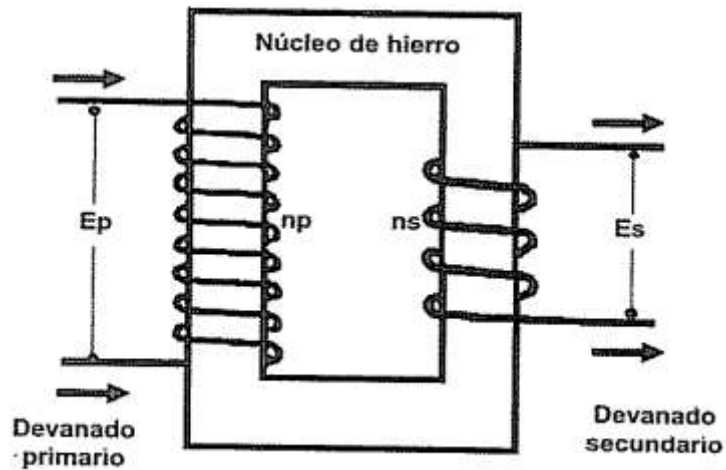


Figura 21-1. Detalle esquemática del transformador

Si por el devanado o bobina primaria, circula una corriente alterna, en el núcleo de hierro se produce un campo magnético variable, que induce sobre el circuito secundario otra corriente alterna. Sin embargo, esta nueva corriente alterna ha variado su tensión en relación al número de espiras, según la expresión

$$E_s = E_p \frac{n_s}{n_p} \eta$$

Siendo:

E_s : tensión en el secundario (volts).

E_p : tensión en el primario (volts).

n_s : número de espiras del bobinado secundario.

n_p : número de espiras del bobinado primario.

η : rendimiento del transformador.

Entonces, si se envía una corriente alterna de alto voltaje al primario, se transforma en bajo voltaje en el secundario, si $n_p > n_s$. El caso contrario, se produce si $n_p < n_s$.

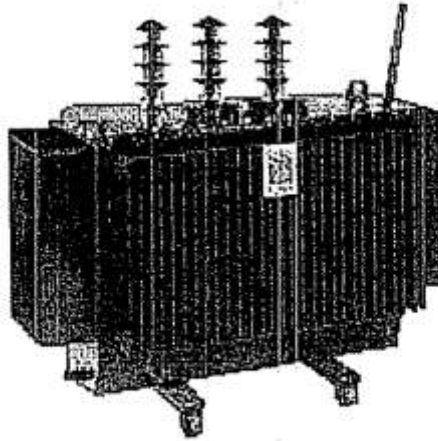


Figura 22-I. Vista de transformador 50 a 100 KVA

Cabe consignar, que en el proceso de transformación la intensidad de corriente, varía en función inversa a la tensión en la misma relación del número de vuelta de los bobinados, de modo que cuando se aumenta la tensión se reduce la intensidad de corriente en la misma proporción.

En la figura 23-I, se indica un esquema de distribución de la corriente alterna que se origina en la planta generadora, elevándose la tensión en un transformador central para efectuar el transporte de la energía eléctrica a alta tensión, (generalmente a 500 o 132 kV), hasta la subestación transformadora final donde se la rebaja a media tensión, usualmente a 13,2 Kvolts.

A partir de allí, comienza los que se denomina red de distribución urbana, que es un conjunto de cables subterráneos de media tensión, que transportan la energía desde la subestación hasta los centros de consumo o cámaras de transformación.

Desde allí, los centros de distribución alimentan a los consumidores industriales, las zonas residenciales, las redes municipales, etc. En general, los consumidores requieren baja tensión, por lo cual es necesario un nuevo transformador, que baja la misma de los 13,2 Kvolts, hasta obtener 380 Volts trifásicos y 220 Volts monofásicos

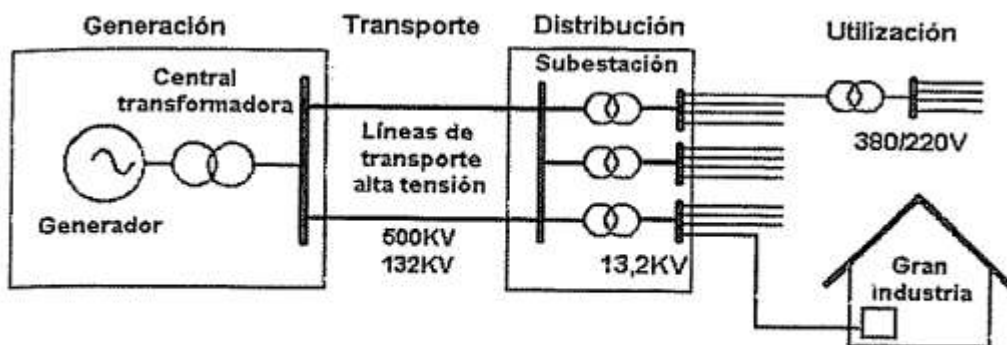


Figura 23-i. Esquema básico de distribución eléctrica

Estas redes de distribución de energía eléctrica suelen adoptar distintas configuraciones y para el caso de zonas urbanizadas se efectúa la distribución en mallas cerradas, que permiten que los usuarios tengan mayor seguridad del servicio en caso de falla de alguna línea a su acometida, tal como se indica en el detalle de la figura 24-I.



Figura 24-I. Esquema básico de distribución urbana

Red de alta tensión de la República Argentina

La privatización del Sistema Eléctrico Argentino por la ley N° 24.065 dividió las funciones dentro del Mercado Eléctrico Mayorista, en cuatro tipos de agentes principales, que son:

- Generadores: que cumplen la función de generar energía eléctrica, para colocarla en algún punto del Sistema de Interconexión.
- Transportistas: que vinculan eléctricamente todos los nodos del sistema de interconexión, por medio de redes aéreas y/o subterráneas de transmisión en alta tensión.
- Distribuidores: que son las compañías que atienden la demanda de los usuarios finales de energía eléctrica en su área de concesión.
- Grandes Usuarios: que son las empresas que dentro de una cierta banda de potencia y energía, pueden comprar energía en el Mercado Eléctrico Mayorista.

La operación del Sistema Eléctrico Argentino, cuya coordinación está a cargo de una empresa designada al efecto, realiza el control a través de Centros de Control de Operaciones para que se cumpla el programa de cargas, a fin de la correcta operación del sistema.

De ese modo, la generación de energía eléctrica está integrada a un Sistema Interconectado Nacional, en una red de transporte a alta tensión de 500 kV, de modo

que los distribuidores reciben las provenientes de diversas usinas térmicas o las hidráulicas de Salto Grande, El Chocón, Cerro Colorado, Yaciretá, o la nuclear como Atucha etc.

Para determinar la proporción de energía que se toma de la red, se utiliza un Centro de Movimiento de Energía, que consiste en un cerebro computarizado que se encarga de ordenar y verificar las entradas y salidas de energía eléctrica de acuerdo a la oferta y demanda y según los recursos disponibles de la red

La red domiciliaria es de alrededor de 45000 km, en una superficie de 13800 km². En la zona residen más de 12000000 de habitantes, que aproximadamente consumen 13000000 de kW en viviendas, comercios e industrias, además de la iluminación pública, trenes eléctricos, subterráneos, edificios públicos, bombeo de agua y otros servicios sanitarios. La componen más de 13000 centros de transformación, contando con distintos tipos de subestaciones de distribución de 132 a 500 kV