

## K. Distribución y venta de la corriente eléctrica.

En el capítulo anterior hemos visto la facilidad que presenta la corriente alterna de dejarse transformar por medio de aparatos que no necesitan mayor cuidado (comparados con otras instalaciones complicadas) y que son los transformadores. Por esta razón, en este capítulo nos referiremos casi exclusivamente a la distribución de la corriente alterna generalizada universalmente.

La naturaleza de las fuentes de energía hace que estas se encuentren con frecuencia alejadas de los centros habitados o industriales. Esto ha creado una técnica especial para la transmisión de estas grandes potencias a través de distancias de muchos kilómetros.

En cuanto a la producción en la planta misma, lo común es generar un voltaje alrededor de 6600 voltios que ha resultado el más práctico. Así, el municipio de Medellín p.e. tiene en su planta hidroeléctrica de Guadalupe unidades generadoras de este voltaje. Pero a pesar de ser este voltaje tan alto, no es aconsejable por la técnica para el transporte de larga distancia. Por esta razón, este voltaje se aumenta por lo general a 110 000 voltios o más, y éste se transporta por líneas especiales colocadas sobre armaduras metálicas con la precauciones que un voltaje tan elevado exige.

De estas líneas de transmisión diremos que son objeto de estudios especiales. Su localización y especificaciones en cada caso deben adaptarse a la región que atraviesan y el diseño y colocación de las torres obedece a un estudio topográfico como si se tratara de una carretera. Podríamos llamar esta clase de líneas, líneas de primera clase que unen siempre o casi siempre la central de producción y la central de consumo sin ramales intermedios. La central o subestación de consumo tiene por objeto transformar de nuevo el elevado voltaje de transmisión en un voltaje más bajo que permita la distribución a la ciudad y a la industria en condiciones apropiadas.

Así, p.e. en Guadalupe los generadores trifásicos movidos por ruedas Pelton generan actualmente cada uno una potencia de 5000 a 6500 kilovatios a 6600 voltios. Estos generadores tienen 10 polos y dan 720 revoluciones de manera que la frecuencia es de 60 ciclos. El voltaje de excitación es de 125 voltios y de 250 amperios, gastándose en la excitación por lo tanto 38 kilovatios. Cada uno de los dos generadores que posee la planta alimenta un transformador trifásico que está en una instalación al aire libre y que sube el voltaje de 6600 a 110000 voltios. A plena carga el amperaje de entrada sería 545 amperios y el de salida 32.8 amperios. La impedancia del transformador es 6,1%; pesa 15 toneladas y contiene unos 12 000 litros de aceite que pesan m.o.m. 8 toneladas. El alto voltaje se conduce hasta Medellín por una línea que tiene 84 kilómetros de longitud sostenida en 312 torres de 22 m de altura. En la parte montañosa de Guadalupe a Porcecito, la

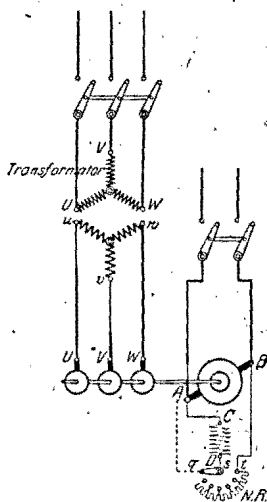


Fig. 244

línea es doble y en este último lugar hay una subestación de interruptores y teléfono que permite el cambio cómodo de la línea de montaña. De Porcecito a Medellín la línea es simple, consta de tres cables de aluminio con alma de acero de una sección útil de  $107 \text{ mm}^2$ : El acero de estos conductores no se tiene en cuenta como conductor. Sirve para añadirle resistencia mecánica al aluminio.

En Medellín se encuentra una subestación de transformación que reduce el voltaje a 6600 voltios, corriente que distribuye a las barras de la subestación, de donde se sacan las líneas de distribución de la ciudad.

En la ciudad, líneas con más de 750 voltios suelen llamarse líneas primarias y las con menor voltaje líneas secundarias (No hay que confundir esta nomenclatura con la de la corriente primaria o de entrada y la corriente secundaria o de salida de un transformador).

De la subestación salen varios ramales en paralelo que conducen corriente trifásica de 6600 voltios, cada una de las cuales va a alimentar un circuito determinado de la ciudad y está formada por una línea sin carga intermedia (feeder line = línea de alimentación; véase fig. 247).

Esta línea alimentadora entrega corriente a uno o varios ramales principales (véase figura 247) de los cuales a su vez se desprenderán nuevos ramales secundarios o brazos que son los ramales para el consumo.

Las líneas alimentadoras y los ramales principales llevan corriente trifásica, las primeras deben ser de alambre grueso (Nº. 0). El ramal principal ya puede ser más delgado (Nº. 4). Los brazos pueden llevar o corriente trifásica si están destinados a motores etc. o corriente monofásica. En este último caso estarán distribuidos en las tres fases por iguales partes de manera que constituyan para el ramal principal (main line) una carga equilibrada.

Estas líneas que hasta ahora hemos visto o sea línea alimentadora, ramal principal y brazos están colocadas sobre postera de madera y formadas por alambre liso y desnudo, ya que la práctica ha demostrado la inutilidad del aislamiento para el voltaje de 6600 voltios a que están todas estas líneas.

Esta distribución puede hacerse también por líneas subterráneas. Los conductores tendrán que ser en este caso debidamente aislados y estarán formados por cables blindados protegidos por caucho, lona, alambre, brea y plomo. Pero en todo caso una instalación subterránea resulta costosísima pues hay que completarla por medio de un equipo apropiado con transformadores y cajas de distribución de tipos especiales.

Como principio general podemos establecer que la técnica de instalación de alto voltaje se preocupa por crear algunos puntos de voltaje constante donde puede contarse por ejemplo con 6600 voltios y que en nuestro ejemplo serán los ramales principales. Por esta razón no se admite carga sobre las líneas alimentadoras.

Nos queda por decir la forma en que esta corriente a alto voltaje que hemos repartido por toda la ciudad va a ser transformada en corriente utilizable para alumbrado, motores, etc.

El primer paso que tenemos que dar es averiguar la cantidad de kilovatios de consumo actual en cada unidad de área de ciudad, previendo posibles aumentos en el futuro. Con estos datos podremos marcar sobre un plano el área que consume 50 kilovatios p.e., y para esta unidad de carga disponer de un transformador que conectaremos al brazo más cercano. Se ha adoptado este procedimiento y no otro que podría ser p.e. un transformador para cada manzana, porque el funcionamiento de estos aparatos da un rendimiento mejor cuando trabajan a carga completa.

Resulta de todo esto que un transformador de 50 kilovatios va a alimentar o un edificio o una manzana o varias manzanas, pero en todo caso un grupo de consumidores que en total consumirá la potencia indicada.

En este transformador cuyo voltaje de entrada es alrededor de 6600 voltios obtendremos en el secundario una corriente de bajo voltaje a 220 voltios. Decimos alrededor de 6600 voltios porque los transformadores deben poseer un sistema que permita cambiar el número de vueltas en el primario para adaptarlos exactamente al voltaje del brazo donde están conectados. Los 220 voltios secundarios se distribuyen a la manzana o circuito correspondiente por medio de alambre aislado. De la mitad de la bobina secundaria se toma un conductor que sirve para subdividir el voltaje 220 en dos voltajes a 110 voltios que se utilizan para el alumbrado (véase fig. 237). En la fig. 247 vemos la disposición de la carga de alumbrado por igual para cada mitad. En tal caso la sección del tercer conductor puede disminuirse por no llevar carga. Tal instalación se llama distribución trifilar de una corriente monofásica, y permite sacar para el consumo tanto corriente de 220 voltios como también corriente de 110 voltios.

La "línea trifilar" se puede instalar para corriente alterna y para corriente continua. En la figura 245 mostramos para mayor facilidad una instalación trifilar de corriente continua con dos generadores de 110 voltios y tres alambres hasta el lugar de consumo. Revela directamente la misma figura que se trata de una especie de conexión en serie, de manera que p.e. podría instalarse un bombillo de 220 voltios entre los alambres I y III sin usar ni instalar el alambre II. Este último tampoco se necesitaría en el sistema de la fig. 245

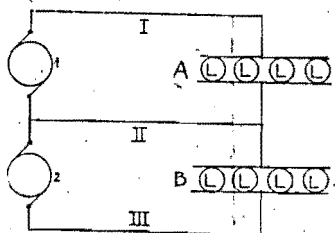


Fig. 245

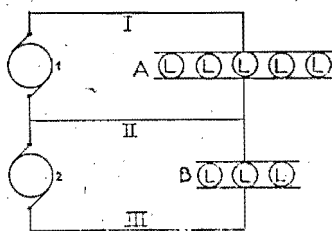


Fig. 246

porque se ve fácilmente que por él no pasa corriente y que es lo mismo ponerlo o suprimirlo (compárese este caso con el cuarto alambre en la conexión "estrella" de la corriente trifásica; véase pág. 144) La cosa es distinta en la instalación de la fig. 246. El grupo A consta de 5 bombillos y debe consumir en total 5 amperios y el grupo B (3 bombillos) debe consumir 3 amperios. Cada grupo tiene la tensión que le corresponde, pero el sistema total no está "equilibrado", o sea, el tercer alambre transporta corriente. Fácilmente vemos que el generador 1 hace pasar por el alambre II 5 amperios de la derecha hacia la izquierda y que el generador 2 hace pasar por el mismo alambre II 3 amperios, pero de la izquierda hacia la derecha. Resulta pues que por este alambre II pasan 2 amperios de la derecha hacia la izquierda.

En general se trata de dejar el tercer alambre sin corriente, lo que en instalaciones técnicas nunca puede lograrse perfectamente, (en el caso de la instalación anterior en lugar del grupo A hay—digamos—10 casas distintas con su alumbrado y en vez del grupo B otro número igual de casas con su equipo de luz). Sin embargo, la intensidad en el alambre de la mitad es casi siempre considerablemente más baja que la intensidad en los dos alambres extremos. Es por esto que el conductor de la mitad siempre suele ser un alambre mucho más delgado que los otros dos.

Descrita ya la instalación trifilar para corriente continua, no hay dificultad en entender la conexión trifilar para corriente alterna monofásica. En la figura 247 se ve el esquema de un transformador, en cuyo primario entran 6600 voltios y cuyo secundario suministra 220 voltios y 110 voltios. Este transformador pertenece a los transformadores escalonados descritos anteriormente.

Muchas veces se ve en instalaciones urbanas que se transforma corriente trifásica en solo dos transformadores (véase fig. 247) En este caso, los dos transformadores monofásicos no dan sino 58% de la potencia que daría un transformador trifásico o tres transformadores monofásicos bajo condiciones iguales.

En la descripción que dimos más arriba de la repartición de la energía eléctrica en una ciudad como Medellín, hablábamos ya de venta de energía para alumbrado y para motores. El alumbrado naturalmente siempre es monofásico y en su distribución no hay sino que atender bien a una carga igual para las tres fases de la línea principal. Para motores se vende corriente trifásica, pero en Medellín se hace esto únicamente en calles donde pasan los tres alambres. La corriente que entra en las casas para cocinas, es por lo general corriente monofásica trifilar.

Una cuota muy grande de la energía eléctrica en las ciudades les corresponde a las empresas de tranvías. Medellín alimenta los tranvías con corriente continua de unos 550 a 600 voltios, siendo el riel siempre polo negativo. Los tranvías en Medellín gastan aproximadamente unos 1450 kilovatios. La transformación de la corriente trifásica en corriente continua se hace en los terminales de las líneas alimentadoras y se efectúa hoy en tres puntos del municipio:

Planta I	transforma	500 kvs.	con grupo motor-generador
Planta II	"	600 "	" " " " "
Planta III	"	350 "	" " rectificador de Hg

Como ejemplo de la distribución de energía en ciudades hemos escogido el ejemplo de Medellín. Todo lo que hemos visto anteriormente queda resumido en la figura 247.

El cuadro 11 del apéndice indica los factores que determinan la capacidad del contador propio para determinada instalación según las investigaciones de la sección eléctrica de las EE. MM. de Medellín.

## TARIFAS EN MEDELLIN EN EL AÑO DE 1934

### TARIFAS DE LA EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA QUE RIGEN DESDE EL 1º. DE AGOSTO DE 1934

#### RESIDENCIAS.

Cuota fija o MINIMO de \$ 0.30 por cada \$ 1.000 del valor de la propiedad.

Consumo a razón de  $\frac{1}{2}$  cvo. por kvh.

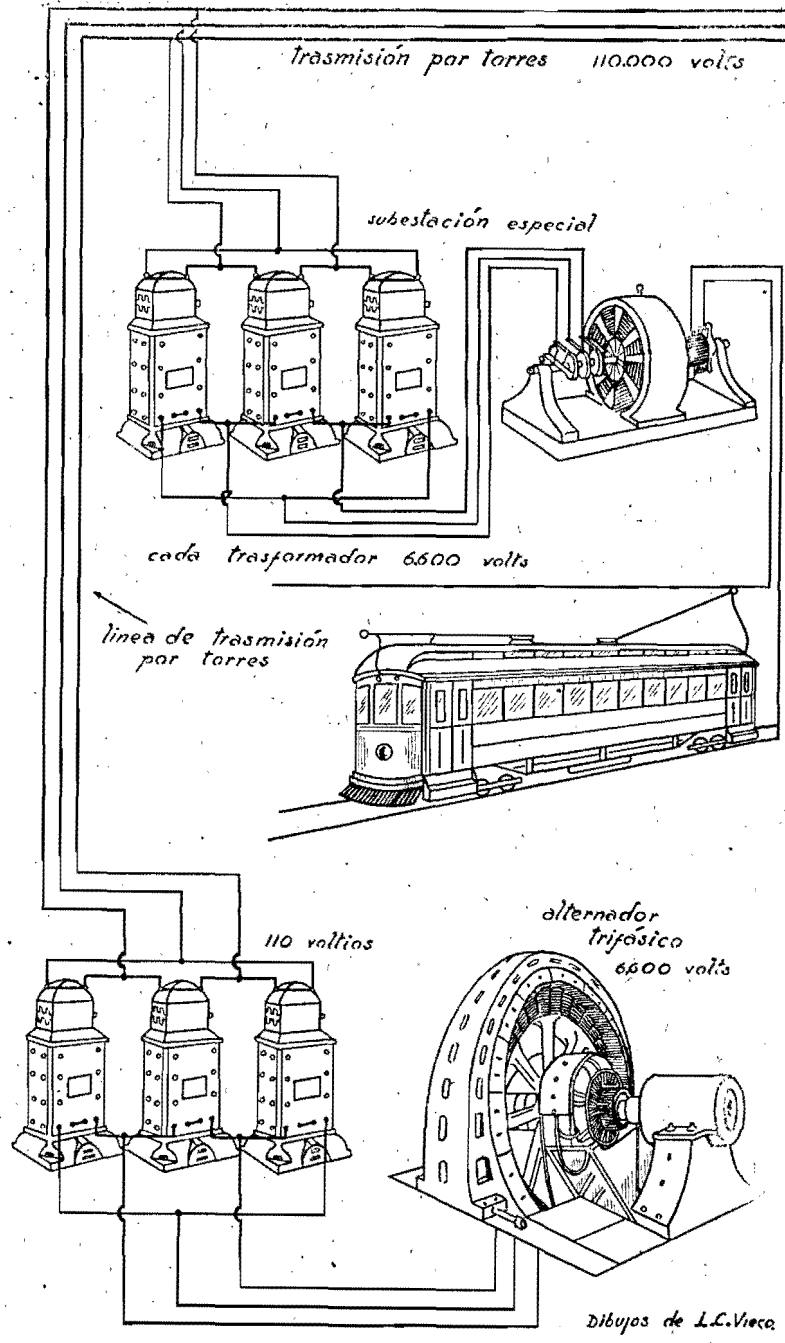
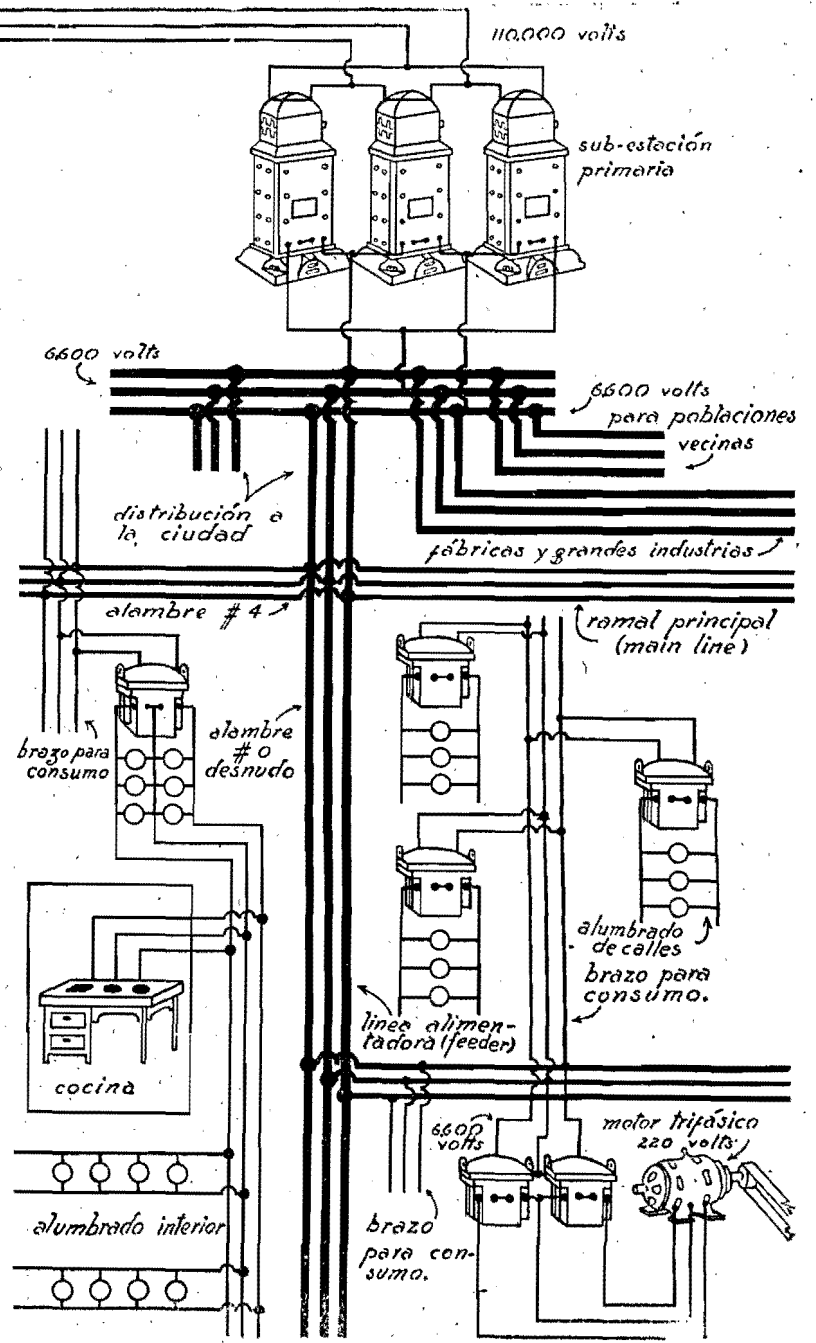


Fig. 247 Esquema de la distribución de energía



eléctrica para el Municipio de Medellín.

Esta tarifa incluye servicios de luz, calefacción, etc. y fuerza motriz hasta 2 HP. Las que tengan fuerza motriz, pagarán un MINIMO de \$ 0.50 por cada HP. o fracción.

EL ALUMBRADO EXTERIOR será gratis, pero limitado a 50 v. por cada 8 varas de frente y el sostenimiento será por cuenta del suscriptor.

#### ESTABLECIMIENTOS.

Cuota fija o MINIMO de 1 cvo. por cada vatio de demanda.

Consumo a razón de  $1\frac{1}{2}$  cvo. por kvh.

En esta tarifa quedan incluidas las vitrinas de los almacenes de toda clase.

En tiendas de víveres y mixtas como las peluquerías, el MINIMO por tomacorriente será de \$ 1.00.

El ALUMBRADO EXTERIOR, se cobrará \$ 0.10 por lámpara, pero limitado a 50 vatios por cada 8 varas.

#### ALUMBRADO DE PROPAGANDA.

Este servicio será únicamente para avisos luminosos: Los primeros 300 v. anticipado 1 cvo.; vencido  $1\frac{1}{2}$  cvo. Los siguientes, 400 v. anticipado  $\frac{1}{2}$  cvo.; vencido 1 cvo. Excedentes: anticipado  $\frac{1}{4}$  cvo. vencido  $\frac{1}{2}$  cvo. (Los precios se entienden por vatio-mes).

Estas instalaciones serán controladas por limitador.

#### SERVICIOS INDUSTRIALES.

La tarifa varía desde 2 cvos. por kvh. hasta 0.2 cvos. según demanda y consumo.

Cada suscriptor debe informarse en la Administración de la Empresa de Energía sobre la tarifa que corresponde a su empresa según las tablas correspondientes.

#### NOTA SOBRE LA PLANTA DE BOGOTÁ

La planta central para Bogotá se encuentra cerca de la capital al lado del Salto del Tequendama (a una distancia de unos 28 kms. de la ciudad). Esta central consta propiamente de tres plantas, dos grandes antes del salto y una pequeña después, por debajo del salto. De las grandes la una es hidroeléctrica, recoge las aguas antes de entregarlas al salto y las hace pasar por turbinas Francis, aprovechando una caída de 42 metros en pendiente larga. Las turbinas mueven 4 generadores de una potencia total de 6000 kilovatios (con una tensión de 6700 voltios). Pero esta planta no trabaja sino 6 meses en el año, es decir durante el invierno. Cuando no hay agua suficiente, trabajan con la otra planta grande que es de vapor, calientan las calderas con carbón pulverizado y producen vapor de 12 atm que mueve las turbinas. Esta planta tiene un solo generador de 8000 kilovatios.

La planta pequeña por debajo del salto recoge las aguas de este y tiene un solo generador de 4000 kilovatios.

Todas las tres plantas generan corriente alterna de 6700 voltios la cual se transforma al pie de ellas en corriente de 20 000 o 33000 voltios. Esta tensión va a Bogotá. En la ciudad hay transformadores que convierten la corriente de alta tensión en corriente trifásica de 150 voltios (triángulo) o 260 voltios (estrella).

Así la capital recibe aproximadamente unos 10000 kilovatios que no son suficientes para sus necesidades. El alumbrado vale hoy en Bogotá 0.16 \$ por kvh. y la fuerza vale 0.04 \$ por kvh.