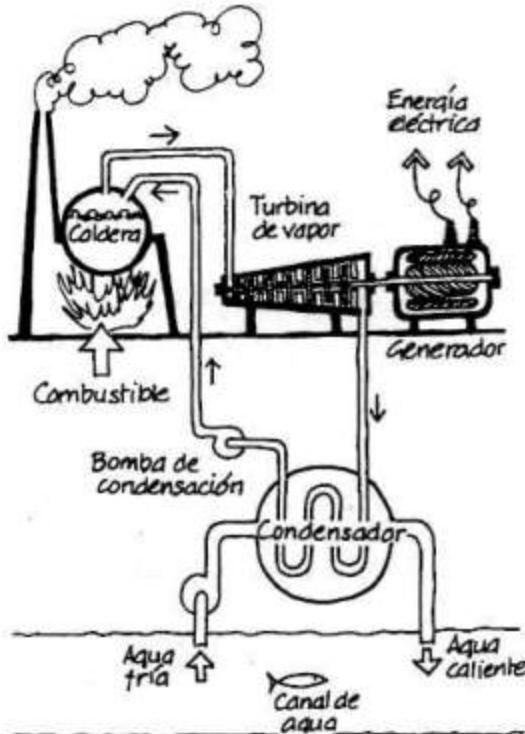


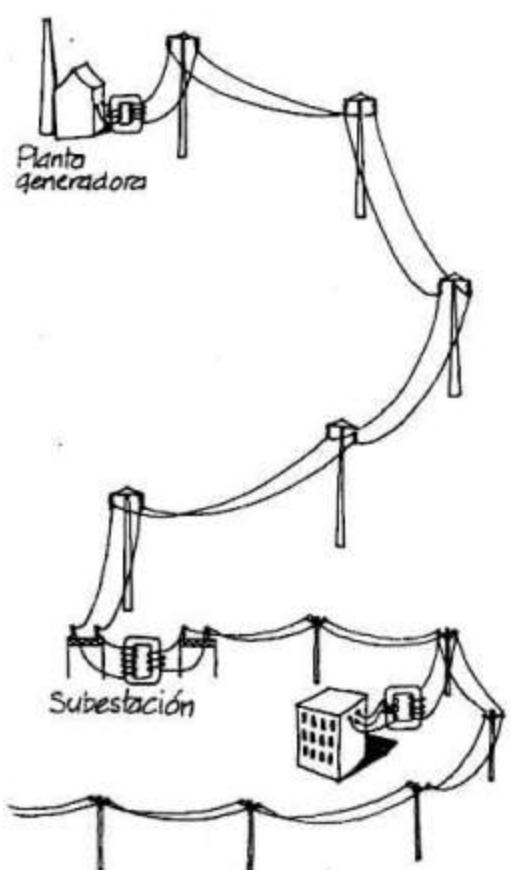
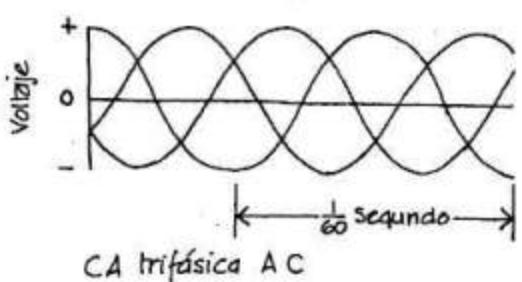
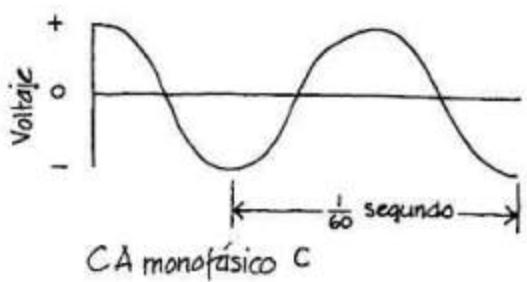
## 15. Energía concentrada

Hasta hace un siglo, en América sólo se utilizaban dos tipos de energía en los edificios corrientes para el cumplimiento del trabajo útil. Uno era el fuego, el otro era la fuerza del músculo humano. Hoy en día, la electricidad es aprovechada en casi todas las salas como forma de energía limpia, fiable, excepcionalmente conveniente para el alumbramiento, la calefacción, la energía de las herramientas y las comunicaciones electrónicas.

Generalmente, la electricidad no es producida en el mismo emplazamiento del edificio. Las unidades de producción pequeñas, potenciadas por motores de combustión interna, por agua o viento, son por lo general costosas de compra y de mantenimiento, de capacidad limitada cuando se las compara con lo que hemos llegado a esperar de nuestros sistemas eléctricos, y menos eficaces y fiables que las instalaciones centrales de producción. También pueden producir ruido y mal olor, ser incapaces de producir una corriente alterna continua, y les puede ser difícil proporcionar electricidad cuando el nivel del agua o la velocidad del viento son bajos, o cuando la maquinaria se para. La producción de electricidad, en el mismo sitio de su uso, por células fotoeléctricas expuestas a la luz solar es, en la actualidad, impracticable porque las células son ineficaces y prohibitivamente caras. A medida que suben los precios del petróleo, las demandas humanas se vuelven más razonables; y, a medida que avancen las técnicas de la producción y el almacenamiento de la energía, puede cambiar este repartimiento. Pero, por el momento, semejantes sistemas de producción privados suelen ser unidades paliativas para mantener la electricidad en edificios críticos durante los cortes de alimentación, o unos generadores instalados en grandes complejos de edificios como parte de sistemas de energía total.

Las grandes instalaciones de producción central están potenciadas ya por turbinas de agua alimentadas por tanques o, más corrientemente, turbinas de vapor. El vapor es producido por el carbón, petróleo, gas o combustible nuclear. Las mejores instalaciones de vapor tienen una eficacia del 40 %, lo cual es considerablemente más que lo que se puede conseguir en pequeños generadores





*in situ*, pero hay que recordar que esto significa todavía que una vez y media este mismo calor se pierde por las chimeneas de la instalación de energía y por los conductos de agua empleados para enfriar los condensadores, mientras está puesto en las líneas de transmisión como energía útil potencial. Más pérdidas tienen lugar en la transmisión de la electricidad al usuario, lo cual da como resultado una eficacia total, para el sistema de producción y distribución de electricidad, de un tercio aproximadamente. Por suerte, los aparatos eléctricos, en los edificios, convierten la electricidad en energía útil con una eficacia bastante alta; pero esto no cambia el hecho de que los aparatos productores de calor que pueden quemar combustibles dentro de un edificio, generalmente con una eficacia de dos tercios aproximadamente, son en todo caso más ahorrativos en combustible y de funcionamiento menos costoso que sus equivalentes eléctricos, excepto en algunas áreas provistas de abundante energía hidroeléctrica.

Virtualmente, toda la electricidad está producida como *corriente alterna* (C.A.). La frecuencia de la alternancia es de 60 ciclos por segundo (Hz) en Estados Unidos, pero es más baja en algunos países. La principal ventaja de la electricidad C.A. sobre la *corriente continua* (C.C.) es que su voltaje es fácil y eficazmente cambiado mediante *transformadores*. Los generadores sueltan una corriente de varios miles de voltios. Luego este voltaje es incrementado por transformadores en las instalaciones generadoras antes de pasar por las principales líneas de transmisión, a fin de reducir el amperaje al mínimo. Cuando se han bajado los amperajes, se pueden transmitir cantidades de electricidad a través de pequeños hilos eléctricos con pérdidas de transmisión mínimas.

La mayor parte de la corriente alterna es utilizada como electricidad de *fase única*, lo cual significa que el voltaje varía como una sola onda sinusoidal, alcanzando el cero dos veces en cada ciclo. Para muchos propósitos, esta forma es enteramente aceptable, pero los motores eléctricos, particularmente los más potentes, son relativamente grandes, voluminosos e ineficaces cuando están diseñados para funcionar sobre las pulsaciones intermitentes de una electricidad de fase única. Por esta razón, en las áreas industriales se distribuye la C.A. de tres fases, utilizando tres instalaciones de bobinas generadoras a fin de sobreponer tres ondas sinusoidales desfasadas de 120°, lo cual da una corriente de energía más continua y permite la utilización de motores más pequeños y eficaces.

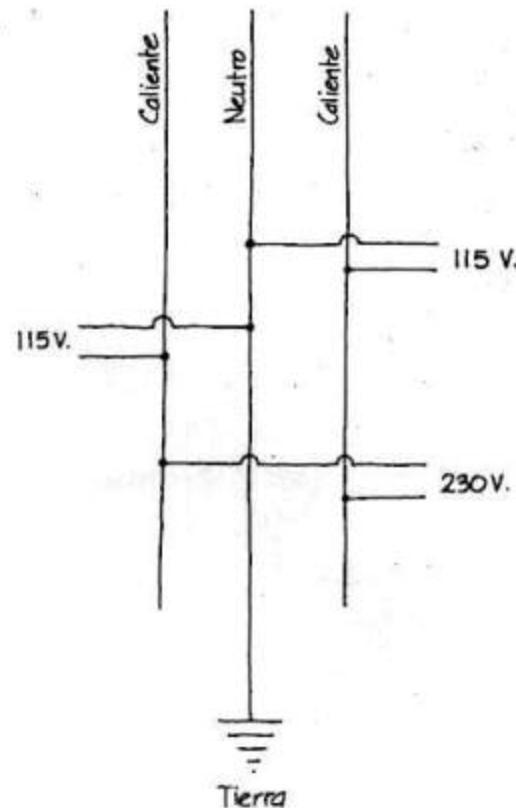
Antes de pasar a las líneas locales de transmisión para su distribución en los edificios, la energía eléctrica es reducida en su voltaje en subestaciones transformadoras locales. Esto da como resultado pérdidas en la transmisión algo mayores en las líneas locales que en las líneas principales, pero las líneas locales no se pueden aislar o proteger con tanto grosor como las líneas principales. Sin embargo, este voltaje es aún demasiado alto para los usos del consumidor, así que cada edificio, o cada conjunto de edificios, está provisto de un pequeño trans-

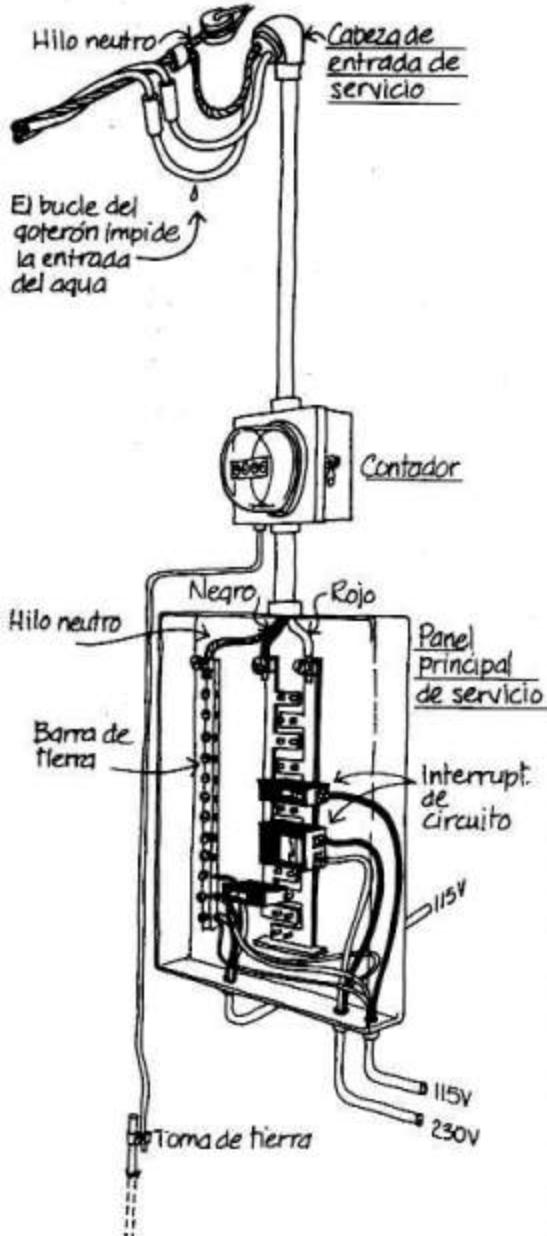
formador a fin de reducir el voltaje todavía más antes de que penetre en él. En pequeños edificios se pone un servicio, generalmente, de 230 o 240 voltios. Los grandes edificios o los complejos compran a menudo electricidad a un voltaje de línea local para una distribución interna más eficaz, reduciendo su voltaje con transformadores interiores necesarios antes de la utilización.

El cobre y el aluminio son, ambos, excelentes conductores y corrientemente utilizados como material para los hilos eléctricos. El cobre es mejor conductor que el aluminio, pero el hilo de aluminio es un poco más barato, incluso teniendo en cuenta que hay que utilizar hilos ligeramente más grandes que con el cobre. Un inconveniente del aluminio es que su óxido, al contrario del cobre, es un aislante eléctrico, y esto ha provocado problemas de sobrecalentamiento e incendios en algunos edificios donde los hilos de aluminio estaban incorrectamente conectados a los aparatos, lo cual permitía a la corrosión interferir con la corriente.

El sistema eléctrico en un pequeño edificio es un concepto bastante sencillo. Pasan tres hilos por encima o por debajo, provenientes del transformador del edificio. Uno es un *hilo neutro*, lo cual significa que no hay potencial eléctrico entre éste y el suelo. Se puede estar en un suelo mojado y tocar el hilo neutro sin peligro de electrocución. Para asegurarse de que sea así, se conecta firmemente el hilo eléctrico a una vara larga de acero cubierto de cobre, clavada en el suelo en el punto en que el hilo entra en el edificio. El segundo y el tercer hilo son «calientes», energizados de manera que tienen un potencial de 230 voltios entre los dos, pero 115 voltios cada uno y el hilo neutro. Los hilos calientes pasan a través de un contador eléctrico antes de penetrar en el edificio, contador que lleva un pequeño motor que rueda a una velocidad proporcional a aquella con que se pasa la corriente por los hilos. El motor hace avanzar unas agujas en unos indicadores gracias a unos engranajes, contando en kilovatios-hora la cantidad de energía consumida.

Dentro del edificio, los tres hilos penetran en un *panel de servicio principal*. El hilo neutro está conectado a la caja de acero que contiene el panel, y a una barra de cobre o aluminio por la cual todos los circuitos del edificio estarán conectados a la tierra. Los hilos calientes, con un código de color negro y rojo en sus vainas aislantes, están cada uno conectados a una barra de cobre o aluminio acoplada con conectadores a través de los cuales se pueden fijar los *interruptores de circuito*. Estas dos barras, cuidadosamente aisladas de la caja del panel en contacto con la tierra, y cada una de la otra, tienen una configuración tal que un solo interruptor de circuito servirá para conectar un solo hilo a una u otra de las barras mientras un doble interruptor de circuito, ocupando dos conectores adyacentes, conectará un hilo a una barra y uno al otro. Por este medio, un solo interruptor de circuito permite la conexión de un circuito único de 115 voltios que consiste en un hilo caliente con aislante negro conectado al interruptor, y un hilo neutro con aislante





blanco conectado a la toma de tierra metálica. Según dónde esté situado el interruptor en la caja, se puede conectar el hilo caliente para un circuito de 115 voltios a uno de los hilos rojo o negro que vienen del contador, no importa cual. Un doble interruptor se conecta a los dos hilos rojo y negro; y se utiliza para los circuitos de 230 voltios. Los interruptores se instalan fácilmente cuando hay que conectar los diversos circuitos en un edificio. Cada interruptor sirve como botón de conexión o desconexión apropiado para el mantenimiento del funcionamiento en un circuito, además de cumplir la importante función de seguridad de cerrar automáticamente el paso de la corriente si por alguna razón empieza a fluir más corriente de la que puede transportar el hilo sin sobrecalentarse y provocar un incendio. Se daría esta condición por un exceso de aparatos enchufados al mismo tiempo o por un *corto circuito* provocado ya por un hilo en mal estado, ya por un aparato averiado.

En cualquier circuito suele haber tres hilos en servicio, sea de 115 o de 230 voltios; un hilo cubierto de aislante negro, uno con aislante blanco y un hilo sin aislar conectado a la toma de tierra en el panel. Hay que proteger estos hilos de todo daño a su paso por la estructura del edificio. En una construcción residencial de madera, esto se suele hacer por medio de una robusta vaina protectora de plástico que contiene los tres hilos. En tipos grandes de construcción, los hilos están introducidos en tubos de acero o plástico llamados *conductos*. Un conducto ofrece una mejor protección a los hilos que una vaina de plástico, y en un edificio cuyos hilos eléctricos estén dentro de conductos se pueden instalar nuevos hilos empujándolos a través de los existentes, lo cual es imposible con los cables envainados en plástico.

En cada aparato —un receptáculo, un generador de luz o un enchufe—, hay que fijar cuidadosamente una caja de metal o plástico a la estructura del edificio, para que soporte el aparato y proteja sus conexiones. El cable o el conducto se empalman estrechamente a la caja donde entran los hilos, impidiendo así que éstos sean arrancados en caso de problemas con el cable o el conducto. El hilo de la barra neutra está conectado a la caja y a la estructura del aparato para tener la seguridad de que no podrá provocar nunca descargas si el aparato se vuelve defectuoso. Los hilos negro y blanco están desenvainados del aislante en sus extremidades, y luego conectados al aparato gracias a tornillos o grapas. Después de que se pruebe el circuito para asegurarse de su buen y seguro funcionamiento, se atornilla apretadamente el aparato a la caja y se fija una tapadera de metal o plástico para que no haya contacto con los dedos, para mantener las conexiones eléctricas fuera del polvo y de la suciedad y dar una apariencia pulcra.

Hay que seleccionar el tamaño de los hilos empleados en un sistema eléctrico de acuerdo con la cantidad máxima de corriente que habrá que transportar y la longitud de hilo necesaria, a fin de evitar un calentamiento excesivo del hilo y una pérdida excesiva de energía. Se

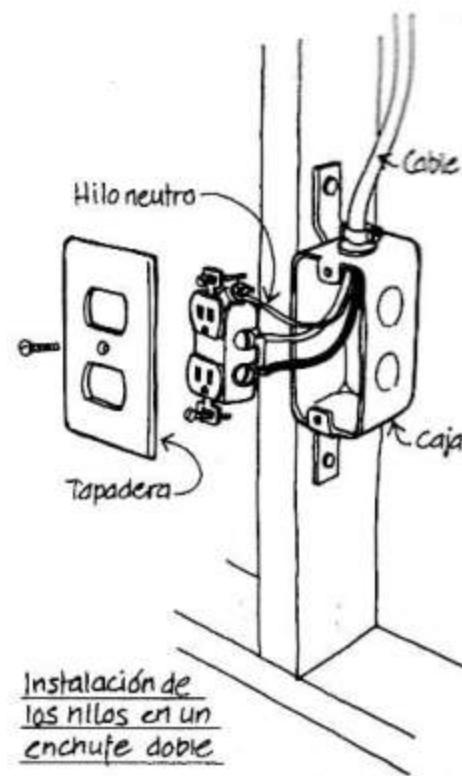
emplean hilos bastante finos para los circuitos de suministro de luz a 115 voltios, mientras que se usan hilos del ancho de un dedo para la entrada de un suministro residencial.

Un artefacto de seguridad llamado *interruptor con toma de tierra* (I.T.T.) es necesario como complemento de un interruptor de circuitos en aquellos que sirven áreas donde existe una alta probabilidad de descargas eléctricas accidentales, como son las piscinas y los receptáculos exteriores. Si un I.T.T. nota cualquier escape de corriente de un circuito, por pequeño que sea, desconecta completa e instantáneamente el circuito.

Los sistemas eléctricos en grandes edificios son, en sus extremos, muy parecidos a los sistemas a pequeña escala ya descritos en este capítulo. Un edificio grande tiene muchos paneles de servicio para sus diversas zonas y plantas. Cuando hay que transportar grandes cantidades de corriente a voltajes corrientes, en vez de hilos eléctricos se emplean grandes *barras colectoras* rectangulares de metal, cada una envuelta en un tubo de metal protector. Se conectan entonces unos paneles locales a estas barras, con hilos metidos en conductos ramificándose fuera de los paneles hasta los aparatos locales. Cuando son frecuentes los cambios de hilos, como en algunos edificios de oficinas, y para mayores facilidades, para las computadoras, hay que introducir los hilos a través de tubos rectangulares especiales, por debajo del suelo, provistos de frecuentes cajas de registro a las cuales los aparatos puedan fácilmente ser conectados; o se puede instalar una superficie de suelo alzada bajo la cual los conductos pueden dejarse en desorden. Los arquitectos de cualquier edificio más grande que una vivienda unifamiliar tienen que prever espacios verticales y horizontales para los conductos, las barras rectangulares, los paneles y los hilos de comunicación, y accesos para los electricistas con puentes o paneles móviles.

Muchos códigos eléctricos especifican una distancia horizontal máxima autorizada entre los receptáculos de una habitación. Esto es para asegurar que una lámpara o un aparato provisto de un hilo de longitud corriente se pueda colocar en cualquier parte del perímetro de una habitación sin necesidad de un alargador. También se especifican un mínimo de receptáculos por habitación y un máximo de receptáculos por circuito, a fin de evitar la sobrecarga de los hilos a causa de aportaciones de corriente excesivas.

La instalación de hilos de bajo voltaje, generalmente a 12 o 14 voltios, se emplea frecuentemente para los circuitos de timbres de puerta, circuitos de termostato, y a través de *relais* para la conexión de circuitos de luz, especialmente donde se requieren conexiones complejas o paneles de control remoto. La ventaja de la instalación de hilos de bajo voltaje está en que no puede dar fuertes descargas o provocar incendios, así que se puede colocar en el edificio sin el uso de cable o de conducto. Ya que los amperajes requeridos también son bajos, el hilo en sí es pequeño y barato. La corriente se produce por medio



de un pequeño transformador conectado a un circuito de 115 voltios. La mayor parte de las instalaciones de teléfono y comunicaciones es también de bajo voltaje, con la corriente proporcionada por la compañía de comunicaciones.

A menudo se introducen en los edificios, canalizadas, otras formas de energía aparte de la electricidad. El gas es la más corriente de ellas y suele ser directamente conducido por tubería desde el pozo central al edificio. Algunos pequeños usuarios en remotos lugares utilizan un gas licuado entregado en tanques que son conectados a la tubería de gas del edificio. Para cualquier tipo de gas, el sistema de tubería es extremadamente simple. Incluye un *regulador* para hacer bajar la alta presión en la cañería maestra o el tanque, un contador para medir el consumo y tubos de tamaño adecuado para servir los diversos aparatos.

En ciertas áreas urbanas se puede utilizar el vapor a alta presión proveniente de cañerías subterráneas, y se emplea en muchos edificios grandes para la calefacción y la absorción del frío, evitándose así la necesidad de instalar chimeneas y calderas individuales. En una época se utilizaba también el vapor para potenciar los ascensores, los ventiladores, las bombas en los edificios, pero hoy ha sido reemplazado por la electricidad para la mayoría de esas funciones. El vapor suele ser expulsado de la central local de producción de electricidad, un poco recalentado y distribuido a través de cañerías y contadores a los consumidores, lo cual aumenta la eficacia total del uso de combustible en la instalación productora.

El aire comprimido por tubería se ve frecuentemente en talleres y fábricas, donde se utiliza para potenciar herramientas portátiles, para aparatos empalmadores y pulverizadores de pintura. Las herramientas que funcionan con aire tienden a ser más baratas, ligeras y robustas que sus equivalentes eléctricos. Generalmente, el aire se suministra con un compresor que funciona eléctricamente en el local mismo. Las tuberías de vacío son corrientes en los edificios de laboratorios científicos. En algunas localidades urbanas, las líneas de vacío, las líneas de aire comprimido o las cañerías de agua a alta presión utilizadas para herramientas, estaban primero situadas bajo las calles como sistemas utilitarios. Hoy en día, la electricidad, el gas y el vapor son las únicas energías que siguen siendo de uso corriente.

### Lecturas posteriores

William J. McGuinness y Benjamin Stein, *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 1971, pp. 457 a 673; versión castellana: *Instalaciones en los edificios*, Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1982<sup>7</sup>.