

Manual de Instalaciones Eléctricas

Gustavo Jaramillo Botero
Ingeniero civil

Actualizado con el *RETIE*

Armenia Quindío
Enero 2019

Capítulo 1 Introducción a la electricidad

1.1 Estructura del átomo

La materia es todo aquello que tiene masa y ocupa un lugar en el espacio. La materia se compone de partículas muy pequeñas llamadas *átomos* y se puede clasificar en *elementos* y *compuestos*.

Los átomos están formados por partículas subatómicas: electrones, protones y neutrones. El electrón es la carga eléctrica negativa, los electrones se desplazan alrededor del núcleo, formando trayectorias concéntricas, llamadas orbitas. El protón es la carga positiva, los protones están localizados en el núcleo; el número de protones de un átomo recibe el nombre de *número atómico*. El neutrón es una carga neutra y también se encuentra alojado en el núcleo del átomo.

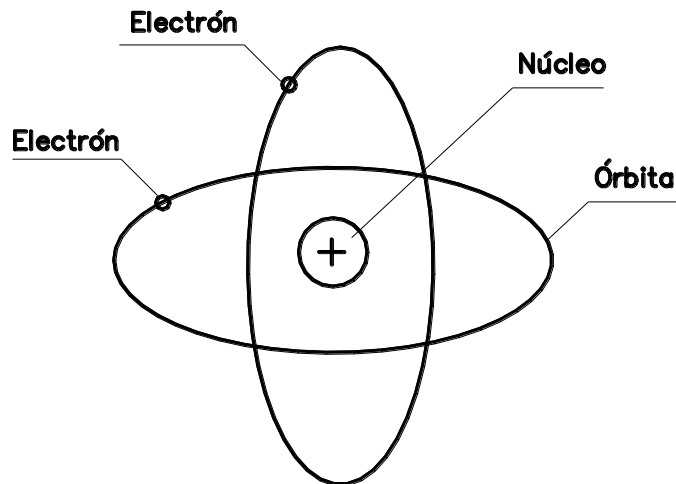


Fig. 1.1 Trayectoria del electrón

En un elemento todos los átomos son iguales; por ejemplo, aluminio (Al), carbono (C), cobre (Cu), Hidrogeno (H), plata (Ag) y oro (Au). El átomo más simple es el de *hidrogeno*, el cual tiene 1 protón en su núcleo y está balanceado por 1 electrón que orbita a su alrededor (fig 1.2).

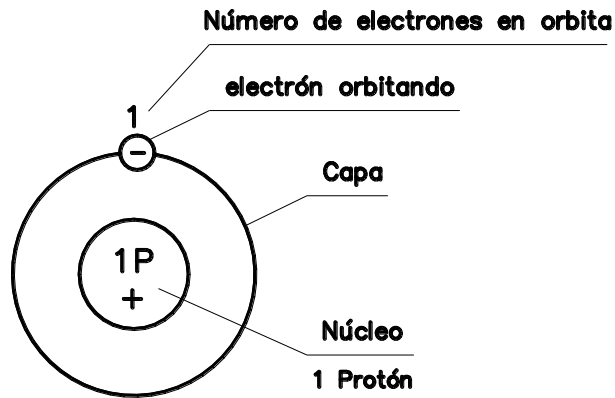


Fig. 1.2 Átomo de Hidrógeno

Un compuesto es una combinación de elementos. La partícula más pequeña que conserva sus características se denomina *molécula*. Un ejemplo de compuesto es el agua (H₂O), el cual consta de 2 moléculas de Hidrógeno y 1 de Oxígeno.

La estructura atómica de un elemento puede representarse mediante un núcleo y un cierto número de capas concéntricas. En la figura 1.3 se muestra la estructura atómica de un elemento.

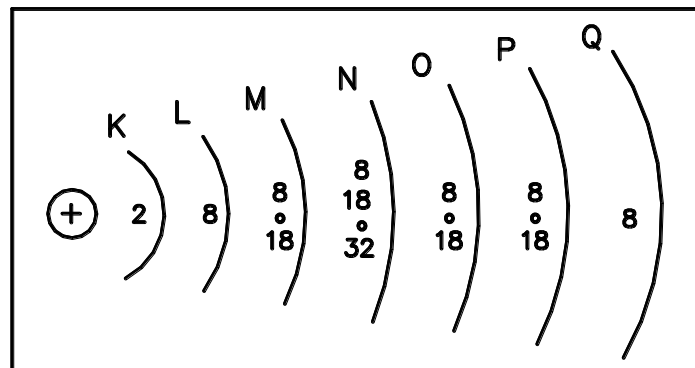


Fig. 1.3 Estructura atómica de un elemento

La primera capa más cercana al núcleo se conoce como capa *K* y puede acomodar dos electrones como máximo.

La segunda capa a partir del núcleo se llama capa *L* y acomoda un máximo de 8 electrones.

La tercera capa se denomina capa *M* y acepta un máximo de 18 electrones.

La cuarta capa es la capa *N* y acepta un máximo de 32 electrones.

Las siguientes capas pueden acomodar 8 o 18 electrones. El número máximo de electrones de la capa externa es 8.

El máximo número de electrones que cada capa puede acomodar está determinado por la siguiente ecuación:

$$\mathbf{N^{\circ} \text{ electrones} = 2 n^2}$$

En donde,

n = número de la capa contando del núcleo hacia afuera.

Un átomo estable tiene cierta cantidad de energía, la cual es igual a la suma de las energías de sus electrones, a su vez estos tienen energías diferentes que se llaman niveles de energía. El nivel de energía de un electrón es proporcional a su distancia respecto al núcleo, entre más alejado del núcleo, mayor será su energía.

El cobre tiene importancia en la estructura atómica, porque es el material más utilizado en los conductores eléctricos.

En el átomo de cobre hay 29 electrones en orbita, la capa *K* se llena con 2 electrones, la capa *L* con 8, la capa *M* con 18 y la capa externa *N* con 1.

En la siguiente figura se muestra la estructura atómica del cobre.

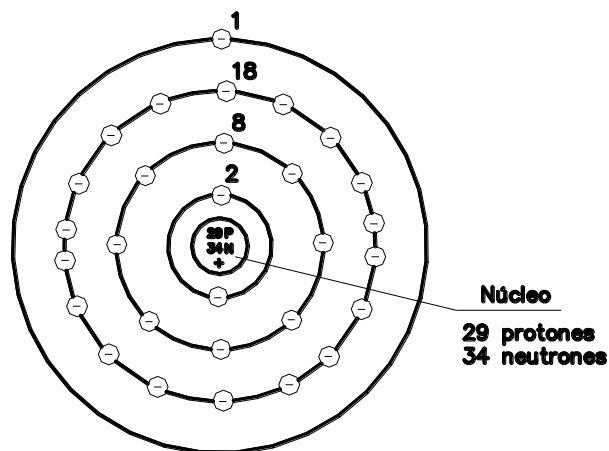


Fig. 1.4 Estructura atómica del cobre

Cuando un electrón se ha movido hacia la capa exterior de su átomo, la atracción producida por los protones del núcleo es muy pequeña. Si se aplica suficiente energía al átomo, los electrones de la capa exterior lo pueden abandonar. Estos electrones reciben el nombre de *electrones libres*, y su movimiento es la causa de la *corriente eléctrica* en un conductor metálico.

1.2 Carga Eléctrica (Q)

La materia se compone de átomos, los cuales a su vez se encuentran constituidos por partículas aún más pequeñas distribuidas en el núcleo y en su periferia. En el núcleo están los protones y los neutrones; y en la periferia se encuentran los electrones, distribuidos en niveles y subniveles de energía.

Los protones y los electrones presentan una propiedad física denominada carga eléctrica. La **carga eléctrica** es una propiedad fundamental de la materia. Mediante experimentos se ha demostrado que existen dos clases de cargas eléctricas, a las cuales **Franklin** asignó los nombres de cargas positivas (+) y cargas negativas (-).

Los electrones y los protones tienen la misma magnitud de carga, pero presentan diferente signo. Mientras los protones tienen carga eléctrica positiva, los electrones tienen carga eléctrica negativa y los neutrones no tienen carga eléctrica.

En el Sistema Internacional de Medidas (SI), la unidad de las cargas eléctricas es el **Coulomb (C)**, el cual equivale a la carga eléctrica que producen $6,28 \times 10^{18}$ electrones.

1.2.1 Conservación de la carga eléctrica

Cuando se electriza un cuerpo por cualquier método, la carga eléctrica permanece constante, es decir, la carga eléctrica que transfiere un objeto se recibe por el otro. Esto significa que la carga eléctrica no se crea ni se destruye.

El *electroscopio* es un instrumento que se utiliza para detectar la presencia de cargas eléctricas en un objeto.

Una carga negativa de 1 coulomb (C), indica que el cuerpo contiene 6.28×10^{18} más electrones que protones. Por el contrario, una carga positiva de 1 coulomb (C), indica que el cuerpo tiene 6.28×10^{18} más protones que electrones.

1.3 Campo Electrostático:

La principal característica de una carga eléctrica es su capacidad para ejercer una fuerza, lo cual se manifiesta dentro del campo electrostático que rodea a todo objeto cargado.

1.4 Diferencia de potencial:

Debido a la fuerza de su campo eléctrico, una carga eléctrica tiene la capacidad de efectuar un trabajo al mover a otra carga por atracción o por repulsión. La capacidad de una carga para realizar trabajo se llama *potencial*. Cuando dos cargas no son iguales, existe una diferencia de potencial entre ellas.

La suma de las diferencias de potencias entre todas las cargas del campo electrostático recibe el nombre de *fuerza electromotriz (fem)*.

La diferencia de potencial también se conoce con el nombre de *tensión*, y tiene como unidad básica el *voltio (V)*. La tensión es un indicativo del movimiento de los electrones.

1.5 Corriente o Intensidad (I):

La corriente es el movimiento de los electrones. Para producir la corriente, los electrones deben moverse por efecto de una diferencia de potencial. La unidad es el *amperio* (A). Un amperio es el paso de un coulomb por un punto de un conductor durante un segundo, la expresión para la corriente es la siguiente:

$$I = \frac{Q}{t}$$

en donde,

I= corriente en amperios

Q= carga en coulomb

t=tiempo en segundos

Para encontrar la carga eléctrica (Q), simplemente se despeja de la formula:

$$Q = I * t$$

Ejemplo 1.1

Calcular la corriente eléctrica (I) que circula a través de un conductor, si en un tiempo de 30 segundos se produce una carga eléctrica de 120 Coulomb.

Solución:

La formula para encontrar la corriente es:

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = \frac{120 \text{ C}}{30 \text{ s}} \quad \Rightarrow \quad I = 4 \text{ A}$$

Ejemplo 1.2

Calcular la carga eléctrica (Q) que pasa por un medidor durante 50 segundos, si la corriente medida es de 3 A.

Solución:

$$Q = I \cdot T$$

$$Q = 3 \text{ A} \cdot 50 \text{ s} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{Q = 150 \text{ C}}$$

Ejemplo 1.3

Calcular la carga eléctrica (Q) que pasa por un medidor durante 10 segundos, si la corriente medida es de 2 A.

Solución:

$$Q = I \cdot T$$

$$Q = 2 \text{ A} \cdot 10 \text{ s} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{Q = 20 \text{ C}}$$

Ejemplo 1.4

Calcular el tiempo que se demora una corriente eléctrica de 6 A, para producir una carga eléctrica de 60 C.

Solución:

$$t = \frac{Q}{I}$$

$$t = \frac{60 \text{ C}}{6 \text{ A}} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{t = 10 \text{ s}}$$

1.6 Flujo de corriente:

En un conductor, los electrones libres se ponen en movimiento con facilidad, aplicando una diferencia de potencial en los extremos del conductor. La corriente es un agrupamiento de electrones desde la carga negativa (-Q), hasta la positiva (+Q). En la siguiente figura se muestra el flujo de los electrones en un conductor.

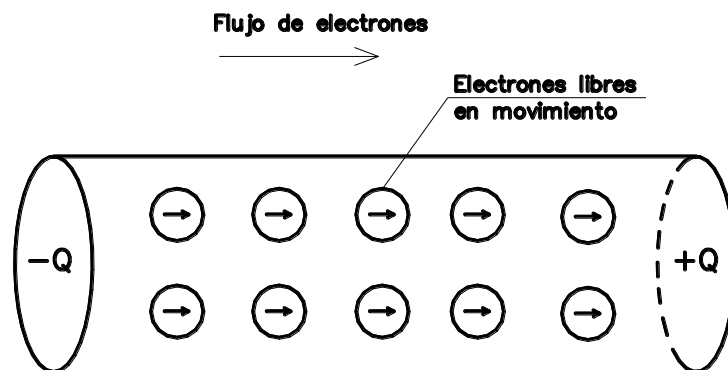


Fig 1.5 Flujo de corriente

1.7 Fuentes de electricidad

Las principales fuentes para generar electricidad son las siguientes:

1.7.1 Generador:

El generador es una máquina que hace uso de la inducción electromagnética para producir una tensión. La tensión se produce al hacer girar una o más bobinas de alambre de cobre en un campo magnético, el cual pasa por devanado estacionario.

El caso más común de generador se presenta en una **central hidroeléctrica**, al caer el agua desde una altura considerable se produce el movimiento de una turbina, la cual transmite el movimiento a los generadores por medios mecánicos.

En la siguiente figura se indica el proceso de una central hidroeléctrica.

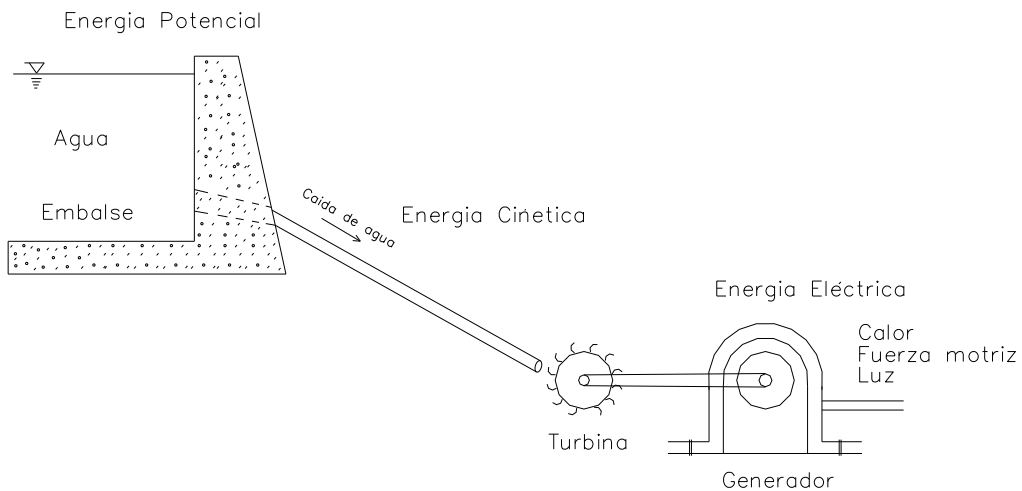


Fig 1.6 Central hidroeléctrica

Dentro del generador se encuentra un cuerpo móvil llamado **rotor**, que puede girar dentro de un campo magnético. Cuando las espiras del rotor cortan las líneas de fuerza del campo, sus cargas eléctricas se ponen en movimiento, circulan de un extremo de la espira al otro, iniciando así la corriente eléctrica.

1.7.2 Batería Química:

La batería química transforma energía química en energía eléctrica, para esto se deben conectar dos o más celdas. Debido a una reacción química se producen cargas opuestas en metales diferentes, que sirven como terminales positivo y negativo. Los metales están en contacto con un electrolito.

1.7.3 Energía térmica:

La combustión de carbón mineral proporciona calor, el cual se utiliza para calentar agua y así producir vapor. El vapor se usa para mover unas turbinas, que impulsan a los generadores eléctricos.

La energía térmica es muy utilizada en algunos países del mundo, aunque presenta el inconveniente de contaminar el medio ambiente.

Otra forma para mover las turbinas es aprovechando el calor de los volcanes, el cual es una inmensa fuente calorífica y que puede salir muy económica. En algunos países ya se está implementando ésta tecnología.

1.7.4 Energía nuclear:

La energía nuclear es una buena alternativa para reemplazar la energía obtenida por otros métodos. La energía nuclear se produce por Fisión y por Fusión.

Fisión: Separación de núcleos de átomos de uranio o plutonio con liberación de energía que calienta vapor, utiliza máquina térmica.

Fusión: Energía liberada cuando isotopos de hidrogeno se funden o se combinan.

Normalmente la energía nuclear no contamina el aire y es relativamente barata. Presenta el inconveniente de que solo pocos países la producen y puede causar accidentes de gran magnitud.

1.8 Materiales conductores

Los materiales conductores son aquellos que permiten que la carga eléctrica que se les transfiera, fluya libremente por su superficie. Los principales materiales conductores son: El oro, la plata, el aluminio, el cobre, etc.

1.8.1 Materiales aislantes

Los materiales aislantes son aquellos que no reciben la carga eléctrica y, por consiguiente, no se electrizan. Estos materiales se denominan no conductores o dieléctricos. Algunos de ellos son el plástico, el caucho, el vidrio y el aire.

1.8.2 Materiales semiconductores

Los materiales semiconductores son aquellos en los que la transferencia de carga eléctrica presenta movilidad entre conductores y aislantes. En ellos, sólo una pequeña cantidad de electrones pueden moverse libremente. Si a un semiconductor se le añade otra sustancia, se puede lograr una buena conducción.

1.8.3 Materiales superconductores.

Son aquellos metales que pierden su resistencia eléctrica, cuando son enfriados a temperaturas muy próximas al cero absoluto. El cero absoluto se conoce como la temperatura igual a cero grados Kelvin (0 °K).

Cero absoluto = 0 °K

T= 0 °K = -273,16°C = - 459,69 °F

Los principales materiales superconductores y la temperatura a la cual se produce el fenómeno son los siguientes:

Plomo:	T= 7,26 °K
Mercurio:	T= 4,12 °K
Estaño:	T= 3,65 °K
Aluminio:	T= 1,14 °K
Cinc:	T= 0,80 °K

1.9 Magnitudes y unidades de la electricidad

Las magnitudes y unidades utilizadas en las instalaciones eléctricas son las del sistema internacional de unidades (S.I), en la siguiente tabla se indican las magnitudes y unidades de la electricidad.

Tabla 1.1 Magnitudes y unidades de la electricidad.

Nombre de la magnitud	Símbolo de la magnitud	Nombre de la unidad	Símbolo de la unidad
Admitancia		siemens	S
Capacitancia	C	faradio	F
Carga eléctrica	Q	culombio	C
Conductancia	G	siemens	S
Conductividad		siemens por metro	S/m
Corriente eléctrica	I	amperio	A
Densidad de corriente	J	Amperio por metro cuadrado	A/m ²
Densidad de flujo eléctrico	D	Culombio por metro ²	C/m ²
Densidad del flujo magnético		tesla	T
Energía activa	W	Vatio hora	W.h
Factor de potencia	FP	uno	1
Frecuencia	F	hertz	Hz
Frecuencia angular	ω	radián por segundo	rad/s
Fuerza electromotriz	E	voltio	V
Iluminancia	Ev	lux	lx
Impedancia	Z	ohmio	Ω
Inductancia	L	henrio	H
Intensidad de campo eléctrico	E	voltio por metro	V/m
Intensidad del campo magnético	H	amperio por metro	A/m
Intensidad luminosa	Iv	candela	cd
Permeabilidad relativa	Ur	uno	1
Permitividad relativa	ϵ_r	uno	1
Potencia activa	P	vatio	W
Potencia aparente	Ps	voltamperio	V.A
Potencia reactiva	Po	Voltamperio reactivo	V.Ar
Reactancia	X	ohmio	Ω
Resistencia	R	ohmio	Ω
Resistividad	ρ	Ohmio metro	$\Omega.m$
Tensión o potencial eléctrico	V	voltio	V

En los cálculos de las instalaciones eléctricas se debe tener en cuenta las siguientes reglas para el uso de símbolos y unidades.

a) No debe confundirse magnitud con unidad.

Decir *corriente*, No decir *amperaje*.

Decir *Tensión*, No decir *voltaje*.

b) El símbolo de la unidad será el mismo para el singular que para el plural.

I= 1 A

I= 20 A

c) Cuando se va a escribir o pronunciar el plural del nombre de una unidad, se usaran las reglas de la gramática española.

Decir *watios*, No decir *watios*.

d) Cada unidad y cada prefijo tiene un solo símbolo y este no debe ser cambiado. No se deben usar abreviaturas.

Para escribir amperio:

Escribir 1 A, No escribir 1 *amp*.

Para escribir voltio:

Escribir 1 V, No escribir 1 *volt*.

Capitulo 2

Unidades Fundamentales de la electricidad

2.1 Introducción

La corriente eléctrica se produce cuando los electrones se desplazan a través de un conductor, los electrones se dirigen desde un punto donde hay exceso de ellos, hasta un punto con déficit.

Las principales unidades de la electricidad son las siguientes:

2.2 Corriente o Intensidad (I)

La corriente es una medida de la cantidad de electrones que pasan por un punto dado de un circuito, durante un tiempo determinado. La unidad es el **amperio**.

Un amperio equivale al paso de 6.28×10^{18} electrones en un segundo, por un punto dado.

2.2.1 Medición de la corriente eléctrica.

La corriente eléctrica es un flujo de electrones a través de un conductor, debido a que los electrones son invisibles es muy difícil contar cuantos de estos pasan por un punto determinado, por lo que para medir la corriente se dispone de un aparato llamado **amperímetro**.

Generalmente un amperímetro tiene varias escalas graduadas en la misma carátula y por medio de un selector de escala se gradúa el rango apropiado para la medición.

Para medir el paso de los electrones, se conecta un amperímetro en **serie** en cualquier parte del circuito.

2.3 Tensión (V)

La tensión es una medida de la fuerza electromotriz necesaria para impulsar una corriente a través de un circuito. La unidad es el **voltio**.

Debido a que en los circuitos eléctricos las fuentes de tensión son las que crean la diferencia de potencial para impulsar una corriente, también se les conoce con el nombre de **fuerza electromotriz (FEM)**.

La unidad básica de medición de la diferencia de potencial es el **voltio** y se mide con un aparato llamado **voltímetro**, el cual se conecta en paralelo con la fuente de voltaje.

La tensión es conocida popularmente como el **voltaje**, pero el *RETIE* recomienda decir **tensión** y no **voltaje**.

2.4 Resistencia (R)

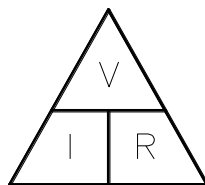
La resistencia es la capacidad para oponerse al paso de la corriente, para aumentar la resistencia en un circuito, se usan componentes eléctricos llamados *resistores*. Un resistor es un objeto cuya resistencia al paso de la corriente tiene un valor conocido. La unidad de resistencia es el **ohmio**.

Al pasar los electrones a través de un *resistor*, se produce una congestión de estos y se producen muchas colisiones, debido a esto se produce calor.

2.5 Ley de Ohm

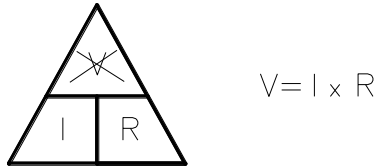
En 1825, el científico alemán, *George Simón Ohm*, realizó experimentos que condujeron al establecimiento de una de las más importantes leyes de los circuitos eléctricos.

La ley de Ohm establece la relación entre la tensión (V), la corriente (I) y la resistencia (R). El triángulo de la ley de Ohm indica la relación entre las tres unidades.

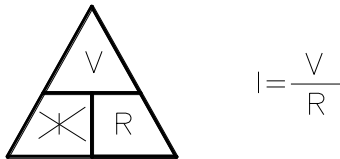


El triángulo funciona de la siguiente manera:

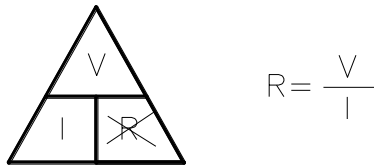
Si se quiere encontrar la tensión (V), se tapa su inicial y el resultado que indica el triángulo es:



Si se tapa la corriente (I), el resultado es:



Si se tapa la resistencia (R), el resultado es:

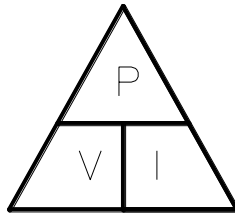


2.6 Potencia (P)

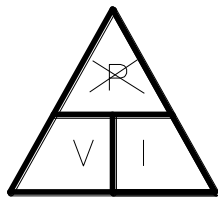
La potencia (P) es la capacidad que tiene una corriente para realizar un trabajo, al circular a través de una carga. La unidad de potencia es el vatio (W), en honor a la memoria de *James Watt*, inventor de la máquina de vapor.

3.7 Ley de Watt

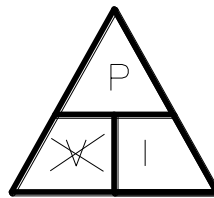
La ley de Watt establece la relación entre la potencia (P), la tensión (V) y la corriente (I) en un circuito. El triángulo que establece esta relación se conoce con el nombre de *triángulo de potencia*, el cual se indica en la siguiente figura.



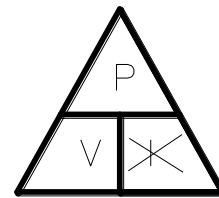
El triángulo funciona de la misma forma que el de la ley de Ohm.



$$P = V \times I$$



$$V = \frac{P}{I}$$



$$I = \frac{P}{V}$$

La potencia (P) del circuito es:

$$P = V * I$$

La tensión aplicada (V) en el circuito es:

$$V = \frac{P}{I}$$

La corriente (I) a través del circuito es:

$$I = \frac{P}{V}$$

Combinando los dos triángulos se obtienen las siguientes ecuaciones:

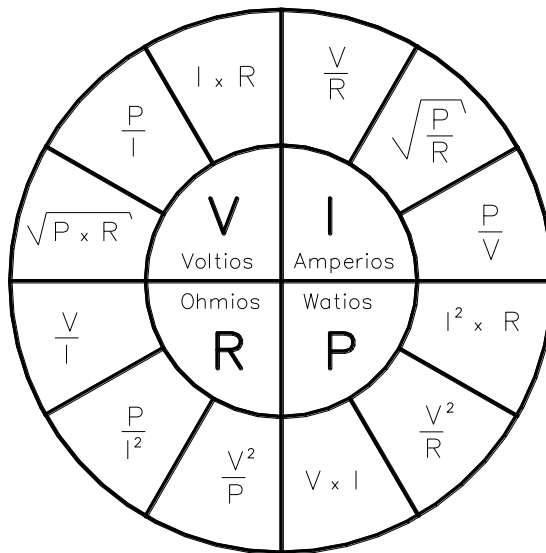
$$P = I^2 * R \quad \Rightarrow \quad P = V^2 / R \quad \Rightarrow \quad R = V^2 / P$$

2.7.1 Medición de la potencia

La potencia (P) se puede medir a partir de las lecturas de la tensión (V) y corriente (I). Sin embargo, existe un aparato denominado **wáttmetro**, que mide la potencia de un circuito directamente.

Dentro de un wáttmetro se tienen dos bobinas, una de tensión y otra de corriente, para facilitar su uso se acostumbra indicar con una marca de polaridad los puntos de conexión.

Un resumen de las expresiones de la ley de Ohm y de Watt, se indica en la siguiente figura:



2.8 Energía Eléctrica (W)

La energía eléctrica es la potencia eléctrica consumida por un aparato durante un tiempo determinado. La unidad es el kilowatio por hora (kW-h).

La ecuación para la energía eléctrica es:

$$W = \text{Potencia} \times \text{tiempo}$$

$$W = P \times t$$

El consumo de energía eléctrica se mide en los contadores.

Ejemplo 2.1

Calcular la corriente que circula por una resistencia de 30 Ohm, si la tensión aplicada es de 120 Voltios.

Solución:

De la ley de Ohm se obtiene la formula para calcular la corriente:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{120 \text{ Voltios}}{30 \text{ Ohm}} \Rightarrow \mathbf{I = 4 \text{ Amperios}}$$

Ejemplo 2.2

Calcular la tensión aplicada, si por una resistencia de 20 Ohm circula una corriente de 6 Amperios

Solución:

De la ley de Ohm se obtiene la formula para calcular la tensión:

$$V = I * R \Rightarrow V = 6 \text{ A} * 20 \text{ Ohm} \Rightarrow \mathbf{V = 120 \text{ Voltios}}$$

Ejemplo 2.3

Calcular la potencia en un circuito que tiene una resistencia de 70 Ohm y circula por ella una corriente de 4 A

Solución:

De la combinación de las formulas de la ley de Ohm y de Watt, se obtiene la formula para calcular la potencia:

$$P = I^2 * R$$

$$P = (4 \text{ A})^2 * 70 \text{ Ohm} \Rightarrow \mathbf{P = 1.120 \text{ Watt}}$$

Ejemplo 2.4

El bombillo de una alcoba está marcado en la ampolla con la etiqueta “100 W-120 V”.

- a) Cuál es la resistencia del foco?
- b) Cuál es la corriente a través del bombillo?
- c) Cuál es la potencia real consumida por el bombillo, si la tensión se cae hasta 112 V?
- d) Cuál será la corriente a través del bombillo en este último caso?

Solución:

a) La resistencia del bombillo es:

$$R = \frac{V^2}{P} \Rightarrow R = \frac{(120 \text{ V})^2}{100 \text{ W}} \Rightarrow \mathbf{R = 144 \Omega}$$

b) La corriente a través del bombillo es:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{120 \text{ V}}{144 \Omega} \Rightarrow \mathbf{I = 0,833 \text{ A}}$$

c) La potencia real consumida es:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow P = \frac{(112)^2}{144 \Omega} \Rightarrow \mathbf{P = 87,11 \text{ Watt}}$$

d) La corriente es:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{112 \text{ V}}{144 \Omega} \Rightarrow \mathbf{I = 0,777 \text{ A}}$$

EJERCICIOS PROPUESTOS

2.1 Calcular la corriente que circula por una resistencia de 25 Ohm, si la tensión aplicada es de 120 Voltios.

Respuesta:
 $I = 4,8$ Amperios

2.2 Calcular la tensión aplicada, si por una resistencia de 30 Ohm, circula una corriente de 4 Amperios

Respuesta:
 $V = 120$ Voltios

2.3 Calcular el valor de la resistencia, si se aplica una tensión de 120 V y la corriente que circula es de 8 Amperios.

Respuesta:
 $R = 15$ Ohmios

2.4 A través de un bombillo circula una corriente de 3 A, la tensión aplicada es de 115 V. Calcular el valor de la resistencia.

Respuesta:
 $R = 38,33$ Ohm

2.5 El bombillo de una alcoba está marcado en la ampolla con la etiqueta “60 W-110V”. Calcular la resistencia del foco y la corriente a través del bombillo.

Respuesta:
 $R = 201,66$ Ohm
 $I = 0,54$ A

2.6 Calcular la potencia que suministra una resistencia de 20 Ohm, cuando se le aplica una tensión de 120 voltios.

Respuesta:
 $P = 720$ W

2.7 Calcular la tensión que se le debe aplicar a una resistencia de 70 Ohm, para obtener una potencia de 200 W.

Respuesta:
 $V = 118,32$ V

Capítulo 3

Circuitos eléctricos

3.1 Definición.

Un circuito eléctrico es un camino cerrado por donde circula una corriente. En un circuito eléctrico se combinan los conductores y los accesorios empleados para que la electricidad se transforme en un trabajo. Este trabajo puede ser alumbrado, calefacción, refrigeración, fuerza motriz, etc.

3.2 Partes de un circuito

Las partes básicas de cualquier circuito eléctrico son las siguientes:

- Fuente de tensión
- Conductores
- Elemento de control
- Carga.

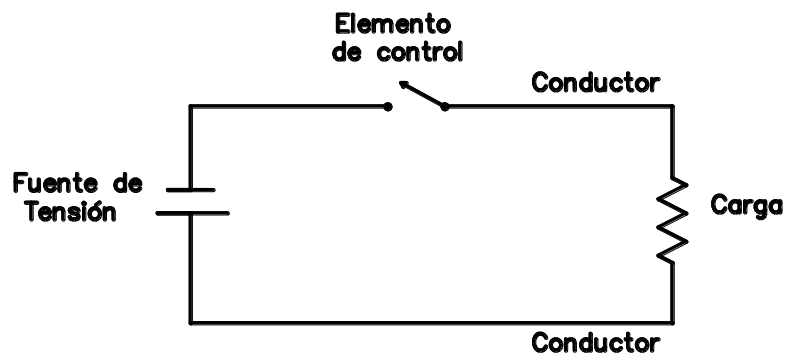


Fig 3.1 Circuito eléctrico

3.3 Clases de circuitos eléctricos.

Los circuitos eléctricos tienen las cargas conectadas de tres formas posibles, cargas en serie, en paralelo y combinadas.

3.3.1 Circuitos en serie: Es aquel en el cual los aparatos o cargas están conectados entre sí en orden sucesivo. Por lo tanto, la corriente tiene un solo camino para circular; en instalaciones residenciales no es muy común utilizar este tipo de circuitos, su uso se ha limitado a instalaciones navideñas y otras poco usuales.

El circuito en serie presenta el inconveniente de que si se daña una resistencia, la corriente no puede circular, por lo tanto dejan de funcionar todos los aparatos conectados en serie.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de un circuito en serie.

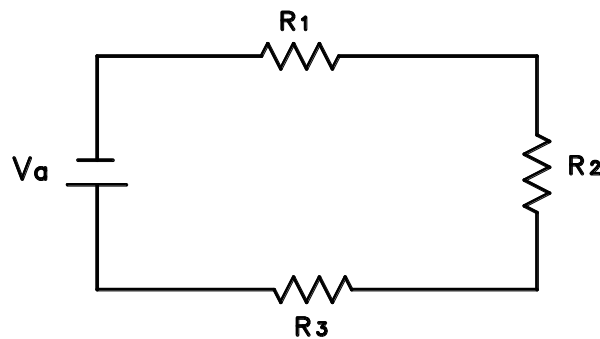


Fig 3.2 Circuito en serie

Las principales características de un circuito en serie son:

a) La resistencia total es la suma de las resistencias parciales.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

b) La tensión aplicada (V_a) es la suma de las tensiones parciales, es decir, la tensión total se reparte proporcional en cada resistencia.

$$V_a = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

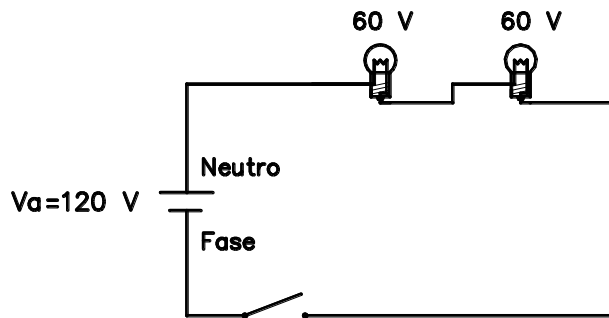
c) La corriente total es igual en cualquier parte del circuito.

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

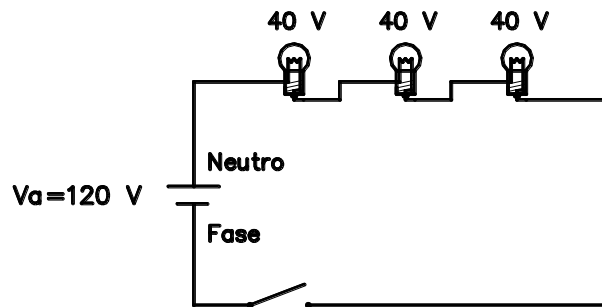
d) La potencia total es la suma de las potencias parciales del circuito.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

Cuando las resistencias del circuito son iguales, la tensión se divide en partes iguales para cada resistencia. En la siguiente figura se indica la división de la tensión en dos resistencias iguales :



En la siguiente figura se indica la división de la tensión en tres resistencias iguales



Cuando las resistencias son desiguales, la tensión se divide proporcionalmente entre ellas.

Ejemplo 3.1

Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene conectados en serie dos cargas de 280 W cada una. Calcular la corriente total en el circuito.

Solución:

La potencia total del circuito es:

$$P_T = 280 \text{ W} + 280 \text{ W} = 560 \text{ W}$$

La corriente total es:

$$I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{560 \text{ W}}{120 \text{ V}} \Rightarrow I = 4,66 \text{ A}$$

Ejemplo 3.2

Un circuito tiene conectadas tres resistencias en serie, la primera resistencia es de 5 Ohm, la segunda de 12 Ohm y la tercera de 20 Ohm. La corriente en la primera resistencia es de 4 Amperios. Calcular la tensión aplicada al circuito.

Solución:

La resistencia total es:

$$R_T = 5 \text{ Ohm} + 12 \text{ Ohm} + 15 \text{ Ohm} = 32 \text{ Ohm}$$

La corriente total es: $I_T = 4 \text{ A}$

La tensión aplicada es:

$$V = I * R \Rightarrow V = 4 \text{ A} * 32 \Omega \Rightarrow V = 128 \text{ V}$$

Ejemplo 3.3

Un circuito tiene conectadas cuatro resistencias en serie, la primera resistencia es de 12 Ohm, la segunda de 15 Ohm, la tercera de 24 Ohm y la cuarta de 18 Ohm. La corriente en la primera resistencia es de 3 Amperios. Calcular la tensión aplicada al circuito.

Solución:

La resistencia total es:

$$R_T = 12 \text{ Ohm} + 15 \text{ Ohm} + 24 \text{ Ohm} + 18 \text{ Ohm} = 69 \text{ Ohm}$$

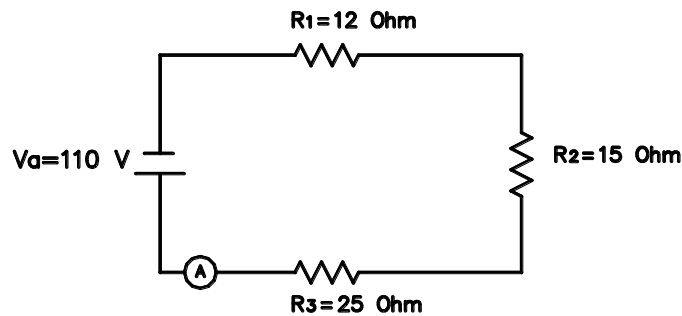
La corriente total es: $I_T = 3 \text{ A}$

La tensión aplicada es:

$$V = I * R \quad \Rightarrow \quad V = 3 \text{ A} * 69 \Omega \quad \Rightarrow \quad V = 207 \text{ V}$$

Ejemplo 3.4

En la figura se muestra un circuito en serie. Calcular la resistencia total del circuito.

**Solución:**

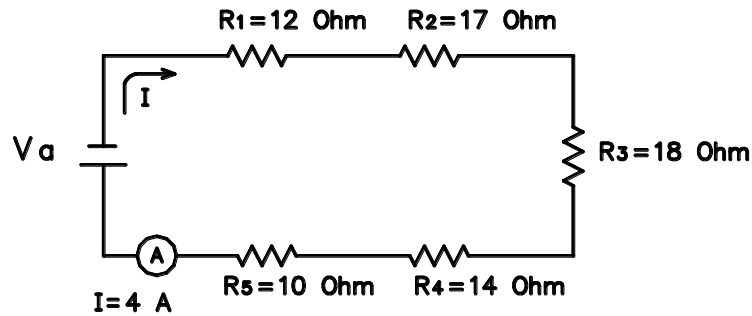
La resistencia total es la suma de las resistencias parciales:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = 12 \text{ Ohm} + 15 \text{ Ohm} + 25 \text{ Ohm} \quad \Rightarrow \quad R_T = 52 \text{ Ohm}$$

Ejemplo 3.5

En el siguiente circuito en serie calcular la resistencia total, la tensión aplicada y la potencia total.

**Solución:**

La resistencia total es:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_T = 12 \text{ Ohm} + 17 \text{ Ohm} + 18 \text{ Ohm} + 14 \text{ Ohm} + 10 \text{ Ohm}$$

$$R_T = 71 \text{ Ohm}$$

La tensión aplicada es:

$$V = I * R \quad \Rightarrow \quad V = 4 \text{ A} * 71 \Omega \quad \Rightarrow \quad V = 284 \text{ V}$$

La potencia total es:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P_T = \frac{(284 \text{ V})^2}{71 \Omega} \quad \Rightarrow \quad P = 1.136 \text{ W}$$

Ejemplo 3.6

Un circuito eléctrico tiene conectadas dos cargas en serie. La resistencia de A es el doble de la resistencia B . La suma de las dos resistencias es igual a 60 ohmios. Calcular la corriente total del circuito.

La tensión aplicada es de 120 V.

Solución:

Para encontrar el valor de las dos resistencias se plantean las ecuaciones necesarias:

Ecuación 1:

$$A = 2B \quad (1)$$

Ecuación 2:

$$A + B = 60 \, \Omega \quad (2)$$

Se reemplaza la ecuación (1) en (2):

$$2B + B = 60 \, \Omega$$

$$3B = 60 \, \Omega \quad \Rightarrow \quad B = \frac{60 \, \Omega}{3} \quad \Rightarrow \quad B = 20 \, \Omega$$

Reemplazando el valor de B en la ecuación (1) se obtiene:

$$A = 2B \quad \Rightarrow \quad A = 2 * 20 \, \Omega \quad \Rightarrow \quad A = 40 \, \Omega$$

La resistencia total del circuito es:

$$R_T = 40 \, \Omega + 20 \, \Omega \quad \Rightarrow \quad R_T = 60 \, \Omega$$

La corriente total se encuentra con la formula de la ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{120 \, V}{60 \, \Omega} \quad \Rightarrow \quad I = 2 \, A$$

3.2 Circuito en paralelo: Es aquel circuito en el cual las cargas están colocadas en diferentes trayectorias y la corriente se divide por cada trayectoria, de acuerdo con la resistencia de cada una. Este tipo de circuitos es el más utilizado en las instalaciones residenciales.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de un circuito en paralelo.

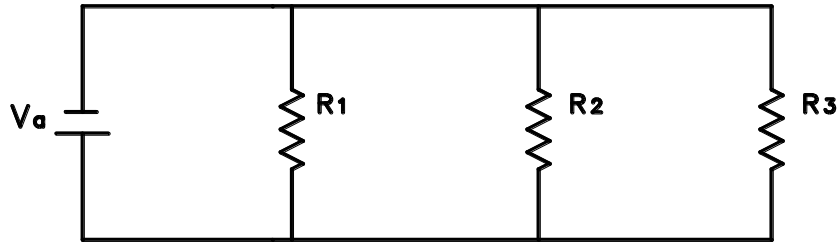


Fig 3.2 Circuito en paralelo

Las principales características de un circuito en paralelo son:

a) La resistencia total se define de la siguiente manera:

“El recíproco de la resistencia del resistor equivalente es igual a la suma de los recíprocos de las resistencias de los resistores en paralelo”. Esto matemáticamente se expresa por:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

La anterior fórmula se puede representar de la siguiente forma:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Si el circuito tiene dos resistencias se puede usar la fórmula:

$$R_T = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

b) La tensión aplicada (V_a) es igual en cualquier parte del circuito.

$$V_a = V_1 = V_2 = V_3 = \dots\dots\dots = V_n$$

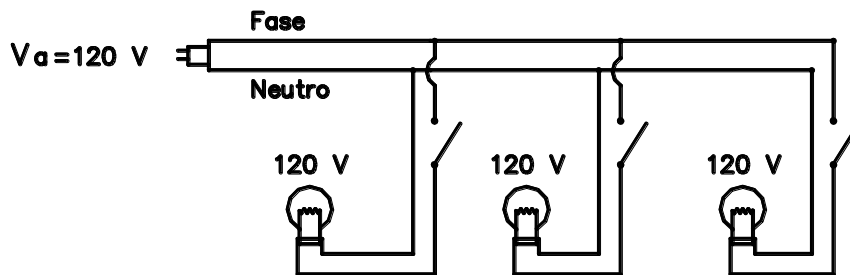
c) La corriente total es la suma de las corrientes parciales.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots\dots\dots + I_n$$

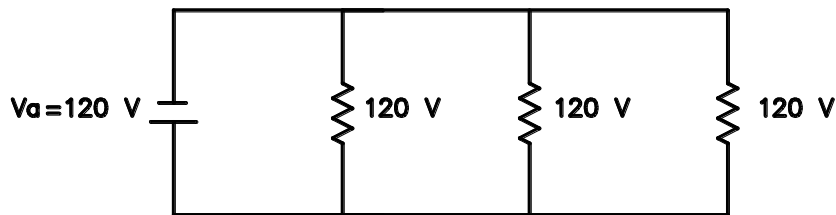
d) La potencia total es la suma de las potencias parciales.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots\dots\dots + P_n$$

El diagrama de tres lámparas conectadas en paralelo se muestra en la siguiente figura:

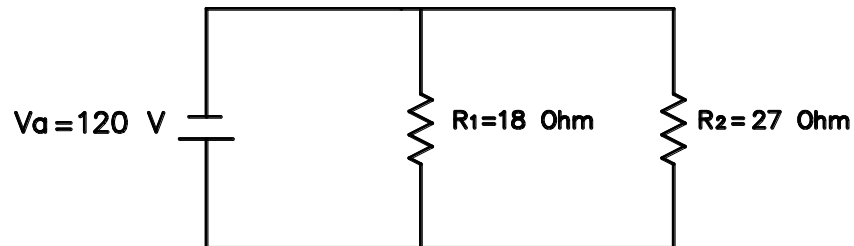


Otra forma de representar el circuito en paralelo es la siguiente:



Ejemplo 3.7

Un circuito eléctrico tiene dos ramas conectadas en paralelo, según se indica en la figura. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total del circuito.

**Solución:**

La resistencia para un circuito en paralelo con dos ramas, se calcula con la fórmula:

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_T = \frac{18 \times 27}{18 + 27} \Rightarrow R_T = \frac{486}{45} \Rightarrow R_T = 10,8 \Omega$$

La corriente total se encuentra con la fórmula de la ley de Ohm:

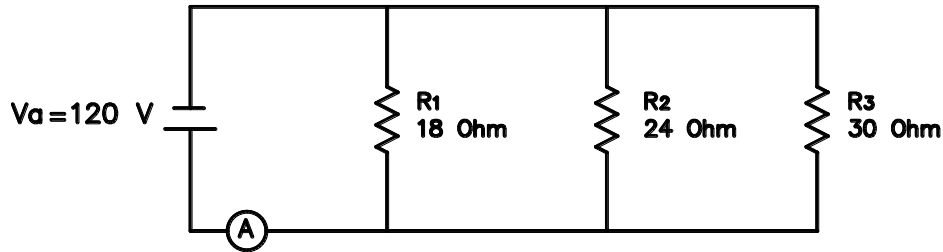
$$I_T = \frac{V}{R} \Rightarrow I_T = \frac{120 \text{ V}}{10,8 \Omega} \Rightarrow I_T = 11,11 \text{ A}$$

La potencia total es:

$$P_T = V \times I \Rightarrow P_T = 120 \text{ V} \times 11,11 \text{ A} \Rightarrow P_T = 1333,33 \text{ w}$$

Ejemplo 3.8

Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene tres resistencias conectadas en paralelo, tal como se indica en la figura. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total.



Solución:

La resistencia total es:

$$R_T = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$$

$$R_T = \frac{1}{1/18 + 1/24 + 1/30} = \frac{1}{0,1305} \Rightarrow R_T = 7,66\ \Omega$$

La corriente total es:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{120\text{ V}}{7,66\ \Omega} \Rightarrow I = 15,66\text{ A}$$

La potencia total es:

$$P = V * I \Rightarrow P = 120\text{ V} * 15,66\text{ A} \Rightarrow P = 1.879,89\text{ Watt}$$

Ejemplo 3.9

Un circuito eléctrico de 120 voltios, tiene conectadas las siguientes cargas en paralelo:

- a) Una lámpara de 500 W
- b) Una plancha de 1.000 W
- c) Una nevera de 300 W

Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total del circuito.

Solución:

La Potencia total del circuito es:

$$P = 500 \text{ W} + 1.000 \text{ W} + 300 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{P = 1.800 \text{ W}}$$

La corriente total se calcula con la formula:

$$I = \frac{P}{V} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{1.800 \text{ W}}{120 \text{ V}} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{I = 15 \text{ A}}$$

La resistencia total es:

$$R = \frac{V}{I} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{120 \text{ V}}{15 \text{ A}} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{R = 8 \text{ Ohm}}$$

Ejemplo 3.10

Un circuito de 120 voltios, tiene conectadas las siguientes cargas en paralelo:

- Una lámpara de 500 W = 500 W
- 12 bombillos de 100 W. = 1200 W

Si la lámpara está encendida, calcular cuantos bombillos se pueden encender para que la corriente no sea mayor a 12 Amperios.

Solución:

La Potencia total del circuito es:

$$P = 500 \text{ W} + 1.200 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad P = 1.700 \text{ W}$$

La potencia que puede tener el circuito es:

$$P = V * I \quad \Rightarrow \quad P = 120 \text{ V} * 12 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{P = 1.440 \text{ W}}$$

Se puede encender la lámpara y 9 bombillos ($P = 500 + 900 = 1400 \text{ W}$)

Ejemplo 3.11

Un circuito de 120 voltios, tiene conectadas las siguientes cargas en paralelo:

- 15 bombillos de 100 W. = 1500 W

Calcular cuantos bombillos se pueden encender para que la corriente no sea mayor a 6 Amperios.

Solución:

La Potencia total del circuito es:

$$P = 1.500 \text{ W}$$

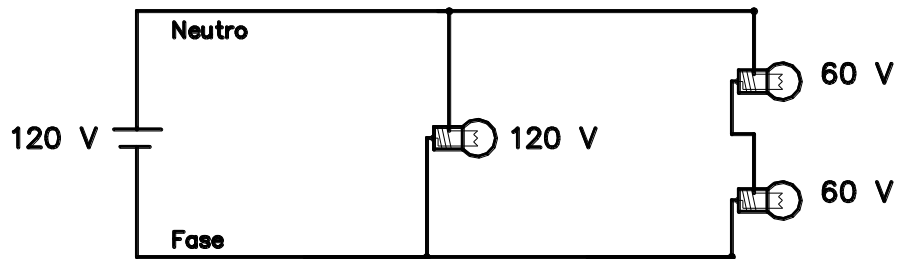
La potencia que puede tener el circuito es:

$$P = V * I \quad \Rightarrow \quad P = 120 \text{ V} * 6 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{P = 720 \text{ W}}$$

Se puede encender 7 bombillos ($P = 700 \text{ W}$)

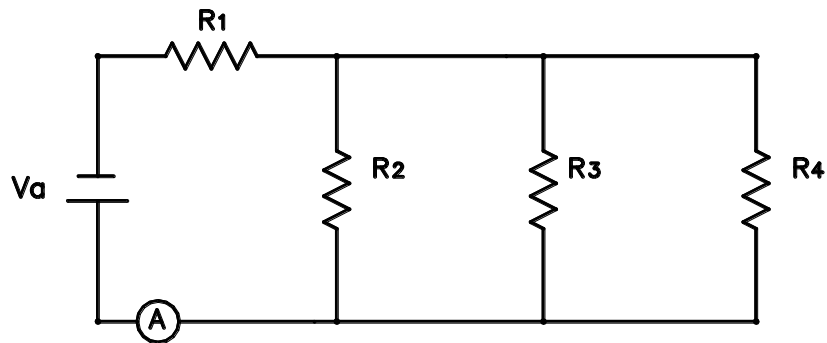
4.3.3 Circuitos combinados: Es aquel en el cual se combinan cargas conectadas en serie y en paralelo. Este tipo de circuito es poco utilizado en las instalaciones residenciales, su uso se limita a las instalaciones navideñas y otras de menor importancia.

En la siguiente figura se muestra un circuito combinado.



Las características de un circuito combinado son similares a los circuitos en serie y en paralelo.

El diagrama de un circuito combinado se puede representar de la siguiente forma:

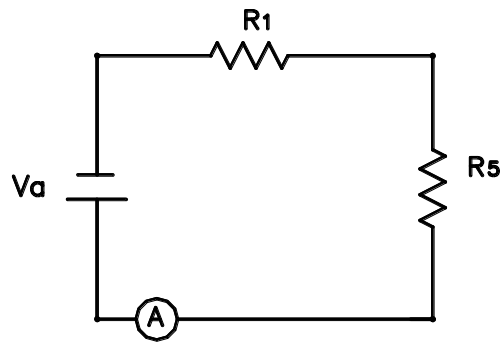


Para calcular la resistencia total, se calcula la resistencia de las ramas en paralelo (R_5) y se forma un circuito equivalente.

La resistencia de las tres ramas en paralelo es:

$$R5 = \frac{1}{1/R2 + 1/R3 + 1/R4}$$

El circuito equivalente se muestra en la siguiente figura:



La resistencia total del circuito combinado es:

$$R_T = R_1 + R_5$$

La corriente total se calcula con la formula de la ley de Ohm:

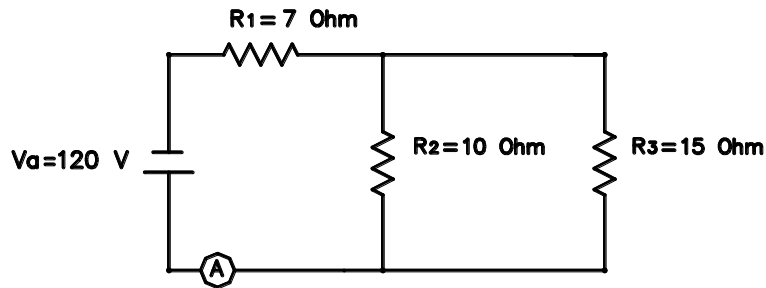
$$I_T = \frac{V_a}{R_T}$$

La potencia total se calcula con la formula:

$$P_T = V * I$$

Ejemplo 3.12

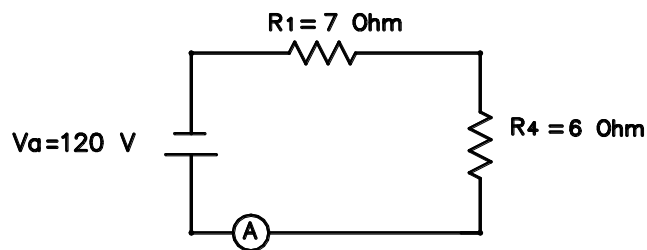
Un circuito eléctrico de 120 V tiene una rama en serie y dos ramas en paralelo, tal como se indica en la figura. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total.

**Solución:**

La resistencia de las ramas en paralelo es:

$$R_4 = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = \frac{150}{25} = 6 \text{ Ohm}$$

El circuito equivalente queda de la siguiente forma:



La resistencia en serie es la resistencia total del circuito:

$$R_T = 7 \text{ Ohm} + 6 \text{ Ohm} = 13 \text{ Ohm} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{R_T = 13 \text{ Ohm}}$$

La corriente total es:

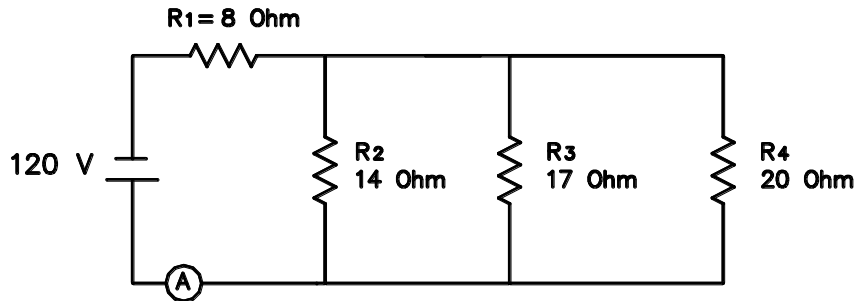
$$I = \frac{V_a}{R_T} = \frac{120 \text{ V}}{13 \Omega} = 9,23 \text{ A}$$

La potencia total es:

$$P_T = I^2 \cdot R \quad \Rightarrow \quad P_T = (9,23 \text{ A})^2 \cdot 13 \Omega \quad \Rightarrow \quad \mathbf{P_T = 1.107,5 \text{ W}}$$

Ejemplo 3.13

En la figura se muestra un circuito eléctrico combinado. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total del circuito.

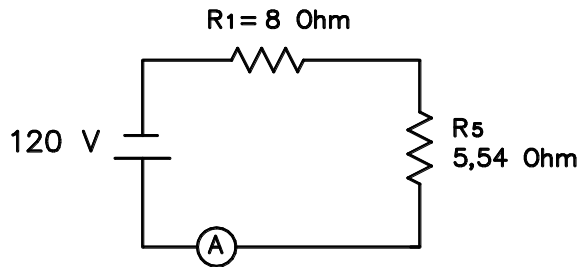


Solución:

La resistencia de las tres ramas en paralelo es:

$$R_5 = \frac{1}{1/14 + 1/17 + 1/20} \Rightarrow R_5 = 5,54 \text{ Ohm}$$

El nuevo circuito queda de la siguiente forma:



La resistencia del nuevo circuito, es la resistencia total:

$$R_T = 8 \text{ Ohm} + 5,54 \text{ Ohm} \Rightarrow R_T = 13,54 \text{ Ohm}$$

La corriente total es:

$$I = \frac{V_a}{R_T} = \frac{120 \text{ V}}{13,54 \Omega} = 8,86 \text{ A}$$

La potencia total es:

$$P_T = I^2 * R \Rightarrow P_T = (8,86 \text{ A})^2 * 13,54 \Omega \Rightarrow P_T = 1.062,88 \text{ W}$$

EJERCICIOS PROPUESTOS

3.1 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene tres resistencias en serie, la primera es de 15 Ohm, la segunda es de 20 Ohm y la tercera de 25 Ohm. Calcular la Resistencia total y la corriente total del circuito.

Respuesta:
 $R_T = 60 \text{ Ohm}$
 $I_T = 2 \text{ A}$

3.2 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene conectados en serie tres cargas de 300 W cada una. Calcular la corriente total en el circuito.

Respuesta:
 $I_T = 7,5 \text{ A}$

3.3 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene tres cargas de 200 W cada una, conectadas en serie. Calcular la corriente total del circuito.

Respuesta:
 $I_T = 5 \text{ A}$

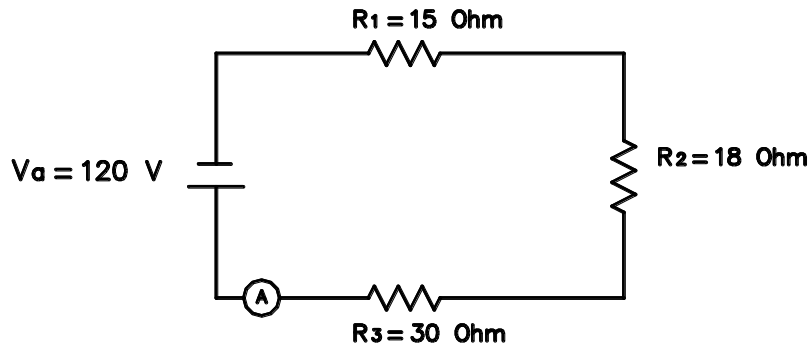
3.4 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene dos resistencias conectadas en serie. La resistencia A es el doble de B, La suma de las resistencias A + B es de 75 Ohm. Calcular la resistencia total y la corriente total del circuito.

Respuesta:
 $R_T = 75 \text{ Ohm}$
 $I_T = 1,60 \text{ A}$

3.5 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene tres resistencias conectadas en serie. La resistencia A es el triple de B, la resistencia C es la mitad de A. La suma de las resistencias A + B es de 80 Ohm. Calcular la resistencia total y la corriente total del circuito.

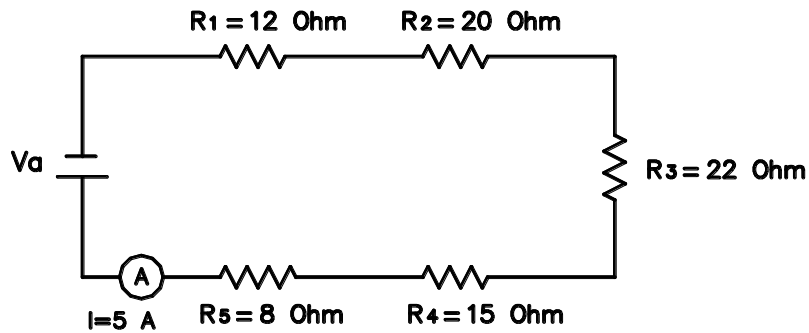
Respuesta:
 $R_T = 110 \text{ Ohm}$
 $I_T = 1,09 \text{ A}$

3.6 En la figura se muestra un circuito eléctrico con tres resistencias en serie. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total del circuito.



Respuesta:
 $R_T = 63\text{ Ohm}$
 $I_T = 1,90\text{ A}$
 $P_T = 228\text{ W}$

3.7 En la figura se muestra un circuito eléctrico en serie. Calcular la resistencia total, la tensión aplicada y la potencia total.



Respuesta:
 $R_T = 77\ \Omega$
 $V_a = 385\text{ V}$
 $P_T = 1.925\text{ W}$

Problemas sobre circuitos en paralelo

3.8 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene conectadas tres resistencias en paralelo de 15 Ohm cada una. Calcular la resistencia total y la corriente total del circuito.

Respuesta:

$$R_T = 5 \text{ Ohm}$$

$$I_T = 24 \text{ A}$$

3.9 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene conectadas cuatro cargas en paralelo de 400 W cada una. Calcular la corriente total del circuito.

Respuesta:

$$I_T = 13,33 \text{ A}$$

3.10 Un circuito eléctrico de 120 V, tiene tres cargas conectadas en paralelo. La primera carga es de 200 W, la segunda es de 300 W. Calcular cual debe ser la potencia de la tercer carga, si la corriente total no puede ser mayor a 20 A.

Respuesta:

$$P_T = 1900 \text{ W}$$

3.11 Un circuito eléctrico de 120 V, tiene tres cargas conectadas en paralelo. La primera carga es de 350 W, la segunda es de 480 W. Calcular la potencia de la tercer carga, si la corriente en la rama 3 no puede ser mayor a 5 A.

Respuesta:

$$P_3 = 600 \text{ W}$$

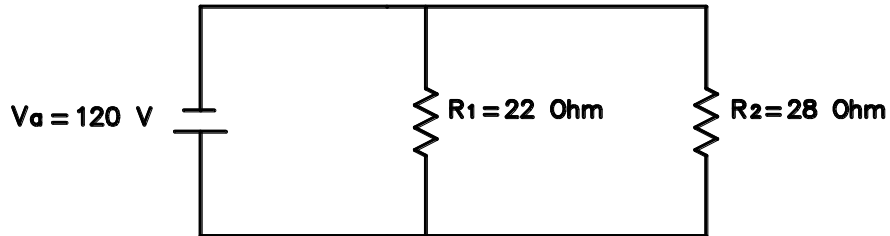
3.12 Un circuito eléctrico de 120 V, tiene tres cargas conectadas en paralelo. La primera carga es de 350 W, la segunda es de 480 W y la tercera es de 500 W. Calcular la resistencia total y la corriente total.

Respuesta:

$$R_3 = 10,83 \text{ Ohm}$$

$$I_T = 11,08 \text{ A}$$

3.13 En la figura se muestra un circuito eléctrico con dos ramas conectadas en paralelo. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total.



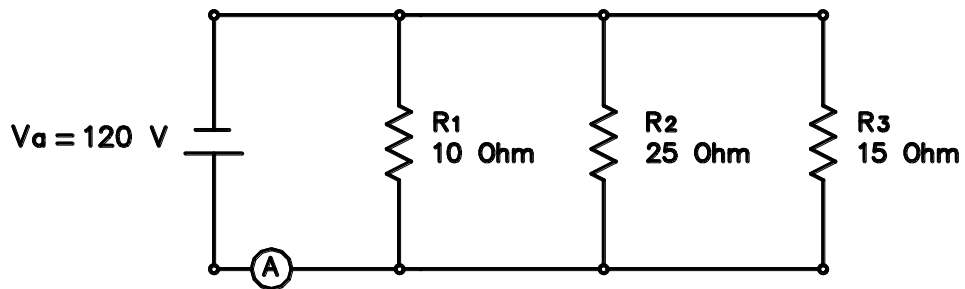
Respuesta:

$R_T = 12,32\ \Omega$

$I_T = 9,74\text{ A}$

$P_T = 1.168,83\text{ W}$

3.14 En la figura se muestra un circuito eléctrico con tres ramas conectadas en paralelo. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total.



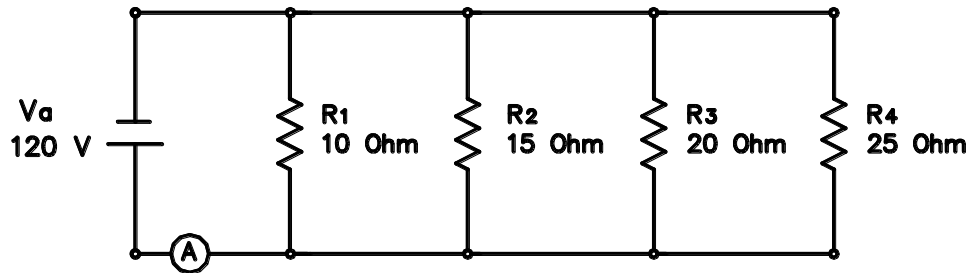
Respuesta:

$R_T = 4,84\ \Omega$

$I_T = 24,80\text{ A}$

$P_T = 2.976\text{ W}$

3.15 En la figura se muestra un circuito eléctrico con cuatro resistencias conectadas en paralelo. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total del circuito.



Respuesta:

$$R_T = 3,89\ \Omega$$

$$I_T = 30,80\text{ A}$$

$$P_T = 3.701,8\text{ W}$$

3.16 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene conectados en paralelo 8 bombillos de 100 vatios cada uno. Calcular la corriente total del circuito.

Respuesta:

$$I_T = 6,66\text{ A}$$

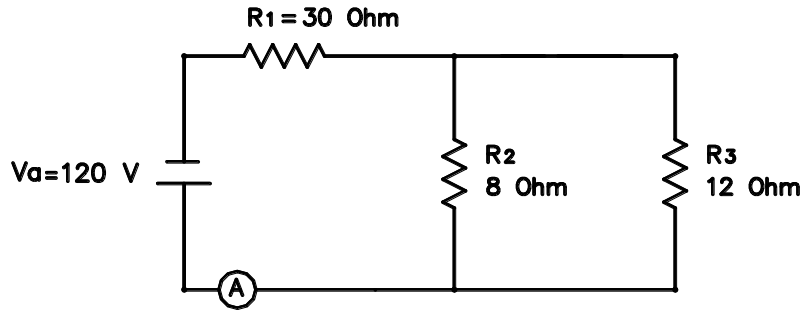
3.17 Un circuito eléctrico de 120 voltios tiene conectados en paralelo 1 plancha de 1000 vatios y una lavadora de 500 vatios. Calcular la corriente total del circuito.

Respuesta:

$$I_T = 12,5\text{ A}$$

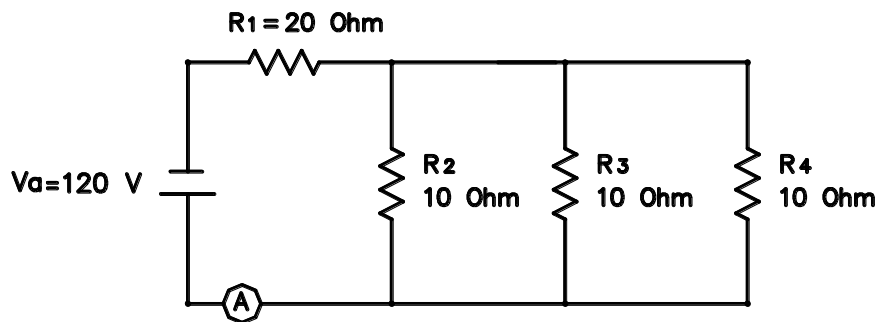
Problemas sobre circuitos eléctricos combinados

3.18 En la figura se muestra un circuito eléctrico combinado. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total del circuito.



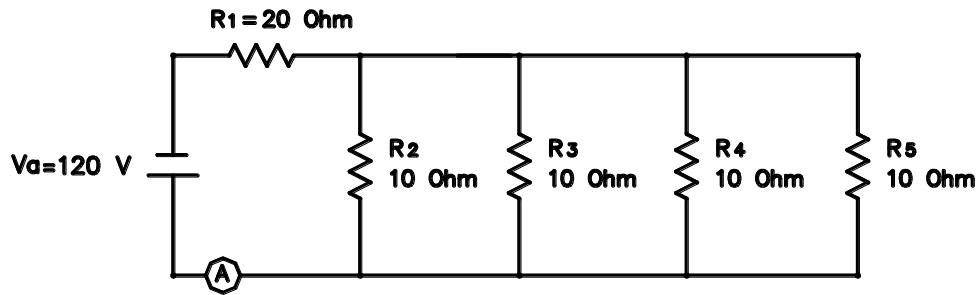
Respuesta:
 $R_T = 34,8\ \Omega$
 $I_T = 3,45\text{ A}$
 $P_T = 413,79\text{ W}$

3.19 En la figura se muestra un circuito eléctrico combinado. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total del circuito.



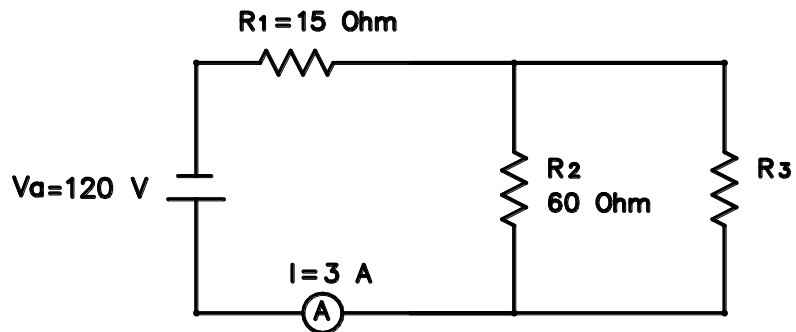
Respuesta:
 $R_T = 23,33\ \Omega$
 $I_T = 5,14\text{ A}$
 $P_T = 616,80\text{ W}$

3.20 En la figura se muestra un circuito eléctrico combinado. Calcular la resistencia total, la corriente total y la potencia total.



Respuesta:
 $R_T = 22,50\ \Omega$
 $I_T = 5,33\text{ A}$
 $P_T = 639,6\text{ W}$

3.21 En la figura se muestra un circuito eléctrico combinado. Calcular la tensión en serie, la tensión en paralelo y el valor de la resistencia R_3 .



Respuesta:
 $V_{\text{serie}} = 45\text{ V}$
 $V_{\text{paralelo}} = 75\text{ V}$
 $R_3 = 42,85\ \Omega$

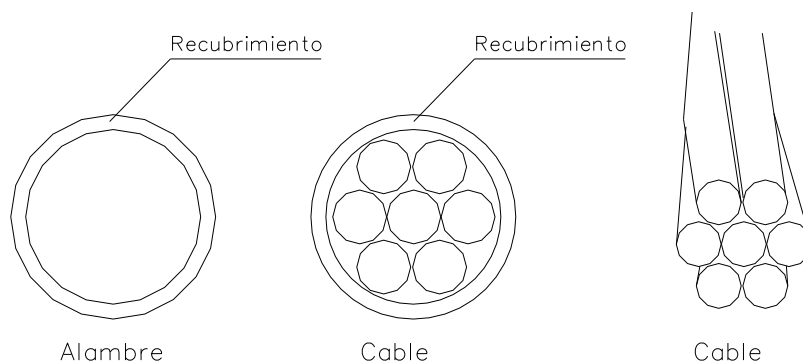
Capítulo 4 Conductores eléctricos

4.1 Introducción.

Un conductor eléctrico es un elemento que provee la trayectoria para la circulación de la corriente eléctrica a través de un circuito. Los conductores más utilizados son los **alambres** y **cables**, ambos vienen forrados por un material aislante el cual garantiza que el flujo de electrones sea a través del conductor.

El material conductor más utilizado es el **cobre**, en algunos casos se utiliza el aluminio o el aluminio combinado con el cobre. La razón para utilizar el **cobre** es su buena conductividad y su bajo precio.

La forma de presentación de los conductores es el **alambre** y el **cable**, siendo el **alambre** el más utilizado en las instalaciones eléctricas residenciales. El **alambre** consiste en un solo hilo sólido y el **cable** en varios hilos trenzados concéntricamente.



4.2 Calibre de los conductores.

El calibre de los conductores da una idea de la sección del mismo y se designa utilizando el sistema norteamericano conocido con el nombre de *American Standard Wire Gauge (AWG)*, un número que especifica el diámetro del conductor desnudo, y por lo tanto, su área transversal.

En este sistema de designación, a medida que el número es más grande, la sección es menor, es decir, el N° 14 es más delgado que el N° 12.

Los calibres más utilizados en las instalaciones residenciales son el N° 14, N° 12, N° 10 , N° 8 y N° 6. Los conductores de mayor área se utilizan para redes de media y alta tensión.

4.3 Clasificación de los calibres.

Los conductores eléctricos se han clasificado, tanto los alambres como los cables, de la siguiente manera:

- a) Los conductores eléctricos más utilizados en las instalaciones residenciales son el N° 12, N° 10 y el N° 8.
- b) El conductor N° 14 se permite en circuitos de iluminación, en donde la corriente sea pequeña (menor a 15 A).
- c) En las acometidas domiciliarias se usa el conductor N° 8, el N° 6 y el N° 4, dependiendo de la corriente total que entre a la vivienda.
- d) Los conductores N° 6 y N° 4 se usan en las instalaciones eléctricas de la industria y el comercio.
- e) El conductor N° 16 no se permite en las instalaciones residenciales, su uso se restringe a la iluminación de lámparas pequeñas.
- f) Los conductores N° 16 y N° 18 se utilizan para cordones flexibles, sistemas de señalización y otras aplicaciones similares, en donde la corriente sea pequeña.

Una forma de comparar los tamaños de los alambres, es recordar que cualquier alambre que es 3 tamaños más grandes que otro, tiene el doble de sección transversal.

Por ejemplo el alambre N° 3 tiene un área exactamente del doble que el N° 6. De la misma forma, un alambre que sea 6 tamaños más grande que otro, tiene exactamente dos veces el diámetro. Por ejemplo, el N° 6 tiene dos veces el diámetro del N° 12.

Los alambres más utilizados en las instalaciones eléctricas se designan con números **pares**. Los alambres de número **impar** son pocos conocidos en las instalaciones eléctricas, su uso se restringe al devanado de motores y otros dispositivos electromagnéticos.

En el siguiente cuadro se muestran los conductores con sus diámetros y áreas, correspondientes a la sección sin recubrimiento.

Tabla 4.1 Clasificación de calibres estándar.

Calibre AWG	Diámetro en mm		Area de la sección en mm ²	
	Alambre	Cable	Alambre	Cable
Nº 40	0.079		0.005	
38	0.101		0.007	
36	0.127		0.012	
34	0.160		0.020	
32	0.20		0.032	
30	0.25		0.050	
28	0.32		0.080	
26	0.40		0.128	
24	0.51		0.20	
22	0.64		0.32	
20	0.81	0.91	0.52	0.53
18	1.02	1.15	0.82	0.83
16	1.29	1.46	1.31	1.32
14	1.63	1.85	2.08	2.09
12	2.05	2.32	3.31	3.32
10	2.59	2.96	5.26	5.26
8	3.26	3.72	8.37	8.37
6	4.11	4.67	13.30	13.30
4	5.19	6.20	21.15	21.15
2	6.54	7.80	33.63	33.64
0	8.25	9.40	53.48	53.48
00	9.27	10.50	67.43	67.43
000	10.40	11.80	85.03	85.03
0000	11.68	13.30	107.20	107.20
250 MCM		15.00		126.70
300		16.50		152.00
350		17.50		177.30
400		18.50		202.70
450		19.50		228.00
500		20.50		253.30
1000		29.00		506.70

En el sistema AWG, los diámetros de los conductores se designan en milésimas de pulgada o **mils** y las áreas transversales en **circular mils** o **mils cuadrados**. Un circular mil (cmil) equivale al área de un círculo de un mil de diámetro:

$$1 \text{ cmil} = 7,854 \times 10^{-7} \text{ in}^2$$

$$1 \text{ cmil} = 5,067 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$$

4.4 Aislamiento de los conductores.

El aislamiento de los conductores consiste en una cubierta de un material que cumpla con ciertos requisitos de calidad y seguridad. El material aislante debe proteger al material conductor de las inclemencias del clima y de posibles daños que pueda presentar en su vida útil, también debe proteger a las personas, animales y objetos de posibles accidentes.

Los aislantes más utilizados en baja tensión se denominan de acuerdo a unos códigos que hacen referencia a su composición y propiedades.

Algunos de los códigos de los aislantes son:

T: Termoplástico
R: Hule
W: Humedad (agua)
H: Calor
U: Latex (caucho)
N: Nylon

Los aislantes más utilizados para conductores eléctricos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 aislantes para conductores eléctricos

Tipo	Nombre comercial	Temperatura máxima (°C)	Material aislante	Cubierta exterior	Ubicación
RH	Hule resistente al calor	75°C	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardadora de la llama	Locales secos
RHH	Hule resistente al calor	90°C	Hule resistente al calor	Resistente a la humedad, retardadora de la llama	Locales secos
TW	Termoplástico resistente a la humedad.	60°C	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la llama.	Ninguna	Locales secos
THHN	Termoplástico resistente al calor	90°C	Termoplástico resistente al calor, retardador de la llama.	Nylon o equivalente	Locales secos
THW	Termoplástico resistente al calor y a la humedad.	75°C	Termoplástico resistente al calor, y a la humedad retardador de la llama	Ninguna	Locales secos
		90°C		Ninguna	Aplicaciones especiales
THWN	Termoplástico resistente al calor y la humedad	75°C	Termoplástico resistente al calor, y a la humedad retardador de la llama	Nylon o equivalente	Locales húmedos y secos
XHHW	Polietileno vulcanizado resistente a la humedad y al calor	75°C	Polietileno vulcanizado, retardador de la llama	Ninguna	Locales húmedos y secos
		90°C			Locales secos

4.5 Ampacidad.

La ampacidad es la máxima cantidad de corriente que un conductor puede transportar en forma segura, sin sobrecalentarse ni causar una excesiva caída de tensión. Al fluir la corriente a través de un conductor, se produce un calentamiento por efecto Joule. Este calentamiento o disipación de potencia es proporcional al cuadrado de la corriente.

Debido a que este calentamiento se transfiere al aislante que recubre el conductor, hay un límite al grado de calor que cada tipo de aislamiento puede soportar en forma segura. Este límite lo fija principalmente la ampacidad.

La ampacidad depende principalmente del diámetro y del material del conductor, el tipo de aislamiento, la longitud del circuito, el número de conductores por el tubo y la temperatura ambiente.

4.6 Criterios para el cálculo de conductores:

Para la selección de un conductor adecuado se debe tener en cuenta varios criterios, siendo los más importantes la ampacidad, el tipo de aislamiento y la máxima caída de tensión permitida por las normas. Otros criterios menos importantes son las pérdidas por efecto Joule y la fuerza de tracción en el cableado.

4.7 Capacidad de conducción de corriente.

Los conductores eléctricos están forrados por material aislante, que por lo general contiene sustancias orgánicas. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que la misma sección de cobre pueda transportar diferentes corrientes, dependiendo de la cubierta del conductor.

La cubierta de un conductor puede deteriorarse por calentamiento excesivo de varias formas, dependiendo del tipo de aislamiento y del grado de sobrecalentamiento. Algunas cubiertas se endurecen, otras se derriten, otras arden. En cualquiera de estos casos, el aislamiento pierde su utilidad si se sobrecalienta, conduciendo a roturas e incendios.

La ampacidad especificada para cualquier tipo y tamaño de alambre, es la corriente que pueda transportar sin calentamiento excesivo. El aislamiento TW

soporta una temperatura máxima de 60°C y es el que tiene la más baja ampacidad de todos. Los aislamientos de asbesto pueden soportar temperaturas más altas, pero su uso ha decaído por razones ambientales.

En el comercio existen materiales sintéticos y plásticos que son apropiados para altas temperaturas, lo cual aumenta la ampacidad del conductor. Estos materiales soportan más de 100°C dando seguridad y economía en las obras.

La ampacidad nominal de cada conductor está basada en una temperatura ambiente de 30°C, si la temperatura se aumenta a más de ese valor, la ampacidad se debe recalcular utilizando los factores de corrección dados en la siguiente tabla:

Tabla 4.3: Factores de corrección por temperatura ambiente

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura máxima permisible en el aislamiento						
	60 °C	75 °C	85 °C	90 °C	110 °C	125 °C	200 °C
31 – 40	0,82	0,88	0,90	0,91	0,94	0,95	---
41 – 45	0,71	0,82	0,85	0,88	0,90	0,92	---
46 – 50	0,58	0,75	0,80	0,82	0,87	0,89	---
51 – 55	0,42	0,68	0,74	0,76	0,83	0,86	---
56 – 60	---	0,58	0,67	0,71	0,79	0,83	0,91
61 – 70	---	0,35	0,52	0,58	0,71	0,76	0,87
71 – 80	---	---	0,30	0,41	0,61	0,68	0,84
81 – 90	---	---	---	---	0,50	0,61	0,80
91 – 100	---	---	---	---	---	0,51	0,77
101 – 120	---	---	---	---	---	---	0,69
121 – 140	---	---	---	---	---	---	0,58

Los conductores instalados al aire libre pueden radiar el calor, lo cual les proporciona una ampacidad más alta que los conductores encerrados en tuberías o bajo el suelo. El inconveniente que presentan los conductores al aire libre, es que la intemperie deteriora el forro protector.

En la siguiente tabla se relaciona la capacidad de corriente de conductores aislados, según el tipo de material del forro y dependiendo si el conductor esta instalado en tubería o al aire libre.

Tabla 4.4 Capacidad de corriente de los conductores (amperios).

Calibre AWG	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)			Resistencia Eléctrica a 20°C
	TW 60 °C	THW 75 °C	THHN/THWN 90 °C	Ω /Km
14	20	20	25	8,46
12	25	25	30	5,35
10	30	35	40	3,35
8	40	50	55	2,10
6	55	65	75	1,32
4	70	85	95	0,83
2	95	115	130	0,66
1	110	130	150	0,52
1/0	125	150	170	0,33
2/0	145	175	195	0,26
3/0	165	200	225	0,21
4/0	195	230	260	0,16
250	215	255	290	0,14
350	260	310	350	0,10
500	320	380	430	0,07

La tabla anterior funciona para un máximo de 3 conductores alojados en el tubo. Para un número mayor de conductores deben aplicarse los factores de corrección por agrupamiento especificados en la siguiente tabla.

Tabla 4.5: Factores de corrección por agrupamiento

Numero de conductores	% del valor indicado en la tabla
4 a 6	80%
7 a 24	70%
25 a 42	60%
más de 42	50%

Cuando se instalen conductores de sistemas diferentes dentro de una tubería, los factores de corrección por agrupamiento solo se aplican al número de conductores de fuerza y alumbrado.

Cuando en un grupo de conductores se tengan aislamientos para temperaturas máximas diferentes, la temperatura límite del grupo debe determinarse por la menor de ellas.

4.8 Caída de tensión (ΔV)

Se denomina caída de tensión (ΔV) a la diferencia que existe entre la tensión aplicada en un circuito (V_A) y la obtenida en cualquier punto del mismo (V_T).

Matemáticamente, la caída de tensión (ΔV) viene dada por la ecuación:

$$\Delta V = V_A - V_T$$

Generalmente, la caída de tensión se expresa como un porcentaje de la tensión aplicada.

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V_A} * 100$$

La caída de tensión máxima permitida por las normas es del 3%; caídas de tensión mayores presentan un funcionamiento deficiente de los aparatos conectados al circuito.

Para calcular la caída de tensión en cualquier circuito, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta V (V) = \frac{\rho * L * I}{A}$$

Donde,

ρ = resistividad

L= longitud (m) (longitud de ida y vuelta)

I= corriente (amperios)

A= área de la sección transversal del conductor. (mm²)

El valor de la resistividad para el cobre es:

$\rho = 0,01724$ ohmios x mm²/ metro

Cuando se trate de un sistema bifilar, la longitud L es la suma de la fase más el neutro.

Si se quiere encontrar el área del conductor necesario para transportar una corriente, simplemente se despeja el área (A) de la formula anterior:

$$A = \frac{\rho * L * I}{\Delta V (V)}$$

Ejemplo 4.1

Calcular la caída de tensión en un circuito de 65 m, utilizado para conectar una lámpara de 400 Watt. La tensión aplicada es de 120 V.

Solución:

La corriente del circuito es:

$$I = \frac{P}{E} = \frac{400 \text{ W}}{120 \text{ V}} \Rightarrow I = 3,33 \text{ Amperios}$$

En la tabla 5.3 Se escoge un conductor que pueda transportar esta corriente:

El conductor # 12 puede transportar 25 Amperios.

2 # 12 AWG. (Area= 3,31 mm²)

La ecuación para la caída de tensión es:

$$\Delta V (V) = \frac{\rho * L * I}{A}$$

$$\Delta V (V) = \frac{0,01724 \text{ ohm/mm}^2/\text{m} * 2 * 65 \text{ m} * 3,33 \text{ A}}{3,31 \text{ mm}^2} \Rightarrow \Delta V (V) = 2,25 \text{ V}$$

El porcentaje de la caída de tensión es:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V_A} * 100$$

$$\Delta V (\%) = \frac{2,25 \text{ V}}{120 \text{ V}} * 100 \Rightarrow \Delta V (\%) = 1,88 \%$$

La caída de tensión es menor del 3%, por lo tanto el conductor es aceptable.

Ejemplo 4.2

Calcular el conductor necesario para alimentar una carga de 1.000 Watt, cuando se conecta a una fuente de tensión de 120 Voltios. La carga está localizada a una distancia de 45 m.

Solución:

La corriente del circuito es:

$$I = \frac{P}{E} = \frac{1.000 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 8,33 \text{ A}$$

La ecuación para la caída de tensión es:

$$\Delta V \text{ (V)} = \frac{\rho * L * I}{A}$$

Despejando el área se obtiene:

$$A = \frac{\rho * L * I}{\Delta V \text{ (V)}}, \quad \Delta V \text{ (V)} = 3\% (120 \text{ V}) = 0,03 * 120 = 3,6 \text{ V}$$

$$A = \frac{0,01724 \text{ ohm/mm}^2/\text{m} * (2*45 \text{ m}) * 8,33 \text{ A}}{3,60 \text{ V}} \Rightarrow \mathbf{A = 3,59 \text{ mm}^2}$$

En la tabla 6.1 se busca un conductor que cumpla con esa área:

Conductor N° 10 AWG. (A= 5,26 mm²)

Ejemplo 4.3

Un circuito de 38 m de longitud, trabaja a la intemperie a una temperatura de 44 °C. Calcular la caída de tensión si se alimenta una carga de 450 Watt. El conductor utilizado es 2 N° 10 AWG, con una temperatura permisible en el aislamiento de 75°. La tensión aplicada es de 120 V.

Solución:

La corriente del circuito es:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{450 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 3,75 \text{ A}$$

La temperatura ambiente está entre 41 a 45 °C, el factor de corrección para la corriente de acuerdo a la tabla 6.2, es de 0,82.

$$I = \frac{3,75 \text{ A}}{0,82} = 4,57 \text{ A}$$

La ecuación para la caída de tensión es:

$$\Delta V (V) = \frac{\rho * L * I}{A}$$

$$\Delta V (V) = \frac{0,01724 \text{ ohm/mm}^2/\text{m} * (2*38 \text{ m}) * 4,57 \text{ A}}{5,26 \text{ mm}^2} \Rightarrow \Delta V (V) = 1,14$$

El porcentaje de caída de tensión es:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V_A} * 100$$

$$\Delta V (\%) = \frac{1,14 \text{ V}}{120 \text{ V}} * 100 \Rightarrow \Delta V (\%) = 0,95 \%$$

4.9 Tubería conduit

La tubería conduit sirve para proteger los alambres y cables de la humedad y del deterioro físico. Los tubos plásticos se fabrican de PVC y los tubos metálicos se fabrican de acero, aluminio o zinc, o de aleaciones de estos materiales. En las instalaciones eléctricas residenciales se usa la tubería de PVC, debido a sus múltiples ventajas.

4.9.1 Ventajas: Las principales ventajas de la tubería conduit de PVC, son las siguientes:

- **Peso liviano:** El conduit de PVC pesa seis veces menos que el de acero, por lo tanto es más fácil su transporte y manejo en las obras.
- **Fácil instalación:** El conduit de PVC es más fácil de cortar, de doblar y de empatar.
- **Resistencia al impacto:** El conduit de PVC tiene buena resistencia al impacto. El tubo resiste la caída de un peso de 6 Kg, desde 150 cm de altura.
- **Resistencia a la corrosión:** La tubería de PVC es ideal para obras donde la salinidad del aire o los suelos agresivos son un factor importante.
- **Fácil alambrado:** La superficie del conduit PVC es lisa y no hay ningún peligro de dañar los cables durante el alambrado. Realambrar, también es muy sencillo, sin necesidad de desmantelar la línea.
- **Resistencia al fuego:** El tubo conduit de PVC es autoextinguible, por lo cual no contribuye a extender el fuego.
- **Seguridad:** El conduit de PVC no es conductor, por el contrario, es un buen aislante que protege contra descargas eléctricas accidentales.
- **Economía:** El conduit de PVC es muy económico, con respecto a tubería de otros materiales.
- **Variedad:** El tubo conduit de PVC tiene presentaciones para tráfico liviano, semipesado y pesado, lo cual lo hace muy versátil en cualquier tipo de obra.

El tubo liviano se usa sobre el cielo raso, donde no soporta carga. El semipesado se usa sobre paredes y el pesado se usa bajo el mortero de piso.

Las propiedades de la tubería conduit de PVC se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.5 Propiedades tubería conduit PVC.

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de Pared		Area interna	
mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm ²	pulg ²
21	1/2	21,34	0,840	1,52	0,060	260	0,40
26	3/4	26,67	1,050	1,52	0,060	438	0,67
33	1	33,40	1,315	1,52	0,060	723	1,12
42	1 1/4	42,16	1,660	1,78	0,070	1170	1,80
48	1 1/2	48,26	1,900	2,03	0,080	1534	2,37
60	2	60,33	2,375	2,54	0,100	2397	3,71
88	3	88,90	3,500	3,18	0,125	5350	8,29

Tabla 4.6 Máximo número de Conductores en tubo Conduit PVC

Calibre AWG	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3
18	23	40	60	115	157	257	550
16	18	31	50	90	122	200	480
14	9	15	25	44	60	99	250
12	7	12	19	35	47	78	171
10	5	9	15	26	36	60	131
8	2	4	7	12	17	28	62
6	1	2	4	7	10	16	36
4	1	1	3	5	7	12	27
3	1	1	2	4	6	10	23
2	1	1	2	4	5	9	20
1		1	1	3	4	6	14
0		1	1	2	3	5	12
00		1	1	1	3	5	10
000		1	1	1	2	4	9
0000		1	1	1	1	3	7

4.10 Factor de relleno.

Debido al calor que se produce en los conductores con el paso de la corriente, es muy importante que éstos estén ventilados; para ello, el aire debe circular libremente por el interior del tubo. Debido a esto se debe tener en cuenta el **factor de relleno**, el cual consiste en la relación entre el área de los conductores con recubrimiento y el área del tubo.

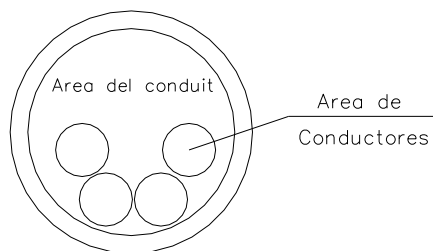
$$Fr = \frac{\text{Area conductores}}{\text{Area del tubo}} = \frac{Ac}{At}$$

El factor de relleno en porcentaje es:

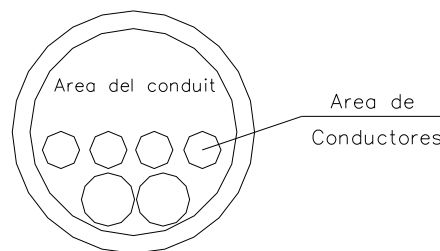
$$Fr (\%) = \frac{Ac}{At} \times 100$$

Los factores de relleno aceptados por el RETIE son:

- Fr = 55% . Para ductos con un solo conductor.
- Fr = 30%. Para ductos con dos conductores.
- Fr = 40%. Para ductos con tres o más conductores.



a) Condutores del mismo tamaño



b) Condutores de diferente tamaño

En la tabla 5.6 ya está incluido el factor de relleno para el número de conductores por el tubo conduit.

Los dos tipos de aislamientos más utilizados en conductores para instalaciones residenciales son el TW y el TWH. La tabla siguiente muestra la sección transversal total de los conductores de este tipo.

Tabla 4.7 Area de conductores con aislamiento (mm²)

Calibre AWG	Suma de las secciones para cada cantidad de conductores (TW y TWH)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	9,24	18,5	27,7	37,0	46,2	55,44	64,68	73,90	83,2	92,40
12	12,0	24,0	36,0	48,0	60,0	72,0	84,1	96,1	108,1	120,1
10	16,1	32,1	48,1	64,2	80,2	96,28	112,3	128,4	144,4	160,5
8	29,2	58,5	87,7	116,9	146,1	175,3	204,6	233,8	263,0	292,2
6	48,0	96,1	144,1	192,1	240,1	288,2	336,2	384,2	432,3	480,3
4	64,2	128,4	192,6	256,7	321,9	385,1	449,3	513,5	577,7	641,8
2	87,8	175,5	263,3	351,0	438,7	526,5	614,2	702,0	789,7	877,5

Ejemplo 4.4

Calcular el diámetro del tubo conduit necesario para alojar 9 conductores N^o 12 AWG. Tener en cuenta el factor de relleno.

Solución:

El diámetro del tubo se busca directamente en la tabla 6.6.

D= 3/4" (cabén 12 conductores N^o 12)

El factor de relleno ya está incluido en la tabla.

Ejemplo 4.5

Calcular el diámetro del tubo conduit necesario para alojar 5 conductores THW N° 12 y 6 conductores THW N° 10. Tener en cuenta el factor de relleno.

Solución:

El área de los 5 conductores N° 12 se busca en la tabla 6.7:

$$A = 60 \text{ mm}^2$$

El área de los 6 conductores N° 10 se busca en la tabla 6.7:

$$A = 96,28 \text{ mm}^2$$

El área total de los conductores es:

$$A_c = 60 + 96,28 \text{ mm}^2 = 156,28 \text{ mm}^2$$

Factor de relleno: $Fr = 40 \%$

El área mínima del conduit requerida es:

$$A_T = \frac{A_c}{Fr} = \frac{156,28 \text{ mm}^2}{0,40} = 390,70 \text{ mm}^2$$

Se sabe que: $1 \text{ in}^2 = 645,2 \text{ mm}^2$

Por lo tanto: $390,70 \text{ mm}^2 = 0,605 \text{ in}^2$

El área del tubo es:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

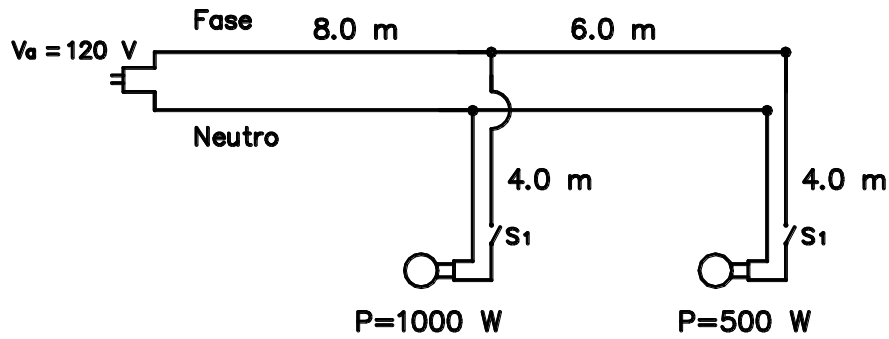
Despejando el diámetro se tiene:

$$d = 2 * \sqrt{A_T / \pi} \quad \Rightarrow \quad d = 2 * \sqrt{0,605 / \pi} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{d=0,88 \text{ in}}$$

El tubo necesario es: $d = 1$ pulgada

Ejemplo 4.6

En la figura se muestra un circuito eléctrico de 120 V, el cual alimenta dos cargas conectadas en paralelo. Calcular la caída de tensión en las dos ramas, si el conductor a utilizar es N° 12 AWG.



Solución:

Se calcula la corriente en las dos ramas del circuito:

a) Corriente total:

$$I_T = \frac{P_T}{V_a} = \frac{1500 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 12,5 \text{ A}$$

b) Corriente en la primera carga:

$$I_1 = \frac{P_T}{V_a} = \frac{1000 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 8,33 \text{ A}$$

c) Corriente en la segunda carga:

$$I_2 = \frac{P_T}{V_a} = \frac{500 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 4,17 \text{ A}$$

d) La caída de tensión en la primera carga es:

$$DV (V) = \frac{\rho * 2L * I_T}{\text{Area conductor}} + \frac{\rho * 2L * I_1}{\text{Area conductor}}$$

$$DV (V) = \frac{0,01724 * 2(8) * 12,5}{3,31} + \frac{0,01724 * 2(4) * 8,33}{3,31}$$

$$DV (V) = 1,04 \text{ V} + 0,34 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{DV (V) = 1,38 \text{ V}}$$

e) La caída de tensión en la segunda carga es:

$$DV (V) = \frac{\rho * 2L * I_T}{\text{Area conductor}} + \frac{\rho * 2L * I_2}{\text{Area conductor}}$$

$$DV (V) = \frac{0,01724 * 2(8) * 12,5}{3,31} + \frac{0,01724 * 2(10) * 4,17}{3,31}$$

$$DV (V) = 1,04 \text{ V} + 0,43 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{DV (V) = 1,47 \text{ V}}$$

EJERCICIOS PROPUESTOS

4.1 Calcular la caída de tensión en un circuito de 20 m, utilizado para conectar una lámpara de 200 Watt, si se utiliza un conductor N° 12. La tensión aplicada es de 120 V.

Respuesta:
DV (V)= 0,34 V

4.2 Calcular la caída de tensión en un circuito de 35 m, utilizado para conectar una carga de 500 Watt, si se utiliza un conductor N° 12. La tensión aplicada es de 120 V.

Respuesta:
DV (V)= 1,52 V

4.3 Calcular la caída de tensión en un circuito de 85 m, utilizado para conectar una carga de 650 Watt, si se utiliza un conductor N° 10. La tensión aplicada es de 120 V.

Respuesta:
DV (V)= 3,02 V

4.4 Calcular el área del conductor necesario para alimentar una carga de 350 W, localizada a una distancia 48 m. La tensión aplicada es de 120 V.

Respuesta:
A= 1,34 mm² (2 # 14)

4.5 Calcular el área del conductor necesario para alimentar una carga de 1350 W, localizada a una distancia 65 m. La tensión aplicada es de 120 V.

Respuesta:
A= 7,00 mm² (2 # 8, A=8,37 mm²)

4.6 Calcular la máxima longitud de una extensión construida con dos alambres N° 10 AWG, los cuales alimentan una carga de 850 W. La tensión aplicada es de 120 V.

Respuesta:
L= 77,53 m

Capítulo 5

Principios de iluminación

5.1 Definición.

La iluminación es una de las aplicaciones más importantes de la electricidad. Una buena iluminación permite realizar mejor todos nuestros trabajos. La luz natural la proporciona el sol, la eléctrica es el tipo de luz artificial más cómoda y segura que existe.

5.2 Conceptos básicos de la iluminación.

Los conceptos básicos de la iluminación son los siguientes:

5.2.1 Flujo luminoso. Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo. El flujo luminoso se mide en **lumens** (lm), y se denota con la letra griega fi (ϕ). Las lámparas fluorescentes producen mayor flujo luminoso que las incandescentes, con lo cual se ahorra energía eléctrica.

En la siguiente tabla se indica el flujo luminoso que producen las lámparas incandescentes y fluorescentes comunes.

Tabla 5.1 Flujo luminoso de lámparas incandescentes y fluorescentes.

Lámparas fluorescentes		Lámparas incandescentes	
Vatios	Lumens	Vatios	Lumens
4	100	10	80
8	320	25	260
15	750	60	820
20	1540	100	1560
30	1900	150	2650
40	2350	250	4350
90	4850		
100	4850		

5.2.2 Iluminación: Es la cantidad de flujo luminoso por unidad de superficie. La iluminación se mide en luxes (lx) y se denota por el símbolo **E**. La ecuación para representar la iluminación es:

$$E = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Área}} = \frac{\Phi}{A}$$

La iluminación es el dato principal en el diseño de una instalación de alumbrado y se puede medir por medio de un **luxómetro**. En la siguiente tabla se indica los niveles de iluminación debidos a varias fuentes naturales.

Tabla 5.2 Valores típicos de iluminación de varias fuentes naturales.

Fuente natural	Iluminación (Luxes)
Noche oscura	0,01 lx
Noche clara con luna nueva	0,10 lx
Noche clara con luna llena	0,30 lx
Calle bien iluminada	30 lx
Oficina bien iluminada	500 lx
Día de invierno con cielo nebuloso	1.600 lx
Día de invierno con cielo despejado	8.000 lx
Día de verano con cielo nebuloso	16.000 lx
Día de verano con sol brillante	100.000 lx

Una buena iluminación es fundamental para el rendimiento de cualquier actividad, además es importante para la buena salud visual de las personas. Debido a esto, el RETIE exige buenos niveles de iluminación en todos los lugares particulares, en donde se realice alguna actividad.

En la siguiente tabla se indican los valores de la iluminación para los principales lugares del trabajo cotidiano.

Tabla 5.3 Valores típicos de iluminación requeridos en algunos lugares.

Lugar común	Iluminación (Luxes)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Aticos, bodegas, desvanes.	50 lx	100 lx	150 lx
Garajes, sótanos, corredores.	50 lx	100 lx	150 lx
Escaleras de edificios	100 lx	150 lx	200 lx
Baños, halls, guardarropas.	100 lx	150 lx	200 lx
Alcobas de niños.	150 lx	200 lx	250 lx
Cocina, sala, comedor, estudio	200 lx	250 lx	300 lx
Cuarto de trabajo	500 lx	750 lx	1000 lx
Cuarto de coser	500 lx	750 lx	1000 lx
Oficina, laboratorio.	500 lx	750 lx	1000 lx
Salón de clase.	300 lx	500 lx	750 lx
Salón de dibujo	500 lx	750 lx	1000 lx
Taller de ingeniería de precisión	750 lx	1000 lx	1500 lx
Trabajo de dibujo detallado	1000 lx	1250 lx	1700 lx
Reparación de relojes.	2000 lx	2500 lx	3000 lx

5.2.3 Intensidad luminosa (I): Es la cantidad fotométrica de iluminación que mide el flujo luminoso por unidad de superficie. Se mide en **candelas** (cd) y se denota por el símbolo I. La ecuación que representa la intensidad luminosa es:

$$I = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Angulo sólido}}$$

5.2.4 Luminancia o brillantez (L): Es la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una fuente primaria o secundaria de luz, es decir, expresa el efecto de luminosidad que una superficie produce sobre el ojo humano.

La luminancia se mide en candelas por unidad de superficie y se denota por el símbolo L.

En la siguiente tabla se relaciona los valores de luminancia de algunas fuentes comunes de luz:

Tabla 6.4 Valores típicos de luminancia.

Fuente	Luminancia (cd/m ²)
Lámpara fluorescentes	5 cd/m ²
Lámparas incandescentes	150 cd/m ²
Lámparas de arco	40.000 cd/cm ²
El sol	160.000 cd/cm ²

5.2.5 Eficiencia: Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia eléctrica absorbida por la misma. Se mide en lumens por vatio (lm/w). La eficiencia se relaciona mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia}} = \frac{\phi}{P}$$

Las lámparas fluorescentes tienen mayor eficiencia que las incandescentes y las halógenas.

En la siguiente tabla se compara la eficiencia luminosa de varios tipos de lámparas comunes.

Tabla 5.5 Eficiencia luminosa de lámparas fluorescentes

Potencia nominal (W)	Eficiencia (lm/W)
15	35,0
20	38,0
25	45,0
30	50,0
40	53,0
60	55,0

Tabla 5.6 Eficiencia luminosa de lámparas incandescentes

Potencia nominal (W)	Eficiencia (lm/W)
25	9,0
40	11,0
60	13,0
100	14,0
150	16,0
200	17,0

5.2.6 Rendimiento. Es la relación entre el flujo luminoso que sale de una luminaria y el emitido por la lámpara, se representa por la letra griega eta (η). El rendimiento se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{\Phi_s}{\Phi_e}$$

donde:

η = Rendimiento de la luminaria

Φ_s = Flujo luminoso que sale de la luminaria, en lumens.

Φ_e = Flujo luminoso emitido por la lámpara, en lumens.

El rendimiento luminoso de una luminaria depende de los siguientes factores:

- Los materiales empleados en la construcción del circuito.
- Los materiales empleados en la construcción de la luminaria, especialmente su característica de reflexión.
- La forma constructiva de la luminaria.
- Las condiciones de su instalación.
- El mantenimiento de la red y de la luminaria.

5.2.7 Curvas fotométricas: Las curvas fotométricas son gráficas bidimensionales especiales suministradas por los fabricantes, que permiten ver la distribución espacial del flujo característico de cada tipo de lámpara.

5.2.8 Luminarias: Las lámparas operan generalmente en el interior de aparatos de iluminación llamados luminarias. Las luminarias sirven para dirigir o transformar la luz emitida por las lámparas.

Dependiendo de la forma como distribuyen el flujo luminoso, las luminarias se clasifican en las siguientes categorías:

a) Difusores: Son aparatos que sirven para disminuir los efectos deslumbrantes de la fuente luminosa. Están constituidos por envoltentes de vidrio o plástico, las cuales se encargan de distribuir el flujo luminoso de una forma uniforme en todas las direcciones. Estas luminarias tienen un rendimiento del 60% al 80%.

b) Reflectores: Son aparatos que sirven para modificar la dirección de la luz. Están formados por superficies especiales que reflejan la luz emitida por la lámpara en determinadas direcciones, formando un haz largo y estrecho. Estas luminarias tienen un rendimiento del 70% al 80%.

5.3 Cálculo de sistemas de alumbrado interior.

En el diseño de un sistema de alumbrado interior se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

a) El nivel medio de iluminación adecuado a las características del local que se va a iluminar. El nivel de iluminación que se toma en consideración es el disponible sobre el plano de trabajo. Normalmente, el plano de trabajo se encuentra en un plano horizontal localizado entre 0,70 m y 0.90 metros sobre el nivel del suelo.

b) La correcta distribución espacial de las lámparas para iluminar adecuadamente el sitio de trabajo. En esta distribución, se debe evitar sombras en el sitio de trabajo o deslumbramiento sobre la persona que efectúa el trabajo.

c) El tipo de lámpara y de luminarias más adecuadas a las necesidades de iluminación de los diversos locales. La correcta selección de las fuentes luminosas y de las luminarias tiene gran importancia en una iluminación confortable.

5.4 Método para el cálculo de instalaciones de alumbrado.

Para el cálculo de las instalaciones de alumbrado de un local, se utiliza el método del flujo total. Para el cálculo se tiene en cuenta el nivel de iluminación, el flujo luminoso, el área del local, el factor de utilización (μ), el índice del local (K) y el factor de mantenimiento (M).

Los niveles de iluminación recomendados para diferentes edificaciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5.7 Niveles de iluminación para edificaciones.

Edificaciones	Edificaciones
Viviendas Alcobas: 200 lux Cocina: 300 lux Lectura: 300 lux Costura: 300 lux	Oficinas Salas de computadores: 300 lux Trabajos generales: 500 lux Grandes oficinas: 750 lux Salas de diseño: 1.000 lux
Hoteles Baños: 100 lux Comedores, pasillos: 200 lux Ascensores, escaleras: 200 lux Recepción, cocinas: 300 lux	Escuelas Aulas: 300 lux Laboratorios: 500 lux Salas de dibujo: 500 lux
Bibliotecas Sala de lectura: 700 lux Estantería: 300 lux	Auditorios Actividades sociales: 100 lux Exposiciones: 300 lux
Almacenes Boutiques: 300 lux Auto-servicios: 500 lux Supermercados: 500 lux	Hospitales Salas generales: 100 lux Salas para examen: 300 lux Consultorios: 500 lux

El factor de utilización (μ) se obtiene experimentalmente en locales tipo, empleando lámparas y luminarias similares. El factor de iluminación depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del índice del local (K) y de los factores de reflexión del techo y de las paredes.

El factor de mantenimiento (M) tiene en consideración la reducción de las características fotométricas de las luminarias y la edad de las lámparas.

El índice del local (K) toma en consideración el ancho y el largo del local, así como la altura de las luminarias sobre el plano del trabajo. El índice del local se calcula con la ecuación:

$$K = \frac{A * L}{Hu (A + L)}$$

Donde,

A= ancho del local (m).

L= largo del local (m).

Hu= Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo (m).

Cuando se calcula el alumbrado para distribuciones con luz indirecta, se debe tener en cuenta la altura del local (H) con respecto al plano de trabajo. En estos casos, el índice del local se calcula con la ecuación:

$$K = \frac{3 * A * L}{2 * Hu (A + L)}$$

Donde,

A= ancho del local (m).

L= largo del local (m).

Hu= Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo (m).

En la siguiente tabla se muestra los factores de utilización típicos de algunos tipos de instalación.

Tabla 5.8 Coeficientes de utilización para alumbrados interiores.

Luminaria	Coeficiente de reflexión									
	Techo Paredes	80%			70%			50%		
	K	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
		Coeficiente de utilización								
Regleta para tubos fluorescentes estandar. Montaje de superficie. Alumbrado semidirecto.	0,60	0,28	0,22	0,18	0,27	0,21	0,17	0,22	0,20	0,17
	0,80	0,35	0,30	0,25	0,34	0,29	0,24	0,34	0,28	0,24
	1,00	0,45	0,36	0,30	0,41	0,35	0,30	0,40	0,34	0,30
	1,25	0,50	0,43	0,38	0,49	0,42	0,36	0,46	0,40	0,36
	1,50	0,55	0,47	0,43	0,53	0,47	0,41	0,50	0,45	0,41
	2,00	0,63	0,55	0,50	0,60	0,53	0,49	0,57	0,52	0,47
	2,50	0,68	0,62	0,56	0,66	0,61	0,54	0,62	0,57	0,52
	3,00	0,72	0,65	0,60	0,70	0,63	0,59	0,65	0,61	0,56
	4,00	0,76	0,72	0,66	0,74	0,69	0,65	0,69	0,65	0,62
5,00	0,81	0,76	0,72	0,78	0,74	0,71	0,73	0,69	0,67	
Luminaria para tubos fluorescentes estandar provista de cubierta de material plastico. Montaje empotrado Alumbrado Directo.	0,60	0,28	0,22	0,20	0,26	0,22	0,19	0,25	0,22	0,19
	0,80	0,33	0,29	0,26	0,33	0,29	0,25	0,32	0,28	0,25
	1,00	0,38	0,34	0,30	0,38	0,33	0,30	0,37	0,33	0,30
	1,25	0,43	0,38	0,35	0,42	0,38	0,34	0,41	0,38	0,34
	1,50	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,44	0,41	0,38
	2,00	0,50	0,47	0,43	0,50	0,46	0,43	0,48	0,46	0,43
	2,50	0,53	0,50	0,47	0,53	0,49	0,47	0,51	0,48	0,46
	3,00	0,55	0,52	0,50	0,54	0,52	0,49	0,53	0,51	0,49
	4,00	0,59	0,55	0,53	0,58	0,55	0,53	0,56	0,54	0,52
5,00	0,60	0,57	0,55	0,59	0,57	0,55	0,58	0,57	0,54	

La fórmula para el cálculo del flujo luminoso total (ϕ_T) es:

$$\phi_T = \frac{E * A}{\mu * M}$$

donde,

E= Nivel medio de iluminación

A= Área por iluminar (m²)

μ = Factor de utilización

M= Factor de mantenimiento.

El número de lámparas (N) es la relación entre el flujo total (ϕ_T) y el flujo por lámpara (ϕ_L), es decir,

$$N = \frac{\text{Flujo total } (\phi_T)}{\text{Flujo por lámpara } (\phi_L)}$$

Ejemplo 5.1

Calcular el sistema de iluminación para una habitación de una vivienda de 3 m de ancho por 3 m de fondo y 2,4 m de alto, la cual estará destinada para lectura.

- Nivel medio de iluminación: 300 lx
- Tipo de lámpara: Tubos fluorescentes de 40 W.
- Color de luz: Blanco
- Flujo luminoso por lámpara: 2350 lumens
- Tipo de luminarias: Alumbrado directo
- Número de lámparas por luminaria: 2
- Color del techo: Blanco
- Color de las paredes: Blanco
- Mantenimiento de la instalación: Bueno
- Altura del escritorio: 0,80 m

Solución:

Se calcula el índice del local con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{A * L}{Hu (A + L)}$$

La altura útil (Hu) es igual a la resta entre la altura total del local y la altura de trabajo:

$$Hu = 2,4 \text{ m} - 0,80 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

El índice del local es:

$$K = \frac{3 \text{ m} * 3 \text{ m}}{1,6 (3 \text{ m} + 3 \text{ m})} \Rightarrow \mathbf{K = 0,94}$$

El factor de reflexión del techo es de 70% y de las paredes es de 50%. En la tabla 6.8 se encuentra el coeficiente de utilización (μ).

$$\mathbf{\mu = 0,38}$$

El coeficiente de mantenimiento (M) para lámparas fluorescentes nuevas es:

$$\mathbf{M = 0,70}$$

El flujo luminoso total (ϕ_T) que deben suministrar las lámparas es:

$$\phi_T = \frac{E * A}{\mu * M}$$

$$\phi_T = \frac{300 * (3 * 3)}{0,38 * 0,70} \Rightarrow \phi_T = 10.150,37 \text{ lm}$$

El flujo luminoso que proporciona cada luminaria con dos lámparas es:

$$\phi_L = 2 * 2350 \text{ lumens} = 4.700 \text{ lm}$$

El número de luminarias (N^0) se encuentra dividiendo el flujo luminoso total sobre el flujo luminoso de cada luminaria:

$$N^0 = \frac{\text{Flujo luminoso total } (\phi_T)}{\text{Flujo luminoso en cada luminaria } (\phi_L)}$$

$$N^0 = \frac{10.150,37}{4.700} \Rightarrow N^0 = 2,15 \text{ luminarias}$$

La cantidad de luminarias se puede aproximar:

$$N^0 = 2 \text{ luminarias } (2 \times 40 \text{ W})$$

Ejemplo 5.2

Calcular el sistema de iluminación para un local de 8 m de ancho por 18 m de fondo y 3,20 m de alto, el cual estará destinado para una sala de computadores con las siguientes especificaciones:

- Nivel mínimo de iluminación: 300 lx
- Tipo de lámpara: Tubo fluorescente de 90 W.
- Color de luz: Blanco frío
- Flujo luminoso por lámpara: 4850 lumens
- Tipo de luminarias: Alumbrado directo
- Número de lámparas por luminaria: 2
- Color del techo: Blanco
- Color de las paredes: Blanco
- Mantenimiento de la instalación: Bueno
- Altura de trabajo: 1,00 m

Solución:

Se calcula el índice del local con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{A * L}{Hu (A + L)}$$

La altura útil (Hu) es igual a la resta entre la altura total del local y la altura de trabajo:

$$Hu = 3,20 \text{ m} - 1,00 \text{ m} = 2,20 \text{ m}$$

El índice del local es:

$$K = \frac{8 \text{ m} * 18 \text{ m}}{2,2 (8 \text{ m} + 18 \text{ m})} , \quad \mathbf{K = 2,51}$$

El factor de reflexión del techo es de 70% y de las paredes es de 50%. En la tabla 7.8 se encuentra el coeficiente de utilización (μ) en la

$$\mathbf{\mu = 0,66}$$

El coeficiente de mantenimiento (M) para lámparas de tubos fluorescentes nuevas es:

$$\mathbf{M = 0,70}$$

El flujo luminoso total (ϕ_T) que deben suministrar las luminarias es:

$$\phi_T = \frac{E * A}{\mu * M} = \frac{300 * (8 * 18)}{0,66 * 0,70} = 155.844,15 \text{ lm}$$

El flujo luminoso que proporciona cada luminaria con dos lámparas es:

$$\phi_L = 2 * 4.850 \text{ lm} = 9.700 \text{ lm}$$

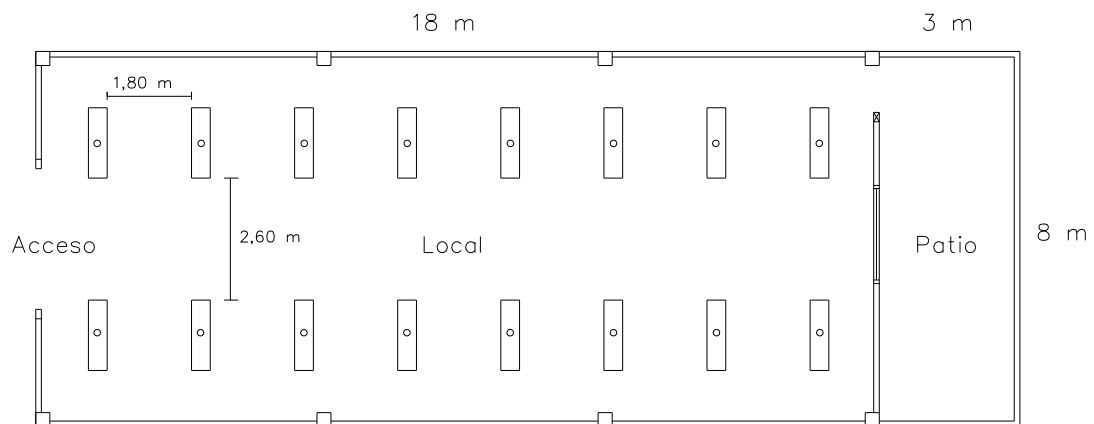
El número de luminarias se encuentra dividiendo el flujo luminoso total sobre el flujo luminoso de cada luminaria:

$$N^0 = \frac{\phi_T}{\phi_L} = \frac{155.844,15}{9.700} = 16 \text{ luminarias}$$

La distancia máxima entre los ejes de las luminarias debe ser:

$$D = 1,2 * H_u \Rightarrow D = 1,2 * 2,2 = 2,64 \text{ m}$$

En la siguiente figura se muestra una distribución de las lámparas en el local:



La separación de las lámparas será de 1,80 m en el sentido horizontal y de 2,60 m en el sentido vertical.

EJERCICIOS PROPUESTOS

5.1 Calcular el sistema de iluminación para una local de 4 m de ancho por 12 m de fondo y 2,80 m de alto, el cual estará destinado para una cafetería con las siguientes especificaciones:

- Nivel medio de iluminación: 200 lx
- Tipo de lámpara: Tubo fluorescente de 40 W.
- Color de luz: Blanco frío
- Flujo luminoso por lámpara: 2350 lumens
- Tipo de luminarias: Alumbrado directo
- Número de lámparas por luminaria: 2
- Color del techo: Blanco
- Color de las paredes: Blanco
- Mantenimiento de la instalación: Bueno
- Altura de trabajo: 0,80 m

Respuesta: Libre

5.2 Calcular el sistema de iluminación para una local de 10 m de ancho por 24 m de fondo y 3,00 m de alto, el cual estará destinado para una oficina con las siguientes especificaciones:

- Nivel medio de iluminación: 500 lx
- Tipo de lámpara: Tubo fluorescente de 90 W.
- Color de luz: Blanco frío
- Flujo luminoso por lámpara: 4850 lumens
- Tipo de luminarias: Alumbrado directo
- Número de lámparas por luminaria: 2
- Color del techo: Blanco
- Color de las paredes: Blanco
- Mantenimiento de la instalación: Bueno
- Altura de trabajo: 0,90 m

Respuesta: Libre

5.3 Calcular el sistema de iluminación para una local de 10 m de ancho por 24 m de fondo y 3,00 m de alto, el cual estará destinado para una oficina. Asumir las especificaciones de iluminación.

Respuesta: Libre

5.4 Calcular el sistema de iluminación para una sala-comedor de una vivienda de 3,0 m de ancho por 5,8 m de fondo y 2,60 m de alto. Analizar la iluminación utilizando lámparas incandescentes y fluorescentes. Asumir las especificaciones de iluminación.

Respuesta: Libre

5.5 Calcular el sistema de iluminación para una local de 6 m de ancho por 12 m de fondo y 2,70 m de alto, el cual estará destinado para un restaurante con las siguientes especificaciones:

- Nivel medio de iluminación: 200 lx
- Tipo de lámpara: Tubo fluorescente de 40 W.
- Color de luz: Blanco frío
- Flujo luminoso por lámpara: 2350 lumens
- Tipo de luminarias: Alumbrado directo
- Número de lámparas por luminaria: 2
- Color del techo: Blanco
- Color de las paredes: Blanco
- Mantenimiento de la instalación: Bueno
- Altura de trabajo: 0,80 m

Respuesta: Libre

5.6 Calcular el sistema de iluminación para una local de 10 m de ancho por 20 m de fondo y 3,00 m de alto, el cual estará destinado para una oficina con las siguientes especificaciones:

- Nivel medio de iluminación: 500 lx
- Tipo de lámpara: Tubo fluorescente de 90 W.
- Color de luz: Blanco frío
- Flujo luminoso por lámpara: 4850 lumens
- Tipo de luminarias: Alumbrado directo
- Número de lámparas por luminaria: 2
- Color del techo: Blanco
- Color de las paredes: Blanco
- Mantenimiento de la instalación: Bueno
- Altura de trabajo: 0,85 m

Respuesta: Libre

Capítulo 6

Transformadores

6.1 Introducción

Un transformador consiste en dos bobinas eléctricamente aisladas y enrolladas sobre un núcleo común de hierro. La energía eléctrica se transfiere de una bobina a otra por medio del acoplamiento magnético. La bobina que recibe la energía de la fuente se llama **devanado primario**. La que proporciona energía a una carga se llama **devanado secundario**.

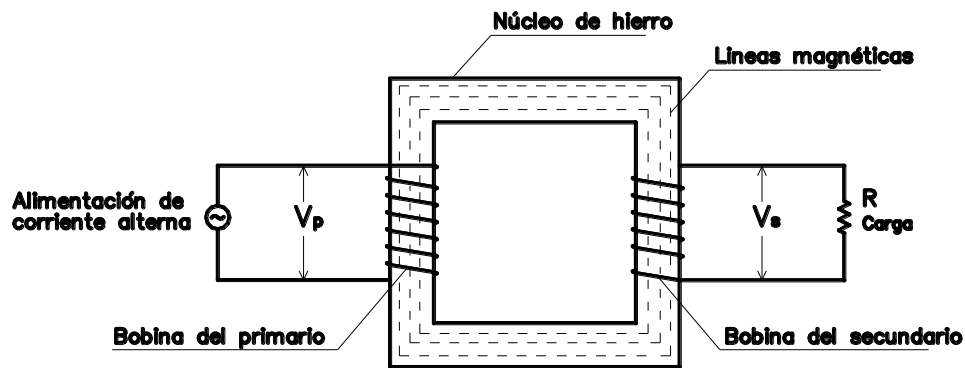


Fig 10.1 Diagrama simplificado de un transformador

6.2 Relación de tensión

La tensión en las bobinas de un transformador es directamente proporcional al número de espiras o vueltas de cada una de ellas. Esta relación se expresa con la siguiente ecuación:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

En donde,

V_p = Tensión en la bobina del primario.

V_s = Tensión en la bobina del secundario.

N_p = Número de vueltas en la bobina del primario.

N_s = Número de vueltas en la bobina del secundario.

El cociente V_p/V_s se denomina relación de tensión (RV) y al cociente N_p/N_s se denomina relación de espiras (RN).

La relación de tensión es igual a la relación de espiras, lo cual se puede expresar de la siguiente manera.

$$RV = RN$$

Una relación de tensión de 5:1, indica que por 5 voltios en el primario, hay uno en el secundario. Cuando la tensión del primario es mayor, al transformador se le llama **reductor**.

Una relación de tensión de 1:5, indica que por cada voltio en el primario, hay 5 voltios en el secundario. Cuando la tensión es mayor en el secundario, al transformador se le llama **elevador**.

Ejemplo 6.1

Un transformador con núcleo de hierro que opera una línea de 240 V tiene 800 vueltas en el primario y 120 en el secundario. Calcular la tensión en el secundario.

Solución:

De la relación de tensión se tiene:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Se despeja V_s y se reemplazan los valores conocidos:

$$V_s = \frac{N_s}{N_p} * V_p \quad \Rightarrow \quad V_s = \frac{120}{800} * 240 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{V_s = 36 V}$$

Ejemplo 6.2.

Un transformador para filamentos reduce los 120 V del primario a 12 V en el secundario. Si hay 160 vueltas en el primario y 16 en el secundario. Encontrar la relación de tensión y la de vueltas.

Solución:

De la relación de tensión se tiene:

$$RV = \frac{V_p}{V_s} = \frac{120}{12} = \frac{10}{1} = 10 : 1$$

De la relación de vueltas se tiene:

$$RN = \frac{N_p}{N_s} = \frac{160}{16} = \frac{10}{1} = 10 : 1$$

6.3 Relación de corriente

La corriente en las bobinas de un transformador es inversamente proporcional a la tensión en cada una de ellas. Esta relación se expresa por medio de la ecuación:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

En donde,

V_p = Tensión en el primario

V_s = Tensión en el secundario

I_p = corriente en el primario

I_s = corriente en el secundario

Si se cambia la relación de tensión por la de vueltas, la ecuación se convierte en:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

En donde,

N_p = Numero de vueltas en el primario

N_s = Numero de vueltas en el secundario

I_p = corriente en el primario

I_s = corriente en el secundario

Ejemplo 6.3

Un transformador con núcleo de hierro tiene una tensión de entrada de 500 V y una corriente en el devanado primario de 3 A. Calcular la corriente en el devanado secundario, si reduce la tensión a 110 V.

Solución:

De la relación de corriente se tiene:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Despejando la corriente en el secundario se tiene:

$$I_s = \frac{V_p}{V_s} * I_p \quad \Rightarrow \quad I_s = \frac{500 \text{ V}}{110 \text{ V}} * 3 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad I_s = 13.64 \text{ A}$$

6.3 Relación de potencia

La relación de potencia indica que en un transformador ideal, la potencia de entrada es igual a la de salida; esto sería cierto, si se supone que la eficiencia del transformador fuera del 100%. En consecuencia:

$$\text{Potencia de entrada} = \text{Potencia de salida}$$

$$P_p = P_s$$

La potencia de entrada se puede escribir con la ecuación:

$$P_p = V_p * I_p$$

La potencia de salida se puede escribir con la ecuación:

$$P_s = V_s * I_s$$

6.4 Eficiencia de un transformador

La eficiencia de un transformador es igual al cociente de la potencia de salida en el devanado secundario, dividida entre la potencia de entrada en el devanado primario. Un transformador ideal tiene una eficiencia del 100%, porque entrega toda la potencia que recibe.

Debido a las pérdidas en el núcleo y en el conductor, la eficiencia en cualquier transformador es menor del 100%.

La eficiencia de un transformador se expresa con la ecuación:

$$E_f = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} = \frac{P_s}{P_e}$$

En donde,

E_f = eficiencia.

P_s = Potencia en el devanado secundario.

P_p = Potencia en el devanado primario.

Ejemplo 6.4

Un transformador con núcleo de hierro consume 1200 W y entrega 960 W. Calcular la eficiencia del transformador.

Solución:

$$E_f = \frac{P_s}{P_p}$$

$$E_f = \frac{960 \text{ W}}{1200 \text{ W}} \Rightarrow E_f = 0.80 \Rightarrow \mathbf{E_f = 80 \%}$$

Ejemplo 6.5

Un transformador entrega 200 W de una línea de 120 V. Si la eficiencia es del 85%, calcular la potencia de entrada.

Solución:

De la ecuación de eficiencia se tiene:

$$E_f = \frac{P_s}{P_p}$$

Se despeja la potencia de entrada y se obtiene:

$$P_p = \frac{P_s}{E_f} \Rightarrow P_p = \frac{200 \text{ W}}{0.85} \Rightarrow \mathbf{P_p = 235.29 \text{ W}}$$

Ejemplo 6.6

Un transformador entrega 300 W de una línea de 120 V. Si la eficiencia es del 92%, calcular la potencia de entrada y la corriente en el primario.

Solución:

De la ecuación de eficiencia se tiene:

$$E_f = \frac{P_s}{P_p}$$

Se despeja la potencia de entrada:

$$P_p = \frac{P_s}{E_f} \Rightarrow P_p = \frac{300 \text{ W}}{0.92} \Rightarrow \mathbf{P_p = 326.08 \text{ W}}$$

La fórmula para la potencia de entrada es:

$$P_p = V_p * I_p$$

Despejando la corriente de entrada se obtiene:

$$I_p = \frac{P_p}{V_p} \Rightarrow I_p = \frac{326.08 \text{ W}}{120 \text{ V}} \Rightarrow \mathbf{I_p = 2.71 \text{ A}}$$

Ejemplo 6.7

Un transformador consume 175 W de una línea de 115 V y entrega 35 V a 4 A. Calcular la eficiencia del transformador.

Solución:

La fórmula para la potencia de salida es:

$$P_s = V_s * I_s \quad \Rightarrow \quad P_s = 35 * 4 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{P_s = 140 W}$$

De la ecuación de eficiencia se tiene:

$$E_f = \frac{P_s}{P_p} \quad \Rightarrow \quad E_f = \frac{140 W}{175 W} \quad \Rightarrow \quad E_f = 0.8 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{E_f = 80\%}$$

Ejemplo 6.8

Un transformador consume 180 W de una línea de 120 V y entrega 45 V a 3 A. Calcular la eficiencia del transformador.

Solución:

La fórmula para la potencia de salida es:

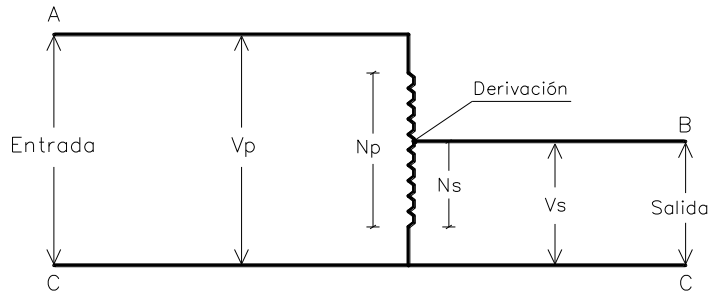
$$P_s = V_s * I_s \quad \Rightarrow \quad P_s = 45 * 3 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{P_s = 135 W}$$

De la ecuación de eficiencia se tiene:

$$E_f = \frac{P_s}{P_p} \quad \Rightarrow \quad E_f = \frac{135 W}{180 W} \quad \Rightarrow \quad E_f = 0.75 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{E_f = 75\%}$$

9.5 Autotransformador

El autotransformador es un tipo especial de transformador de potencia, el cual consta de un solo devanado. En este tipo de transformadores se pueden obtener diferentes tensiones, conectando derivaciones en diferentes puntos del devanado secundario.



El autotransformador es económico y compacto, debido a lo simple de su mecanismo. La desventaja radica en que no proporciona aislamiento eléctrico entre los circuitos primario y secundario.

Ejemplo 6.9

Un autotransformador con 200 vueltas en el primario, se conecta a una red de 120 V. La derivación al transformador se conecta en la vuelta 150 (medida de arriba hacia abajo). Calcular el número de vueltas y la tensión obtenida en el secundario.

Solución:

El número de vueltas del secundario es:

$$N_s = 200 - 150 \quad \Rightarrow \quad N_s = 50 \text{ vueltas}$$

De la relación de tensión se tiene:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Se despeja V_s y se reemplazan los valores conocidos:

$$V_s = \frac{N_s}{N_p} * V_p \quad \Rightarrow \quad V_s = \frac{50}{200} * 120 \quad \Rightarrow \quad V_s = 30 \text{ V}$$

Ejemplo 6.10

Un autotransformador con 180 vueltas en el primario, se conecta a una red de 120 V. El objeto del transformador es obtener una tensión de salida de 30 V. Calcular el número de vueltas del secundario y el número de vuelta en la que se debe conectar la derivación al transformador.

Solución:

De la relación de tensión se tiene:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Se despeja N_s y se reemplazan los valores conocidos:

$$N_s = \frac{V_s}{V_p} * N_p \quad \Rightarrow \quad N_s = \frac{30}{120} * 180 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{N_s = 45 \text{ vueltas}}$$

La derivación se debe conectar en la vuelta número 135 ($180-45= 135$) medida de arriba hacia abajo.

PROBLEMAS PROPUESTOS

6.1. Un transformador con núcleo de hierro que opera una línea de 240 V tiene 800 vueltas en el primario y 120 en el secundario. Calcular la tensión en el secundario.

Respuesta:
 $V = 36 \text{ V}$

6.2. Un transformador para filamentos reduce los 120 V del primario a 12 V en el secundario. Si hay 160 vueltas en el primario y 16 en el secundario. Encontrar la relación de tensión y la de vueltas.

Respuesta:
 $R_V = 10 : 1, \quad R_N = 10 : 1$

6.3. Un transformador de potencia tiene una relación de tensión de 1:8, si la bobina del primario tiene 600 vueltas y la tensión del primario es de 40 V, calcular la relación de vueltas, la tensión en el secundario y el número de vueltas en el secundario.

Respuesta:
 $R_V = 1 : 8, \quad V_s = 5 \text{ V}, \quad N_s = 75$

6.4. Un transformador con núcleo de hierro tiene una tensión de entrada de 500 V y una corriente en el devanado primario de 3 A. Calcular la corriente en el devanado secundario, si reduce la tensión a 110 V.

Respuesta:
 $I_s = 13,64 \text{ A}$

6.5 Un transformador de timbre con 280 vueltas en el primario y 35 vueltas en el secundario, consume 0.5 A de una línea de 120 V. Calcular la corriente en el devanado secundario.

Respuesta:
 $I_s = 4 \text{ A}$

6.6 Un transformador con núcleo de hierro consume 1200 W y entrega 950 W. Calcular la eficiencia del transformador.

Respuesta: $E_f = 0,79 = 79\%$

Capítulo 7 Instalaciones especiales

7.1 EQUIPOS

Los principales equipos que hacen parte de las instalaciones especiales son:

7.1.1 Planta de Emergencia

La planta de emergencia consta de dos máquinas conectadas por un mismo eje.

La primera máquina es un motor de combustión interna que puede ser a gasolina o diesel; este motor le proporciona un movimiento giratorio al eje de la segunda máquina, que es un generador eléctrico.

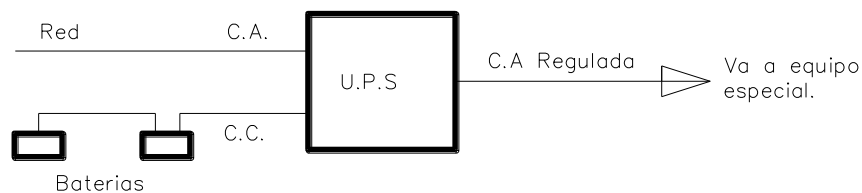
De esta forma se transforma la combustión del combustible en energía eléctrica.

7.1.2 Sistema de Potencia sin Interrupción (U.P.S)

Su nombre proviene del inglés **uninterrumpible power system** y consiste en un equipo que convierte la corriente alterna en continua (Rectificador) para cargar una o varios grupos de baterías, a la vez que regula la corriente alterna que va a los equipos que alimenta.

Cuando falla la corriente proveniente de la red principal, la **U.P.S** convierte la corriente continua acumulada en las baterías, en corriente alterna mediante un inversor, evitando de esta manera la interrupción de la energía.

Este sistema es muy útil para aquellos aparatos que no pueden tener cortes de energía, tales como computadores, equipos de seguridad, equipos de comunicación, entre otros.



7.1.3 Batería o acumuladores

Las baterías o acumuladores están compuestos por cinco partes principales:

- Placas positivas
- Separadores de placas
- Placas negativas
- Electrolito.
- Recipiente

Las placas positivas y las negativas se distribuyen alternadamente, siendo aisladas por los separadores y el conjunto se sumerge en el electrolito que se halla en el recipiente.

El material activo de la placa positiva es el peróxido de plomo y el de la placa negativa es plomo poroso. El electrolito es una solución de ácido sulfúrico en agua.

El recipiente puede ser de vidrio, de caucho o de plástico, los separadores son de caucho o de fibra de vidrio.

Las baterías son equipos que convierten la energía química en energía eléctrica, esto se debe a la reacción química que ocurre entre el electrolito y las placas; a medida que el acumulador entrega corriente, las reacciones disminuyen y el acumulador se va descargando.

7.1.4 Transformadores

Se utilizan para elevar o para reducir el voltaje de entrada de una instalación eléctrica o de un equipo. Los transformadores pueden ser monofásicos bifilares, monofásicos trifilares o trifásicos.

Los transformadores están formados por tres partes principales, devanado o bobinado primario (Entrada), núcleo de lámina ferromagnética y devanado o bobinado secundario (salida).

7.1.5 Motores

En las instalaciones internas se utilizan para impulsar las bombas de agua potable que llenan los tanques elevados.

Para impulsar las bombas de drenaje o inyectoras, que son las encargadas de evacuar las aguas lluvias o las aguas negras de un pozo que recolecta dichas aguas hacia la tubería del alcantarillado.

- Para impulsar los ascensores o las escaleras mecánicas.

Una característica de los motores eléctricos, es que a medida que el eje se frena debido a cargas superiores (sobrecargas) a las que puede manejar el motor, este comienza a tomar una mayor cantidad de corriente de la red, llegando a sobrepasar los límites y se quema. Los motores deben protegerse contra cortocircuitos mediante fusibles o interruptores automáticos y contra sobrecargas mediante arrancadores termomagnéticos. Para que un motor quede debidamente protegido, debe estarlo contra cortocircuitos y contra sobrecargas.

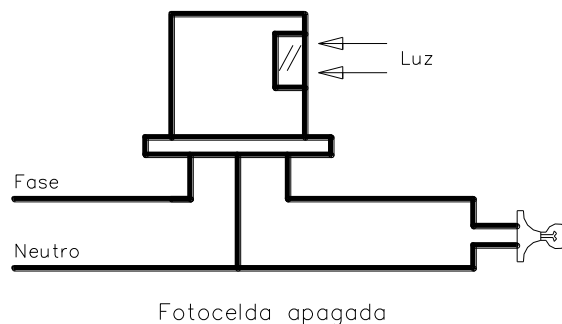
7.2 Elementos de control

Los principales elementos de control en una edificación son:

7.2.1 Fotoceldas o celdas fotoeléctricas

Son elementos sensibles a la luz, los cuales cambian su resistencia interna dependiendo de que haya o no luz o de la intensidad de esta.

Cuando la luz incide en la ventana, la celda fotoeléctrica no deja pasar la corriente y la lámpara se apaga.



Cuando la luz deja de llegar a la ventana, la resistencia de la fotocelda disminuye, permitiendo el paso de la corriente, entonces la lámpara se enciende.

7.2.2 Temporizadores (Timers)

Son aparatos eléctricos o electromecánicos, que permiten controlar el encendido y el apagado de un equipo en un tiempo predeterminado.

7.2.3 Termostatos

Se utilizan para controlar las temperaturas en grecas, cafeteras, calentadores de agua y otros equipos. Están compuestos de dos láminas de material diferente que se unen o se sueldan.

Estos dos materiales tienen características de dilatación diferentes, lo que hace que uno de los materiales se dilate más que el otro bajo el efecto de la temperatura.

Como los dos materiales están unidos el cuerpo conformado por las dos láminas se curva, interrumpiendo el circuito eléctrico.

De esta forma la temperatura del calentador disminuye, el termostato recupera su posición inicial y vuelve a encender el calentador, repitiéndose el ciclo. Así se mantiene la temperatura deseada.

7.2.4 Pulsadores

Son similares a los interruptores de encendido para el alumbrado. Sin embargo, a diferencia de estos, los pulsadores después que se dejan de oprimir, no se mantienen conectados sino que abren de nuevo el circuito. Para los timbres se utilizan pulsadores que están normalmente abiertos es decir se requiere oprimirlos para cerrar el circuito.

También puede ser normalmente cerrado, es decir, se requiere oprimirlo para abrir el circuito y apagar un equipo.

7.2.5 Contactores

Cuando se requiere encender o apagar un equipo en forma automática o desde un punto lejano, se emplean los contactores.

El contactor consta de una bobina con un núcleo móvil el cual es atraído cada vez que la bobina se energiza.

A su vez, el núcleo móvil arrastra unos contactos que cierran o abren el circuito eléctrico.

7.3 Niveles de tensión

Los niveles de tensión se pueden dividir en los siguientes valores:

- Baja tensión hasta 600 v.
- Media tensión 601 v hasta 35 kv.
- Alta tensión 36 kv. en adelante

7.3.1 Ventajas de tensiones mayores a 208 v en baja tensión (entre 208 y 600 v)

Para comprender la ventaja de una mayor tensión debemos analizar que:

La potencia es proporcional al producto de la tensión por intensidad.

$$P = \sqrt{3} V \cdot I$$

Es decir, si la potencia que se requiere para un trabajo determinado es 100 kW; la corriente para transportar puede disminuirse aumentando el nivel de la tensión así:

Si $V = 208 \text{ V}$

$$10000 \text{ W} = \sqrt{3} (208 \text{ V}) (I)$$

entonces $I = 27.75 \text{ A}$.

Si $V = 600 \text{ V}$

$$10000 \text{ W} = \sqrt{3} (600 \text{ V}) (I) \qquad \text{entonces } I = 9.62 \text{ A}.$$

El calibre del conductor depende de la corriente que circula por el.

- N° 12 THW soporta 20 Amperios.

- Nº 10 THW soporta 35 Amperios.
- Nº 8 THW soporta 50 Amperios.
- A mayor calibre, el conductor tiene mayor peso y mayor costo, lo anterior indica que si la línea es aérea, se necesitan unos postes más resistentes.
- Un nivel de tensión mayor se justifica sólo cuando se debe transportar una gran potencia a una gran distancia. De lo contrario, el ahorro es despreciable.

7.4 Instalaciones de Seguridad

Dentro de las instalaciones de seguridad, tenemos los detectores de situaciones anómalas los cuales envían una señal y accionan una alarma.

Los detectores más comunes son:

7.4.1 Detectores de humo

Se activan ante la presencia de una concentración de humo igual o mayor para la cual han sido programados.

7.4.2 Detectores de llama

Detectan la luz ultravioleta que desprende el fuego, son detectores ópticos.

7.4.3 Detectores de calor o detectores térmicos

Responden a aumentos de temperaturas, por consiguiente detectan la presencia de calor.

7.4.4 Detectores de vibración

Perciben golpes o vibraciones en muros, vidrios, pisos o techos. Una vez detectadas dichas vibraciones accionan una alarma.

7.4.5 Detector de microondas

Perciben movimientos dentro del área que se está vigilando

7.4.6 Detectores de infrarrojo

Detectan el cambio de nivel de infrarrojo dentro del área vigilada. Este nivel de infrarrojo es afectado por cuerpos que generen calor como los seres vivos.

7.4.7 Cámara de circuitos cerrados de televisión

Recoge la imagen del área bajo vigilancia. Pueden ser fijas o móviles y algunas tienen un micrófono de alta sensibilidad.

7.4.8 Monitores de circuitos cerrados de televisión

Reproducen la señal que le envía la cámara de circuito cerrado. Se le pueden adaptar varias cámaras de video, y mediante un selector, se escoge la imagen que envían las cámaras.

7.4.9 Pulsadores de alarma

Se emplean para que al ser pulsados accionen una alarma.

7.4.10 Alarmas

Las alarmas pueden ser:

- sonoras: como pitos o sirenas.
- Luminosa: Luz fija o con destellos.
- Silenciosas: Envían una señal por la vía de radio o la línea telefónica a la estación de policía más cercana o la estación de bomberos según el caso.

7.4.11 Estación de llamada

Es un gabinete que se coloca en las circulaciones y salidas de emergencia. Se rompe un vidrio y con solo esta acción se cierra un interruptor y se da la señal de alarma.

7.4.12 Pares telefónicos aislados

Son líneas telefónicas que van directamente a los bomberos o a la policía. La señal de alarma se dirige a estos sitios sin necesidad de marcar un número telefónico.

7.4.13 Tarjeteros magnéticos

Reciben una tarjeta magnética y si la tarjeta está autorizada, se abre una cerradura y permite la entrada o la salida del área.

7.4.14 Contactos magnéticos

Envían una señal cuando una ventana o una puerta se abre o se cierra. Se requiere un par de contactos. Uno está ubicado en la parte fija y el otro en la parte móvil.

7.4.15 Bomba contra incendio































La bomba contra incendio es manejada por un motor eléctrico cuya potencia depende del caudal, de la distancia y de la altura a la cual se debe impulsar el agua.

7.5 Convenciones

Las convenciones son un conjunto de símbolos acordados para representar los elementos eléctricos en el plano. Las convenciones facilitan la elaboración y la interpretación de los planos.

En la siguiente figura se indican las convenciones recomendadas por el RETIE:

Tabla 7.2 Convenciones eléctricas.

	Interruptor automático		Motor trifásico
	Fusible		Motor Monofásico
	Tierra		Timbre
	Contacto		Sin conexión eléctrica
	Medidor de energía (Activa o Reactiva)		Con conexión eléctrica
	Toma corriente sencillo		Con conexión eléctrica
	Toma corriente doble		Tablero de distribución
	Toma corriente y suiche		Distribuidor telefónico
	Toma corriente trifilar		Pulsador
	Toma trifásico		Salida para otro sistema T.V: Televisión S: Sonido C: Computo
	Toma corriente para trabada		Salida luminaria en techo
	Toma teléfono		Salida luminaria en pared
	Citófono		Salida ojo de Buey
S	Suiche sencillo		Luminaria fluorescente
S ₂	Suiche doble		Tubería empotrada en techo o muro.
S ₃	Suiche triple		Tubería empotrada en piso
S _E	Suiche escalera		Tubería expuesta en techo o muro
S _P	Suiche de puerta		Tubería teléfono
			Tubería citófono
			Indicación de número y calibre de conductores. T=Tierra, / Neutro

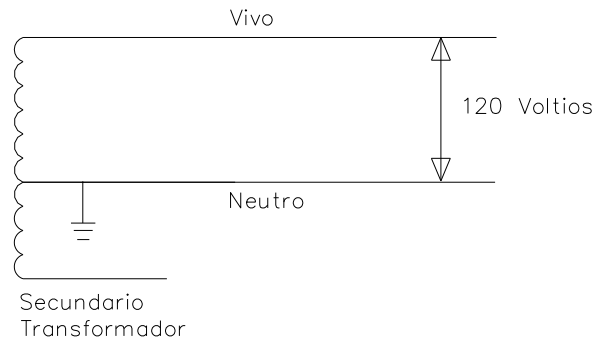
7.6 Niveles de tensión

Los niveles de tensión pueden variar en las diferentes regiones del país, para el suministro en las instalaciones eléctricas alimentadas directamente desde las redes de distribución secundarias.

Los principales niveles de tensión utilizados en el país son los siguientes:

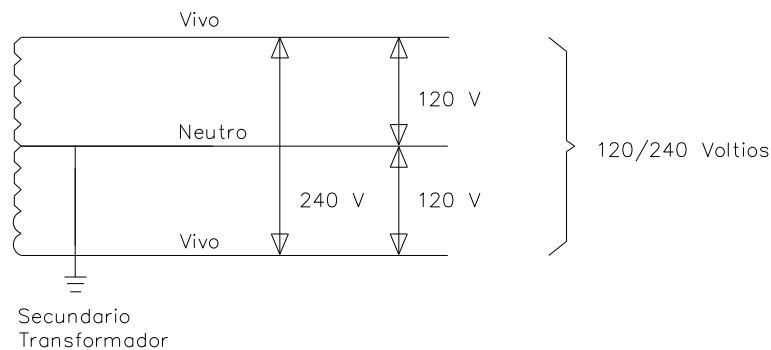
7.6.1 Servicio monofásico bifilar: Este servicio consta de dos alambres, uno activo llamado **fase** y uno **neutro**, la tensión es de 120 Voltios.

En la siguiente figura se muestra un esquema de éste servicio.



7.6.2 Servicio monofásico trifilar: Este servicio consta de tres alambres, dos activos llamados **fase** y uno **neutro**, la tensión es de 120/240 Voltios.

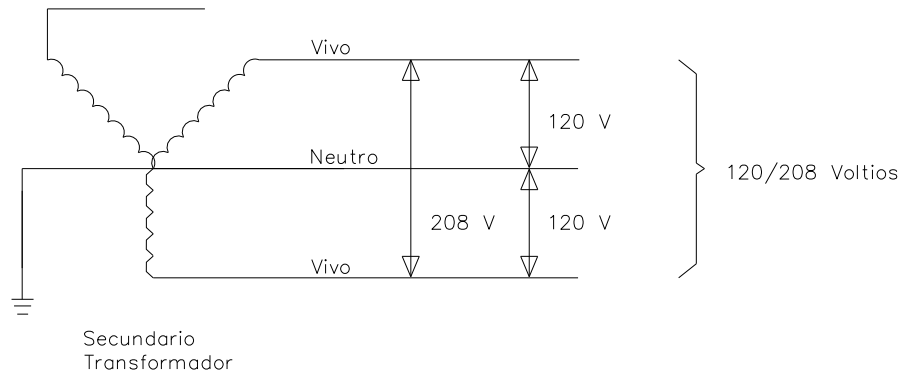
En la siguiente figura se muestra un esquema de este servicio.



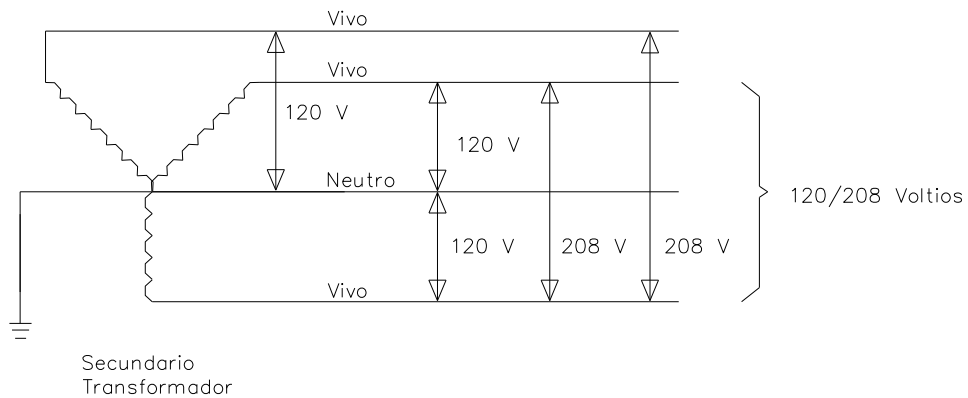
7.6.3 Servicio trifilar derivado de un sistema trifásico: Este servicio consta de tres alambres, dos activos llamados *fase* y uno *neutro*, la tensión es de 120/208 Voltios.

Este servicio es el que comúnmente se presta desde transformadores trifásicos que alimentan conjuntos de viviendas o edificios de apartamentos.

En la siguiente figura se muestra un esquema de este servicio.



7.6.4 Servicio trifilar tetrafilar: Este servicio consta de cuatro alambres, tres activos llamados *fase* y uno *neutro*, la tensión es de 120/208 Voltios.



Capítulo 8

Cálculo Residencial

8.1 Introducción

El calculo residencial de redes eléctricas consiste en localizar en un plano de planta, todos los elementos necesarios para la construcción. Así como las especificaciones necesarias para el buen desarrollo de la obra.

En el plano se deben localizar la acometida, el contador, el tablero de automáticos, las salidas de iluminación y de fuerza, los conductores y la tubería conduit. También se debe incluir en el plano el cuadro de circuitos completo.

8.2 Partes de una instalación eléctrica:

Las partes más importantes de una instalación eléctrica residencial son las siguientes:

8.2.1 Acometida: La acometida consiste en los conductores que llevan la corriente desde las líneas de baja tensión hasta el contador de la vivienda. La tensión que entrará a la vivienda define el número de conductores.

Si a la vivienda le entra una tensión de 120 Voltios, la acometida será de 2 conductores, uno para la fase y el otro para el neutro. Es importante recordar que la fase se denomina el conductor que transporte la corriente.

Si a la vivienda le entra una tensión de 240 Voltios, la acometida será de tres (3) conductores, dos para las fases y una para el neutro.

Las normas del RETIE exigen el cable encauchetado antifraude con el neutro concéntrico para las acometidas, con el fin de evitar el fraude y el robo de energía.

Para las acometidas a 120 voltios, el cable antifraude se conoce con el nombre de **1 x 8 + 8**. Esta denominación indica que la fase es un conductor N° 8 y el neutro es N° 8.

El calibre de los conductores de la acometida, lo determina la *corriente* total de la vivienda.

Otro cable que se puede utilizar en las acometidas a 120 voltios es el denominado **1 x 8 + 10**, en el cual la fase es un conductor N° 8 y el neutro es N° 10

En estos cables antifraude, el neutro viene enrollado a la fase, con el objetivo de proteger el robo de energía.

Para las acometidas a 240 voltios, el cable antifraude se conoce con el nombre de **2 x 8 + 8**. Esta denominación indica que la fase es de dos conductores N° 8 y el neutro es N° 8.

8.2.2 Contador: Es muy importante definir con anticipación si la vivienda tendrá la tensión a 120 Voltios o 240 Voltios, con el objetivo de diseñar la acometida y el contador.

Para viviendas pequeñas de bajo presupuesto o de interés social, se puede entrar una tensión de 120 voltios; por el contrario, para viviendas grandes de mayor presupuesto, se debe entrar una tensión de 240 voltios.

Los contadores para 120 voltios tienen dos entradas y dos salidas, mientras que para 240 voltios tienen tres entradas y tres salidas.

Tiene mayor ventaja la entrada de tensión a 240 voltios, porque se pueden repartir las fases y no se sobrecarga ningún circuito, además algunas veces se tiene equipos que funcionan a 240 voltios.

El contador debe llevar un conductor a tierra que sirva como pararrayos, con el fin de proteger el contador y la instalación de una posible sobrecarga, muy frecuente durante las tormentas eléctricas. Este conductor estará conectado a una varilla coperwell, la cual estará enterrada para llevar la corriente de la sobrecarga hasta la tierra.

8.2.3 Tablero de automáticos: El tablero de automáticos o *breaker* se debe instalar en un lugar seco y que sea de fácil acceso, se recomienda instalarlo en la cocina, detrás de la puerta de entrada o en el garaje de la vivienda.

El tablero de automáticos tendrá un *breaker* por cada circuito de 120 voltios y 2 *breaker* por cada circuito de 240 voltios. Estos *breaker* tienen la función de dispararse automáticamente con el aumento de la corriente, con el fin de proteger el aparato conectado y el circuito.

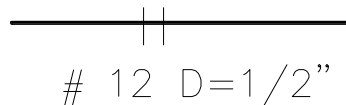
La norma del RETIE exige dejar un *breaker* de reserva para futuras ampliaciones en la vivienda.

8.2.3 Circuitos: Se debe colocar circuitos separados para iluminación y para fuerza. Los circuitos de 120 voltios no deben de tener más de 1500 watos de potencia, con el fin de no sobrecargarlos. Los circuitos de mayor carga, se deben diseñar a 240 voltios, con el fin de no sobrecargarlos y de utilizar conductores más delgados.

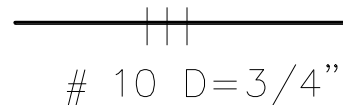
Se debe recordar que la *corriente* en el circuito es la que define el calibre de los conductores, por lo tanto una corriente alta necesita un conductor grueso tal como N° 8 o N° 6, conductores que son muy costosos y muy difíciles de trabajar en las empalmes.

En el plano eléctrico se debe indicar el número del circuito, el número y calibre de los conductores y el tubo conduit necesario.

En la siguiente figura se muestra como se debe indicar un circuito en el plano de la vivienda:



(figura a)



(figura b)

La figura **a** indica que el circuito tiene dos conductores N° 12, en un tubo conduit de 1/2 pulgada de diámetro. La figura **b** indica que el circuito tiene tres conductores N° 10, en un tubo conduit de 3/4" de diámetro.

8.2.4 Conductores eléctricos: Los conductores eléctricos para una vivienda son de cobre, revestidos con un forro tipo T, TH o THW, los cuales resisten temperatura y humedad. El diámetro mínimo para un conductor es el N° 12, el conductor N° 14 es muy delgado y no se permite en un circuito.

Para los circuitos de iluminación se recomienda utilizar el N° 12 y para circuitos de fuerza se recomienda utilizar el N° 10. Vale la pena recordar que los circuitos de fuerza son los que llevan la corriente a los tomas.

8.2.4 Automáticos o breaker: Los automáticos se instalan en la caja destinada para ello, la función de los automáticos es la de proteger los aparatos y al mismo circuito de una subida de corriente. El circuito de 120 Voltios está protegido por un automático y el de 240 voltios por dos automáticos. Cada automático está conectado a la fase del circuito.

El automático para un circuito se calcula con la corriente total de cada circuito. El mínimo automático permitido en los circuitos de las viviendas es de 15 Amperios.

8.3 Factor de demanda

El factor de demanda se debe tener en cuenta, porque la carga instalada en una vivienda no está funcionando en su totalidad, es decir, todos los aparatos no se encienden a la vez.

Este factor consiste en disminuir la carga total en un porcentaje que resulta más usual en la práctica, y así poder disminuir calibres de los conductores sin ningún riesgo.

En la siguiente tabla se indica el factor de demanda que recomienda el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

Tipo de ocupación	Porción de la carga	Factor de Demanda
Casas de habitación	Primeros 3.000 o menos	100%
	Desde 3.001 hasta 120.000	35%
	Resto por encima de 120.000	35%
Hospitales	Primeros 50.000 o menos	40%
	Resto por encima de 50.000	20%
Hoteles, moteles y apartamentos de habitaciones	Primeros 20.000 o menos	50%
	Desde 20.001 hasta 100.000	40%
	Resto por encima de 100.000	30%
Bodegas de almacenamiento	Primeros 12.500 o menos	100%
	Resto por encima de 12.500	50%
Todas las demás	El total de voltio–amperios	100%

8.4 Carga o Demanda de potencia.

Las demandas de potencia son muy importantes para calcular la corriente en cada circuito. En el siguiente cuadro se muestran las cargas o demandas de potencia, que requieren los principales aparatos eléctricos:

Artefacto	Consumo (W)
Afeitadoras	8-12
Aire acondicionado	800-6000
Cafeteras	500-1200
Calentadores de agua	800-5000
Cautines eléctricos	15-150
Compactadores de basura	1000-1500
Computadores personales	200-600
Congeladores estándares	600-900
Congeladores no-frost	800-1200
Estufas	4000-14000
Equipos de sonido	30-100
Grabadoras de video	40-70
Hornos eléctricos	1500-5000
Horno de microondas	1000-1500
Lámparas fluorescentes	15-60 por tubo
Lámparas incandescentes	10 en adelante por bulbo
Lavadora de platos	1000-1500
Lavadora de ropa	300-800
Máquinas de coser	60-150
Motores grandes (más de ½ HP)	1000 por HP
Motores medianos(1/2 HP)	500
Motores pequeños (1/4 HP)	300
Planchas de ropa	600-1200
Proyectores de cine	400
Refrigeradores normales	600-900
Refrigeradores no-frost	900-1200
Reproductores de CDs	10-25
Secadores de cabello	250-1200
Secadores de ropa	4000-6000
Sierras circulares	1000-1500
Taladros portátiles	300-500
Televisores a color	30-300
Tostadoras	500-1200
Ventiladores	20-200

Ejemplo 8.1. Vivienda unifamiliar.

Una vivienda unifamiliar tiene una superficie de 72 m². La vivienda no tiene instalada estufa. Calcular la carga total en la acometida y el conductor necesario.

Solución:

Carga calculada:

- Carga de alumbrado general: $72 \text{ m}^2 * 32 \text{ W/m}^2 = 2304 \text{ W}$

Numero mínimo de circuitos necesarios:

$$I = 2304 \text{ W} / 120 \text{ V} = 19,2 \text{ A}$$

Esto exige 2 circuitos bifilares de 15 A o 1 de 20 A.

Carga para pequeños artefactos:
2 circuitos bifilares de 20 A.

Carga para lavadora y plancha:

1 circuito bifilar de 20 A

Sección transversal mínima de los cables del alimentador:

Alumbrado general:	2304 W
Carga para pequeños artefactos:	3000 W
Lavadora y plancha:	1500 W

Carga total:	6804 W
Primeros 3000 W al 100%:	3000 W
6804 – 3000= 3804 W al 35%:	1331,4 W

Carga total:	4331,4 W

Para una acometida o alimentador monofásico bifilar de 120 V, la corriente es:

$$I = \frac{4331,4 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 36,10 \text{ A} \quad (\text{Usar } 2 \# 8 \text{ TW})$$

En la tabla 5.3 se encuentra que un conductor N° 8 TW, tiene capacidad para 40 A.

Ejemplo 8.2 Vivienda unifamiliar.

Una vivienda unifamiliar tiene una superficie de 95 m². La vivienda tiene instalada una estufa de 4,0 kW. Calcular la carga total en la acometida y el conductor necesario.

Solución:

Carga calculada:

- Carga de alumbrado general: $95 \text{ m}^2 * 32 \text{ W/m}^2 = 3040 \text{ W}$

Numero mínimo de circuitos necesarios:

$$I = 3040 \text{ W} / 120 \text{ V} = 25,33 \text{ A}$$

Esto exige 2 circuitos bifilares de 15 A.

Carga para pequeños artefactos:
2 circuitos bifilares de 20 A. (3000 W)

Carga para lavadora y plancha:

1 circuito bifilar de 20 A (1500 W)

Sección transversal mínima de los cables del alimentador:

Alumbrado general:	3040 W
Carga para pequeños artefactos:	3000 W
Lavadora y plancha:	1500 W

Carga total:	7540 W

Primeros 3000 W al 100%:	3000 W
Resto (7540 – 3000= 4540) W al 35%:	1589 W

	4589 W

Carga neta por alumbrado general y pequeños artefactos: 4589 W

Carga por la estufa (80%): $4000 \text{ W} * 0,8 = 3200 \text{ W}$

Carga total: 7789 W

Para una acometida o alimentador monofásico trifilar de 120/240 V, la corriente es:

$$I = \frac{7789 \text{ W}}{240 \text{ V}} = 32,45 \text{ A} \quad (\text{Usar } 3 \# 8 \text{ TW})$$

En la tabla 5.3 se encuentra que un conductor N° 8 TW, tiene capacidad para 40 A.

Ejemplo 8.3. Vivienda unifamiliar.

Una vivienda unifamiliar tiene una superficie de 135 m². La vivienda tiene instalada una estufa de 8,0 kW y una secadora de 2,5 kW. Calcular la carga total en la acometida y el conductor necesario.

Solución:

Carga calculada:

- Carga de alumbrado general: $135 \text{ m}^2 * 32 \text{ W/m}^2 = 4320 \text{ W}$

Numero mínimo de circuitos necesarios:

$$I = 4320 \text{ W} / 120 \text{ V} = 36 \text{ A}$$

Esto exige 2 circuitos bifilares de 20 A.

- Carga para pequeños artefactos:
2 circuitos bifilares de 20 A. (3000 W)

- Carga para lavadora y plancha:

1 circuito bifilar de 20 A (1500 W)

Sección transversal mínima de los cables del alimentador:

Alumbrado general:	4320 W
Carga para pequeños artefactos:	3000 W
Lavadora y plancha:	1500 W

Carga total:	8820 W

Primeros 3000 W al 100%: 3000 W

$$\begin{array}{r} \text{Resto (8820 - 3000= 5820 W) al 35\%:} \quad 2037 \text{ W} \\ \text{-----} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 5037 \text{ W} \end{array}$$

Carga neta por alumbrado general y pequeños artefactos: 5037 W

Carga por la estufa (80%): 8000 W *0,80: 6400 W

Carga por la secadora (100%): 2500 W*1,0: 2500 W

Carga total: 13937 W

Para una acometida o alimentador monofásico trifilar de 120/240 V, la corriente es:

$$I = \frac{13937 \text{ W}}{240 \text{ V}} = 58,07 \text{ A} \quad (\text{Usar 3 \# 6 THW o THWN})$$

En la tabla 5.3 se encuentra que un conductor N° 6 THW, tiene capacidad para 65 A.

Ejemplo 8.4 Edificio comercial.

Una tienda de víveres tiene una superficie de 275 m². La tienda tiene instalados 45 tomacorrientes dobles. La acometida es monofásica trifilar a 120/240 V. La carga real conectada de alumbrado es de 7200 W. Calcular la carga total en la acometida y el conductor necesario.

Solución:

Carga calculada:

Cargas no continuas:

$$\begin{array}{r} \text{Carga de los tomacorrientes:} \\ 65 \text{ tomacorrientes} * 180 \text{ W:} \quad 11700 \text{ W} \\ \text{Primeros 10000 W al 100 \%:} \quad 10000 \text{ W} \\ \text{Resto al 50\%:1700 al 50\%=} \quad 850 \text{ W} \\ \text{Total:} \quad \quad \quad \quad \quad \quad 10850 \text{ W} \end{array}$$

Cargas continuas:

- Carga de alumbrado general: $275 \text{ m}^2 * 32 \text{ W/m}^2 = 8800 \text{ W}$
- Carga de la vitrinas: $7,5 \text{ m} * 650 \text{ W/m} = 4875 \text{ W}$
- Circuito de un aviso luminoso: $= 800 \text{ W}$
- Potencia Total: 14475 W

Total cargas continuas + cargas no continuas:

$$P = 14475 \text{ W} + 10850 \text{ W} = 25325 \text{ W}$$

Numero mínimo de circuitos necesarios:**Alumbrado:**

$$P = 8800 \text{ W} * 1,25 = 11000 \text{ W} \qquad I = 11000 \text{ W} / 240 \text{ V} = 45,83 \text{ A}$$

Esto exige 3 circuitos trifilares de 20 A.

Vitrina:

$$P = 4875 \text{ W} * 1,25 = 6094 \text{ W} \qquad I = 6094 \text{ W} / 120 \text{ V} = 50,78 \text{ A}$$

Se permite 3 circuitos bifilares de 20 A.

Tomacorrientes:

$$I = 11700 \text{ W} / 240 \text{ V} = 48,75 \text{ A}$$

Se permite 3 circuitos trifilares de 20 A.

Capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador:

$$\text{Total cargas no continuas: } 10850 \text{ W}$$

$$\text{Total cargas continuas: } 14475 * 1,25: 18094 \text{ W}$$

$$\text{Carga total: } 28944 \text{ W}$$

$$28944 \text{ W} / 240 \text{ V} = 120,6 \text{ A}$$

El valor nominal inmediato superior es de 150 A

Sección transversal mínima de los cables del alimentador:

Para una acometida o alimentador monofásico trifilar de 120/240 V, la corriente es:

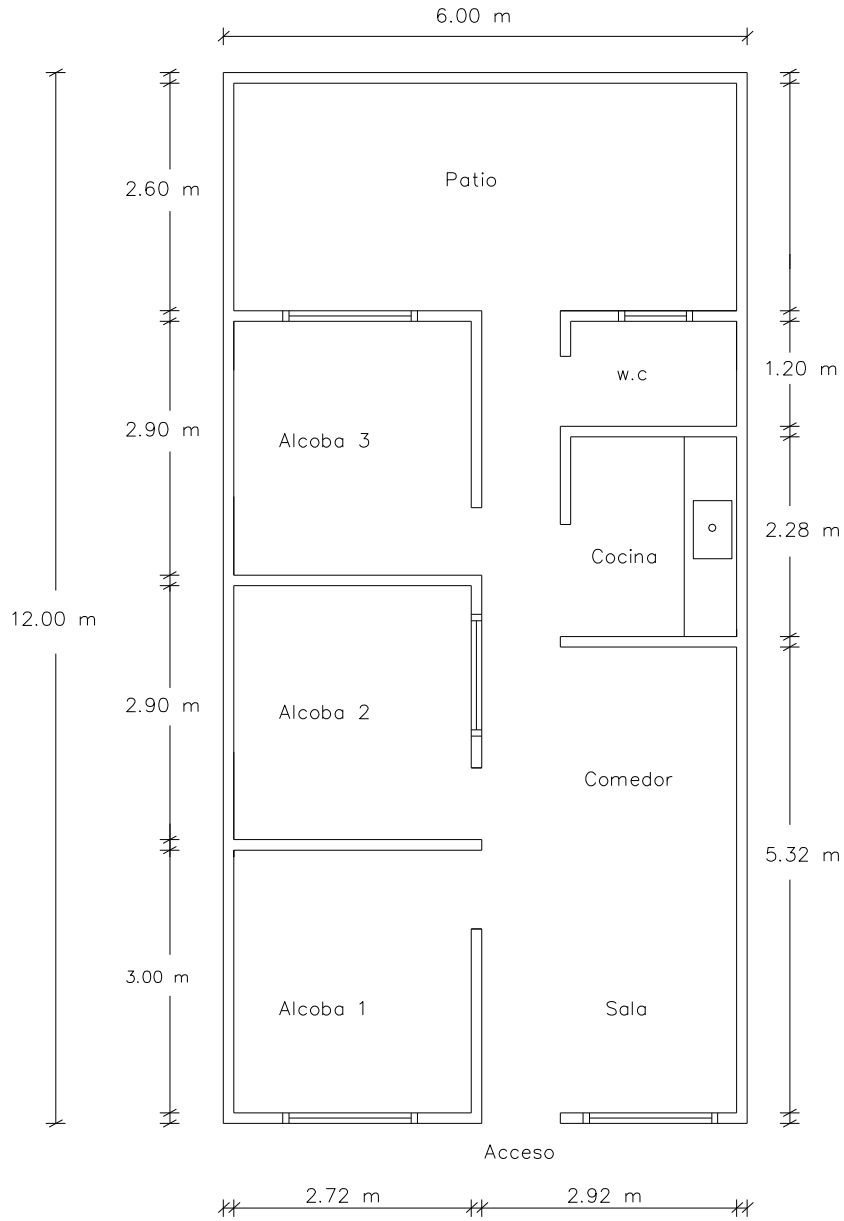
$$28944 \text{ W}$$

$$I = \frac{28944 \text{ W}}{240 \text{ V}} = 120,6 \text{ A} \quad (\text{Usar } 3 \# 1 \text{ THW para } 75^\circ\text{C})$$

En la tabla 5.3 se encuentra que un conductor N° 1 THW, tiene capacidad para 130 A.

Ejemplo 8.5

Diseñar las instalaciones eléctricas para la vivienda que se muestra en la figura. Dibujar los circuitos y el cuadro de circuitos.



Planta 1 piso
Sin escala

Solución:

Se asume que la vivienda tendrá una tensión de entrada de 120 V, porque es una vivienda pequeña.

Circuito 1: Se usará el circuito N° 1 para la iluminación de la vivienda, en el plano anexo se muestran las lámparas que se instalarán en la vivienda.

Cálculo del circuito:

Total lámparas: 9

Potencia del circuito: cada lámpara se calcula con 100 W.

$$P = 9 \times 100 \text{ W} = 900 \text{ W}$$

Tensión del circuito: 120 V

Corriente del circuito:

$$I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{900 \text{ W}}{120 \text{ V}} \Rightarrow \mathbf{I = 7,50 \text{ A}}$$

Con esta corriente se escoge el conductor y la protección del circuito:

En la tabla 6.3 se ve que el conductor N° 12 AWG resiste 25 amperios, por lo tanto es suficiente.

La protección del circuito se calcula con la misma corriente:

El *breaker* necesario es de 15 amperios, el cual es el mínimo que se puede utilizar.

Circuito 2: Se usará el circuito N° 2 para los *toma corrientes* de la vivienda, en el plano anexo se muestran los tomas que se instalarán en la vivienda.

Cálculo del circuito:

Total de tomas: 10

Potencia del circuito: cada toma se calcula con 150 W.

$$P = 10 \times 150 \text{ W} = 1.500 \text{ W}$$

Tensión del circuito: 120 V

Corriente del circuito:

$$I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{1.500 \text{ W}}{120 \text{ V}} \Rightarrow I = 12,50 \text{ A}$$

Con esta corriente se escoge el conductor y la protección del circuito:

En la tabla 6.3 se ve que el conductor N° 12 AWG resiste 25 amperios, por lo tanto es suficiente.

La protección del circuito se calcula con la misma corriente:

El *breaker* necesario es de 15 amperios, el cual es el mínimo que se puede utilizar.

Circuito 3: Se usará el circuito N° 3 para los *toma corrientes* de la cocina. Debido a que en la cocina se pueden conectar varios aparatos al mismo tiempo, es bueno tener este circuito separado de los otras *toma corrientes*.

Cálculo del circuito:

Total de tomas: 3

Potencia del circuito: cada toma de la cocina se calcula con 400 W.

$$P = 3 * 400 \text{ W} = 1.200 \text{ W} \text{ (Potencia mínima para cocina)}$$

Tensión del circuito: 120 V

Corriente del circuito:

$$I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{1.200 \text{ W}}{120 \text{ V}} \Rightarrow I = 10 \text{ A}$$

Con esta corriente se escoge el conductor y la protección del circuito:

En la tabla 5.3 se ve que el conductor N° 12 AWG resiste 25 amperios, por lo tanto es suficiente.

La protección del circuito se calcula con la misma corriente:

El *breaker* necesario es de 15 amperios, el cual es el mínimo que se puede utilizar.

Circuito 4: Se usará el circuito N° 4 como reserva para una futura ampliación.

El cuadro de circuitos se presenta en la siguiente figura:

Circuito	lámparas	Tomas	Toma especial	Carga (W)	Corriente (A)	Conductor	Protección
1	9	0	0	900	7,50	2 # 12	1 x 15 A
2	0	10	0	1500	12,50	2 # 12	1 x 15 A
3	0	3	0	1200	10,00	2 # 12	1 x 15 A
4	---	---	---	---	---	---	---
Total	9	13	0	3600			

Cálculo de la acometida:

Primeros 3.000 W al 100% = 3.000 W

Resto 600 W al 35% = 210 W

Total = 3.210 W

La corriente en la acometida es:

$$I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{3.210 \text{ W}}{120 \text{ V}} \Rightarrow I = 26,75 \text{ A}$$

Con esta corriente se escoge el conductor y la protección del circuito:

En la tabla 6.3 se ve que el conductor N° 8 AWG resiste 35 amperios, por lo tanto es suficiente.

El conductor es: **1 x 8 + 8** (antifraude).

El *Breaker* se calcula aumentando la corriente en un 25%, con el fin de que no se dispare fácilmente.

$$I = 26,75 * 1,25 = 33,43 \text{ A.}$$

La protección de la acometida será de 1 *Breaker* de 40 A.

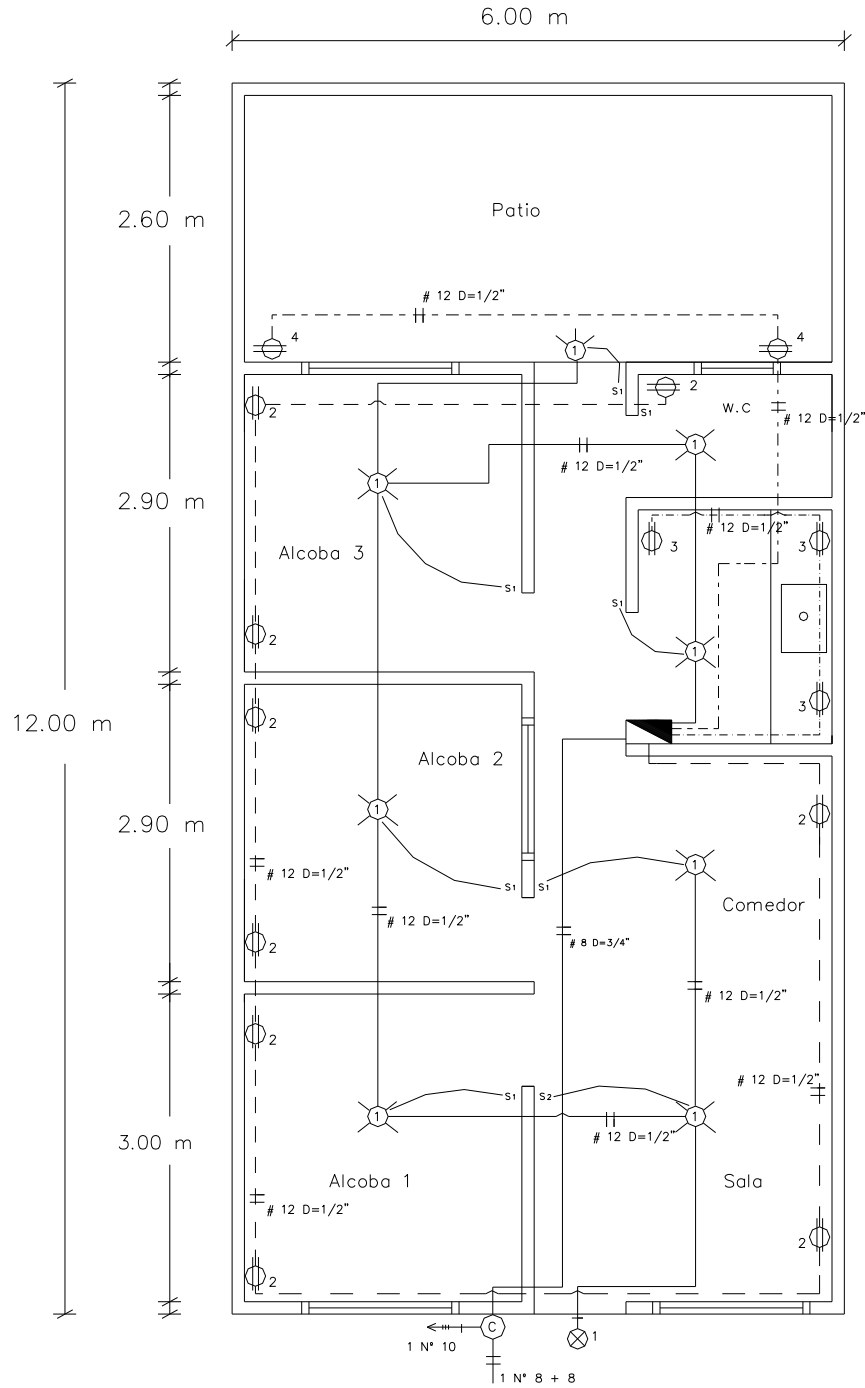
Contador:

El contador aguanta hasta 4 veces la corriente, debido a eso la corriente total se divide por 4:

$$I = 26,75 / 4 \Rightarrow I = 6,69 \text{ A}$$

El contador será monofásico de 15 A para 120 V.

En la siguiente figura se muestra el plano de la vivienda con los circuitos.



Planta de circuitos

EJERCICIOS PROPUESTOS

8.1 Una vivienda unifamiliar tiene una superficie de 75 m². La vivienda no tiene instalada estufa. Calcular la carga total en la acometida y el conductor necesario.

Solución:
V= 120 V.

8.2 Una vivienda unifamiliar tiene una superficie de 85 m². La vivienda no tiene instalada estufa. Calcular la carga total en la acometida y el conductor necesario.

Solución:
La tensión puede ser de 120 V.

8.3 Una vivienda unifamiliar tiene una superficie de 120 m². La vivienda tiene instalada una estufa de 4000 VA. Calcular la carga total en la acometida y el conductor necesario.

Solución:
La tensión puede ser a 240 V.

8.4 Diseñar las instalaciones eléctricas para una bodega de un piso. Dibujar los circuitos y el cuadro de circuitos.

Solución:
La tensión debe ser a 240 V.

Glosario

Accesorio: Pieza de una instalación eléctrica que realiza una función mecánica.

Acometida: Conductores y equipo instalado para llevar la energía eléctrica desde la red pública, hasta la propiedad servida.

Aislamiento eléctrico: Resistencia eléctrica tan elevada que no permite la circulación de corriente entre dos cuerpos.

Aislante: Material cuya capacidad de conducir corriente es muy poca o nula

Alambrado: Montaje, distribución y conexión de conductores de modo que por ellos pueda transmitirse energía eléctrica desde una fuente hasta una carga dada.

Alambre: Conductor sólido formado por un sólo hilo.

Alimentador: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado y el último dispositivo de sobrecorriente del circuito ramal.

Aparato eléctrico: Equipo de utilización diseñado en tamaños normalizados para instalarse como una unidad para cumplir una o más funciones, tales como la lavadora, licuadora, etc.

Aparato fijo: Equipo destinado a colocarse en un lugar determinado y conectarse a un tomacorriente específico, tal como el calentador de agua.

Aparato portátil: Equipo con cordón y enchufe diseñado para conectarse a los tomacorrientes de servicio general de una instalación.

Automático: Que actúa por sí mismo, gracias a su propio mecanismo, sin intervención humana, cuando detecta una magnitud dada de una variable.

Cable: Conductor formado por varios hilos concéntricos.

Cable armado: Conjunto de conductores aislados dentro de una envoltura formada con armadura flexible de cinta metálica.

Canalización: Conducto cerrado diseñado especialmente para contener alambres, cables o barras.

Capacidad de corriente: Capacidad de los conductores eléctricos para transportar corriente, expresada en amperios.

Capacidad de interrupción nominal: La máxima corriente o tensión nominal que tiene previsto interrumpir en condiciones específicas de ensayo, un dispositivo de protección contra sobrecorriente.

Carga continua: Carga cuya corriente máxima se prevé que se mantiene durante tres horas o más.

Cerramiento: Cubierta de los aparatos o la cerca o paredes que rodean una instalación.

Circuito ramal: Conductores del circuito entre el último dispositivo de sobrecorriente que los protege y las salidas.

Clavija: Dispositivo de contacto tipo macho a través del cual se alimenta un equipo.

Conductor aislado: Que esta dentro de un material aislante.

Conductor desnudo: Que no tiene cubierta ni aislante eléctrico de ninguna especie.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: Conductor que une al electrodo de puesta a tierra, con el bloque de unión de neutros o barra en el equipo de acometida.

Conductor de puesta a tierra de equipos: Esta expresión se usa para describir cualquiera de los caminos conductores que unen los encerramientos metálicos no portadores de corriente del equipo eléctrico en un sistema eléctrico.

Conductores de entrada de acometida: los conductores de acometida entre los terminales de equipo de acometida y el punto de conexión con los conductores que se derivan de la red pública.

Conductor neutro: Conductor que sólo transporta corriente de desequilibrio de los conductores del circuito.

Conductor puesto a tierra: Es el conductor de un sistema eléctrico que está intencionalmente conectado a un electrodo de puesta a tierra. En la acometida de la edificación. Este conductor debe tener aislamiento de color blanco.

Continuidad: Condición de una instalación que permite la circulación de la corriente eléctrica entre dos puntos.

Corriente nominal: Corriente que resulta de un equipo cuando éste funciona a la carga y tensión marcadas en la placa de datos del equipo.

Cortocircuito:

Demanda: Cantidad de potencia requerida por un usuario o suscriptor en un periodo de tiempo dado, expresada en kilovatios.

Dispositivo: Elemento de un sistema eléctrico que está destinado a transportar energía eléctrica.

Electrodo de puesta a tierra: Elemento metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física.

Encerrado: Rodeado por una caja, cubierta, cerca o paredes que impiden que las personas puedan tocar accidentalmente las partes energizadas.

Enchufe: Dispositivo de contacto que por su inserción en un tomacorriente, establece la conexión entre los conductores de un cordón flexible y los conductores conectados permanentemente en el receptáculo.

Equipo: Término general que abarca material, accesorios, dispositivos, artefactos, luminarias, aparatos y similares que se usan como parte de la instalación eléctrica o conectados a ella.

Equipo de utilización: El que utiliza la energía eléctrica para usos mecánicos, químicos, caloríficos, lumínicos, etc.

Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte de un sistema y la carga conectada al mismo. Este factor es siempre menor que la unidad.

Gabinete: Un cerramiento diseñado para montaje de superficie o empotrado, provisto de un marco o pestaña en el cual se colocan puertas de bisagra.

Interruptor automático: Dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito por medio manual o electromecánico, que abre el circuito automáticamente a una corriente determinada.

Lux: Iluminación producida a una superficie en todos los puntos a un metro de distancia de una fuente puntual de una candela, direccionalmente uniforme.

Medio de desconexión: Dispositivo o grupo de dispositivos por los cuales los conductores de un circuito pueden desconectarse de su fuente de suministro.

Medio de puesta a tierra: Cualquier elemento o sistema que brinde un camino a tierra permanente y continuo de baja impedancia, con suficiente capacidad para transportar por él la corriente de falla que circule.

No automático: Cuyo funcionamiento necesita la intervención de personas.

Normalizado: Material o equipo fabricado con las especificaciones de una norma aceptada.

Red Pública: Conjunto de líneas que llevan la energía desde una subestación a toda un área de consumo.

Resguardado: Cubierto, apantallado, cercado, encerrado o protegido de alguna manera, por medio de cajas o tapas adecuadas, que supriman el riesgo de contacto peligroso.

Sólidamente aterrizado: Conectado a tierra de manera permanente a través de una conexión de puesta a tierra que tenga una impedancia suficientemente baja, para que la corriente de falla a tierra que pueda ocurrir no cause la aparición de tensiones peligrosas para las personas.

Sobrecarga: Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad normal o de plena carga nominal, o de un conductor con exceso de corriente sobre su capacidad nominal.

Sobrecorriente: Cualquier valor de corriente sobre la corriente nominal de un equipo, o sobre la capacidad de corriente de un conductor.

Tablero: Panel que incluye barras, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede tener o no, suiches para controlar los circuitos de fuerza, iluminación o calefacción y está diseñada para instalarse dentro de una caja o gabinete.

Tensión: Es el mayor valor eficaz de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera del circuito al que pertenecen.

Tensión nominal de suministro: Valor nominal asignado al circuito o sistema para la denominación de su clase de tensión de modo que la tensión real varíe dentro de una banda sobre éste, que permita un funcionamiento satisfactorio del equipo.

Tierra: Conexión conductora intencional o accidental entre un circuito o equipo eléctrico y la tierra física.

Toma corriente: Dispositivo de contacto instalado en una salida para que un equipo tome energía de él a través de la conexión de un sólo enchufe.

Bibliografía

FLORES, Juan José. Tecnología de Electricidad. Paraninfo s.a. Tercera Edición. Madrid. 1984.

GERRISH, Howard. Experimentos de Electricidad. Editorial Limusa. Primera Edición. 1969.

GUSSOW, Milton. Fundamentos de Electricidad, MacGraw-Hill. Primera Edición. 1.997.

ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales. Editorial Limusa. Primera Edición. 2.000.

Icontec. Código Eléctrico Colombiano. NTC 2050. Primera actualización.

MELGUIZO, Samuel. Instalaciones Eléctricas. Universidad Nacional de Colombia. Decima Primera Edición. 1.994.

RETIE, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

ROBINSON, Vester. Conceptos sobre Electricidad. Editorial Diana. Primera Edición. 1974.

ZEINES, Benjamín. Análisis de Circuitos Eléctricos. Compañía Editorial Continental, S.A. Primera Edición. 1.974.