



# FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

## INSTALACIONES II

DOCUMENTO DOCENTE

CICLO: Quinto

DOCENTE:

Ing. Cristian Fernando Guamán Sánchez

2020

Derechos de Autor: CUE-004009  
ISBN: 978-9978-14-450-3

## Instalaciones II

© 2020, Universidad de Cuenca

© 2020, Cristian Fernando Guamán Sánchez

ISBN: 978-9978-14-450-3

Derecho de autor: CUE-004009

Pablo Vanegas Peralta

Rector de la Universidad de Cuenca

Catalina León Pesantez

Vicerectora de la Universidad de Cuenca

Enrique Flores Juca

Decano de la Facultad de Arquitectura y urbanismo

Marcelo Vázquez Solorzano

Subdecano de la Facultad de Arquitectura y urbanismo

Pedro Jiménez Pacheco

Director del Centro de Investigación

Corrección de Estilo

Dra. Gloria Elizabeth Riera Rodríguez

Diagramación y diseño de portada

Mario Patricio Rodríguez Manzano

## Presentación

La asignatura de Instalaciones 2 forma parte de las asignaturas técnicas de la malla curricular 2019, que es dictada en quinto nivel de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca. La enseñanza de las asignaturas tecnológicas en el área de Construcciones e Instalaciones busca que el estudiante, al egresar, conozca y comprenda los materiales, los sistemas constructivos utilizados en el medio, las bondades, limitaciones y potencialidades de los distintos materiales e instalaciones, y proyecte soluciones coherentes y pertinentes, que consideren requisitos técnicos, constructivos, estructurales, y la aplicación de instalaciones amigables con la cultura y el medio ambiente.

La pertinencia de la asignatura, desde esta perspectiva y por tratarse del desarrollo de la cadena curricular, conduce a que el estudiante aborde temas de instalaciones útiles en la edificación para su formación global. En este sentido, siendo el segundo nivel del área de Construcciones e Instalaciones, se abordan los siguientes temas pertinentes para el proyecto arquitectónico: Instalaciones eléctricas enfocadas en las necesidades del proyecto de una vivienda unifamiliar; conceptos básicos de magnitudes y leyes eléctricas; fundamentos de la luminotecnía; normativas, materiales, equipos, accesorios y circuitos eléctricos para el diseño y dimensionamiento de las instalaciones eléctricas; conceptos básicos de la domótica; y diseño de preinstalación de la domótica básica.

El presente Documento Docente Instalaciones 2, elaborado por el Ing. Cristian Fernando Guamán Sánchez Msc., imparte conocimientos fundamentales de las instalaciones eléctricas y los dispositivos de control y sensores que se encuentran en la edificación, abordando cada uno de estos temas de forma técnica y demostrativa, para poder aplicarlos de modo concreto en proyectos arquitectónicos bajo el enfoque de desarrollo sostenible.

En toda la guía docente se realizan ejercicios prácticos que son de gran utilidad y comprensión para los contenidos de la asignatura Instalaciones 2; además se referencian las normas nacionales e internacionales relacionadas con el diseño y la construcción de las instalaciones eléctricas y sistemas contra incendios en la edificación, reflejando así una contribución de indagación académica en los procesos de enseñanza en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Los contenidos de este Documento Docente serán de alto valor académico para los alumnos de la Facultad, así como, de valor práctico para los profesionales del área que lo utilizarán como documento de consulta en sus labores constructivas. Solo cabe una felicitación a nuestro compañero Cristian Guamán Sánchez, por el esfuerzo realizado en la producción de este documento técnico que se convierte en un valioso aporte para las escuelas de arquitectura.

Arq. Enrique Flores Juca  
Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Cuenca, noviembre de 2020

## índice

|   |    |
|---|----|
| Presentación  | 3  |
| 1. Nociones básicas sobre electricidad                          | 8  |
| 1.1 Sistema de unidades   | 9  |
| 1.2 Conceptos claves  | 9  |
| 1.2.1 Carga   | 9  |
| 1.2.2 Corriente eléctrica                                       | 9  |
| 1.2.2 Tensión o voltaje   | 10 |
| 1.2.3 Potencia  | 11 |
| 1.2.4 Energía   | 11 |
| 1.3 Leyes básicas   | 11 |
| 1.3.1 Ley de Ohm  | 12 |
| 1.3.2 Nodos, ramas y lazos                                      | 13 |
| 1.3.3 Ley de Kirchhoff  | 13 |
| 1.4 Los resistores  | 14 |
| 1.4.1 Resistores en serie                                       | 14 |
| 1.4.2 Resistores en paralelo                                    | 15 |
| 1.5 Ejercicios de aplicación                                    | 15 |
| 2. Iluminación de interiores                                    | 16 |
| 2.1 Generalidades   | 17 |
| 2.1.1 Niveles, métodos y calidad                                | 17 |
| 2.1.2 Magnitudes y unidades luminotécnicas                      | 17 |
| 2.1.3 Nivel medio de iluminación                                | 17 |
| 2.1.4 Factores determinantes de la magnitud del nivel luminoso: | 17 |
| 2.2 Métodos de iluminación                                      | 18 |
| 2.2.1 Alumbrado general   | 18 |
| 2.2.2 Alumbrado general localizado                              | 19 |
| 2.3 Alumbrado localizado  | 19 |

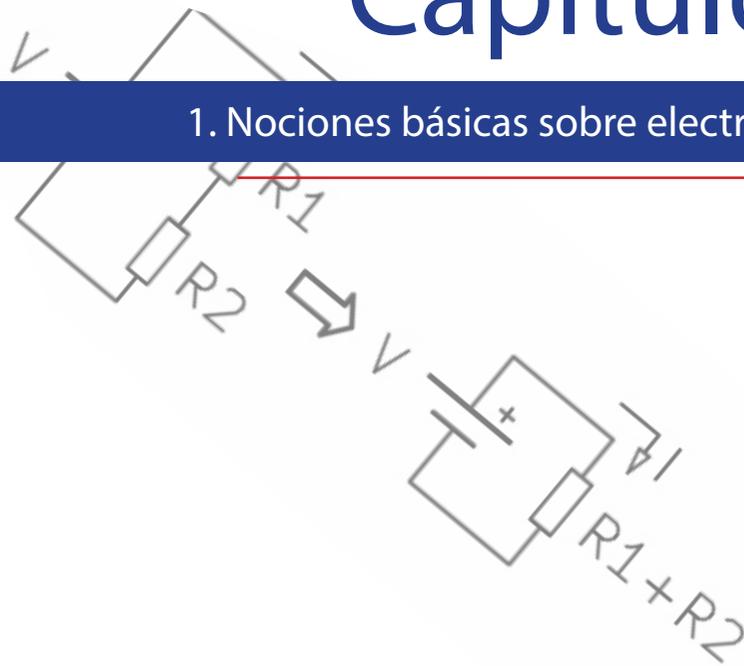
|  |    |
|--|----|
| 2.4 Calidad de la instalación del alumbrado                      | 20 |
| 2.5 Causas de deslumbramiento                                    | 20 |
| 2.6 Cálculo de un alumbrado interior                             | 21 |
| 2.6.1 Cálculos aplicando normas IEC                              | 21 |
| 2.6.2 Cálculos aplicando las normas ANSI (Método de los lúmenes) | 26 |
| 3. Instalaciones eléctricas domiciliarias                        |    |
| 3.1 Materiales y accesorios, simbología eléctrica                | 33 |
| 3.1.1 Transformadores  | 33 |
| 3.1.2 Medidor de energía   | 33 |
| 3.1.3 Tableros para medidores de energía                         | 34 |
| 3.1.4 Interruptor termomagnético                                 | 34 |
| 3.1.6 Conductores  | 35 |
| 3.1.6.1 Partes de un conductor                                   | 36 |
| 3.1.6.2 Tipos de un conductor según su alambre                   | 36 |
| 3.1.6.3 Nomenclatura de un conductor                             | 37 |
| 3.1.6.4 Tipos de un conductor según su material                  | 38 |
| 3.1.6.5 Calibres de un conductor según su amperaje               | 38 |
| 3.1.6.6 Código de colores  | 39 |
| 3.1.7.1 Tomacorrientes para coches eléctricos                    | 39 |
| 3.1.8 Interruptores  | 41 |
| 3.1.9 Conmutadores   | 41 |
| 3.1.10 Simbología eléctrica                                      | 41 |
| 3.1.11 Tubería   | 42 |
| 3.1.12 Placas, tacos y cajetines                                 | 42 |
| 3.1.13 Bandejas portacable                                       | 43 |
| 3.2 Circuitos eléctricos   | 43 |
| 3.2.1 Número de circuitos  | 45 |
| 3.2.2 Cargas en circuitos eléctricos                             | 45 |
| 3.2.3 Trazo en planos  | 46 |
| 3.4 Diagrama unifilar de una vivienda y componentes              | 46 |

|  |    |    |
|--|----|----|
| 3.5 Factores   | 48 |    |
| 3.5.2 Factor de simultaneidad                                |    | 48 |
| 3.5.3 Triángulo de potencias                                 |    | 48 |
| 3.6 Simbología y planos de circuitos de iluminación y fuerza |    | 49 |
| 3.6.1 Simbología eléctrica                                   |    | 49 |
| 3.6.2 Plano de circuitos de iluminación de una vivienda      |    | 50 |
| 3.6.3 Plano de circuitos de fuerza de una vivienda           |    | 51 |
| <br>   |    |    |
| 4. Control y sensores  |    | 52 |
| <br>   |    |    |
| 4.1 Introducción   |    | 53 |
| 4.2 Dispositivos y sensores Wireless                         |    | 54 |
| 4.3 Sensores cableados                                       |    | 54 |
| 4.4 Tipos de sensores  |    | 54 |
| 4.4.1 Sensores de intrusión                                  |    | 54 |
| 4.4.2 Sensores contra incendio                               |    | 55 |
| 4.4.4 Monitoreo ambiental                                    |    | 56 |
| 4.4.5 Error principal en sensores                            |    | 57 |
| 4.5 Sistemas contra incendios                                |    | 57 |
| 4.5.1 Bombas eléctricas para sistemas contra incendios       |    | 59 |
| 4.5.2 Surtidores automáticos                                 |    | 59 |
| 4.5.3 Suministro de agua                                     |    | 59 |
| 4.5.4 Sistema de drenchers                                   |    | 60 |
| 4.6 Planos de control y sensores                             |    | 60 |
| 4.6.1 Simbología   |    | 60 |
| 4.6.2 Planta de vivienda con sistema de control y sensores   |    | 61 |
| <br>   |    |    |
| Bibliografía   |    | 62 |
| Índice de tablas   |    | 67 |



# Capítulo I

## 1. Nociones básicas sobre electricidad



## 1.1 Sistema de unidades

Para comenzar a aprender conceptos básicos de electricidad hay que manejar seis unidades principales de las que pueden derivarse las unidades de todas las demás cantidades físicas.

|   | Cantidad                  | Unidad básica | Símbolo |
|---|---------------------------|---------------|---------|
| 1 | Longitud                  | metro         | m       |
| 2 | Masa                      | kilogramo     | kg      |
| 3 | Tiempo                    | segundo       | s       |
| 4 | Corriente eléctrica       | ampere        | a       |
| 5 | Temperatura termodinámica | kelvin        | K       |
| 6 | Intensidad luminosa       | candela       | cd      |

Tabla 1. Las seis unidades básicas del Sistema Internacional

## 1.2 Conceptos claves

### 1.2.1 Carga

La carga eléctrica es la cantidad básica en un circuito eléctrico y su unidad de medida son los coulombs (C).

De la química básica se conoce que la materia se compone de átomos y que cada átomo consta de electrones, protones y neutrones. La carga  $e$  de un electrón tiene signo negativo con un valor de  $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ , en tanto que un protón tiene una carga positiva de igual magnitud que la del electrón. El número de protones y electrones del átomo debe ser igual para que se cumpla el principio de

conservación de la energía, que un átomo posee una carga neutra.

1. En tal sentido, es importante considerar los siguientes aspectos:
2. El coulomb de carga tiene  $6.24 \times 10^{18}$  electrones.
3. Las cargas que se suceden en la naturaleza son valores múltiplos de la carga  $e$

$$= -1.602 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

4. La ley de la conservación de la energía establece que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

### 1.2.2 Corriente eléctrica

Cuando las cargas eléctricas se mueven, pueden ser transferidas de un lugar a otro. La corriente eléctrica se define como la variación de la carga respecto al tiempo, y su unidad de medida es el amper (A) [1].

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Donde:

- $i$  = Corriente entre dos puntos                      amperios (A)  
 $q$  = Carga eléctrica                                      coulomb (C)  
 $t$  = Tiempo    segundos (s)

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} \quad (2)$$

Se han identificado dos tipos de corriente:

- Corriente continua
- Corriente alterna

La corriente continua (CD) es aquella que no varía en el tiempo, tal como se muestra en la figura 1.

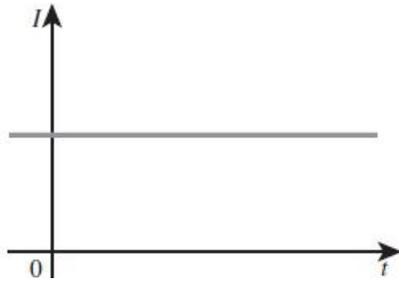


Figura 1. Corriente directa, relación corriente eléctrica  
Fuente: [1]

La corriente alterna (CA) es aquella que varía en el tiempo con una variación de tipo senoidal, como se muestra en la figura 2.

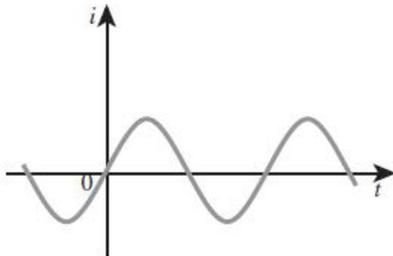


Figura 2. Corriente alterna, relación eléctrica-tiempo  
Fuente: [1]

Ejemplo de cálculo:

- La carga total que entra a una terminal está determinada por  $q = 6t \cdot \text{sen } 4\pi t$  mC. Calcule la corriente en  $t = 0,5$  s.

$$i = \frac{dq}{dt} = 6t \cdot \cos(4\pi t) (4\pi) + \text{sen}(4\pi t)(6)$$

$$i = \frac{dq}{dt} = 24\pi t \cdot \cos(4\pi t) + 6 \text{sen}(4\pi t)$$

$$i = \frac{dq}{dt} = 24\pi(0,5) \cdot \cos(4\pi(0,5)) + 6 \text{sen}(4\pi(0,5))$$

$$i = 37.69 \text{ A.}$$

## 1.2.2 Tensión o voltaje

La tensión o voltaje entre dos puntos es la energía necesaria para mover una carga desde un punto a hasta un punto b [1]. Para calcular el voltaje se aplica la siguiente ecuación:

$$v_{-ab} \triangleq \frac{dW}{dq} \quad (3)$$

Donde:

|          |                            |             |
|----------|----------------------------|-------------|
| $v_{ab}$ | = Voltaje entre dos puntos | volts (V)   |
| $W$      | = Energía                  | joules (J)  |
| $q$      | = Carga eléctrica          | coulomb (C) |

$$1 \text{ volt} = 1 \frac{J}{C} = \frac{Nm}{C} \quad (4)$$

### 1.2.3 Potencia

La potencia es la variación de la energía respecto al tiempo. Su unidad de medida es el watt (W). La siguiente expresión muestra la ecuación para determinar la potencia [1]:

$$p \triangleq \frac{dW}{dt} \quad (5)$$

Donde:

|     |   |                     |
|-----|---|---------------------|
| $p$ | = | Potencia watts (W)  |
| $W$ | = | Energía joules (J)  |
| $t$ | = | Tiempo segundos (s) |

Para relacionar la potencia con la corriente y el voltaje (5), se aplica el concepto de derivadas parciales, se multiplica y divide esta expresión por un diferencial de carga  $dq$ , y se obtiene esta ecuación (6):

$$p = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} \quad (6)$$

Basados en los conceptos de las expresiones (3) y (1) y reemplazando en la ecuación (6) se obtiene como resultado la fórmula (7), en la que se ve claramente que la potencia es igual al producto del voltaje por la corriente.

$$p = v \cdot i \quad (7)$$

En el momento de resolver un circuito eléctrico debe cumplirse la ley de conservación de la energía, es decir, la potencia total entregada al circuito debe ser igual al total de la potencia absorbida [1].

$$\sum p = 0 \quad (8)$$

### 1.2.4 Energía

La energía total entregada o absorbida en un circuito eléctrico se define como la integral de la potencia respecto del tiempo. Su expresión matemática se muestra en la ecuación (9). Su unidad de medida es el joule (J) [1].

$$w = \int_{t_0}^t p \cdot dt = \int_{t_0}^t v \cdot i \cdot dt \quad (9)$$

Por lo general, las empresas comercializadoras de electricidad miden la energía en watts-horas (Wh); su equivalencia en joules se conoce con esta ecuación (10):

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} \quad (10)$$

Ejemplo:

- Encontrar la potencia que se entrega a un elemento si la corriente es  $i = 5 \cos 60 \pi t$  A, y la tensión  $v = 2 \frac{di}{dt}$

Solución:

Se encuentra la tensión y la potencia de este modo:

$$v = 2 \frac{di}{dt} = 2(-60\pi)5 \sin 60\pi t = -600\pi \sin 60\pi t \text{ V}$$

$$p = vi = -3000\pi \sin 60\pi t \cdot \cos 60\pi t \text{ W}$$

### 1.3 Leyes básicas

### 1.3.1 Ley de Ohm

Todos los materiales se caracterizan por obstaculizar el flujo de la carga eléctrica, particularidad que se conoce como resistencia eléctrica, se representa con la letra  $R$  [2]. La resistencia eléctrica de los materiales depende del área de sección transversal  $A$ , y de su longitud  $l$ . Matemáticamente se escribe como la ecuación (11), en la que  $\rho$  es la resistividad del material; sus unidades son ohm-metros.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (11)$$

Los conductores que transportan corriente eléctrica deben tener baja resistividad, como el caso del aluminio y cobre. En la tabla 2 se enumeran algunos valores de  $\rho$  para diferentes materiales que se usan como conductores, aislantes y semiconductores.

| Material | Resistividad ( $\Omega \cdot m$ ) | Uso           |
|----------|-----------------------------------|---------------|
| Plata    | $1.64 \times 10^{-8}$             | Conductor     |
| Cobre    | $1.72 \times 10^{-8}$             | Conductor     |
| Aluminio | $2.80 \times 10^{-8}$             | Conductor     |
| Oro      | $2.45 \times 10^{-8}$             | Conductor     |
| Carbón   | $4 \times 10^{-5}$                | Semiconductor |
| Germanio | $47 \times 10^{-2}$               | Semiconductor |
| Silicio  | $6.4 \times 10^2$                 | Semiconductor |
| Papel    | $10^{10}$                         | Aislante      |
| Mica     | $5 \times 10^{11}$                | Aislante      |
| Vidrio   | $10^{12}$                         | Aislante      |
| Teflón   | $3 \times 10^{12}$                | Aislante      |

Tabla 2. Resistividad de materiales comunes.

Fuente: [1]

El símbolo de la resistencia y su representación gráfica se aprecian en la figura 3.

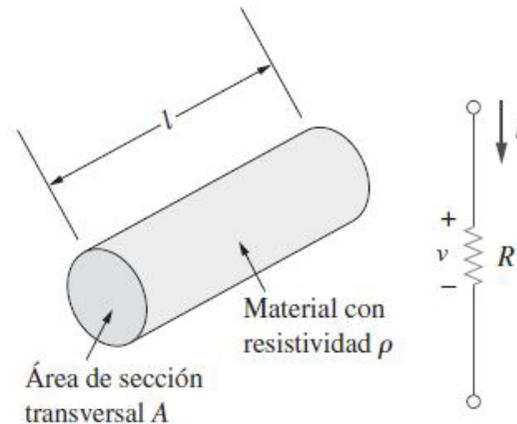


Figura 3. Símbolo de circuito para la resistencia  
Fuente: [1]

Una vez revisados los conceptos básicos de corriente, voltaje y resistencia, se debe explicar la relación entre estos tres parámetros. La ley de Ohm indica que la tensión  $v$  en una resistencia es directamente proporcional a la corriente  $i$  que circula a través de la resistencia.

Esto es:

$$v = i \cdot R \quad (12)$$

Despejando la resistencia  $R$  de (12) da como resultado:

$$R = \frac{v}{i} \quad (13)$$

De tal manera que:

$$1\Omega = 1\frac{V}{A} \quad (14)$$

Si se reemplazan los valores de la ley de Ohm en la ecuación (7), se determina la potencia disipada por una resistencia R, lo que da como resultado la expresión (15).

$$p = v \cdot i = i^2 \cdot R = \frac{v^2}{R} \quad (15)$$

### 1.3.2 Nodos, ramas y lazos

Un circuito eléctrico se puede conectar de diferentes maneras, pero antes de revisar las conexiones es importante conocer los elementos básicos en la topología de redes: rama, nudo, lazo.

- Una rama representa un solo elemento, como una resistencia, un capacitor, un inductor, una fuente.
- Un nudo es un punto de conexión entre dos o más ramas.
- Un lazo es cualquier trayectoria cerrada en un circuito.

En la siguiente figura se puede diferenciar claramente 5 ramas, 3 nudos y 3 lazos.

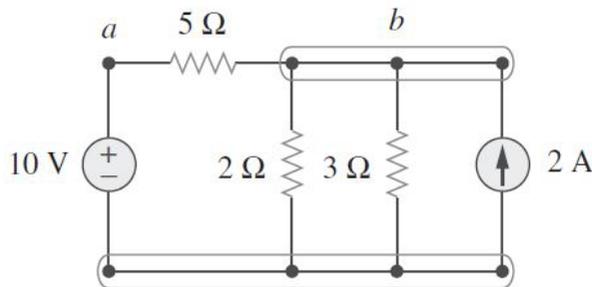


Figura 4. Nodos, ramas y lazos  
Fuente: [1]

### 1.3.3 Ley de Kirchhoff

Las dos leyes de Kirchhoff –ley de la corriente y ley de la tensión– fueron propuestas en el año de 1847 por el físico Gustav Robert Kirchhoff.

- a) La LEY DE LA CORRIENTE DE KIRCHHOFF (LKC) se fundamenta en la ley de conservación de la energía, establece que la suma de las corrientes que entran a un nudo es igual a la suma de las corrientes que salen de ese nudo [3]. Se considera que las corrientes que entran al nudo son positivas y que las corrientes que salen del nudo son negativas. La figura 5 explica mejor esta ley.

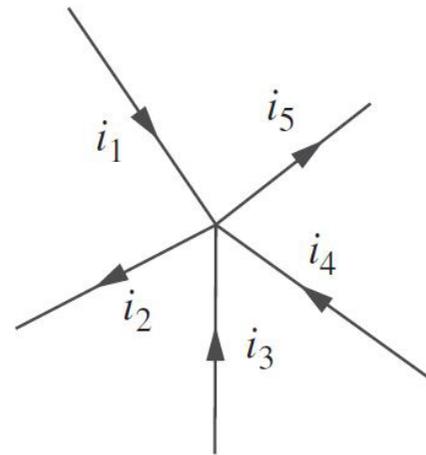


Figura 5. Corriente en un nudo que ilustra la LKC  
Fuente: [1]

Como se aprecia, en la figura se consideran 5 corrientes, la suma algebraica de todas

estas debe ser igual a 0. Matemáticamente se representa mediante esta fórmula:

$$i_1 + (-i_2) + i_3 + i_4 + (-i_5) = 0 \quad (16)$$

b) La LEY DE LA TENSIÓN DE KIRCHHOFF determina que la suma algebraica de todas las tensiones de una trayectoria cerrada es igual a cero [3]. El signo de cada voltaje es la polaridad de la primera terminal encontrada al seguir el circuito cerrado.

En el circuito eléctrico de la figura 6 se grafican una fuente y dos resistencias eléctricas. Al aplicar la ley de tensiones de Kirchhoff se obtiene.

$$-v + v_1 + v_2 = 0 \quad (17)$$

## 1.4 Los resistores

### 1.4.1 Resistores en serie

Dos o más resistencias se encuentran en serie, cuando circula por ellas la misma corriente eléctrica  $i$ , tal como se muestra en la figura 6.

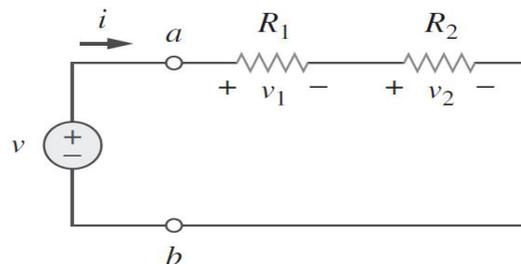


Figura 6. Circuito de un solo lazo con dos resistores en serie  
Fuente: [1]

La resistencia equivalente de un número  $N$  de resistencias conectadas en serie es igual a la suma de las resistencias individuales. Matemáticamente se escribe como la ecuación (18).

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_N = \sum_{n=1}^N R_n \quad (18)$$

En la figura 7 se presenta el circuito equivalente, luego de aplicar la ecuación (18) sobre el circuito de la figura 6.

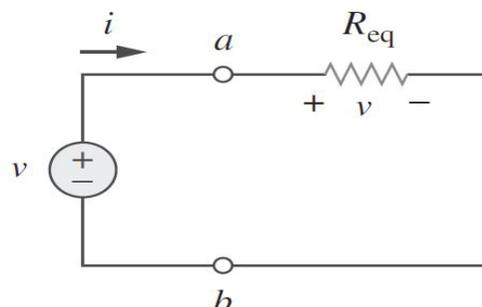


Figura 7. Circuito equivalente al circuito de la figura 4  
Fuente: [1]

### 1.4.2 Resistores en paralelo

En la figura 8, las dos resistencias están conectadas en paralelo ya que tienen el mismo voltaje.

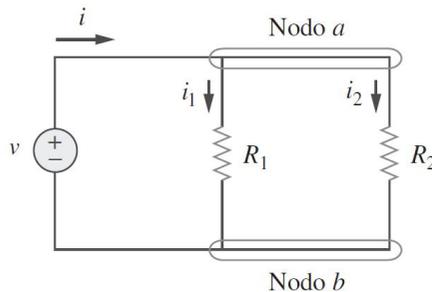


Figura 8. Dos resistores en paralelo  
Fuente: [1]

La resistencia equivalente de un número N de resistencias conectadas en paralelo es igual al producto de las resistencias dividido para su suma. Matemáticamente se escribe como la ecuación (19).

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (19)$$

### 1.5 Ejercicios de aplicación

1 Dado  $\tilde{q}(t)$ , calcular  $i(t)$ ,  $V(t)$ . Si se asume que  $V(t) = \frac{d^3 i}{dt^3}$ , hallar  $P(t)$  y  $P(\pi)$

- $q = \text{sen}(t) + \cos(t) + \text{sen}(2t)$

- $i(t) = \frac{dq}{dt} = \cos(t) - \text{sen}(t) + 2\cos(2t)$

- $V(t) = \frac{d^3 i}{dt^3}$

- $i''(t) = -\text{sen}(t) - \cos(t) - 4\text{sen}(2t)$

- $i'''(t) = -\cos(t) + \text{sen}(t) - 8\cos(2t)$

- $P(t) = V \cdot i$

- $P(t) = (-\cos(t) + \text{sen}(t) - 8\cos(2t)) \cdot (\cos(t) - \text{sen}(t) + 2\cos(2t))$

- $P(\pi) = -7 \text{ W}$

2 Calcular la potencia  $P(t)$  y  $P(0)$  que se entrega a un elemento si la corriente  $i = 5\text{Cos}(60\pi t)$  y  $v = 600\pi \text{Cos}(60\pi t)$

- $P = v \cdot i$

- $P = 600\pi \text{Cos}(60\pi t) \cdot (5 \text{Cos}60\pi t)$

- $P = 3000\pi \text{Cos}(60\pi t) \cdot \text{Cos}(60\pi t)$

- $P(0) = 3000\pi \text{ W}$

# Capítulo II

## 2. Iluminación de interiores



## 2.1 Generalidades

Para ejecutar un proyecto de alumbrado interior hay que partir del conocimiento de los siguientes aspectos:

1. El tipo de actividad que se va a desarrollar en el local.
2. Las dimensiones y características físicas del local que se busca iluminar.

### 2.1.1 Niveles, métodos y calidad

Una vez conocidas las dimensiones y actividades que deben desarrollarse en el local, es posible iniciar el estudio luminotécnico de la instalación en sus dos vertientes:

- Nivel medio de iluminación que se debe obtener.
- Calidad de la instalación de alumbrado.

### 2.1.2 Magnitudes y unidades luminotécnicas

Las magnitudes fundamentales de luminotécnica y sus conceptos se describen en la tabla 3 [4].

| Magnitudes                | Unidades     |
|---------------------------|--------------|
| Flujo luminoso ( $\Phi$ ) | Lumen (Lm)   |
| Intensidad luminosa (I)   | Candela (cd) |
| Iluminancia (E)           | Lux (Lx)     |
| Luminancia (L)            | $Cd/cm^2$    |

Tabla 3. Magnitudes y unidades luminotécnicas.

FLUJO LUMINOSO ( $\Phi$ ): es la cantidad de luz que emite una fuente de luz por unidad de tiempo. Su unidad de medida es el lumen (lm); de trata de una magnitud de tipo escalar.

INTENSIDAD LUMINOSA (I): es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido. Su unidad de medida es la candela (cd); es una magnitud de tipo vectorial.

ILUMINANCIA (E): es el flujo luminoso emitido por unidad de área del plano de trabajo. Su unidad de medida son los luxes (lx); en este caso estamos ante una magnitud de tipo escalar.

LUMINANCIA (L): es la relación entre la intensidad luminosa emitida por una superficie brillante en una dirección  $\alpha$  y el área proyectada en esa dirección. Su unidad de medida es candela sobre  $m^2$  o Stilb.

### 2.1.3 Nivel medio de iluminación

Hoy en día se dispone de fuentes de luz de elevado rendimiento desde el punto de vista económico y lumínico. Por ello se deben utilizar niveles de iluminación que permitan desarrollar una actividad determinada sin esfuerzo alguno y que al mismo tiempo sean económicamente justificables y amigables con el medio ambiente.

### 2.1.4 Factores determinantes de la magnitud del nivel luminoso:

Los factores determinantes de la magnitud del nivel luminoso necesario para el desarrollo de una actividad específica pueden ser, entre otros, los siguientes:

1. El tamaño de los detalles de los objetos que se perciben o manipulan.
2. La distancia media entre los ojos y el objeto.
3. El factor de reflexión del objeto observado.
4. El contraste entre los detalles de los objetos y el fondo sobre los cuales se destacan, lo que puede ser producido por la diferencia entre sus factores de reflexión o también por su color.
5. El tiempo que puede dedicarse a la observación.
6. La rapidez de movimiento de los objetos observados o manipulados.
7. La duración de la actividad.
8. La seguridad.

El intervalo de valores de niveles de iluminación de uso normal está comprendido entre unas decenas de lux y varios millares según el tipo de actividad.

La realización visual es la velocidad con la que puede efectuarse un trabajo de una finura dada y de un contraste fijado de antemano, varía lentamente con el incremento del nivel de iluminación. Dicho de otra manera, si para efectuar una determinada actividad, la realización visual llega al 80 % con un determinado nivel de iluminación, para alcanzar una realización visual del 90 % es preciso duplicar o incluso triplicar el valor del nivel de iluminación anterior.

Una iluminación interior bien diseñada, como la mostrada en la figura 9, cumple con todos niveles de iluminación propuestos en las normas internacionales que más adelante se detallan.



Figura 9. Iluminación de interiores aplicando normas internacionales  
Fuente: [5]

## 2.2 Métodos de iluminación

Para diseñar el alumbrado de una instalación interior se dispone de tres métodos principales que responden a tres tipos de distribución de la luz sobre el área que se pretende iluminar: el alumbrado general, el general localizado y el localizado.

### 2.2.1 Alumbrado general

El alumbrado general brinda una iluminación uniforme sobre toda la instalación física a la que se aplicará el diseño. Es un método muy característico de las bibliotecas, locales comerciales, locales de enseñanza, etc. [6].

El diseño consiste en distribuir los puntos de iluminación a lo largo de todo el techo del local, con la ventaja de que se pueden cambiar los puestos

de trabajo. Su inconveniente es que el nivel medio proporcionado por el sistema debe estar de acuerdo con los usuarios que precisen mayor iluminación. En las figuras 10 y 11 se presentan gráficos de la iluminación general y de la distribución a lo largo del local.

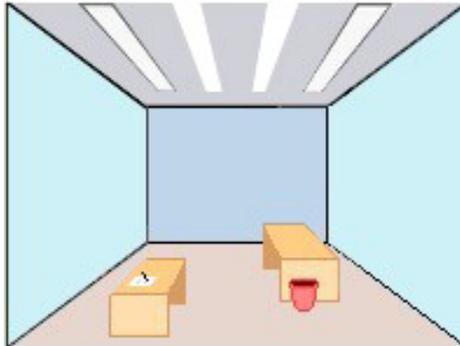


Figura 10. Oficina con iluminación general

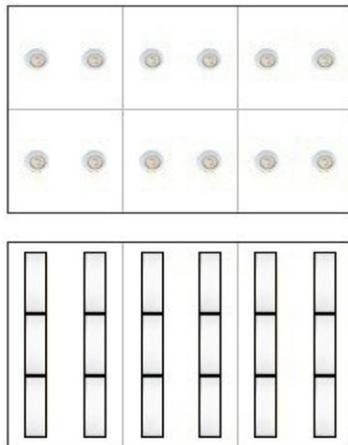


Figura 11. Distribución de luminarias en un alumbrado general

## 2.2.2 Alumbrado general localizado

Este tipo de alumbrado distribuye las luminarias de manera que, aparte de proporcionar una iluminación general uniforme, permiten aumentar el nivel de iluminación en las zonas que así lo requieran. Su único inconveniente radica en que si se efectúa un cambio en el emplazamiento de los lugares más necesitados de luz, será preciso retocar la instalación del alumbrado. En la figura 12 se esquematiza la configuración de un alumbrado general localizado [6].

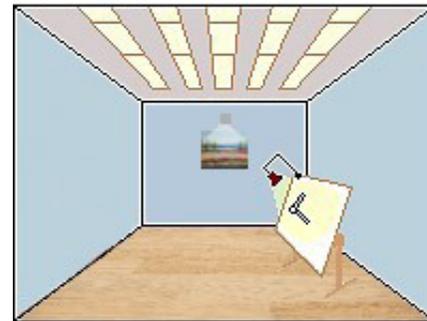


Figura 12. Distribución de luminarias en un alumbrado localizado

## 2.3 Alumbrado localizado

Este tipo de alumbrado localizado busca producir un nivel medio general, más o menos moderado, en lugares estratégicos como puntos de trabajo, maquinaria, equipo médico, etc. Constituye un alumbrado ideal cuando el local que se pretende iluminar posee dimensiones considerables y requiere un nivel lumínico mayor en ciertos lugares [6].

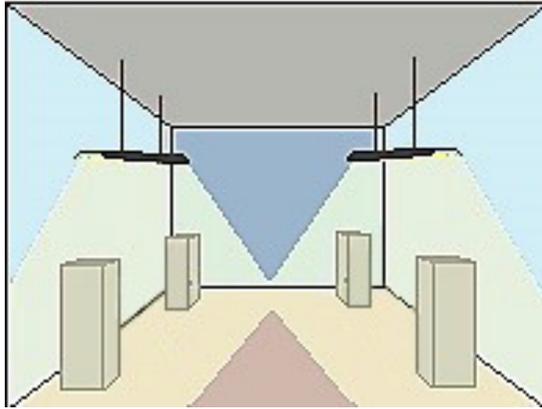


Figura 13. Distribución de luminarias en un alumbrado localizado

En la tabla 4 se comparan los niveles de iluminación localizada y general mínima, de tal manera que se pueda estimar la diferencia para cada uno de los métodos de iluminación.

| Iluminación localizada | Iluminación general mínima |
|------------------------|----------------------------|
| 250 Lx                 | 50 Lx                      |
| 500 Lx                 | 75 Lx                      |
| 1000 Lx                | 100 Lx                     |
| 2000 Lx                | 150 Lx                     |
| 5000 Lx                | 200 Lx                     |
| 10000 Lx               | 300 Lx                     |

Tabla 4. Relación entre el nivel de iluminación en la zona de trabajo y el nivel de iluminación general del local  
Fuente: [7]

## 2.4 Calidad de la instalación del alumbrado

Para conseguir que una instalación de alumbrado realmente eficaz, es preciso cumplir con ciertas condiciones, las cuales determinarán la calidad de la iluminación:

- Eliminar todo tipo de deslumbramiento, ya que puede causar una sensación de incomodidad a las personas.
- Elegir correctamente la luminaria y su ubicación en el local, de modo que no se produzcan sombras en lugares específicos de trabajo.
- Instalar luminarias que cuenten con una característica espectral elevada para que el rendimiento en color sea óptimo.

## 2.5 Causas de deslumbramiento

La luminancia propia de la fuente de luz se caracteriza por que a mayor luminancia le corresponde un deslumbramiento más intenso. La posición de la fuente afecta de tal manera que cuando más próxima a la fovea se proyecta la imagen de la fuente de luz, mayor será el deslumbramiento. Los contrastes de las superficies iluminadas producen deslumbramientos cuya intensidad varía según la magnitud de dichos contrastes.

En cuanto a los dispositivos de iluminación, estos pueden ser clasificados de acuerdo con la distribución del flujo luminoso. Con tal criterio, se pueden reconocer cinco tipos de luminarias: (a) de radiación directa, (b) semidirecta, (c) directa-indirecta, (d) semiindirecta, e (e) indirecta.

Cada uno de estos tipos de luminarias da lugar a un sistema de alumbrado que recibe el mismo nombre. El más utilizado es el directo (sistema directo) en razón de su economía, aunque en ocasiones es aconsejable sacrificar el factor económico en favor de un alumbrado más adecuado al local para el que se diseña [6].

## 2.6 Cálculo de un alumbrado interior

### 2.6.1 Cálculos aplicando normas IEC

El proceso de cálculo de iluminación aplicando las normas IEC se puede simplificar en cinco pasos:

- Determinar el coeficiente de utilización.
- Determinar el coeficiente de conservación.
- Calcular el flujo luminoso.
- Calcular el número de luminarias que deben instalarse.
- Distribuir adecuadamente las luminarias.

---

#### a) Determinación del coeficiente de utilización

El coeficiente de utilización es igual al cociente de dividir el valor del flujo luminoso que llega al plano de trabajo por el valor del flujo luminoso total de las lámparas instaladas, lo que depende de ciertas particularidades como:

- Eficacia de la luminaria
- Distribución luminosa
- Altura de instalación de la luminaria
- Superficie de la zona que se pretende iluminar
- Reflectancia del techo, paredes y suelo

Antes de determinar el coeficiente de utilización se debe calcular un factor  $k$ , denominado relación del local. El factor depende del tipo de iluminación que se va a implementar, así para una iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta hay que efectuar la siguiente ecuación:

$$k = \frac{l \cdot a}{h(l+a)} \quad (20)$$

Donde  $l$ ,  $a$ ,  $h$  son las dimensiones del local como se visualiza en la figura 14.

$l$  Largo del local  
 $a$  Ancho del local  
 $h$  Altura del local

Para iluminación semiindirecta o indirecta se aplica una expresión diferente, como se muestra a continuación:

$$k = \frac{3 \cdot l \cdot a}{2 \cdot h \cdot (l+a)} \quad (21)$$

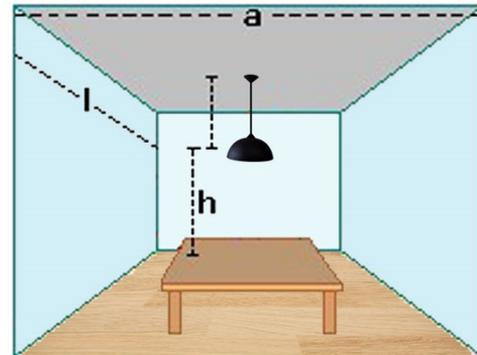


Figura 14. Relación del local y su importancia en el cálculo de los coeficientes de utilización

El valor del ángulo de radiación directa depende de la forma y dimensiones del local. La relación del local está clasificado en 10 grupos de acuerdo con sus proporciones mutuas y cada grupo a su vez se caracteriza por el llamado índice de local. Las relaciones de local se obtienen mediante las fórmulas anteriores. Una vez calculada esta relación, según la tabla 5 expuesta a continuación, se determinará el índice del local y luego, mediante tablas publicadas, se podrá conocer el coeficiente de utilización.

| Valor de las relaciones del local |                             |             |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Índice del local                  | Relación de local a diseñar |             |
|                                   | Valor (rango 1-10)          | Valor medio |
| J                                 | Menos de 0,7                | 0,60        |
| I                                 | 0,7 a 0,9                   | 0,80        |
| H                                 | 0,9 a 1,12                  | 1,00        |
| G                                 | 1,12 a 1,38                 | 1,25        |
| F                                 | 1,38 a 1,75                 | 1,50        |
| E                                 | 1,75 a 2,25                 | 2,00        |
| D                                 | 2,25 a 2,75                 | 2,50        |
| C                                 | 2,75 a 3,50                 | 3,00        |
| B                                 | 3,50 a 4,60                 | 4,00        |
| A                                 | MÁS DE 4,50                 | 5,00        |

Tabla 5. Valor de las relaciones según el índice de local  
Fuente: [7]

b) Determinación del coeficiente de conservación

Las características luminosas se pierden debido a dos factores principales. El primero es la pérdida del flujo luminoso de la lámpara por envejecimiento natural (polvo o suciedades que puedan depositarse sobre la lámpara). El segundo, por pérdida de reflexión del reflector o de transmisión del difusor o refractor, motivada así mismo por la suciedad.

La estimación del coeficiente de conservación debe calcularse tomando en cuenta el tipo de luminaria, el número de limpiezas anuales y el sistema de reposición de lámparas. Generalmente los valores que toma oscilan entre 0.50 y 0.80; el valor más elevado corresponde a instalaciones situadas en locales limpios, diseñados con luminarias cerradas y provistos de lámparas de baja depreciación, mientras que el valor más bajo corresponde a locales de ambientes polvorientos, en donde la limpieza es poco frecuente, lo que vuelve difícil el mantenimiento de la instalación.

c) Cálculo del flujo luminoso necesario

Una vez conocidos el nivel medio de la iluminación que debe obtenerse, la superficie que se va a iluminar y el coeficiente de utilización y de conservación, puede calcularse el flujo luminoso necesario con la siguiente fórmula:

$$\Phi = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_c} \quad (22)$$

Donde:

$\Phi$  = flujo luminoso total necesario para obtener al nivel medio de iluminación.

$E_m$  = nivel medio de iluminación prevista (Lux)

$S$  = superficie que se iluminará (m<sup>2</sup>)

$C_u$  = coeficiente de utilización

$C_c$  = coeficiente de conservación

d) Cálculo del número de puntos de luz

Para calcular el número de puntos de luz requeridos se debe dividir el valor del flujo luminoso total necesario para el flujo de la lámpara o lámparas contenidas en un punto de luz, es decir:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_P} \quad (23)$$

$N$  = número de puntos de luz o luminarias

$\Phi T$  = flujo luminoso total necesario

$\Phi P$  = flujo nominal de las lámparas contenidas en una luminaria

Un mismo flujo luminoso total puede obtenerse mediante la instalación de un número elevado de lámparas de bajo flujo nominal, o también mediante la instalación de un pequeño número de lámparas de elevado flujo nominal. En el primer caso alcanza una gran uniformidad en la iluminación, pero el mantenimiento de la instalación es difícil y caro. En el segundo caso, el mantenimiento es sumamente fácil, pero la uniformidad de la iluminación puede ser inferior al mínimo aceptable.

#### e) Distribución de los puntos de luz

Por regla general, la distribución de puntos de luz deberá responder a lo que se indicaba en la figura 15:

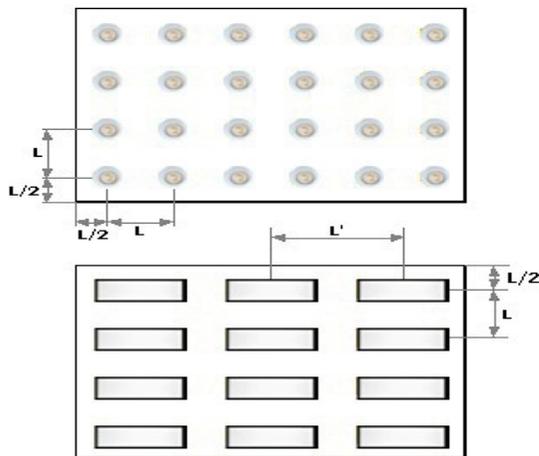


Figura 15. Distribución de luminarias sobre una superficie rectangular

En instalaciones con luminarias simétricas, siempre que se pueda, deberá diseñarse una distribución según una retícula cuadrada con el objetivo de conseguir una mayor uniformidad de la iluminación. A continuación, un ejemplo de cálculo:

Un taller de montaje de piezas grandes (trabajo basto) se construye con las siguientes dimensiones:

Longitud = 32 m

Anchura = 12 m

Altura total = 4

Tanto el techo como las paredes son bastante claros y no existe ningún inconveniente para colgar las luminarias en cualquier punto. Deberá efectuarse una solución del problema asumiendo que se colocarán lámparas de vapor de mercurio color corregido.

Solución:

A una nave dedicada a montaje de piezas grandes le corresponde un nivel de iluminación comprendido entre 150 y 200 lux; en este caso se escogerán 175 lux. Luego se halla la relación del local, para lo cual se usa la fórmula (19) propia de luminarias directas. La altura del plano de trabajo es del orden de 0.80

$$k = \frac{l \cdot a}{h(l + a)} = \frac{32 \cdot 12}{3.2(32 + 12)} = 2.72$$

Según la tabla 5, a una relación del local cuyo valor es 2.72 le corresponde un índice de local  $D$ .

Tomando como factor de reflexión un 50 % tanto para el techo como para las paredes, y considerando la instalación de una luminaria simétrica de distribución extensiva de aluminio anodizado, se deduce que un local de índice  $D$  requiere un coeficiente de utilización de 0.69 ( $C_u = 0.69$ ) (tabla 6).

Por otro lado, considerando un ensuciamiento de tipo medio, el coeficiente de conservación puede cifrarse en 0.70 ( $C_c = 0.70$ )

Para calcular el flujo luminoso, se ha establecido esta fórmula:

$$\Phi = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_c} = \frac{175 \cdot 384}{(0.69) \cdot 0.70} = 139130 \text{ lm}$$

Si se instalan lámparas de 125 W de potencia nominal, cuyo flujo luminoso es de 5600 lm, el número de puntos de luz será:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_p} = \frac{139130}{5600} = 24.8$$

Por aproximación se instalarán 24 puntos de luz. Como puede verse, el factor de uniformidad será totalmente aceptable toda vez que la separación entre puntos es de 4 m, como se indica en la figura 16, valor inferior al resultante de multiplicar la máxima relación admisible D/H, que este caso es 1.5, por el valor de la altura útil, que es 3.2 m.

$$3.2 \times 1.5 = 4.8 \text{ m} > 4 \text{ m}$$

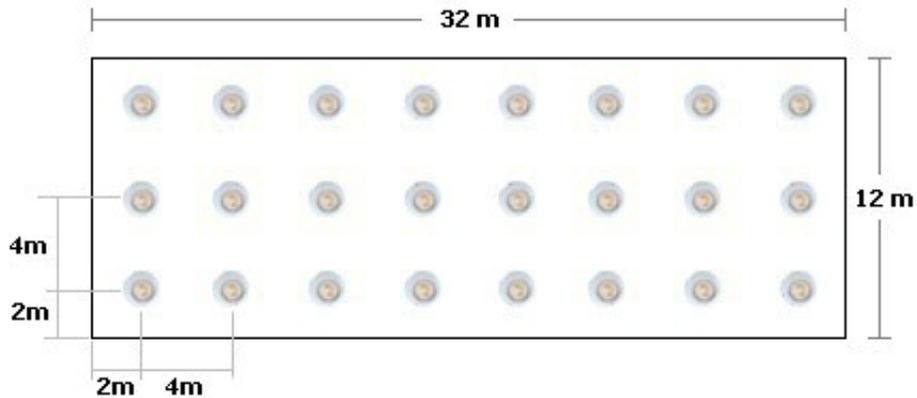


Figura 16. Distribución de las luminarias en la superficie superior del local

Si se instalen lámparas de 250 W, el número de puntos de luz se calculará de este modo:

$$N = \frac{139.13 \text{ lm}}{12000 \text{ lm}} = 11.5 \text{ puntos de luz}$$

En este caso, el nivel medio de iluminación sería el mismo, pero el factor de uniformidad sería inferior al mínimo aceptable, por lo que se prescindirá de la instalación de lámparas de tal potencia.

| Luminaria   | Distancia entre luminarias inferiores | Coeficiente de conservación           | Techo           | 70%                        |      |      | 50%  |      |      | 30%  |      |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|   |                                       |                                       | Paredes         | 50%                        | 30%  | 10%  | 50%  | 30%  | 10%  | 30%  | 10%  |
|   |                                       |                                       | Índice de Local | Coeficiente de Utilización |      |      |      |      |      |      |      |
| Luminaria de distribución simétrica para lámparas de incandescencia. Haz Estrecho. Alumbrado directo    | 0,7 x Altura de montaje               | Bueno 0,80<br>Medio 0,75<br>Malo 0,70 | J               | 0,52                       | 0,49 | 0,47 | 0,52 | 0,49 | 0,47 | 0,49 | 0,47 |
|   |                                       |                                       | I               | 0,60                       | 0,57 | 0,55 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,56 | 0,55 |
|   |                                       |                                       | H               | 0,64                       | 0,61 | 0,59 | 0,63 | 0,61 | 0,59 | 0,60 | 0,58 |
|   |                                       |                                       | G               | 0,68                       | 0,65 | 0,63 | 0,67 | 0,65 | 0,63 | 0,65 | 0,63 |
|   |                                       |                                       | F               | 0,71                       | 0,68 | 0,66 | 0,70 | 0,68 | 0,66 | 0,67 | 0,66 |
|   |                                       |                                       | E               | 0,74                       | 0,72 | 0,70 | 0,73 | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,69 |
|   |                                       |                                       | D               | 0,76                       | 0,74 | 0,72 | 0,75 | 0,73 | 0,72 | 0,73 | 0,71 |
|   |                                       |                                       | C               | 0,78                       | 0,76 | 0,74 | 0,77 | 0,75 | 0,74 | 0,74 | 0,73 |
|   |                                       |                                       | B               | 0,79                       | 0,78 | 0,76 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,76 | 0,75 |
|   |                                       |                                       | A               | 0,80                       | 0,79 | 0,78 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,76 |
| Luminaria de distribución simétrica para lámparas de vapor de mercurio. Haz Estrecho. Alumbrado directo | 1,5 x Altura de montaje               | Bueno 0,80<br>Medio 0,75<br>Malo 0,70 | J               | 0,38                       | 0,34 | 0,32 | 0,38 | 0,34 | 0,32 | 0,34 | 0,32 |
|   |                                       |                                       | I               | 0,47                       | 0,43 | 0,40 | 0,46 | 0,43 | 0,40 | 0,43 | 0,40 |
|   |                                       |                                       | H               | 0,53                       | 0,49 | 0,46 | 0,52 | 0,49 | 0,46 | 0,48 | 0,46 |
|   |                                       |                                       | G               | 0,59                       | 0,55 | 0,52 | 0,58 | 0,54 | 0,52 | 0,54 | 0,51 |
|   |                                       |                                       | F               | 0,63                       | 0,59 | 0,56 | 0,62 | 0,58 | 0,56 | 0,58 | 0,56 |
|   |                                       |                                       | E               | 0,68                       | 0,64 | 0,62 | 0,67 | 0,64 | 0,61 | 0,63 | 0,61 |
|   |                                       |                                       | D               | 0,71                       | 0,67 | 0,65 | 0,69 | 0,67 | 0,65 | 0,66 | 0,64 |
|   |                                       |                                       | C               | 0,72                       | 0,70 | 0,67 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,68 | 0,66 |
|   |                                       |                                       | B               | 0,75                       | 0,73 | 0,71 | 0,74 | 0,72 | 0,70 | 0,71 | 0,70 |
|   |                                       |                                       | A               | 0,77                       | 0,75 | 0,73 | 0,75 | 0,74 | 0,72 | 0,73 | 0,71 |

Tabla 6. Coeficientes de utilización para alumbrados de interiores

Fuente: [8]

En la tabla 10, constan los valores de iluminación recomendados para diferentes tipos de locales.

| Tareas y clases de locales  | Iluminancia media en servicio |             |        |
|---|-------------------------------|-------------|--------|
|   | Mínimo                        | Recomendado | Óptimo |
| Zonas generales de edificios  |                               |             |        |
| Zonas de circulación, pasillos  | 50                            | 100         | 150    |
| Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos                | 100                           | 150         | 200    |
| Centros docentes  |                               |             |        |
| Aulas, laboratorios   | 300                           | 400         | 500    |
| Bibliotecas, salas de audio   | 300                           | 500         | 750    |
| Oficinas  |                               |             |        |
| Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias | 450                           | 500         | 750    |
| Grandes oficinas, salas de delineación  | 500                           | 750         | 1000   |
| Comercios   |                               |             |        |
| Comercio tradicional  | 300                           | 500         | 750    |
| Grandes superficies, supermercados, salones de muestra                              | 500                           | 750         | 1000   |
| Industrias en general   |                               |             |        |
| Trabajos con requerimientos visuales limitados                                      | 200                           | 300         | 500    |
| Trabajos con requerimientos visuales normales                                       | 500                           | 750         | 1000   |
| Trabajos con requerimientos visuales especiales                                     | 1000                          | 1500        | 2000   |
| Viviendas   |                               |             |        |
| Dormitorios   | 100                           | 150         | 200    |
| Cuartos de aseo   | 100                           | 150         | 200    |
| Cuartos de estar  | 200                           | 300         | 500    |
| Cocinas   | 100                           | 150         | 200    |
| Cuartos de trabajo o de estudio   | 300                           | 500         | 750    |

Tabla 7. Valores de iluminación recomendados según los tipos de locales

Fuente: [7]

### 2.6.2 Cálculos aplicando las normas ANSI (Método de los lúmenes)

El método de los lúmenes consiste en calcular un valor medio del nivel de iluminancia en el lugar para el que se solicita el diseño del alumbrado general.

El método mediante las normas ANSI se usa en iluminación de interiores, específicamente cuando la precisión del diseño no es muy exigida, para los otros casos se puede acudir a softwares de simulación que están disponibles en la web como Dialux, Lumenlux, Calculux, entre otros. El proceso para aplicar este método consiste principalmente en algunos pasos que se detallan a continuación.

a) Datos de entrada

Primero hay que identificar el largo (b), ancho (a) y altura del local ( $h'$ ); teniendo en cuenta que la altura desde el piso hasta el punto de trabajo es 0.85 metros, tal como se muestra en la figura 17.

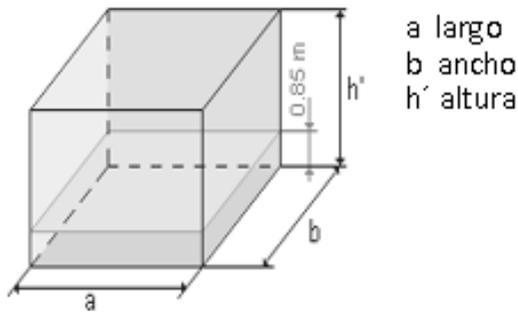


Figura 17. Datos de entrada para método ANSI.

Como segundo paso, hay que conocer el tipo de actividades que se van a emprender en el local, y de acuerdo con ello se determina el nivel de iluminancia media ( $E_m$ ). Estos valores se pueden obtener de la tabla 10, tal como en el método anterior, o de las tablas entregadas por los fabricantes de luminarias.

En tercer lugar hay que buscar la luminaria adecuada en los catálogos tomando como criterios tanto el punto de vista estético como el ahorro energético. En este sentido, lo más recomendable es la tecnología LED por su bajo consumo de energía.

Finalmente se tiene que determinar si las luminarias van empotradas en el techo o suspendidas a una determinada altura; de escogerse la segunda opción, las variantes serán las que se muestran en la figura 18, donde:

$h$ = altura entre la luminaria y el plano de trabajo  
 $h'$ = altura del local en donde se está realizando el diseño  
 $d$ = altura del techo al plano de trabajo  
 $d'$ = altura entre las luminarias y el techo

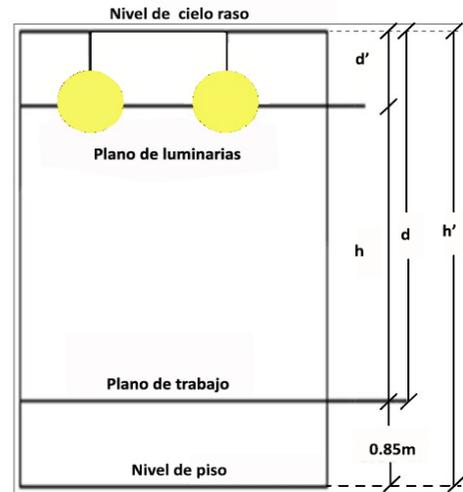


Figura 18. Dimensiones consideraras en el método de los lúmenes

Para calcular la altura ( $h$ ) entre la luminaria y el área de trabajo, se emplean ecuaciones que dependen el tipo de iluminación, así para locales con iluminación difusa, semidirecta y directa, se aplican ecuaciones en función de estas variables:

- ✓ Si los valores son mínimos y no se necesita mucha precisión:

$$h = \frac{2}{3} (h' - 0.85) \quad (24)$$

- ✓ En el caso de que se desee un valor óptimo:

$$h = \frac{4}{5} (h' - 0.85) \quad (25)$$

- ✓ Para iluminación de tipo indirecta, se recurre a las ecuaciones para cálculo de (d') y (h):

$$d' \approx \frac{1}{4} (h' - 0.85) \quad (26)$$

$$h \approx \frac{3}{4} (h' - 0.85) \quad (27)$$

- b) Cálculo de índice de local, factor de reflexión y factor de utilización

Una vez calculado el valor de (h), se procede a determinar el índice del local (k), que posee el mismo concepto explicado en el método de cálculo lumínico con las normas IEC. Para iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa, el índice de local se determina con la siguiente expresión:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)} \quad (28)$$

Si el diseño de la iluminación es de tipo indirecto o semiindirecto se utiliza, en cambio, ecuación:

$$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2(h+0.85) \cdot (a+b)} \quad (29)$$

El valor de k oscilará entre 1 y 10. Si el cálculo da como resultado valores mayores a 10 no serán considerados, sino que se tomará únicamente 10.

A continuación, con base en los materiales y acabados físicos de techo, paredes y suelo, se determina los coeficientes de reflexión, conforme los criterios expuestos en la tabla 8.

|         | Color              | Factor de reflexión (ρ) |
|---------|--------------------|-------------------------|
| Techo   | Blanco o muy claro | 0.7                     |
|         | Claro              | 0.5                     |
|         | Medio              | 0.3                     |
| Paredes | Claro              | 0.5                     |
|         | Medio              | 0.3                     |
|         | Oscuro             | 0.1                     |
| Suelo   | Claro              | 0.3                     |
|         | Oscuro             | 0.1                     |

Tabla 8. Coeficiente de reflexión según el color de techo, paredes y suelo  
Fuente: [7]

Con la identificación del índice de local y los factores de reflexión, se procede a determinar el factor de utilización. Estos valores, por lo general, son entregados por los fabricantes y se encuentran en tablas.

A continuación, en la tabla 12 constan los valores del coeficiente de utilización según los coeficientes de reflexión y el índice de local.

| Tipo de aparato de alumbrado | Índice del local k | Factor de utilización (γ)          |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------------|--------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                              |                    | Factor de reflexión del techo      |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                              |                    | 0.7                                |     |     | 0.5 |     |     | 0.3 |     |     |
|                              |                    | Factor de reflexión de las paredes |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                              |                    | 0.5                                | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.1 |
|                              | 1                  | .28                                | .22 | .16 | .25 | .22 | .16 | .26 | .22 | .16 |
|                              | 1.2                | .31                                | .27 | .20 | .30 | .27 | .20 | .30 | .27 | .20 |
|                              | 1.5                | .39                                | .33 | .26 | .36 | .33 | .26 | .36 | .33 | .26 |
|                              | 2                  | .45                                | .40 | .35 | .44 | .40 | .35 | .44 | .40 | .35 |
|                              | 2.5                | .52                                | .46 | .41 | .49 | .46 | .41 | .49 | .46 | .41 |
|                              | 3                  | .54                                | .50 | .45 | .53 | .50 | .45 | .53 | .50 | .45 |
|                              | 4                  | .61                                | .56 | .52 | .59 | .56 | .52 | .59 | .56 | .52 |
|                              | 5                  | .63                                | .60 | .56 | .63 | .60 | .56 | .62 | .60 | .56 |
|                              | 6                  | .68                                | .63 | .60 | .66 | .63 | .60 | .65 | .63 | .60 |
|                              | 8                  | .71                                | .67 | .64 | .69 | .67 | .64 | .68 | .67 | .64 |
|                              | 10                 | .72                                | .70 | .67 | .71 | .70 | .67 | .71 | .70 | .67 |

Tabla 9. Ejemplo de cálculo del factor de utilización  
Fuente: [9]

c) Determinación del factor de conservación

El siguiente paso consiste en definir el factor de conservación, el cual depende del grado de mantenimiento y contaminación del lugar para el que se planifica el diseño lumínico.

| Ambiente | Factor de conservación (fm) |
|----------|-----------------------------|
| Limpio   | 0.8                         |
| Sucio    | 0.6                         |

Tabla 10. Factor de mantenimiento o conservación  
Fuente: [7]

d) Cálculo del flujo luminoso total

El flujo luminoso total del local se calcula mediante esta ecuación:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} \Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} \quad (30)$$

Donde:

|          |   |   |
|----------|---|---|
| $\Phi_T$ | = | Flujo luminoso total (lúmenes)                        |
| E        | = | Iluminancia media indicada en normas técnicas (luxes) |
| S        | = | Área del local  |
| $\eta$   | = | Factor de utilización                                 |
| fm       | = | Factor de mantenimiento                               |

Una vez determinado el flujo total, se procede a calcular el número de luminarias necesarias para el diseño lumínico.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} \quad (31)$$

Donde:

|          |   |  |
|----------|---|--|
| N        | = | es el número de luminarias             |
| $\Phi_T$ | = | es el flujo luminoso total             |
| $\Phi_L$ | = | es el flujo luminoso de una lámpara    |
| n        | = | es el número de lámparas por luminaria |

A continuación se determina la distribución de las luminarias a lo largo y ancho del local. Usualmente el asume como criterio un techo rectangular en donde los puntos de luz se colocarán uniformemente de una manera simétrica, lo que se calcula con las ecuaciones (31) y (32), como se visualiza en la figura 19.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{(N_{Total}) \cdot (ancho)}{largo}} \quad (32)$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left(\frac{largo}{ancho}\right) \quad (33)$$

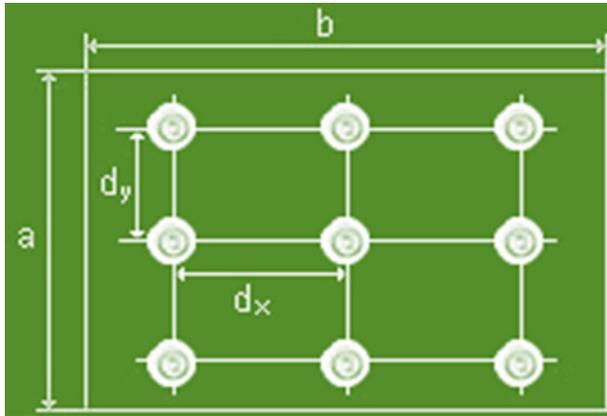


Figura 19. Distancia en vertical y horizontal óptima entre las luminarias

Un aspecto que no debe olvidarse es el ángulo de apertura del haz de luz, pues influye en la determinación de la altura y la separación máxima de las luminarias, tal y como se expone en la figura 20.

Se pueden instalar varios tipos de luminarias, en función de los diferentes ángulos de apertura: las intensivas, semiintensivas, dispersoras, semiextensivas, extensivas e hiperextensivas, como se muestra en la tabla 11. En la figura 21 se esquematiza el ángulo de apertura del haz de luz para una luminaria de tipo intensiva.

| Tipo de luminaria | Ángulo de apertura             |
|-------------------|--------------------------------|
| Intensiva         | $\alpha < 30^\circ$            |
| Semiintensiva     | $30^\circ < \alpha < 40^\circ$ |
| Dispersoras       | $40^\circ < \alpha < 50^\circ$ |
| Semiextensiva     | $50^\circ < \alpha < 60^\circ$ |
| Extensiva         | $60^\circ < \alpha < 70^\circ$ |
| Hiperextensiva    | $70^\circ < \alpha < 90^\circ$ |

Tabla 11. Ángulo de apertura según el tipo de luminaria

Fuente: [10]

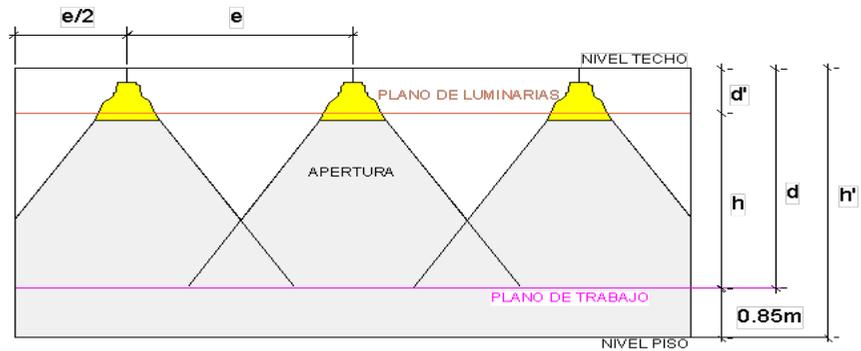


Figura 20. Ubicación de luminarias en función de su apertura de luz

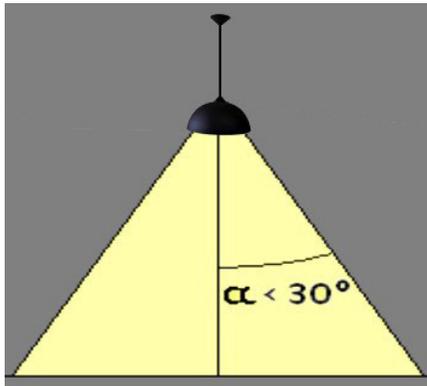


Figura 21. Haz de luz para una luminaria intensiva

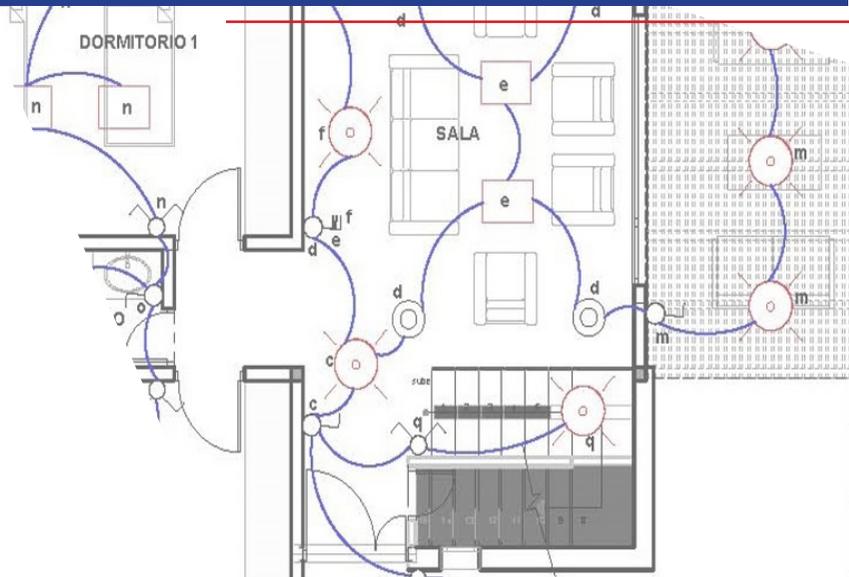
#### e) Comprobación de los resultados

Finalmente y ya con todos los resultados, se comprueba si la iluminancia media diseñada para la instalación cumple con los valores recomendados en las tablas de las normas, para ello se ha creado esta ecuación (34):

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi \cdot T \cdot \eta \cdot f_m}{s} \geq E_{tablas} \quad (34)$$

# Capítulo III

## 3. Instalaciones eléctricas domiciliarias



## 3.1 Materiales y accesorios, simbología eléctrica

### 3.1.1 Transformadores

Son dispositivos cuyo objetivo principal es aumentar o disminuir el nivel de tensión o voltaje. La medida de capacidad de los transformadores es el kilovolt amperio reactivo y su simbología es el KVA.

Existen transformadores de tipo monofásico y trifásico, cuya capacidad depende de cada uno de los requerimientos particulares de las cargas. Y existen tipos de transformadores según el tipo de diseño, entre los principales están los convencionales y los pad mounted. Los transformadores de tipo convencional son más frecuentes en las redes aéreas de los sistemas de distribución eléctrica; mientras que los transformadores pad mounted se usan más en redes soterradas y edificios que requieren su propia estación de transformación.



Figura 22. Transformador convencional (izquierda) y pad mounted (derecha)  
Fuente. [11]

### 3.1.2 Medidor de energía

Es un dispositivo cuyo objetivo específico es medir el consumo de energía de un circuito o un servicio eléctrico. Normalmente está calibrado en unidades de facturación, la más común es el kilovatio-hora (kWh). Dependiendo de los requerimientos de la carga, se pueden instalar medidores monofásicos a dos hilos, medidores monofásicos a tres hilos o medidores trifásicos a cuatro hilos.

Actualmente en el sector residencial se están instalando medidores monofásicos a tres hilos, debido al uso de las cocinas de inducción, ya que estas funcionan con voltajes de 210 o 220 voltios tal como se presenta en la figura 23. En el sector comercial e industrial, en cambio, se instalan en mayor cantidad los medidores trifásicos a cuatro hilos, debido al requerimiento propio de motores, bombas, ventiladores, etc.



Figura 23. Medidor de electricidad  
Fuente: [12]

### 3.1.3 Tableros para medidores de energía

En los tableros eléctricos se encuentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos ellos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente.

En nuestro medio, los tableros se diseñan de metal o aluminio y albergan a los equipos de medición. Deben estar instalados en un lugar de fácil acceso para las personas que realizan las lecturas del consumo de energía de cada usuario. Estos dispositivos son propiedad de la empresa de distribución eléctrica.



Figura 24. Tablero para medidores de energía  
Fuente: [13]

### 3.1.4 Interruptor termomagnético

Se pueden hallar diferentes tipos de interruptores termomagnéticos (figura 25), entre ellos:

- Interruptor monofásico.
- Interruptor bifásico.
- Interruptor trifásico 3 hilos.
- Interruptor trifásico 4 hilos.



Figura 25. Tipos de interruptores termomagnéticos<sup>2</sup>  
Fuente: [14]

Estos dispositivos se instalan de acuerdo con los requerimientos de cada uno de los casos. Su función es proteger los circuitos eléctricos de las sobrecorrientes producidas por los cortocircuitos o las sobrecargas.

Un interruptor magnetotérmico, interruptor termomagnético o llave térmica, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes: un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

### 3.1.5 Tablero de distribución

Los tableros de distribución constituyen una parte inherente a toda red eléctrica. Se fabrican para conducir corriente eléctrica, desde unos pocos amperios hasta el orden de 4000 Amp, así como para soportar los niveles de corrientes de cortocircuito y los niveles de tensión de la red eléctrica. Desde estos tableros se originan cada uno de los circuitos de iluminación, fuerza y especiales.

Algunos tableros disponen de un interruptor y un fusible para cada circuito; otros paneles usan breakers los cuales proveen ambas protecciones.

Se distinguen dos tipos de tableros de distribución:

- ✓ El primer tipo, conocido como tablero de distribución principal, distribuye la alimentación eléctrica a cada tablero de distribución secundario. Se encuentra en el exterior de la edificación.



Figura 26. Tablero de distribución principal  
Fuente: [15]

- ✓ El segundo tipo, conocido como tablero de distribución secundario, alberga a cada uno de los circuitos individuales que alimentan las cargas de iluminación, fuerza y especiales. Se



Figura 27. Tablero de distribución secundario<sup>4</sup>  
Fuente: [16]

### 3.1.6 Conductores

Un conductor eléctrico es un material que posibilita la circulación de la corriente eléctrica. Esta capacidad está dada por la escasa resistencia que ejerce ante el movimiento de la carga eléctrica.

Un cable eléctrico es un elemento fabricado y pensado para conducir electricidad. Se fabrica con materiales de baja resistividad, por lo general de cobre por su alto grado de conductividad, también se utiliza el aluminio, aunque su grado de conductividad es menor, pero resulta más económico que el cobre.

### 3.1.6.1 Partes de un conductor

**Conductor eléctrico:** es la parte del cable que transporta la electricidad. Puede estar constituido por uno o más hilos de cobre o aluminio.

**Aislamiento:** es la parte que recubre el conductor. Se encarga de que la corriente eléctrica no se escape del cable y sea transportada de principio a fin por el conductor.

**Capa de relleno o protección:** se encuentra entre el aislamiento y el conductor. Su función es que el cable conserve un aspecto circular, ya que en muchas ocasiones los conductores no son redondos o tienen más de un hilo; con la capa de relleno se logra un aspecto redondo y homogéneo.

**Cubierta:** es el material que protege al cable de la intemperie y de los elementos externos.

En la figura 28 se esquematizan estas partes:

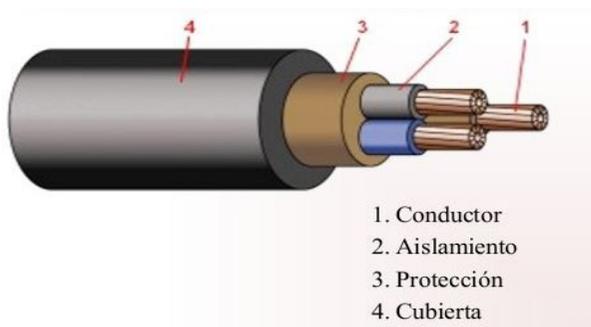


Figura 28. Partes de un conductor<sup>5</sup>  
Fuente: [17]

### 3.1.6.2 Tipos de un conductor según su alambre

**Conductor desnudo:** es un solo alambre en estado sólido, no flexible, sin recubrimiento. Un ejemplo de uso este tipo de conductores es la conexión a tierra en conjunto con las picas de tierra.



Figura 29. Conductor desnudo  
Fuente: [18]

**Conductor aislado:** en este caso, el conductor va recubierto de una capa de aislante de material plástico para que no entre en contacto con ningún otro elemento como otros conductores, personas u objetos metálicos.



Figura 30. Conductor aislado<sup>7</sup>  
Fuente: [19]

Cable eléctrico flexible: es el más comercializado y el más utilizado. Está compuesto por una multitud de finos alambres de cobre o aluminio, los cuales están recubiertos por materia plástica.



Figura 31. Conductor flexible  
Fuente: [19]

### 3.1.6.3 Nomenclatura de un conductor

Todos los conductores llevan una nomenclatura (figura 32), en función de la cual se reconocen las diferentes especificaciones técnicas y el nivel de carga que pueden soportar. La tabla 12 detalla las distintas posibilidades de nomenclatura asignadas a un conductor.



Figura 32. Conductor con nomenclatura<sup>9</sup>  
Fuente: [19]

| Nomenclatura |     | Nombre   | Función  |
|--------------|-----|--|--|
| 1            | T   | Thermoplastic                                    | Aislamiento termoplástico (este lo tienen todos los cables).   |
| 2            | H   | Heat resistant                                   | Resiste al calor hasta 75° C (167° F).   |
| 3            | HH  | Heat resistant                                   | Resiste al calor hasta 90° C (194° F)  |
| 4            | W   | Water resistant                                  | Resiste al agua y a la humedad.  |
| 5            | LS  | Low smoke  | Posee baja emisión de humos y bajo contenido de gases contaminantes.   |
| 6            | SPT | Servive paralell thermoplastic (o Cordón dúplex) | Cordón que se compone de dos cables flexibles y paralelos con aislamiento de plástico y que están unidos entre sí. |

Tabla 12. Nomenclatura que reciben los conductores<sup>10</sup>  
Fuente: [19]

### 3.1.6.4 Tipos de un conductor según su material

Se han identificado diferentes tipos de aislamiento para conductor, lo que depende de la capacidad de corriente que puede transportar, del nivel de tensión que soportan y de las condiciones físicas a la que estará sometido. Entre los principales aislamientos están los de tipo termoplástico y termoestable.

En el grupo del aislamiento termoplástico se incluyen a los de PVC (Policloruro de vinilo), PE (Polietileno) y PCP (Policloropeno, neopreno o plástico). Y en el grupo de aislamiento termoestable están materiales como XLPE (Polietileno reticulado), EPR (Etileno-propileno) y MICC (Cobre revestido, mineral aislado).

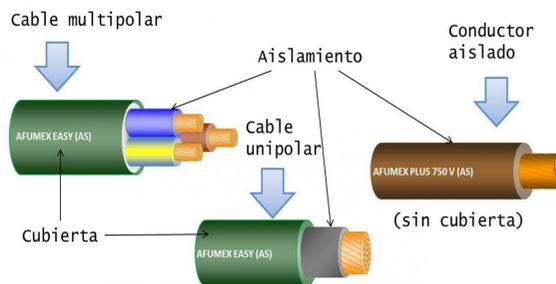


Figura 33. Conductores con diferentes aislamientos  
Fuente: [20]

### 3.1.6.5 Calibres de un conductor según su amperaje

Para determinar el conductor que debe usarse en un circuito, el primer paso es calcular la corriente que va a circular en ese circuito específico. Los calibres del conductor están relacionados directamente con la capacidad de corriente que pueden transportar.

| Nivel de temperatura:      | 60°C               | 75°C           | 90°C                 | 60°C                       |                    |
|----------------------------|--------------------|----------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| Tipo de aislante:          | TW                 | RHW, THW, THWN | THHN, XHHW-2, THWN-2 | SPT                        |                    |
| Medida / calibre del cable | Amperaje soportado |                |                      | Medida / calibre del cable | Amperaje soportado |
| 14 AWG                     | 15 A               | 15 A           | 15 A                 | 20 AWG                     | 2 A                |
| 12 AWG                     | 20 A               | 20 A           | 20 A                 |                            |                    |
| 10 AWG                     | 30 A               | 30 A           | 30 A                 |                            |                    |
| 8 AWG                      | 40 A               | 50 A           | 55 A                 |                            |                    |
| 6 AWG                      | 55 A               | 65 A           | 75 A                 |                            |                    |
| 4 AWG                      | 70 A               | 85 A           | 95 A                 |                            |                    |
| 3 AWG                      | 85 A               | 100 A          | 115 A                |                            |                    |
| 2 AWG                      | 95 A               | 115 A          | 130 A                |                            |                    |
| 1 AWG                      | 110 A              | 130 A          | 145 A                | 18 AWG                     | 10 A               |
| 1/0 AWG                    | 125 A              | 150 A          | 170 A                |                            |                    |
| 2/0 AWG                    | 145 A              | 175 A          | 195 A                |                            |                    |
| 3/0 AWG                    | 165 A              | 200 A          | 225 A                |                            |                    |
| 4/0 AWG                    | 195 A              | 230 A          | 260 A                | 16 AWG                     | 13 A               |
|                            |                    |                |                      |                            |                    |
|                            |                    |                |                      | 14 AWG                     | 18 A               |
|                            |                    |                |                      |                            |                    |
|                            |                    |                |                      | 12 AWG                     | 25 A               |
|                            |                    |                |                      |                            |                    |

Tabla 13. Calibres de conductores según el amperaje que soportan los cables de cobre  
Fuente: [21]

En la tabla 13 se aprecia que los conductores más gruesos (4/0 AWG) transportan corrientes de 195, 230, 260 amperios, dependiendo del tipo de aislamiento; de igual manera, los calibres más delgados, como el 14 AWG, son capaces de transportar corrientes de 15 amperios.

### 3.1.6.6 Código de colores

Los conductores se distinguen con colores que están homologados internacionalmente: el color blanco para conductores neutros (que son los que tienen un voltaje cero), por los cuales circula la corriente de regreso hacia el panel de carga; los colores negro, rojo, café son utilizados para conductores que tienen voltaje; y finalmente los conductores de color verde o desnudo se emplean para la tierra, su objetivo es evitar descargas. La tabla 14 describe esta estandarización:

| COLOR                   | FOTO   | USO  |
|-------------------------|--|--|
| Blanco                  |   | <b>Neutro:</b> Cable con voltaje cero que conduce la corriente de regreso hacia el panel de carga. |
| Negro, rojo o café      |   | <b>Activo:</b> Cable <i>caliente</i> o vivo con carga completa de voltaje.                         |
| Verde o alambre desnudo |  | <b>Tierra:</b> Cable que se conecta a tierra física para evitar descargas.                         |

Tabla 14. Tipos de conductores según su color  
Fuente: El autor

### 3.1.7 Tomacorrientes

Un tomacorriente es un dispositivo que dispone de ranuras para la inserción de las clavijas que alimentan eléctricamente a un dispositivo. Se pueden hallar diferentes tipos de tomacorrientes de acuerdo

con el nivel de voltaje y el país donde se utilicen, cada uno con diferentes tipos de aislamientos. Así, por ejemplo, en la construcción de una vivienda los tomacorrientes deben empotrarse a una altura de 0.40 m.

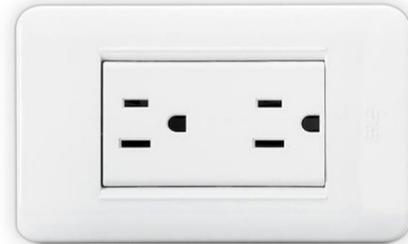


Figura 34. Tomacorriente  
Fuente: El autor

#### 3.1.7.1 Tomacorrientes para coches eléctricos

Estos tomacorrientes son dispositivos específicos para conectar y cargar coches eléctricos (VE); su carga ha de ser del tipo lento, ya que podría tardar entre 4 y 12 horas. En el momento de dimensionar las cargas de la casa se estimará que la carga del coche eléctrico tenga una potencia que oscila entre valores de 2 a 8 kW. El tomacorriente especial se ha de instalar en el área de parqueadero del vehículo. Se estima que las cargas se lleven a cabo durante las horas de la noche cuando el coche eléctrico no esté en uso [22].

Para el caso específico de Ecuador, en el momento de proceder a la compra de un coche eléctrico, el usuario tendrá que notificar la compra del VE a la empresa de distribución del área de concesión en la que se encuentre para que la distribuidora tome las siguientes directrices:

- Estudiará la carga a nivel del transformador de la zona para determinar si el mencionado equipo dispone de la capacidad necesaria para instalar la carga del VE.
- La distribuidora de energía procederá a colocar un medidor de energía que cumpla con los requerimientos técnicos necesarios para registrar el consumo de la carga del coche eléctrico.
- La empresa distribuidora aplicará al usuario la política de subsidiar kilovatios hora eléctricos como aporte del estado al uso de vehículos eléctricos.

Para efectos de carga rápida se requieren de potencias elevadas del sistema, con valores que oscilan entre 44 a 50 kW; se estima que las cargas tomen un tiempo aproximado de media hora. En el sector residencial, la instalación de estos cargadores en Ecuador no es viable técnica ni económicamente, puesto que se requeriría de una estación de transformación por domicilio.

A continuación, la figura 35 visualiza los diferentes niveles de potencia de los sistemas de carga de vehículos eléctricos.

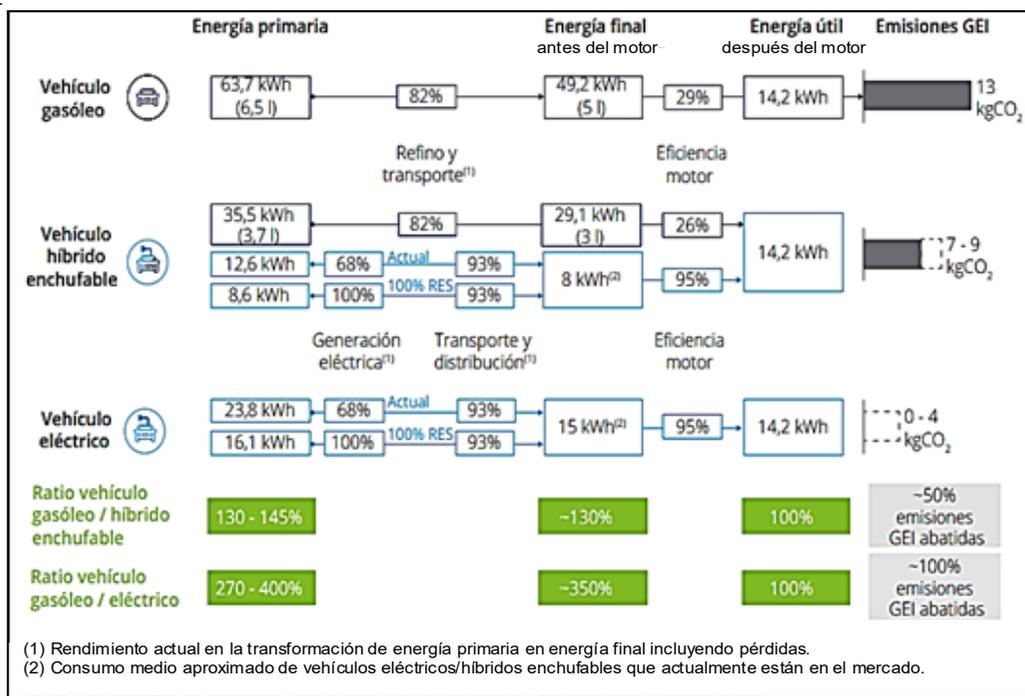


Figura 35. Infraestructura para carga de coches eléctricos  
Fuente: [23]

### 3.1.8 Interruptores

Se denomina interruptor a un elemento intercalado en un circuito eléctrico con capacidad para interrumpir la circulación de la corriente eléctrica hasta que este deje de funcionar. Generalmente se fabrica con elementos metálicos conductores de la corriente sobre los que se actúa manualmente a través de un elemento plástico no conductor de la corriente para evitar contactos involuntarios. En la construcción de una vivienda, los interruptores deben empotrarse a una altura de 1.20 m.



Figura 36. Modelos de interruptores  
Fuente: [24]

### 3.1.9 Conmutadores

La función principal de un conmutador es controlar un punto de luz desde dos puntos diferentes, muy útil por ejemplo en escaleras, donde un interruptor se coloca al principio y otro al final o en áreas muy grandes.

En la figura 37 se aprecia el esquema eléctrico de un conmutador.

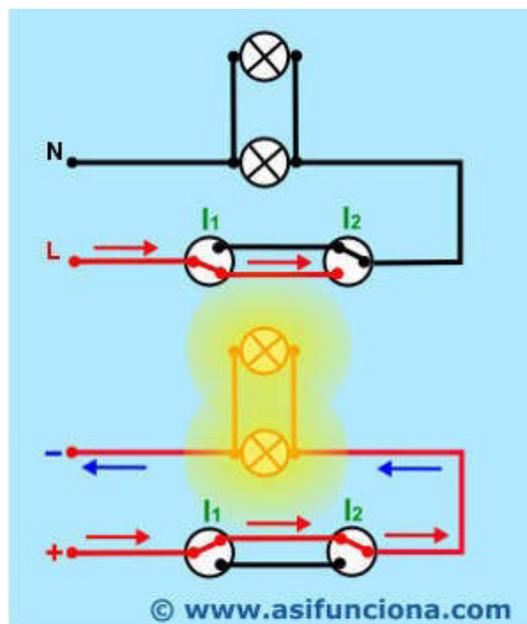


Figura 37. Diagrama del funcionamiento de un conmutador  
Fuente: [25]

### 3.1.10 Simbología eléctrica

La simbología es la representación gráfica mediante símbolos de los diferentes componentes de un circuito eléctrico. Estos símbolos están homologados y varían de acuerdo con la norma en vigencia. En la tabla 15 constan algunos símbolos eléctricos más usuales.

| Símbolo   | Descripción                       | Símbolo   | Descripción        |
|---|-----------------------------------|---|--------------------|
|  | Corriente alterna AC              |  | Tomacorriente      |
|  | Lámpara, símbolo general          | <b>W</b>  | Varios (potencia)  |
|  | Interruptor normalmente abierto   | <b>ON</b>   | Encendido          |
|  | Medidor                           | <b>OFF</b>  | Apagado            |
|  | Tablero general                   |  | Voltímetro         |
|  | Salida para luz                   |  | Amperímetro        |
|  | Salida para alumbrado en la pared |  | Interruptor        |
|  | Tomacorriente simple bipolar      | •S  | Interruptor simple |
|  | Tomacorriente doble               | •S <sub>1</sub>   | Interruptor doble  |
|  | Caja de unión (pase) en el techo  |  | Pulsador           |
|  | Caja de unión (pase) en la pared  |  | Zumbador           |

Tabla 15. Simbología instalación eléctrica norma IEC.

Fuente: [26]

### 3.1.11 Tubería

Los conductores deben ir protegidos dentro de la tubería de PVC, con diámetros adecuados al número y calibre de los conductores y se empleando todos los accesorios estandarizados del mismo material. Los cortes en las tuberías deberán ser perpendiculares al eje longitudinal. Previo al tendido de conductores, se limpiarán perfectamente las tuberías para eliminar toda rebaba que pueda dañarlos.

### 3.1.12 Placas, tacos y cajetines

Para los dispositivos de control, así como para los tomacorrientes, se recomiendan elementos empotrables, con tacos intercambiables. Las placas deben ser metálicas

De igual modo, los cajetines deben ser metálicos, de tamaños normalizados en el mercado local, para instalaciones empotradas con tubos politubo; en los casos de cajetines de empalmes y, de paso, sus tapas correspondientes. Se emplearán tres tipos de cajetín: rectangulares de 2" x 4" x 1.3/4" para portadispositivos interruptores simples, conmutadores simples y tomacorrientes; octogonales o circulares de 3.1/2" x 1.1/2" para salidas de iluminación y también como cajas de conexión; y cuadrados de 4" x 4" x 2" para derivaciones en donde existan más de 4 tubos de 3/4" y 1/2" o tuberías de diámetro mayor.

### 3.1.13 Bandejas portacable

El objetivo principal de una bandeja portacable es tender los conductores o actuar como soporte de los cables. El sistema de bandejas era más común en el sector industrial, pero ahora es bastante frecuente en instalaciones domiciliarias y edificios, debido a sus ventajas: fácil montaje, mantenimiento y uso [27].

Durante el montaje de experiencias reales se observa que el traslado y manipulación es mejor que el uso de otras opciones convencionales; así mismo desde el punto de vista económico resulta ser la opción más barata. En aspectos de mantenimiento, permite identificar inmediatamente el fallo, así como su reposición. Durante el uso, la capacidad de conducción de los cables es aprovechada al máximo y permite efectuar modificaciones con relativa facilidad.

En la figura 38 se grafican algunos tipos de bandejas comunes en el sector industrial, residencial y comercial, entre los principales están los tipo escalera, perforada, ciega y alambre.

Los principales materiales de construcción de bandejas son plástico, alambre de hierro, chapa de aluminio, chapa de acero inoxidable y chapa de hierro. Algunos requerimientos de las bandejas son poseer suficiente capacidad para soportar esfuerzos mecánicos, además de no presentar rebabas o filos cortantes que puedan afectar las características físicas de los cables o producir cortes al personal que realiza el tendido de los conductores

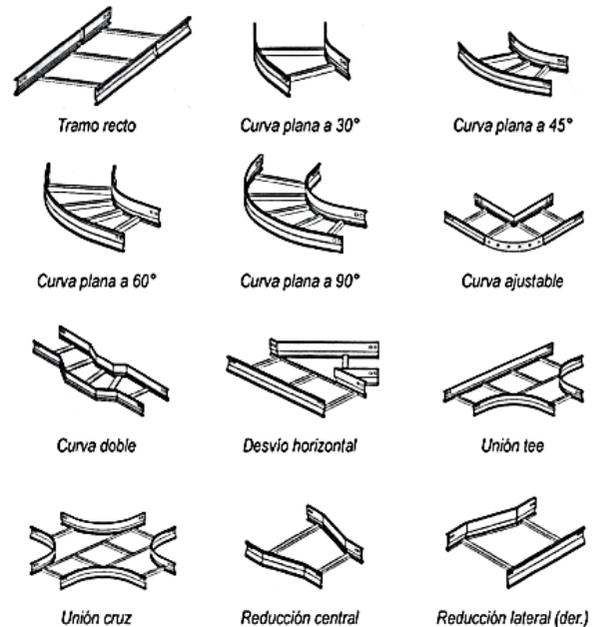


Figura 38. Tipos de bandejas utilizadas en instalaciones eléctricas  
Fuente: [28]

## 3.2 Circuitos eléctricos

En un sistema de cableado, un ramal es aquella parte de las extensiones del sistema que se encuentra más alejada del dispositivo de protección automático de sobrecarga. Los ramales representan el último paso en la transferencia de potencia desde el servicio a los circuitos de las edificaciones. Los diseños de los ramales deberían estar bajo todas las consideraciones respectivas del caso para proveer los adecuados requerimientos de la carga moderna: capacidad, regulación, accesibilidad, flexibilidad y seguridad.

Capacidad: todos y cada uno de los circuitos, ya sean estos de potencia o de iluminación, deben poseer el tamaño adecuado para la carga que debe ser abastecida teniendo en cuenta su posible crecimiento.

Accesibilidad y flexibilidad: son dos importantes características que los ramales deben poseer. En edificios comerciales e industriales hay que considerar que, ante cualquier cambio de la carga, el sistema debe responder sin mayor alteración, lo que involucraría cualquier reubicación de la carga en el sitio de trabajo.

Seguridad: además de las recomendaciones de seguridad que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en su apartado Instalaciones Eléctricas (Principios generales para el Diseño de Instalaciones Eléctricas), los circuitos deben poseer la propiedad de responder ante cualquier variación no prevista con la seguridad adecuada y sin tener que haber sido reestructurados [28]. Los sistemas eléctricos modernos usan tres tipos de sistemas básicos de ramales para servir a los voltajes de luz y tomas de potencia. Los circuitos pueden ser derivados desde los sistemas secundarios de distribución de la siguiente manera:

Fases individuales, sistema a 3 hilos: se trata de un sistema comúnmente diseñado para abastecer pequeños apartamentos y construcciones comerciales. Los circuitos pueden ser servidos tanto iluminación como motores de fase individual, aunque el sistema está limitado solamente a donde la carga del motor no exceda más de 5HP. Se pueden obtener voltajes de 240 V entre los dos hilos y también voltajes de 120/240 V con los tres hilos, esto depende de los requerimientos tanto para la iluminación como para la toma.

Tres fases, 3 hilos: comúnmente conocida como conexión delta en el sistema secundario con voltajes fase-fase de 240 o 480 V entre cada par de fases de conductores. Se recurre a este sistema cuando la carga del motor representa una parte grande de la carga total. En algunos casos de motores se requieren 480 V, 240 V o 120 V y justamente este conexas es el apropiado para suplir tal requerimiento con neutro incluido.

Tres fases, 4 hilos: este sistema es el más frecuente en lo que respecta al sistema de distribución secundario. Las configuraciones más usadas son: 120/208 V (sistema 3F4 H con neutro aterrizado). Una variedad de circuitos con ese sistema están disponibles, así por ejemplo:

4 H: 120/208 V  
3 H: 120/208 V  
3 H: 208 V  
2 H: 208 V  
2 H: 120 V

Cálculos de carga: antes de determinar el calibre del conductor que conformará el circuito es necesario saber la corriente eléctrica que circulará por él. Cuando se trata de un sistema de dos hilos, la corriente se calcula con esta ecuación:

$$I = \frac{\text{Carga total conectada (W)}}{\text{voltaje de línea (V)}} \quad (35)$$

I= Corriente de carga sobre el conductor

En un sistema a tres hilos se debe aplicar la misma fórmula para ramales de dos hilos considerando cada línea al neutro separadamente. Al utilizar el voltaje fase-neutro, los resultados darán la corriente en línea.

### 3.2.1 Número de circuitos

El número de ramales requeridos para manejar la carga general está basado en la carga total requerida, el trazo de los sistemas de iluminación y los tomacorrientes y en la capacidad de los circuitos prefigurados para el lugar. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en su apartado Instalaciones Eléctricas (Circuitos), el número de circuitos no debería ser menor a la carga total calculada con respecto a la capacidad de los conductores. Sin embargo, cuando un ramal deba estar con carga por un largo período, tal como en iluminación general, áreas de oficina, escuelas, hospitales, plantas industriales, etc., la carga total del circuito no debería exceder el 80 % de la capacidad del circuito [28].

Al utilizar iluminación fluorescente o de vapor de mercurio, la presencia de los efectos de la inductancia del balastro o transformador crean un factor de potencia considerable. La determinación de la carga en tal caso podría estar basada sobre el total de los amperios de carga y no sobre la potencia (vatios) de las lámparas. En general, el espaciamiento entre los tomacorrientes no debería exceder la distancia entre el techo y el piso. En edificios industriales, la localización y el espaciamiento de las tomas debería variar con el tipo de trabajo, el tamaño y la arquitectura del interior.

### 3.2.2 Cargas en circuitos eléctricos

Las limitaciones establecidas sobre el uso de los ramales con dos o más tomas son las siguientes:

a) Interruptores termomagnéticos de 15 a 20 A para iluminación y algunas herramientas 30A podrían servir unidades de iluminación, entre otras ocupaciones; además de las ocupaciones de habitación 50A para

aplicaciones de habitación, cocina, agua caliente, lámparas infrarrojas de calentamiento, etc.

El diseño de ramales de iluminación y de aplicaciones varias debería estar basado en un mínimo previsto, por ejemplo, en habitaciones (hoteles y apartamentos) un ramal de 20A, 2 hilos, circuito de 120 V por cada 50 pies cuadrados de área por piso. En otro ejemplo, un ramal de 3 hilos, 20 A, 120/240 o 120/208 V debería estar provisto para aplicaciones de carga en la cocina, lavandería y despensa, cuarto de lavado y desayunador. En apartamentos y cuartos de hotel, todos los receptáculos para las tomas deberían de ser para 15A o menos (excepto para tomas de aire acondicionado y aplicaciones de la cocina).

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en su apartado Instalaciones Eléctricas (Protecciones contra sobrecorrientes), los dispositivos de sobrecorriente en algunos ramales no deben exceder la capacidad de transporte de corriente del conductor [28].

En la figura 39 se ejemplifica las consecuencias de no diseñar adecuadamente un circuito eléctrico.



Figura 39. Conductores dañados por sobrecorriente  
Fuente: [29]

### 3.2.3 Trazo en planos

El primer paso en el diseño eléctrico de una vivienda es determinar la ubicación de las luminarias mediante el método de los lúmenes, por ejemplo. Luego hay que ubicar los interruptores y, de ser el caso, los conmutadores. A continuación, se procede a ubicar los tomacorrientes a lo largo de la vivienda dependiendo de cada uno de los requerimientos particulares. Luego se traza la ubicación de los tomacorrientes especiales. Posteriormente se determina la carga total instalada en la vivienda y se calcula el número de circuitos.

### 3.4 Diagrama unifilar de una vivienda y componentes

A continuación, se detallan algunas consideraciones generales para el diseño eléctrico de una vivienda, basados en la experiencia y en las normas técnicas de las empresas de comercialización del país:

- Diseño de circuitos de fuerza de máximo 10 tomas por circuito.
- La carga total del circuito de fuerza es de 2000 W.
- Estimar una carga de 200 W por cada tomacorriente.
- Para los circuitos de iluminación, hay que considerar cargas de hasta 1500 W.
- Tener presentes circuitos especiales, los previstos para lavadoras, secadoras, duchas eléctricas o bombas.
- Un circuito especial para las cocinas de inducción es aquel que va desde el tablero de distribución secundario 1F-3C/220 V, con una carga de 3000-4500W.
- Una vez observadas todas estas recomendaciones, se procede a elaborar el cuadro de potencias, el cual consta de los calibres de los conductores de cada uno de los circuitos, la fase o las fases a las cuales están conectadas las cargas, las capacidades de los interruptores termomagnéticos y la potencia activa de cada circuito. La tabla 16 constituye un ejemplo de lo manifestado.

| Número de Circuito | Tipo de Servicio | Voltaje (V) | Carga instalada | Factor de coincidencia | Demanda Máxima | Corriente (A) | Circuito AWG | Protección | Conexión a |   |
|--------------------|------------------|-------------|-----------------|------------------------|----------------|---------------|--------------|------------|------------|---|
|                    |                  |             |                 |                        |                |               |              |            | A          | B |
| C1                 | Iluminación      | 127         | 1.104           | 0,7                    | 773            | 11            | 2x#14        | 1P-15A     | X          |   |
| C2                 | Tomacorrientes   | 127         | 2.000           | 0,35                   | 700            | 16            | 2x#12+1x#14  | 1P-20A     |            | X |
| C3                 | Tomacorrientes   | 127         | 1.500           | 0,35                   | 525            | 15            | 2x#12+1x#14  | 1P-15A     | X          |   |
| C4                 | Tomacorrientes   | 127         | 2.000           | 0,35                   | 700            | 16            | 2x#12+1x#14  | 1P-20A     |            | X |
| C5                 | Tomacorrientes   | 127         | 2.000           | 0,35                   | 700            | 16            | 2x#12+1x#14  | 1P-20A     | x          |   |
| C6                 | Especiales       | 220         | 3.500           | 0,5                    | 1.750          | 20            | 2x#10+1x#12  | 2P-20A     |            | X |
| <b>Total (W)</b>   |                  |             | 12.104          |                        | 5.148          |               |              |            |            |   |

Tabla 16. Cuadro de potencias

Con el objetivo de que el plano eléctrico sea aprobado por la empresa de comercialización, es esencial adjuntar un diagrama unifilar en el que conste toda la información referente a calibres de conductores, interruptores termomagnéticos, número de fases y número de circuitos. La figura 40 muestra un ejemplo de un diagrama unifilar eléctrico.

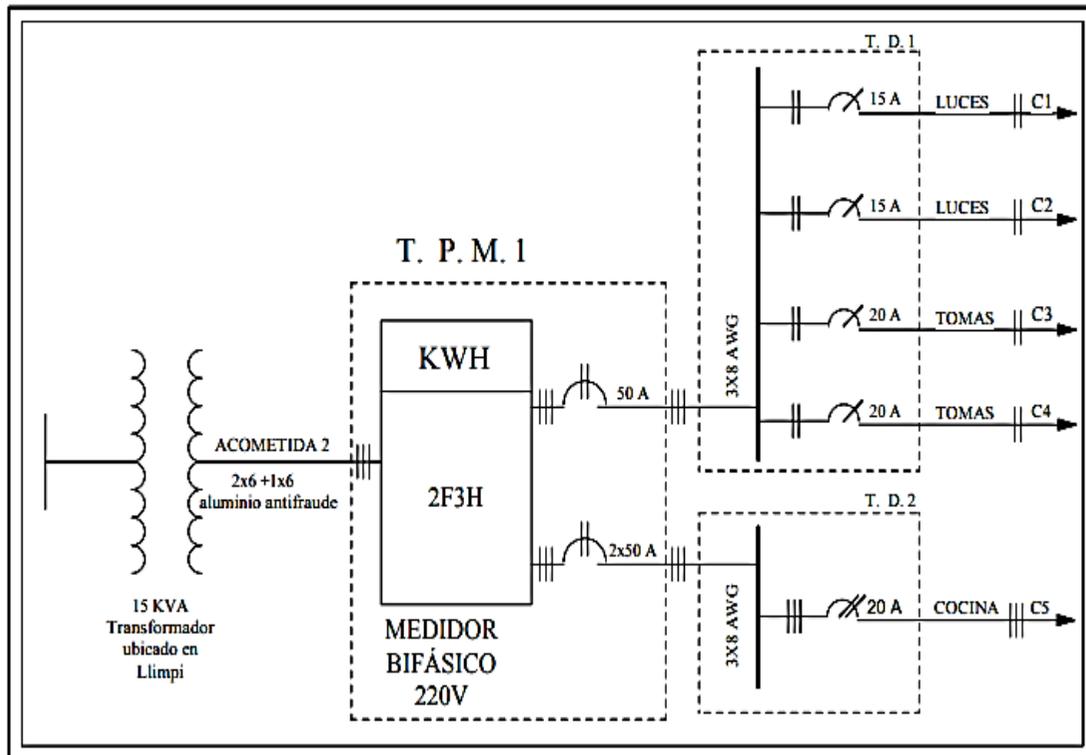


Figura 40. Ejemplo de un diagrama unifilar eléctrico<sup>13</sup>

Fuente: El autor

## 3.5 Factores

### 3.5.1 Factor de demanda

Este factor es la razón entre la demanda máxima de la instalación o sistema y la carga total conectada, definida sobre un total de tiempo dado.

### 3.5.2 Factor de simultaneidad

Este factor es el cociente entre la potencia eléctrica máxima que puede entregar una instalación eléctrica y la suma de las potencias nominales de todos los receptores que pueden conectarse a ella.

### 3.5.3 Triángulo de potencias

El triángulo de potencias (figura 41) está formado por la potencia activa ( $P$ ) (que se mide en watts), ubicada en el eje de las abscisas, y por la potencia reactiva ( $Q$ ) (que se mide en volt amperios reactivos), ubicada en el eje de las ordenadas. La resultante de esta potencia es la suma vectorial de las dos potencias y se conoce como potencia aparente ( $S$ ); su unidad son los volt amperios.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (36)$$

El factor de potencia es el coseno del ángulo  $\cos(\varphi)$  que existe entre la potencia activa y potencia reactiva en el triángulo de potencias y mediante trigonometría se calcula con las siguientes expresiones.

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{S} \quad (37)$$

$$\varphi = \tan\left(\frac{Q}{P}\right)^{-1} \quad (38)$$

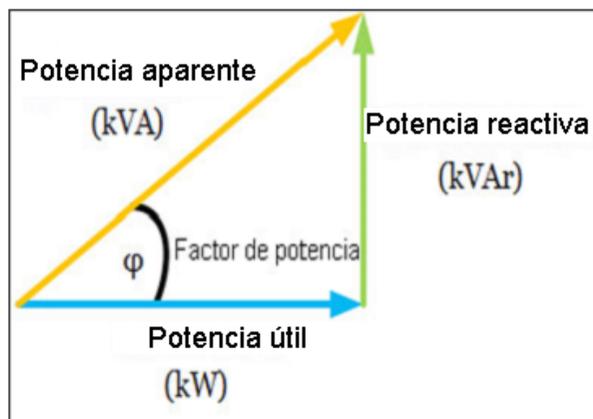


Figura 41. Triángulo de potencias  
Fuente: El autor

## 3.6 Simbología y planos de circuitos de iluminación y fuerza

### 3.6.1 Simbología eléctrica

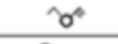
|   |                                 |   |                           |
|---|---------------------------------|---|---------------------------|
|  | Tablero de distribución general |  | Conductor 2X12 + 1X14 AWG |
|  | Tablero de medidor              |  | Conductor 2X14 AWG        |
|  | Foco ahorrador 20w              |  | Conductor 3x8 AWG         |
|  | Interruptor simple              |  | Interruptor triple        |
|  | Interruptor doble               |  | Conmutador Int. doble     |
|  | Conmutador simple               |  | Tomacorriente 110V        |
|  | Dicroico 20w                    |  | Tomacorriente 220V        |
|  | Luminaria LED 20w               |  | Conmutador - interruptor  |

Figura 42. Simbología eléctrica

Fuente: El autor

### 3.6.2 Plano de circuitos de iluminación de una vivienda

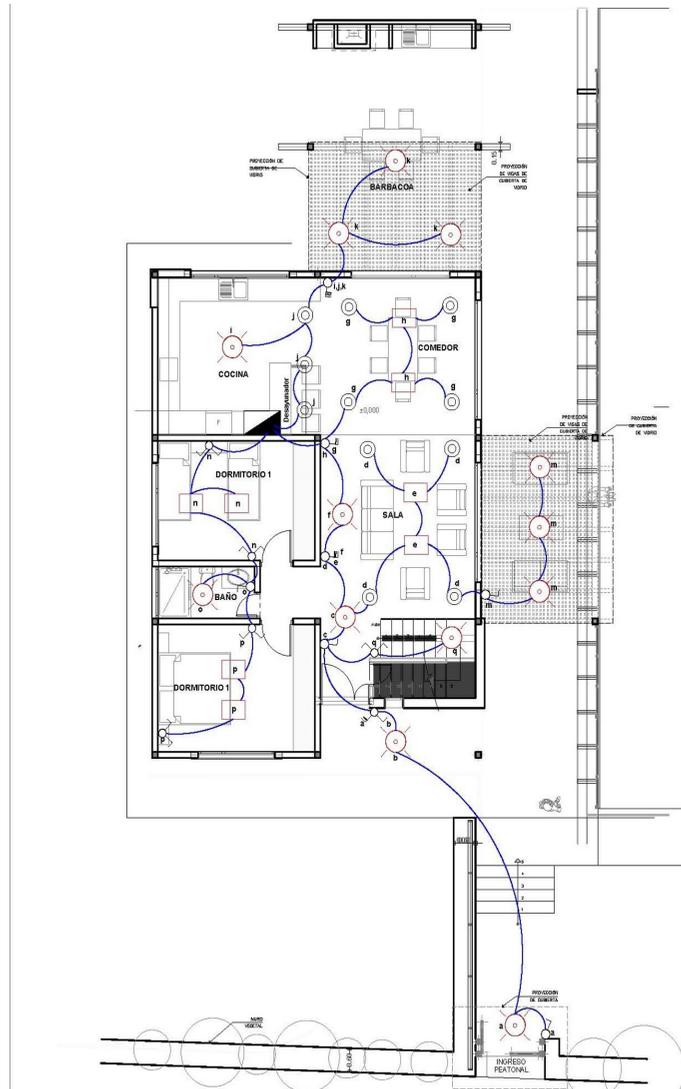


Figura 43. Plano de circuitos de iluminación de una vivienda  
Fuente: El autor

### 3.6.3 Plano de circuitos de fuerza de una vivienda

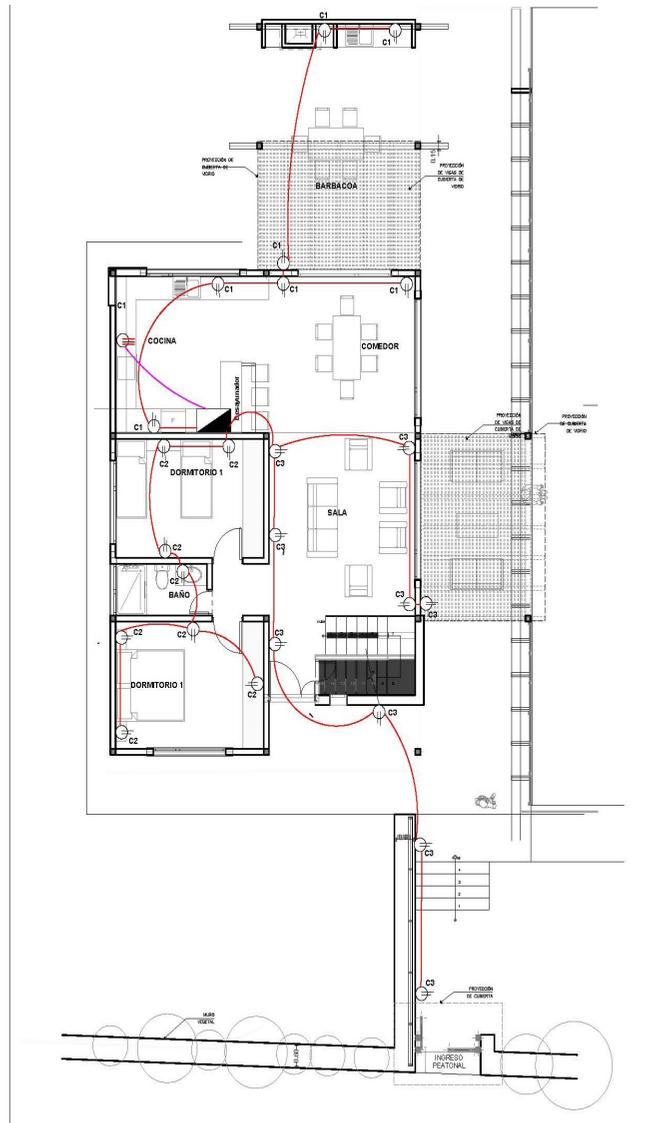


Figura 44. Plano de circuitos de fuerza de una vivienda

Fuente: El autor

# Capítulo IV

## 4. Control y sensores



## 4.1 Introducción

En los años 70, se comenzó a investigar cómo sería una casa ideal. Con la tecnología disponible de la época, se crearon mecanismos para regular la temperatura, instalar sistemas de agua, sistemas sanitarios y eléctricos básicos. Con el pasar el tiempo, los primeros edificios inteligentes incorporaron sistemas de cableado estructurado para sistemas de cómputo, transmisión de voz, dispositivos de control y de seguridad.

En los 90, apareció el concepto de vivienda domótica. Si bien en la actualidad su práctica no despunta, desde hace algunos años es posible encontrar cada vez con más frecuencia viviendas con alarmas, videoporteros, frecuencia que lleva a pensar que en el futuro no se conciben viviendas al menos mínimamente domotizadas. Una ventaja de esta aplicación es la disminución del precio puesto que varias casas comerciales han entrado en competencia al ofertar este sistema, lo que lo ha vuelto bastante asequible.

Un sistema domótico está conformado de manera general por tres componentes: la unidad de control, interfaz de usuario, los sensores y las unidades actuadoras. La unidad de control es la encargada de recibir las señales de los sensores para procesar esta señal y analizarla de acuerdo con el programa que tenga grabado en su unidad de disco duro y, de ser el caso, enviar una señal de salida a los actuadores [30].

Los sensores tienen la función de recibir cada una de las señales que se necesite monitorear y enviar a la unidad de control, por ejemplo temperatura, presión, ruido, radiación solar, humedad relativa, fuego, humo, movimiento, etc.

Los actuadores son dispositivos que funcionan dependiendo de si emite o no una señal de alarma enviada por la unidad de control. Existen actuadores como luces estroboscópicas, sirenas, una bomba, un ventilador, un motor, un aspersor de agua, etc. El interfaz de usuario sirve para poder programar la unidad de control y verificar el estado de cada una de las señales de entrada como de salida.

En la figura 45 se visualiza el esquema general de un sistema domótico con arquitectura centralizada.



Figura 45. Diagrama de un sistema con arquitectura centralizada

Fuente: El autor

Cuando se trata de sistemas domóticos para estructuras más grandes como un edificio, un colegio, un hospital, la configuración se basa principalmente en la conexión de varios sistemas domóticos centralizados. Esta conexión se efectúa mediante un bus que puede utilizar un protocolo de comunicación propio para este tipo de aplicaciones.

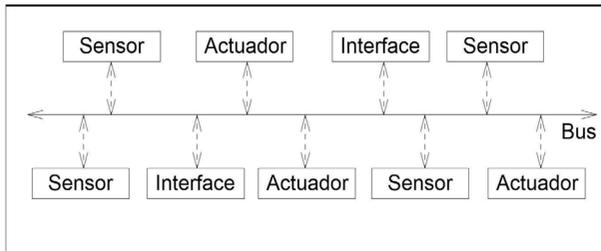


Figura 46. Diagrama de un sistema con arquitectura distribuida  
Fuente: [31]

## 4.2 Dispositivos y sensores Wireless

En la actualidad se están utilizando equipos de tipo inalámbrico debido a la gran cantidad de oferta y las prestaciones positivas con las que cuenta:

- Evita costos de insumos y demanda de mano de obra, más la necesidad de redes.
- Es posible trasladar los dispositivos si hubiera necesidad.
- Algunos sistemas poseen la capacidad de emisión de audio y video en tiempo real a dispositivos inalámbricos.
- Es posible instalarlos en zonas en que se dificulta el paso de cableado.

## 4.3 Sensores cableados

Cuando se manifiestan problemas debido a interferencias o porque la señal analizada tiene una prioridad muy alta, es recomendable emplear sensores de tipo cableado por sus ventajas:

- Los instaladores los consideran más confiables, ya que la señal es más permanente y continua.
- Menor influencia de interferencias radiofónicas.
- No se depende de baterías.

## 4.4 Tipos de sensores

### 4.4.1 Sensores de intrusión

Estos sensores funcionan con iluminación en infrarrojos, no perceptibles por los sentidos humanos. La figura 46 muestra algunos modelos convencionales de estos aparatos que están disponibles en el mercado:



Figura 47. Sensores de intrusión  
Fuente: [32]

Otro tipo de sensores son de tipo magnético, funcionan con contactos que detectan la apertura de puertas y ventanas, tal como se presentan en la figura 48. En este tipo se encuentran los sensores de rotura que se ubican en estructuras de vidrio como puertas y ventanas, los cuales crean un campo magnético uniforme a lo largo de toda la superficie. En el momento en que se produce una rotura el campo magnético, deja de ser uniforme y da una señal a la unidad de control.



Figura 48. Magnetos por apertura  
Fuente: [33]

#### 4.4.2 Sensores contra incendio

Existen dos tipos de sensores. El primer tipo son los convencionales que generan una señal sonora cuando percibe humo. Su estructura se presenta en la figura 49:



Figura 49. Sensores de incendios  
Fuente: [34]

También están disponibles los sensores que incluyen un sistema de asperción de agua. Funcionan con una ampolla de mercurio, la cual se dilata y se rompe al percibir el calor, posteriormente activa un circuito eléctrico que envía una señal para que los aspersores de agua funcionen sobre la zona afectada. El esquema de este sensor se aprecia en la figura 50.



Figura 50. Sensores de incendios  
Fuente: [35]

### 1.1.3 Sistemas de seguridad remotos

Con este tipo de sistemas se puede monitorear y controlar una vivienda desde locaciones distantes, ya sea desde un ordenador o un dispositivo móvil como un celular o una tablet que esté conectada a internet. Normalmente estos sensores ejecutan una alarma a través de una llamada telefónica cuando alguna condición percibida en el ambiente está fuera de lugar. Esta aplicación es capaz de emitir algunos tipos señales, entre ellas:

- Temperatura
- Ruido
- Humo
- Movimiento (vibración)
- Movimiento (luz)
- Cualquier estímulo programado

### 4.4.4 Monitoreo ambiental

Se incorpora principalmente a una vivienda o edificio para monitorear confort y activar sistemas de calefacción, refrigeración, ventilación, bloqueo solar, humidificadores (climas cálidos-secos). En la figura 51 se observa un accionador de calefacción, que puede activarse por acción remota o programación horaria.



Figura 51. Accionador de calefacción  
Fuente: [36]

Se recomienda instalar detectores de seguridad en sectores propensos a robos; detectores de temperatura ambiente en las principales áreas en donde funcionan aire acondicionado, ventilación, etc.; detectores de incendio prioritariamente en la cocina y eventualmente en habitaciones (90 % de los incendios residenciales se inician en cocinas).

#### 4.4.5 Error principal en sensores

El principal error de los sensores durante la medición es la desviación manifiesta entre las mediciones prácticas de una variable en relación con las medidas teóricas o ideales, consecuencia de las imperfecciones de los sensores y de las variables parásitas que afectan al proceso, por lo general sucede por la mala calibración.

#### 1.1.6 Cámaras de seguridad

Estas cámaras de video monitorean las actividades de un determinado local. La imagen se transmite a una pantalla o se guarda en una unidad de disco duro temporal. Actualmente es usual la transmisión remota sin cableado.

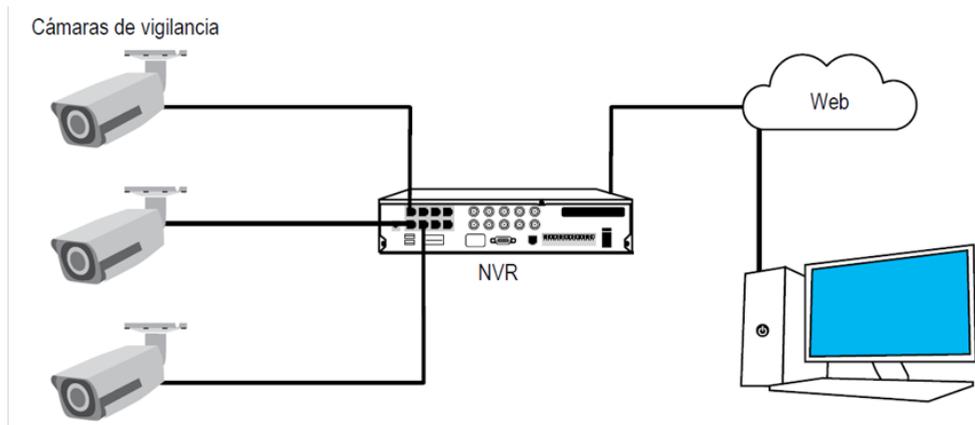


Figura 52. Sistema de video con cámaras

Fuente: [37]

### 4.5 Sistemas contra incendios

En el Ecuador, la norma NEC-HS-CI rige el diseño, instalación, operación y mantenimiento del sistema contra incendios de las edificaciones con el objeto de precautar la vida de las personas que habitan mencionadas edificaciones [38]. La norma se aplica para edificaciones nuevas y preexistentes, en el último caso cuando se remodelan, modifican o amplían edificaciones.

Es obligación cumplir con ciertos requisitos, indispensables para minimizar el peligro de la vida de las personas que habitan una determinada edificación:

- Instalar un sistema contra incendios de acuerdo con lo establecido en la norma NFPA 101.
- En edificios que funcionen como parqueaderos, el sistema contra incendios debe cumplir las normas NFPA 101 y NFPA 88.

- Si el objetivo principal es proteger bienes muebles e inmuebles, se deberá cumplir con la norma NFPA 1.
- Con base en la norma NFPA 4 y NFPA 25, los sistemas deberán ser probados, inspeccionados y dados mantenimiento de forma individual.
- 

El factor para determinar el sistema que debe emplearse es la carga de fuego que se obtiene al multiplicar el peso de todos los materiales combustibles por sus respectivos valores caloríficos y dividido para el área del piso en donde se colocará el dispositivo. Así, para un edificio con una cantidad de 1500Kg de material combustible y cuyo poder calorífico es 4000 K cal/Kg sobre una superficie de 2000 m<sup>2</sup>, se calculará su carga de fuego de este modo:

$$\text{Carga de fuego} = \frac{1500 \text{ Kg} (4000 \frac{\text{K cal}}{\text{Kg}})}{2000 \text{ m}^2} = 3000 \text{ K cal/m}^2$$

La carga de fuego se categoriza en tres grupos: carga de fuego baja, media y alta.

Cuando el valor no excede 275 000 K cal/m<sup>2</sup> se considera una carga de fuego baja. Cuando el valor es mayor a 275 000 K cal/m<sup>2</sup> y menor a 550 000 K cal/m<sup>2</sup> se considera una carga de fuego moderada. Cuando el valor es mayor a 550 000 K cal/m<sup>2</sup> y menor a 1 100 000 K cal/m<sup>2</sup> se considera una carga de fuego alta.

En el estudio de sistemas contra incendios, los materiales pueden clasificarse en tres grupos tomando en cuenta ciertas características como la inflamabilidad del material, la dificultad de extinción, la facilidad de extender la zona del incendio, la generación de calor intenso durante el incendio: materiales extra peligrosos, materiales peligrosos y materiales no peligrosos.

A continuación, se incluye una tabla con los materiales evaluados como peligrosos.

| Designación de grupo | Material  |
|----------------------|---|
| 1                    | Explosivos  |
| 2                    | Gases comprimidos, licuados y disueltos (permanentes)   |
| 3                    | Sustancias peligrosas por interacción con agua (i) o aire (ii); las sustancias peligrosas por interacción con la humedad del aire se incluyen en (ii)   |
| 4                    | Sustancias con punto de inflamación a menos de 65°C   |
| 5                    | Sustancias corrosivas   |
| 6                    | Sustancias venenosas  |
| 7A                   | Agentes oxidantes   |
| 7B                   | Sustancias susceptibles de combustión espontánea  |
| 7C                   | Sólidos de combustión fácil   |
| 8                    | Sustancias que pueden extender el fuego por fluir de una parte del edificio a otra: aceites, grasas, ceras, caucho, manteca, betún, etc.  |
| 9                    | Sustancias depositadas en forma de fácil combustión: virutas de madera, papel desplegado, retazos de telas, algodón, trapos, fibras y materiales similares, harina, polvo de carbón, limaduras metálicas y otros polvos semejantes. |

Tabla 17. Grupo de materiales evaluados como peligrosos

Fuente: [38]

#### 4.5.1 Bombas eléctricas para sistemas contra incendios

La potencia eléctrica de la bomba debe ser suficiente para el funcionamiento óptimo de los equipos de bombeo durante el requerimiento.

La alimentación eléctrica del sistema de bombeo debe ser independiente del sistema de alimentación eléctrica del edificio y deberá contar con un sistema de señalización de tal manera que se pueda identificar que el sistema está funcionando. De ser posible, se recomiendan los sistemas de alimentación eléctrica redundantes porque aseguran que el sistema esté operativo bajo todas las condiciones [38].

Los motores del sistema contra incendios deben ser a prueba de agua y se instalarán en un edificio separado que debe ser aprobado previamente por la autoridad competente. Las instalaciones físicas han de contar con equipos de calefacción para conservar los motores sin humedad.

Las bombas del sistema contra incendios deben poseer un amperímetro para visualizar claramente la corriente de carga total, y el circuito de alimentación dispondrá de un interruptor termomagnético que no actúe frente a sobrecargas o falta de tensión.

Los conductores para la conexión de motores y dispositivos de protección tienen que estar reforzados o ir en tuberías de acero de diámetro de acuerdo con el calibre de los conductores; todas las tuberías han de pintarse de color rojo para su fácil identificación.

Es recomendable conservar una reserva completa del sistema de fusibles del sistema contra incendios; finalmente, los equipos de bombeo han de mantenerse funcionando al menos quince minutos por semana.

#### 4.5.2 Surtidores automáticos

El código de práctica sobre protecciones de edificios contra incendios, en la sección equipo de lucha contra el fuego y su mantenimiento, estipula que, aparte de los elementos de extinción de fuego, los surtidores automáticos son implementos adicionales que han de mantenerse en óptimas condiciones de funcionamiento debido a la función que cumplen [39]. Además, debe estar conectados a las tuberías de distribución de agua del sistema contra incendios y serán capaces de funcionar como mínimo a temperaturas de 68°C. Se debe contar con al menos 50 piezas de repuesto de los aspersores.

Cada surtidor cubrirá como mínimo un área de 10 m<sup>2</sup>. Si los acabados exteriores de la edificación son de madera o hierro, la distancia de separación de los surtidores no ha de ser mayor a 1.25 metros. Para que los surtidores funcionen correctamente, no se recomienda colocar ningún tipo de material debajo de los aspersores, así sea de forma temporal.

#### 4.5.3 Suministro de agua

El sistema contra incendios contará con dos fuentes de suministro de agua independientes y con disponibilidad ilimitada. La cantidad de agua mínima para el suministro es de 200 mil litros y se lo almacenará en un tanque elevado, tanque a presión, reservorio privado o a la red pública de agua [39]. El diámetro interno de la tubería de salida tendrá como mínimo 50 mm; si se requiere una tubería de salida mayor a 3 m, el diámetro aumentará a 80 mm.

Los tanques de reserva tendrán un almacenamiento mínimo de 200 mil litros y su altura con respecto al surtidor más elevado será de 4.5 m. Únicamente en el caso de que el tanque de reserva esté a 6

m de altura con referencia al surtidor más alto, se permitirá una capacidad de reserva 15 mil litros de agua; se implementará un sistema de indicación de nivel de agua. Hay que limpiar el tanque al menos una vez al año y darle el mantenimiento adecuado con el objeto de prevenir la corrosión.

#### 4.5.4 Sistema de drenchers

Son dispositivos cuya función es descargar agua sobre puertas, ventanas o cualquier otra abertura exterior a fin de que el fuego no se transmita a áreas contiguas [39]. La instalación es similar al sistema de surtidores con la particularidad de que las boquillas de descarga son las cabezas de drenchers, que van montados sobre el techo y aleros a distancias apropiadas.

Estos dispositivos han de ser del tipo abierto, no sellados, se instalarán a una distancia mínima entre ellos de 2.5 m y se probarán con anterioridad por los organismos pertinentes. El suministro de agua se ilimitará a una presión de al menos 0.05 MPa; el número de drenchers no debe superar de 12 en la línea horizontal ni de 6 en la línea vertical.

## 4.6 Planos de control y sensores

### 4.6.1 Simbología

|   |     |                                  |
|---|-----|----------------------------------|
|    | CD  | CAJA DE CONTROL DE MANDO         |
|    | CPT | DETECTOR DE PRESENCIA DE TUMBADO |
|    | CME | CONTROL MAGNÉTICO DE EMPOTRAR    |
|    | DH  | DETECTOR DE HUMO                 |
|    | DF  | DETECTOR DE FUEGO                |
|    | VP  | VIDEO PORTERO                    |
|    | R   | ROUTER                           |
|    | TV  | TELEVISOR                        |
|    | SA  | SISTEMA DE ALARMA                |
|    | V   | VENTILACIÓN                      |
|    | TLF | TELÉFONO FIJO                    |
|   |     | INTERNET                         |
|  |     | TELEVISIÓN                       |
|  |     | DOMÓTICA                         |

Figura 53. Simbología del sistema de control y sensores

Fuente: El autor

#### 4.6.2 Planta de vivienda con sistema de control y sensores

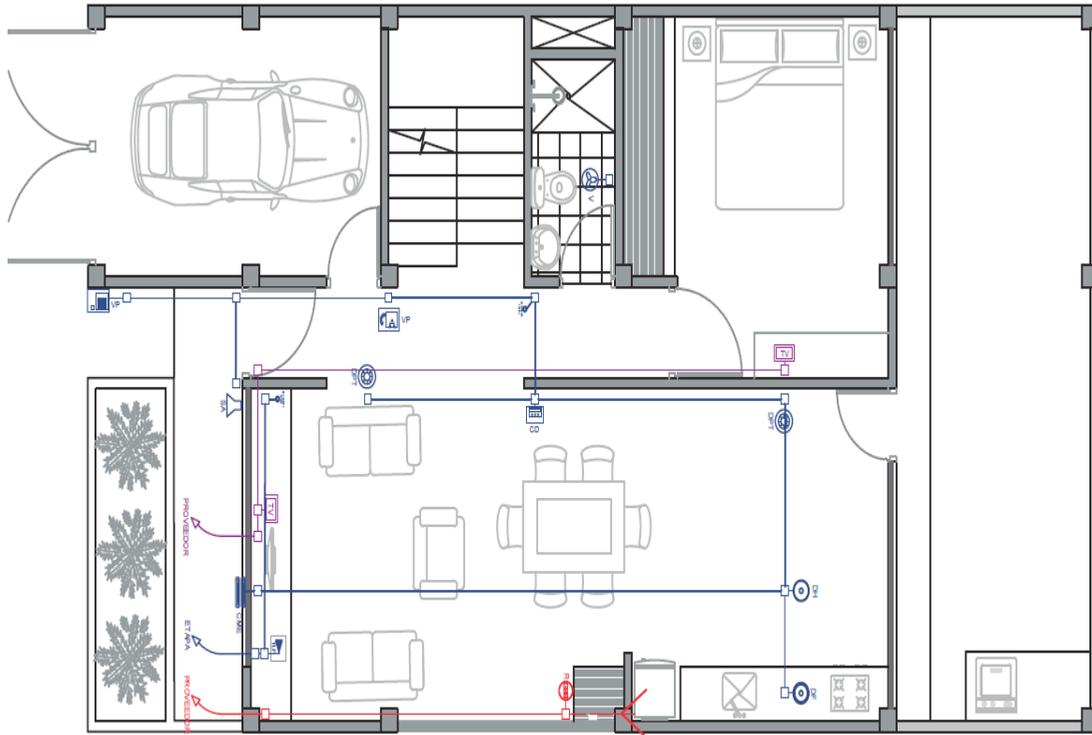


Figura 54. Planta de vivienda con sensores  
Fuente: El autor

## Bibliografía

- [1] C. K. Alexander, & M.N Sadiku. Fundamentos de circuitos eléctricos. 3ra. Ed. México: Mc Graw Hill, 2006.
- [2] M. Baselga Carreras. Conceptos de electricidad para instalaciones fotovoltaicas (ISF), Vol. 1. Madrid: Editex, 2019.
- [3] F. Redondo Quintela, & R. C. Redondo Melchor. Electrostática y corriente eléctrica para ingenieros. Vol. I,Salamanca, STS Ediciones I, 2019.
- [4] J. García Trasancos. Electrotecnia 350 conceptos teóricos 800 problemas. 12ma. edición. Madrid: Paraninfo, 2019.
- [5] Iluminación de Interiores Fotos Ideas y Tendencias. (2020). Recuperado el 26 de julio de 2020, de <https://decoraideas.com/iluminacion-de-interiores/>
- [6] S. Martín Sánchez. Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior. 5ta ed., Vol. I. Madrid: Editorial Elearning, 2015.
- [7] Fernando Monterrubio C. (s/f). Cálculo método de los lúmenes . Recuperado el 26 de julio de 2020, de [https://www.academia.edu/11279936/Cálculo\\_método\\_de\\_los\\_lúmenes](https://www.academia.edu/11279936/Cálculo_método_de_los_lúmenes)
- [8] Christof Knie, Adrià Belmonte, Bruno Berthomieu, & Santiago Madrid. (2016, enero 16). Diseño de un edificio autosuficiente y “low cost” para autoconstrucción. Recuperado el 26 de julio de 2020, de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9026/G04-2009-TER\\_ANNEXOS.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9026/G04-2009-TER_ANNEXOS.pdf)
- [9] Javier Garcia Fernandez, & Oriol Boix. (2016). Cálculos en iluminación de interiores. Recuperado el 26 de julio de 2020, de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>
- [10] Ariadna Matias. (2018). Calculo Lumels Casa Habitacion - Concretos - UADY - StuDocu. Recuperado el 26 de julio de 2020, de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-yucatan/disenio-de-estructuras-de-concretos/ejercicios-obligatorios/calculo-lumels-casa-habitacion/3024452/view>
- [11] SENSORICX. (2020). ▷ Laboratorio De Transformadores Eléctricos. Recuperado el 26 de julio de 2020, de <https://sensoricx.com/maquinas-electricas/practica-de-transformadores-electricos/>
- [12] Alibaba. (2020). Medidor Eléctrico De Vatios De Energía Ca,Medidor De Potencia Digital De Parada De 2 Fases - Buy Medidor De Potencia Digital Stop,Medidor De Energía Eléctrica,- Medidor De Energía Dc Product on Alibaba.com. Recuperado el 26 de julio de 2020, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/ac-energy-watt-electrical-meter-2-phase-stop-digital-power-meter-60352984376.html>
- [13] Celtacol. Productos, (s/f).Recuperado de <http://www.celtacol.com/productos/>.
- [14] INSEP. Ensayos, diseño y fabricación para la industria. (s.f.). Recuperado de <http://www.ing.unrc.edu.ar/grupos/ipsep/ensayos.html>.

- [15] Tecinmer. (s/f). Recuperado de <https://www.tecinmer.com/index.php?fabricacion.html>.
- [16] Direct-Industry. El salón online de la industria: sensores, automatismos, motores, bombas, manipulación, embalajes, (s/f). Recuperado de <https://www.directindustry.es/>.
- [17] Cables. (s/f). Recuperado el 26 de julio de 2020, de <https://es.slideshare.net/tonigarriga1/cables-30038336>
- [18] COMELEC. Conductor de cobre desnudo AWG 4/0. Recuperado de [http://www.comelec.com.ec/index.php?id\\_product=99&controller=product](http://www.comelec.com.ec/index.php?id_product=99&controller=product), (s/f).
- [19] Wite and Cable. JYTOP. Cable aislado en PVC de un solo núcleo conductor de cobre aislado con pvc flexible cable\_JYTOP cable desde hina, precio de fábrica, (s/f). Recuperado de <https://es.jytopcable.com/building-wire/2491X-Single-Core-Copper-Conductor-PVC-Insulated-Flexible-Cable.html>
- [20] Voltimun. Identificación de los conductores para BT, (s.f.). Recuperado de <https://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/identificacion-conductores-bt>.
- [21] MasVoltaje. Tipos de cables eléctricos: uso, medidas, colores y aislamientos, (s.f.). Recuperado de <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>.
- [22] P. Sierra Franco. Gestión de almacenamiento de energía en núcleos residenciales con vehículo eléctrico. Trabajo de fin de grado. Universidad de Sevilla, Sevilla, 2018.
- [23] J. C. Gonzalo Ramajo, & M. Sánchez. Un modelo de transporte descarbonizado para España en 2050 Recomendaciones para la transición. Madrid, 2017. Recuperado de <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/1708142/Deloitte/Campaigns/Descarbonizacion/Descarbonizacion-2017/Descarbonizacion-Transporte-Monitor-Deloitte.pdf>
- [24] Casa Quinziño. Interruptores, (s/f). Recuperado de <http://www2.bticino.com.mx/QuinziñoMX/#!/indx/>.
- [25] Así funciona. Conmutador, (s/f). Recuperado de [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af\\_tres\\_vias/af\\_tres\\_vias\\_2.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_tres_vias/af_tres_vias_2.htm).
- [26] Elementos básicos de una Instalación Eléctrica - Electricasas. (s/f). Recuperado el 26 de julio de 2020, de [https://www.electricasas.com/electricidad/elementos-basicos-instalacion-electrica/#7\\_Simbologia\\_electrica](https://www.electricasas.com/electricidad/elementos-basicos-instalacion-electrica/#7_Simbologia_electrica)
- [27] M. A. Sobrevila, & A. L. Farina. Instalaciones eléctricas. Buenos Aires: Alsina, 2014.
- [28] A. D. Sandoya Unamuno, L. I. Chica Martínez, G. R. Ordóñez, & J. L. Arias Zambrano. Norma Ecuatoriana de la Construcción - Instalaciones Eléctricas. Quito, 2018.
- [29] DreamsTime. Aislamiento derretido de los alambres de cobre de un sistema del cable de la batería, (s/f). Recuperado de <https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-aislamiento-quemado-image48439316>.

- [30] G. C. Romero. Domótica con Raspberry, Google y Python. USA: Amazon Digital Services, 2019.
- [31] EcuRed. Domótica. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Domótica>, (s/f).
- [32] PREMAEX. Sistemas contra incendios y seguridad. Intrusion. Recuperado de <http://www.premaex.es/servicios/seguridad/intrusion/>, (s/f).
- [33] Jandei. (2020). Recuperado el 27 de julio de 2020, de <https://jandei.com/cableado/9-sensor-magnetico-metalico-gran-potencia-8435523819433.html>
- [34] Seguridad Rodych. Detector de humo. Un elemento fundamental en hogares y pequeños negocios, (s/f). Recuperado de <https://rodych.es/el-detector-de-humos-un-elemento-fundamental-en-hogares-y-pequenos-negocios/>.
- [35] Tienda Espía VIP de Vigilancia y Espionaje. Factory Espia-691111111, (s/f). Recuperado de <https://cutt.ly/KstFLiC>.
- [36] Direct Industry. Válvula para calefacción, Válvula de calor - Todos los fabricantes industriales - Vídeos, (s/f). Recuperado de <https://cutt.ly/RstFnTP>.
- [37] Viakon. (2017). Recuperado el 27 de julio de 2020, de <http://clubdeintegradoresviakon.com/que-es-un-cctv-analogo-y-un-cctv-ip/>
- [38] E. G. Macchiavello Almeida, & A. Estupiñán Trujillo. Norma Ecuatoriana de la Construcción - Contra Incendios. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2019.
- [39] INEN. Código de práctica sobre protección de edificios contra incendios sección VII: equipo de lucha contra el fuego y su mantenimiento CPE INEN 5 Parte 8, 1986 Quito. Recuperado de [https://181.112.149.204/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5Parte8Secc%20VIII.pdf](https://181.112.149.204/buzon/normas/cpe_inen_5Parte8Secc%20VIII.pdf)
- [40] C. Martín-Gómez, & I. Durá Gurpide. Docencia e investigación en instalaciones y energía en arquitectura. No. 18. AUS (Valdivia), 2015, pp.30-36. Recuperado de < <https://cutt.ly/8stOkia>>.
- [41] C. Martín-Gómez. Mejora de la docencia de instalaciones y sistemas energéticos en una Escuela de Arquitectura: Proyectos de Innovación Docente. Actas del I Congreso Internacional de Innovación Docente e Investigación en Educación Superior: Un reto para las áreas de conocimiento CIDICO. Vol. I, No. 4. Madrid, 20-22 de noviembre de 2019.
- [42] C. Martín-Gómez, P. Lizaso Pimentel, & L. Virto Donazar. Cuaderno de diseño de instalaciones. Navarra: Ediciones Universidad de Navarra, 2019.
- [43] C. Martín-Gómez, & A. Zuazua. Building Services, 2012. Recuperado de <https://itunes.apple.com/es/book/building-services/id570710431?mt=13>

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Corriente directa, relación corriente eléctrica                                       | 10 |
| Figura 2. Corriente alterna, relación eléctrica-tiempo  | 10 |
| Figura 3. Símbolo de circuito para la resistencia   | 12 |
| Figura 4. Nodos, ramas y lazos  | 13 |
| Figura 5. Corriente en un nodo que ilustra la LKC   | 13 |
| Figura 6. Circuito de un solo lazo con dos resistores en serie                                  | 14 |
| Figura 7. Circuito equivalente al circuito de la figura 4                                       | 14 |
| Figura 8. Dos resistores en paralelo  | 15 |
| Figura 9. Iluminación de interiores aplicando normas internacionales                            | 18 |
| Figura 10. Oficina con iluminación general  | 19 |
| Figura 11. Distribución de luminarias en un alumbrado general                                   | 19 |
| Figura 12. Distribución de luminarias en un alumbrado localizado                                | 19 |
| Figura 13. Distribución de luminarias en un alumbrado localizado                                | 20 |
| Figura 14. Relación del local y su importancia en el cálculo de los coeficientes de utilización | 21 |
| Figura 15. Distribución de luminarias sobre una superficie rectangular                          | 23 |
| Figura 16. Distribución de las luminarias en la superficie superior del local                   | 24 |
| Figura 17. Datos de entrada para método ANSI.   | 27 |
| Figura 18. Dimensiones consideraras en el método de los lúmenes                                 | 27 |
| Figura 19. Distancia en vertical y horizontal óptima entre las luminarias                       | 30 |
| Figura 20. Ubicación de luminarias en función de su apertura de luz                             | 31 |
| Figura 21. Haz de luz para una luminaria intensiva  | 31 |
| Figura 22. Transformador convencional (izquierda) y pad mounted (derecha)                       | 33 |
| Figura 23. Medidor de electricidad  | 33 |
| Figura 24. Tablero para medidores de energía  | 34 |
| Figura 25. Tipos de interruptores termomagnéticos   | 34 |
| Figura 26. Tablero de distribución principal  | 35 |
| Figura 27. Tablero de distribución secundario   | 35 |
| Figura 28. Partes de un conductor   | 36 |
| Figura 29. Conductor desnudo  | 36 |
| Figura 30. Conductor aislado  | 36 |
| Figura 31. Conductor flexible   | 37 |
| Figura 32. Conductor con nomenclatura <sup>9</sup>  | 37 |
| Figura 33. Conductores con diferentes aislamientos  | 38 |
| Figura 34. Tomacorriente  | 39 |
| Figura 35. Infraestructura para carga de coches eléctricos                                      | 40 |
| Figura 36. Modelos de interruptores   | 41 |
| Figura 37. Diagrama del funcionamiento de un conmutador   | 41 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 38. Tipos de bandejas utilizadas en instalaciones eléctricas | 43 |
| Figura 39. Conductores dañados por sobrecorriente                   | 45 |
| Figura 40. Ejemplo de un diagrama unifilar eléctrico                | 47 |
| Figura 41. Triángulo de potencias                                   | 48 |
| Figura 42. Simbología eléctrica                                     | 49 |
| Figura 43. Plano de circuitos de iluminación de una vivienda        | 50 |
| Figura 44. Plano de circuitos de fuerza de una vivienda             | 51 |
| Figura 45. Diagrama de un sistema con arquitectura centralizada     | 53 |
| Figura 46. Diagrama de un sistema con arquitectura distribuida      | 54 |
| Figura 47. Sensores de intrusión                                    | 54 |
| Figura 48. Magnetos por apertura                                    | 55 |
| Figura 49. Sensores de incendios                                    | 55 |
| Figura 50. Sensores de incendios                                    | 56 |
| Figura 51. Accionador de calefacción                                | 56 |
| Figura 52. Sistema de video con cámaras                             | 57 |
| Figura 53. Simbología del sistema de control y sensores             | 60 |
| Figura 54. Planta de vivienda con sensores                          | 61 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Las seis unidades básicas del Sistema Internacional  | 9  |
| Tabla 2. Resistividad de materiales comunes.  | 12 |
| Tabla 3. Magnitudes y unidades luminotécnicas.  | 17 |
| Tabla 4. Relación entre el nivel de iluminación en la zona de trabajo y el nivel de iluminación general del local | 20 |
| Tabla 5. Valor de las relaciones según el índice de local   | 22 |
| Tabla 6. Coeficientes de utilización para alumbrados de interiores  | 25 |
| Tabla 7. Valores de iluminación recomendados según los tipos de locales   | 26 |
| Tabla 8. Coeficiente de reflexión según el color de techo, paredes y suelo  | 28 |
| Tabla 9. Ejemplo de cálculo del factor de utilización   | 28 |
| Tabla 10. Factor de mantenimiento o conservación  | 29 |
| Tabla 11. Ángulo de apertura según el tipo de luminaria   | 30 |
| Tabla 12. Nomenclatura que reciben los conductores <sup>10</sup>  | 37 |
| Tabla 13. Calibres de conductores según el amperaje que soportan los cables de cobre                              | 38 |
| Tabla 14. Tipos de conductores según su color   | 39 |
| Tabla 15. Simbología instalación eléctrica norma IEC  | 42 |
| Tabla 16. Cuadro de potencias   | 46 |
| Tabla 17. Grupo de materiales evaluados como peligrosos   | 58 |

