

UF0406
DIMENSIONADO DE INSTALACIONES
SOLARES FOTOVOLTAICAS

Hispanamérica

UF0406 Dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas

© Desarrollos didácticos S.A de C.V.

© HISPAMERICA BOOKS, S.L. (2026)

Telef. (00 34) 91 028 28 51

Madrid, España

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, grabación o cualquier otro medio sea cual fuere sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (artículo 270 y siguientes del Código Penal).

ISBN 978-84-179580-9-1

Depósito legal: **M-2369-2026**

Impreso en Madrid (España) – Printed in Madrid (Spain)

**ENAE0508 ORGANIZACIÓN Y PROYECTOS
DE INSTALACIONES SOLARES
FOTOVOLTAICAS (470 horas)**

(RD 1114/2007, de 11 de septiembre de 2007)

MF0842_3: Estudios de viabilidad de instalaciones solares (120 horas)

UF0212: Determinación del potencial solar (40 horas)

UF0213: Necesidades energéticas y propuestas
de instalaciones solares (80 horas)

MF0843_3: Proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas (180 horas)

**UF0406: Dimensionado de instalaciones solares
fotovoltaicas (90 horas)**

UF0407: Documentación para el desarrollo de proyectos
de instalaciones solares fotovoltaicas (90 horas)

MF0844_3: Organización y control del montaje de instalaciones
solares fotovoltaicas (90 horas)

MF0845_3: Organización y control del mantenimiento
de instalaciones solares fotovoltaicas (80 horas)

UF0406
DIMENSIONADO DE INSTALACIONES
SOLARES FOTOVOLTAICAS

Hispanamérica

PRESENTACIÓN DEL MANUAL

CERTIFICADO DE PROFESIONALIDAD

Es el instrumento de acreditación, en el ámbito de la administración laboral, de las cualificaciones profesionales del catálogo nacional de Cualificaciones Profesionales adquiridas a través del proceso de reconocimiento de la experiencia laboral en vías no formales de formación.

Los Certificados de Profesionalidad están divididos en Módulos Formativos (Unidades de Competencia) y estos a su vez pueden estar divididos en unidades formativas.

UNIDADES DE COMPETENCIA

El elemento mínimo acreditable es una Unidad de Competencia. Se define como una agrupación de tareas productivas específica que realiza el profesional. La suma de las diferentes unidades de competencia de un certificado de profesionalidad conforman la competencia general, estas definen el conjunto de capacidades y conocimientos que permiten el ejercicio de una actividad profesional determinada.

El presente manual desarrolla:

FAMILIA PROFESIONAL: ENERGÍA Y AGUA

CERTIFICADO DE PROFESIONALIDAD: ENAE0508 ORGANIZACIÓN Y PROYECTOS DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS (RD 1114/2007, de 11 de septiembre de 2007)

MODULO FORMATIVO:

MF0843_3 Proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas

UNIDADES FORMATIVAS:

UF0406: Dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas

UF0407: Documentación para el desarrollo de proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas

OBJETIVOS DE LA COMPETENCIA GENERAL

Promocionar instalaciones, desarrollar proyectos y gestionar el montaje y mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas aisladas y conectadas a red, aplicando las técnicas y procedimientos requeridos en cada caso, optimizando los recursos, con la calidad requerida, cumpliendo la reglamentación vigente y en condiciones de seguridad.

Entorno profesional:

- **Ámbito profesional:**

Desarrolla su actividad profesional tanto por cuenta propia como ajena, en empresas de cualquier tamaño, públicas o privadas, dedicadas a realizar la promoción, el montaje, la explotación y el mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas, para la producción de energía eléctrica tanto en instalaciones conectadas a red como en instalaciones aisladas con o sin sistema de apoyo.

- **Sectores productivos:**

Se ubica en el sector energético, subsector de energías renovables, en las actividades productivas en que se realiza el montaje, la explotación y el mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas para la producción de energía eléctrica.

- **Ocupaciones o puestos de trabajo relacionados:**
 - Promotor de instalaciones solares.
 - Proyectista de instalaciones solares fotovoltaicas.
 - Responsable de montaje de Instalaciones solares fotovoltaicas.
 - Responsable de mantenimiento de Instalaciones solares fotovoltaicas.
 - Responsable de explotación y mantenimiento de pequeñas centrales solares fotovoltaicas.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de este módulo formativo se adquieren los conocimientos necesarios para:

Realizaciones profesionales y criterios de realización

RP1: definir las características de la instalación solar fotovoltaica, aplicando procedimientos de cálculo y normas establecidas, para seleccionar los equipos y elementos necesarios con sus especificaciones.

- CR1.1 Los elementos seleccionados responden a la tecnología estándar del sector y a las normas de homologación.
- CR1.2 Las características de los elementos, equipos, componentes y materiales, se determinan a través de cálculos técnicos basados en datos objetivos y fiables, utilizando manuales, tablas y programas de cálculo informatizados.
- CR1.3 Los cálculos realizados tienen la precisión requerida y se comprueban y contrastan con los de otras instalaciones de funcionamiento óptimo.
- CR1.4 Las condiciones de compatibilidad entre sí de los diferentes elementos de la instalación solar fotovoltaica y con otros elementos de instalaciones auxiliares y receptoras, se asegura, garantizando el rendimiento, fiabilidad y capacidad productiva de la instalación en su conjunto.
- CR1.5 La elección de componentes se realiza teniendo en cuenta las garantías de intercambiabilidad, suministro y coste.

RP2: realizar memorias, informes y manuales justificativos de proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas que sean requeridos por los organismos oficiales reguladores.

- CR2.1 La introducción y justificación del proyecto de instalación solar fotovoltaica se realiza atendiendo a criterios tecnológicos de suministro energético, a criterios normativos y a criterios estratégicos, entre otros.
- CR2.2 La descripción técnica global de la instalación se realiza a través de su análisis funcional.
- CR2.3 La justificación técnica del dimensionado y especificaciones de las diferentes partes y de los distintos componentes se realiza, empleando cálculos numéricos cuando es necesario.
- CR2.4 Los sistemas de seguridad y protección diseñados, los automatismos empleados y otros puntos críticos de la instalación se analizan en el informe o memoria.
- CR2.5 El manual de operación y mantenimiento de la instalación se redacta atendiendo al tipo de edificio y a los diferentes sistemas de apoyo existentes estableciendo las actividades y operaciones de vigilancia y mantenimiento según modelo exigido reglamentariamente.
- CR2.6 El documento formal correspondiente al informe o memoria es redactado mediante aplicaciones informáticas de propósito general.

RP3: elaborar planos de trazado general y de detalle de instalaciones solares fotovoltaicas, a partir de las especificaciones técnicas de diseño establecidas, consiguiendo los niveles de calidad y acabado exigidos.

- CR3.1 La información necesaria para el levantamiento de los planos de edificios, que se requiere para el desarrollo del proyecto, se obtiene directamente de la edificación o, en su caso, del proyecto de edificación.
- CR3.2 Los puntos y accidentes más singulares existentes en el edificio y sus estructuras, y que afectan a la instalación solar, se recogen sistemáticamente.
- CR3.3 Los croquis cumplen con los requisitos de proporción y adecuada expresión gráfica para su inequívoca interpretación.

- CR3.4 Los planos de emplazamiento de la instalación se realizan aplicando la normativa y optimizando el proceso de dibujo mediante la incorporación de los planos y/o especificaciones técnicas de los elementos estandarizados.
- CR3.5 La representación de las distintas partes y circuitos de las instalaciones se realiza con la simbología y convencionalismos normalizados de aplicación.
- CR3.6 El emplazamiento de los paneles y equipos y el trazado, dimensiones y especificaciones técnicas de la instalación se determinan teniendo en cuenta los cálculos realizados en la memoria y cumpliendo los requerimientos de explotación y seguridad así como otros reglamentos y ordenanzas de aplicación.
- CR3.7 La resistencia estructural e impermeabilización del edificio se consideran en las soluciones constructivas adoptadas en el montaje y el mantenimiento de la instalación.
- CR3.8 Las listas de materiales incluyen el código y las especificaciones de los elementos del proyecto.
- CR3.9 El documento formal con los planos se elabora mediante aplicaciones informáticas de diseño asistido.

RP4: elaborar presupuestos de instalaciones solares fotovoltaicas a partir de los diseños realizados y detallando las diferentes partidas.

- CR4.1 Las listas de materiales incluyen la referencia comercial, código y las especificaciones técnicas de los elementos del proyecto.
- CR4.2 El precio unitario y el total de cada uno de los materiales y equipos se detalla, obteniéndose el precio total de cada partida y del conjunto de la instalación.
- CR4.3 Los gastos ocasionados por la mano de obra se cuantifican para cada uno de los profesionales que intervienen en el montaje de la instalación solar fotovoltaica.

- CR4.4 Los gastos generales, beneficio industrial e Impuesto sobre el Valor Añadido se aplican a las diferentes partidas y con los porcentajes legalmente establecidos.
- CR4.5 El proyecto y el presupuesto derivado de la instalación se detalla y define de tal manera que los gastos imprevistos de la instalación tiendan a no superar el 5% del total del presupuesto.

RP5: elaborar el plan de seguridad y salud en el montaje de la instalación solar fotovoltaica, utilizando la documentación del proyecto y garantizando el cumplimiento de la normativa.

- CR5.1 Los riesgos derivados de caídas, en el mismo o diferente nivel, atrapamientos y caídas de objetos se identifican y se evalúa su importancia.
- CR5.2 Los riesgos térmicos originados en la instalación solar se identifican y se evalúa su importancia.
- CR5.3 Los riesgos eléctricos asociados a los circuitos exteriores, elevada temperatura y otras condiciones extremas, se identifican.
- CR5.4 La previsión y planificación del plan de emergencias se integra en la documentación de la obra.
- CR5.5 El plan de seguridad de la obra se formaliza, identificando los distintos riesgos laborales y proponiendo las medidas correctoras para su eliminación, reducción razonable y control.
- CR5.6 Las afecciones medioambientales se contrastan y se fijan los criterios de actuación para su minimización.

RP6: realizar los trámites administrativos requeridos para obtener la autorización de la instalación solar fotovoltaica y para acceder a las posibles subvenciones.

- CR6.1 El cumplimiento de la normativa técnica y administrativa de la instalación se asegura de forma preliminar a la realización de los trámites de autorización ante los organismos oficiales correspondientes.
- CR6.2 La documentación técnica y administrativa requerida para la obtención de los permisos de instalación se cumplimenta, organiza y tramita.
- CR6.3 El cumplimiento de las exigencias administrativas y de otro tipo para acceder a las posibles subvenciones existentes para este tipo de instalaciones se asegura de forma preliminar a la realización de los trámites de solicitud ante los organismos oficiales correspondientes.
- CR6.4 La documentación técnica y administrativa requerida para la solicitud de las subvenciones de la instalación se cumplimenta, organiza y tramita.
- CR6.5 El seguimiento de los procesos administrativos relacionados con la autorización y permisos para realizar la instalación y relacionados con la solicitud de subvención se realiza, evitando la paralización de expedientes por causas imputables al instalador.

ÍNDICE

UF0406 DIMENSIONADO DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

1. Electrotécnia aplicada a las instalaciones eléctricas.....	23
1.1 Conceptos fundamentales de electrotecnia.....	26
1.2 Terminología.....	28
1.3 Magnitudes eléctricas.....	31
1.4 Unidades y conversiones.....	47
1.5 Características de un sistema eléctrico.....	48
1.5.1 Tensión de servicio.....	49
1.5.2 Frecuencia de servicio.....	49
1.5.3 Número de fases.....	50
1.6 Constitución de los sistemas eléctricos.....	50
1.6.1 Generación (centrales generadoras).....	51
1.6.2 Estaciones transformadoras elevadoras (transformadores).....	51
1.6.3 Transporte (líneas eléctricas).....	52
1.6.4 Red de distribución (subestaciones de distribución).....	52
1.6.5 Usuarios finales (cargas).....	53
1.7 Tipología de redes eléctricas.....	53
1.8 Fundamentos de circuitos eléctricos de corriente continua y corriente alterna.....	56
1.9 Rectificadores y convertidores.....	59

1.10 Simbología eléctrica.....	70
1.11 Interpretación de planos de un sistema eléctrico.....	73
2. Redes de distribución en Baja Tensión.....	79
2.1 Redes aéreas para distribución en baja tensión.....	82
2.2 Redes subterráneas para distribución en baja tensión.....	105
2.3 Acometidas en Baja Tensión.....	112
2.4 Instalaciones de enlace.....	144
2.4.1 Línea general de alimentación.....	159
2.4.2 Derivaciones individuales.....	163
2.4.3 Cajas generales de protección.....	179
2.4.4 Contadores; ubicación y sistemas de instalación.....	182
2.4.5 Dispositivos generales e individuales de mando y protección.....	195
2.4.6 Esquemas eléctricos.....	197
2.5 La distribución en Baja Tensión.....	202
2.5.1 Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.....	202
2.5.2 Instalaciones de puesta a tierra.....	208
2.5.3 Instalaciones interiores preceptoras; prescripciones generales. Sistemas de instalación. Conducciones (tubos y canalizaciones).....	234
2.5.4 Protección contra los choques eléctricos; protección contra los contactos directos e indirectos, protección contra sobretensiones.....	271
3. Compensación de la energía reactiva.....	303
3.1 Factor de potencia de una instalación eléctrica.....	306
3.2 Transformadores y autotransformadores.....	307
3.3 Reactancias.....	309

3.4 Rectificadores.....312

3.5 Condensadores.....315

4. Instalaciones domésticas e industriales.....319

4.1 Instalaciones de receptores. Prescripciones generales.....325

4.1.1 Receptores para alumbrado.....330

4.1.2 Aparatos de caldeo.....334

4.1.3 Cables y folios radiantes en viviendas.....337

4.2 Previsión de cargas.....344

4.2.1 Consumos.....354

4.2.2 Tipo de servicio.....356

4.2.3 Estudio de la simultaneidad.....357

4.2.4 Factor de crecimiento (en edificios destinados a viviendas)....360

4.3 Instalaciones de alumbrado exterior.....361

4.4 Instalaciones interiores en viviendas.....387

4.4.1 Prescripciones generales de instalación.....389

4.4.2 Número de circuitos y características.....394

4.5 Instalaciones en locales con características especiales
(quirófanos, salas de intervención).....397

4.6 Instalaciones con fines especiales (piscinas y fuentes.
Instalaciones provisionales y temporales de obra).....403

4.7 Instalaciones en locales de pública concurrencia.....413

4.8 Control energético de los edificios domésticos e industriales;
Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica
de la energía y seguridad para viviendas y edificios.....427

4.9 Instaladores autorizados.....431

4.9.1 Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.....443

4.9.2 Verificaciones e inspecciones.....449

5. Generadores eléctricos y motores eléctricos.....	455
5.1 Funcionamiento.....	457
5.2 Constitución.....	462
5.3 Circuitos de potencia.....	464
5.4 Circuitos de maniobra.....	465
5.5 Protección eléctrica para motores eléctricos.....	466
6. Instalaciones generadoras de Baja Tensión.....	473
6.1 Diferentes tipologías:.....	475
6.1.1 Instalaciones fotovoltaicas con conexión a red; monofásicas, trifásicas.....	476
6.1.2 Instalación fotovoltaica sin conexión a red.....	477
6.1.3 Instalaciones sin conexión a red híbridas (fotovoltaica-eólica-grupo-electrógeno).....	478
6.2 Constitución.....	480
6.3 Funcionamiento.....	485
6.4 Dimensionado.....	488
6.5 Circuito de continua.....	492
6.6 Circuitos de alterna.....	498
6.7 Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones complementaria.....	505
6.8 Normativa en el TC82 de CENELEC.....	526
6.9 Normas ESFV en AENOR.....	531

7. Cálculo de instalaciones solares fotovoltaicas.....	533
7.1 Variables y factores de cálculo más importantes.....	535
7.1.1 Datos de partida.....	546
7.1.2 Condiciones de uso.....	547
7.1.3 Condiciones climáticas.....	549
7.1.4 Dimensionado básico.....	550
7.1.5 Demanda de energía eléctrica.....	551
7.2 Cálculo de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.....	553
7.2.1 Parámetros característicos de EFCR.....	555
7.2.2 Datos de partida; emplazamiento (potencial de la radiación solar incidente). Superficies utilizables. Cálculo de la radiación solar incidente. Cálculo de la distribución de la radiación solar. Cálculo del sombreado del generador.....	557
7.2.3 Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles.....	567
7.2.4 Dimensionado del generador fotovoltaico.....	569
7.2.5 Dimensionado del inversor.....	570
7.2.6 Dimensionado del cableado.....	571
7.3 Métodos de cálculo de instalaciones no conectadas a red.....	574
7.3.1 Estimación del consumo.....	576
7.3.2 Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles.....	578
7.3.3 Dimensionado del generador fotovoltaico.....	581
7.3.4 Dimensionado del sistema de acumulación.....	583
7.3.5 Dimensionado de regulador.....	583
7.3.6 Dimensionado del inversor.....	585
7.3.7 Dimensionado del cableado.....	585
7.3.8 Dimensionado de sistemas de apoyo mediante grupos electrógenos.....	590
7.3.9 Dimensionado de instalaciones mediante sistemas eólicos.....	592
7.4 Cálculo de sistemas de bombeo y riego autónomos mediante sistemas fotovoltaicos.....	597
7.4.1 Determinación de las necesidades de energía hidráulica.....	598
7.4.2 Determinación de la energía solar disponible.....	600
7.4.3 Dimensionado del generador fotovoltaico.....	603
7.4.4 Dimensionado del motor.....	604
7.4.5 Dimensionado de la bomba.....	604
7.4.6 Dimensionado de las tuberías.....	605
7.4.7 Dimensionado del cableado.....	607
7.5 Programas informáticos de cálculo.....	608
Bibliografía.....	611



Unidad Didáctica 1

**Electrotecnia aplicada
a las instalaciones eléctricas**

1. ELECTROTECNIA APLICADA A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Los objetivos a alcanzar en esta unidad son:

- Conocer fundamentos básicos de electricidad.
- Analizar las redes de distribución en baja tensión.
- Definir energía reactiva.
- Conocer distintos tipos de instalaciones, ya sean domésticas como industriales.
- Saber el funcionamiento de los motores y generadores eléctricos.
- Aplicar las instalaciones generadoras de baja tensión.
- Conocer las variables de cálculo de una instalación solar fotovoltaica.
- Hallar el cálculo de las instalaciones conectadas a red.
- Realizar el cálculo de las instalaciones no conectadas a red.
- Conocer el sistema de bombeo y riego automático mediante sistemas fotovoltaicos.

La electricidad es una **fuentes de energía intermedia** que no puede ser usada por el hombre directamente. Para poder hacer un uso práctico de ella necesita transformarla en otro tipo de energía como el calor, la iluminación, energía mecánica, etc. y partir de la puesta en funcionamiento de multitud de aparatos y dispositivos, cubrir sus necesidades reales. De esta forma, el hombre no puede usarla directamente ni para calentarse, ni para cubrir sus necesidades de iluminación, ni alimentarse, pero sin duda, cuenta con aparatos que satisfacen esas necesidades y que, a su vez, requieren de energía eléctrica para su funcionamiento.



Recuerda

Decimos que es una fuente intermedia puesto que tampoco se encuentra disponible en la naturaleza directamente, sino que necesitamos de elementos que transformen recursos naturales en electricidad para cubrir nuestras necesidades de una forma limpia y cómoda para nuestro hábitat más cercano, nuestra casa.

De esta forma, se emplean fuentes primarias como el petróleo, el carbón, la propia luz que proviene del sol, el viento, sustancias con propiedades nucleares para que, mediante la intervención de transformaciones conocidas, convertirlas en energía eléctrica para nuestro consumo diario.

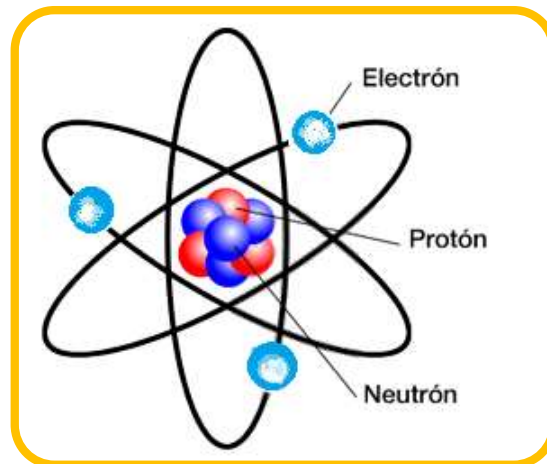
Al ser una fuente intermedia no visible, resulta difícil comprenderla y entender su origen y mecanismos de transporte, resultando de mucha utilidad el empleo del símil hidráulico para que, a través de la experimentación, seamos capaces de identificar las magnitudes eléctricas con otras que si comprendemos con más facilidad.

1.1 Conceptos fundamentales de electrotecnia

Para entender que es la electricidad hay que entender que es el **magnetismo**: es la capacidad de atracción y repulsión de algunos materiales.

Entre cargas de diferente signo se ejerce una fuerza de atracción, mientras que entre cargas con el mismo signo se ejerce una fuerza de repulsión.

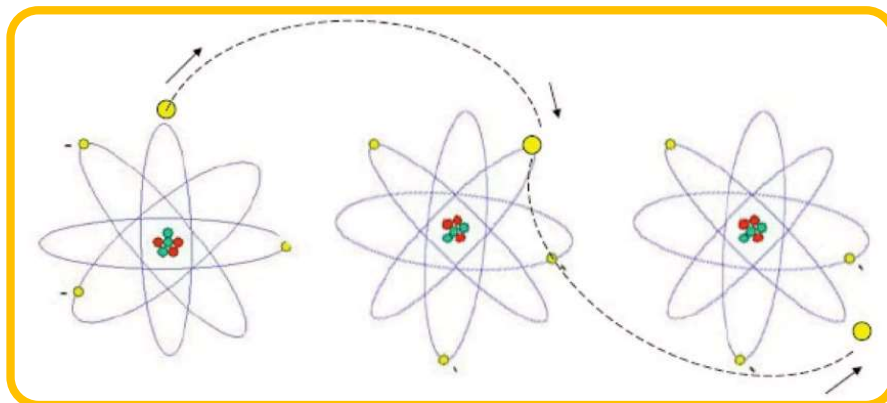
Todos los materiales están compuestos por **átomos**, y un átomo es básicamente un núcleo con carga positiva (los protones) y a su alrededor una carga negativa (los electrones).



Ejemplo de átomo

Los **electrones se mueven alrededor de los átomos** y pueden trasladarse de un átomo a otro. Dependiendo del tipo de material los electrones se moverán con más o menos facilidad.

Por ejemplo, el átomo de cobre presenta mucha facilidad para que sus electrones se muevan, y por el contrario los átomos del polietileno, un derivado del plástico, presentan más dificultad para poner en movimiento los electrones que lo constituyen.



Movimiento de los electrones entre átomos

Un cable de cobre 10 centímetros está compuesto por millones de átomos de cobre, cada átomo contiene un núcleo con 29 protones (la carga positiva) y 29 electrones (la carga negativa) alrededor del núcleo, estos electrones tienen facilidad para moverse entre los átomos.

Sabiendo que, entre cargas de igual signo, por ejemplo, una carga positiva con una carga positiva, o una carga negativa con una carga negativa existe una fuerza de repulsión entre ellas, y por otro lado entre las cargas de diferente signo, carga negativa con carga positiva obtenemos una fuerza de atracción.

Si en un extremo del cable de cobre acercamos cargas positivas y en el otro extremo acercamos cargas negativas, conseguiremos que los electrones de los átomos de cobre se muevan de un átomo a otro, atraídos por las cargas positivas y repelidos por las cargas negativas.

Con este movimiento de electrones obtenemos la electricidad.

1.2 Terminología

Aislante: un material que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por ende, el paso de la corriente eléctrica, cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo. Material no conductor que, por lo tanto, no deja pasar la electricidad.

Amperio: unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica, cuyo símbolo es A. Se define como el número de cargas igual a 1 coulomb que pasar por un punto de un material en un segundo. ($1A = 1C / s$).

Cable: conductor formado por un conjunto de hilos, ya sea trenzados o torcidos.

Caída de tensión: es la diferencia entre la tensión de transmisión y de recepción.

Caloría: unidad equivalente a 4.18 joules.

Capacidad: medida de la aptitud de un generador, línea de transmisión, banco de transformación, de baterías, o capacitores para generar, transmitir o transformar la potencia eléctrica en un circuito; generalmente se expresa en MW o kW, y puede referirse a un solo elemento, a una central, a un sistema local o bien un sistema interconectado.

Circuito: trayecto o ruta de una corriente eléctrica, formado por conductores, que transporta energía eléctrica entre fuentes.

Conductor: cualquier material que ofrezca mínima resistencia al paso de una corriente eléctrica. Los conductores más comunes son de cobre o de aluminio y pueden estar aislados o desnudos.

Corriente: movimiento de electricidad por un conductor. Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperes (A).

Demanda eléctrica: requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en megawatts (MW) o kilowatts (kW).

Efecto Joule: calentamiento del conductor al paso de la corriente eléctrica por el mismo. El valor producido en una resistencia eléctrica es directamente proporcional a la intensidad, a la diferencia de potencial y al tiempo.

Energía: la energía es la capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía. Capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. La energía eléctrica se mide en kilowatt-hora (kWh).

Factor de potencia: coseno de ángulo formado por el desfase existente entre la tensión y la corriente en un circuito eléctrico alterno; representa el factor de utilización de la potencia eléctrica entre la potencia aparente o de placa con la potencia real.

Frecuencia: número de veces que la señal alterna se repite en un segundo. Su unidad de medida es el hertz (Hz).

Hertz: un hertz es la unidad de la frecuencia en las corrientes alternas y en la teoría de las ondas. Es igual a una vibración o a un ciclo por segundo.

Instalación: es la infraestructura creada por el Sector Eléctrico, para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, así como la de los permisionarios que se interconectan con el sistema.

Joule: es la unidad de energía que se utiliza para mover un kilogramo masa a lo largo de una distancia de un metro, aplicando una aceleración de un metro por segundo al cuadrado y su abreviatura es J.

Kilowatt: es un múltiplo de la unidad de medida de la potencia eléctrica y representa 1,000 watts; se abrevia kW.

Ohm: unidad de medida de la resistencia eléctrica. Equivale a la resistencia al paso de la electricidad que produce un material por el cual circula un flujo de corriente de un amperio, cuando está sometido a una diferencia de potencial de un Volt. Su símbolo es Ω .

Ohm: unidad de medida de la resistencia eléctrica. Equivale a la resistencia al paso de la electricidad que produce un material por el cual circula un flujo de corriente de un amperio, cuando está sometido a una diferencia de potencial de un Volt. Su símbolo es Ω .

Potencia: es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watt (W).

Resistencia: cualidad de un material de oponerse al paso de una corriente eléctrica. La resistencia depende de la longitud del conductor, su material, de su sección y de la temperatura del mismo. Las unidades de la resistencia son Ω .

Sistema de distribución: es el conjunto de subestaciones y alimentadores de distribución, ligados eléctricamente, que se encuentran interconectados en forma radial para suministrar la energía eléctrica.

Sistema eléctrico: instalaciones de generación, transmisión y distribución, físicamente conectadas entre sí, operando como una unidad integral, bajo control, administración y supervisión.

Tensión: potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt (V) y vulgarmente se la suele llama voltaje. La tensión de suministro en los hogares de México es de 110 V.

Transformador: dispositivo que sirve para convertir el valor de un flujo eléctrico a un valor diferente. De acuerdo con su utilización se clasifica de diferentes maneras.

Voltio: se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente de un amperio utiliza un vatio de potencia. Unidad del Sistema Internacional.

Wat: es la unidad que mide potencia.

1.3 Magnitudes eléctricas

Las magnitudes eléctricas son **aquellas propiedades físicas de la electricidad que podemos medir**; en consecuencia, podemos conocer su valor y utilizarlas en varias aplicaciones.

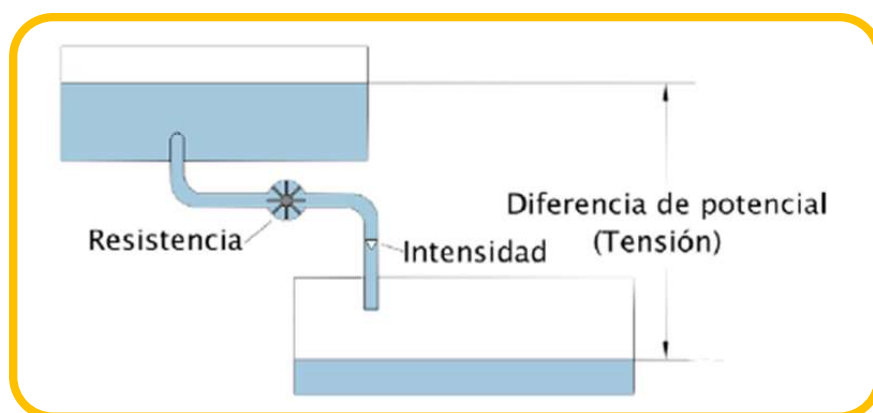
Las más importantes son la tensión, la intensidad de corriente (o directamente corriente), la resistencia y la potencia.

Para que en un circuito hidráulico haya un desplazamiento de agua entre dos puntos, es preciso que exista algo que la empuje desde un punto a otro.

El método más natural de visualizar esto es mediante la conexión de dos depósitos de agua. Mientras los depósitos mantengan los mismos niveles de agua y estén a la misma altura, nada provocará la corriente de agua desde uno a otro, ahora bien, si elevamos la altura de uno de ellos, inmediatamente surge el desplazamiento de agua desde aquel que se encuentra a mayor altura hasta el que se encuentra por debajo, intentando en todo momento que se igualen los niveles de agua.

Esa diferencia de altura es la fuerza motriz que produce el movimiento, y es equivalente a la que introduciría una bomba de desplazamiento para inducir el movimiento forzado del agua para elevarla desde un depósito o pozo de cabecera hasta otro punto cualquiera que puede ser nuestro piso o un punto de riego en una parcela.

Esta magnitud hidráulica es lo que en electricidad llamaremos tensión o voltaje, y será la que impulsará a los electrones a moverse por el circuito eléctrico. Su unidad de medida será el voltio (V).



Magnitudes eléctricas. Símil hidráulico

Al igual que en el caso del agua, cuanto mayor sea la diferencia de altura entre los vasos, mayor será la tendencia del agua a bajar de un punto a otro. En el caso eléctrico, cuanto mayor sea la tensión, mayor será la tendencia a producir el flujo eléctrico entre dos puntos.

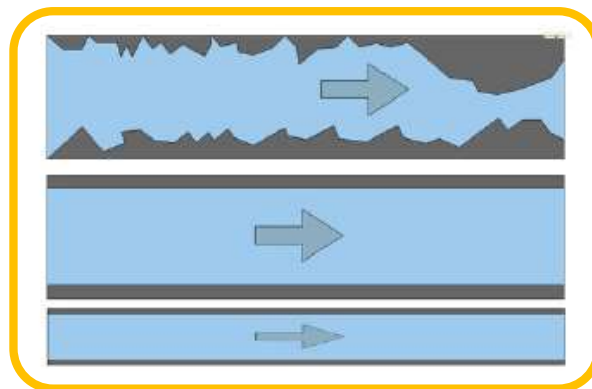
Otro fenómeno que se deriva de la observación del efecto anterior es el flujo de agua entre los dos vasos. La energía que origina el movimiento de agua desde un vaso a otro es la diferencia de altura, pero el efecto que se produce a consecuencia de esa diferencia de altura, y siempre que se permita la circulación de agua desde un punto a otro, es la corriente de agua que se genera.

Esa magnitud hidráulica es lo que en electricidad llamaremos intensidad o corriente eléctrica, y será la que mida la cantidad de electrones que se mueven por el circuito eléctrico y unidad de tiempo. Su unidad de medida es el Amperio (A).

Ya sabemos que hay un movimiento de electrones originado por un potencial, o diferencia de potencial para ser más exactos, y que esas magnitudes se denominan intensidad y tensión respectivamente. Ahora bien, ¿ese movimiento se produce libremente?

La respuesta a esa pregunta, como seguramente todos tengamos en la cabeza es no. Al igual que en el circuito hidráulico, pese a la diferencia de altura entre vasos, hay otros condicionantes que limitan el paso de agua de un punto a otro y que seguramente todos conocemos. A esa dificultad que se encuentra el agua para circular es a lo que llamamos resistencia, y recibe el mismo nombre en electricidad. Su unidad de medida es el ohmio (Ω).

Para determinar de qué depende esta nueva magnitud seguiremos empleando el símil hidráulico, pues refleja de una manera nítida el comportamiento de la electricidad.



Los parámetros de que depende la resistencia son:

- El diámetro o, mejor dicho, la sección de la tubería que permite la circulación de agua. Es lógico pensar que cuanto mayor sea esa sección, antes se igualarán los niveles, o se vaciará el vaso que se encuentre a mayor altura.
- La longitud de la tubería. Esto que igual es más difícil asimilar con el agua, aunque se produce claramente, se entiende mejor si pensamos en lo que ocurre cuando soplamos a través de una manguera. Cuanto mayor es este elemento, mayor dificultad encontramos a que el aire salga con fuerza por el extremo opuesto, y esto es debido al rozamiento del mismo sobre las paredes del conducto. Cuanto más largo es, durante mayor distancia se produce dicho efecto de rozamiento, por lo que mayor es la resistencia que este ofrece al paso del fluido.
- La naturaleza del conducto o material. Quizás este es el parámetro más difícil de comprender, pero dependiendo del material, la superficie que este ofrece al paso del agua será más lisa o rugosa y, por tanto, ofrecerá mayor o menor resistencia al paso de agua.

En el caso del circuito eléctrico, esos tres parámetros se relacionan entre sí mediante la siguiente expresión para determinar el valor de la resistencia:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Donde:

R, representa el valor de la resistencia medida en Ohmios (Ω).

L, es la medida de la longitud del conductor, medida en metros(m).

S, es la medida de la sección del conductor, medida en metros cuadrados (m^2).

ρ , es la medida de la resistividad eléctrica del material, medida en Ohmios por metros (Ωm).

La resistividad del material representa la dependencia que hemos expresado entre resistencia y material, y los valores que adopta están tabulados:

Material	Resistividad (ρ) a 20 °C
Plata	$1.59 \cdot 10^{-8}$
Cobre	$1.72 \cdot 10^{-8}$
Oro	$2.40 \cdot 10^{-8}$
Hierro	$1.20 \cdot 10^{-7}$
Estaño	$1.15 \cdot 10^{-7}$
Constantán (60% Ni y 40% Cu)	$4.90 \cdot 10^{-7}$
Nicromo	$1.08 \cdot 10^{-6}$
Germanio	$4.50 \cdot 10^{-1}$
Silicio	$6.40 \cdot 10^2$
Madera	De 10^8 a 10^{14}
Vidrio	De 10^{10} a 10^{14}

Con esas tres magnitudes hemos definido de una manera muy sencilla algunos de los parámetros principales de la corriente eléctrica, pero ahora, volvamos al concepto de electricidad.



Recuerda

Tensión es la fuerza electromotriz que ejerce una fuente de suministro eléctrico para establecer una corriente eléctrica.

Intensidad es una medida del caudal de energía eléctrica que circula a través del circuito.

Resistencia es una magnitud que mide la oposición que muestra un objeto al paso de la corriente eléctrica.



Sabías qué...

Con esas tres magnitudes hemos definido de una manera muy sencilla algunos de los parámetros principales de la corriente eléctrica, pero ahora, volvamos al concepto de electricidad.

Si bien **hemos empleado el agua como fluido visualmente asimilable a la electricidad de cara a entender bien los conceptos** tratados hasta ahora, que elemento es el que la sustituye cuando hablamos de electricidad. Es decir, ¿qué es lo que circula por el conductor cuando se produce la corriente eléctrica?

Si dividimos la materia hasta su fracción más pequeña sin que deje de representar la misma sustancia, el elemento más pequeño que la constituye es el átomo, ahora bien, si perdemos esa esencia, el átomo está constituido por otros elementos subatómicos más pequeños que son los que originan la corriente eléctrica.

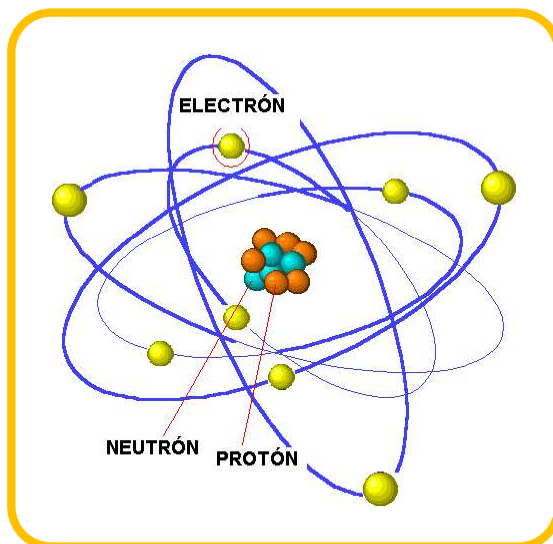
El **átomo está constituido por** tres elementos fundamentales:

- **Protones:** que son partículas que se caracterizan por tener carga positiva.
- **Neutrones:** que son partículas elementales sin carga que se sitúan en el núcleo del átomo junto a los protones.
- **Electrones:** son las partículas que cuentan con carga negativa y que orbitan en torno al núcleo

En todo momento, la materia en condiciones normales presenta un estado neutro por el cual, el número de electrones y protones del átomo es el mismo. Además, el número de electrones, protones y neutrones que constituyan al átomo determinarán la sustancia que sea dicho elemento.

Este modelo de materia se puede asimilar de manera gráfica al de los planetas y el sol. El Sol, mucho más grande, se sitúa en el centro de la galaxia y en nuestro caso incluiría a los protones y neutrones.

Orbitando en torno al Sol se encuentran los planetas, **en nuestro caso electrones, y que nunca llegan a tocarlo**. En el caso planetario, la fuerza que mantiene a los planetas en torno al núcleo es la energía gravitatoria, y en el caso del átomo, dicha energía se sustituye por la eléctrica.



Composición del átomo

Cuanto más lejos está el electrón del núcleo, menor es la fuerza necesaria para quitárselo, y una vez que el átomo pierde algún electrón, pierde el equilibrio eléctrico, quedando cargado positivamente y, por tanto, con necesidad de recuperar el electrón que le falta para volverá a su estado de neutralidad.

Como ya se ha dicho, **cada material tiene diferente número de electrones** y, además, presentan diferentes dificultades a que le sean arrebatados, es decir, es necesaria mayor energía para poder quitarlos. Es por ello que cada material ofrece diferentes valores de resistividad, o lo que es lo mismo, diferentes valores de dificultad a sustraer electrones.



Sabías qué...

El elemento que sustituye al agua en el caso de la electricidad es el movimiento de los electrones en la materia y su circulación a través de los materiales.

Conductores y aislantes:

En el caso de los metales, se constituyen por una forma de enlace entre átomos característica enlace metálico que se caracteriza por realizar una unión fuerte entre los núcleos y sus electrones más cercanos, permitiendo a los más alejados circular libremente por el material. Estos electrones libres son los que permiten que dicho material sea buen conductor de la electricidad.

En cambio, los materiales no metálicos se constituyen por la unión entre átomos mediante enlaces diferentes de los metálicos. En estos casos, no se liberan electrones en la sustancia dificultando la circulación de estos. Es por ello que este tipo de material se denomina aislante.

Ley de ohm: una vez definidas las magnitudes eléctricas fundamentales, cabría preguntarse la relación existente entre ellas, ya que como es fácil entender, sobre todo en el símil hidráulico como hemos analizado anteriormente, cuanto mayor es la diferencia de altura entre vasos, mayor es la tendencia a circular el agua. De la misma forma, cuanto menor es la resistencia, mayor será la corriente de agua que circula a través del conductor.

De esta forma, Ohm descubrió en 1.827 la relación entre estos parámetros a través de la expresión:

$$V = I \times R$$

Donde:

V representa el valor de la tensión, medida en voltios (V).

I es la intensidad, medida en amperios (A).

R es la resistencia, medida en ohmios (Ω).

Energía y potencia:

La **energía es la capacidad de realizar trabajo**. Es por ello que cuando contabilizamos la luz que necesitamos en casa, o el calor necesario para calentar una habitación, lo medimos en energía o capacidad de realizar esa función concreta. Es una magnitud física fundamental y se mide en julios (J).

Por definición, la electricidad es una forma de energía intermedia, y como comentamos al comenzar este apartado, representa la capacidad de cubrir nuestras necesidades fundamentales.

Un paso más allá de las magnitudes básicas introducidas, en nuestro día a día, no tratamos los elementos eléctricos a partir de las intensidades o tensiones necesarias para su funcionamiento, ni siquiera o a través de la energía que consumen para cubrir una necesidad concreta. Es evidente que hablar de intensidad o tensión pierde de vista nuestro interés fundamental, ya que no representa directamente a nuestra necesidad. Por otra parte, si los caracterizásemos únicamente mediante la energía, perderíamos una parte de información fundamental, el tiempo necesario para que dicho elemento cubra nuestra necesidad.



Recuerda

No es lo mismo que el calor necesario para aclimatar una estancia lo consigamos en 1 hora, que, en 24, ya que, en el segundo caso, estaríamos pasando frío durante una parte importante de nuestro tiempo.

Es por todo ello que se incluye una nueva magnitud que nos facilite más información, el concepto de potencia. **Potencia** representa, al igual que en el resto de ámbitos en los que se emplea este concepto, **la cantidad de energía que se requiere para mantener en funcionamiento cualquier elemento durante un tiempo determinado**. Es una magnitud física fundamental y se mide en vatios (w).

Con este concepto terminamos de definir mucho mejor como se cubren nuestras necesidades, ya que nos permite determinar el tiempo que nos llevará el conseguirlo.

La **relación entre potencia y energía** está clara pues:

$$E = P \times t$$

Donde:

E representa el valor de la energía, medida en julios (J).

P es la potencia, medida en vatios (w).

t es el tiempo, medido en segundos (s).

Digamos que el kWh es una unidad que permite reducir los valores que se representan en la factura, pero representan la misma magnitud, es decir, la energía se mide en julios.

En ocasiones, y por asimilación al calor como fuente de energía, se emplea como unidad de medida la caloría. Una caloría no representa más que la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua, en un grado centígrado, en condiciones normales de presión y temperatura. La equivalencia entre unidades es:

$$1 \text{ cal} = 4,1868\text{J}$$

Como se ha dicho anteriormente, expresar nuestras necesidades en voltios y amperios no es práctico porque no representan directamente ni cuánto necesitamos, ni cuánto tiempo nos lleva satisfacer la necesidad, ahora bien, esos parámetros están relacionados directamente, ya que son las magnitudes que caracterizan a la energía eléctrica. La expresión que los relaciona es:

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

Dónde:

P es la potencia, medida en vatios (w).

V representa el valor de la tensión, medida en voltios (V).

I es la intensidad, medida en amperios (A).

R es la resistencia, medida en ohmios (Ω).

Sustituyendo en la expresión de energía:

$$E = V \times I \times t = I^2 \times R \times t = \frac{V^2}{R} \times t$$

Dónde:

E representa el valor de la energía, medida en julios (J).

V representa el valor de la tensión, medida en voltios (V).

I es la intensidad, medida en amperios (A).

R es la resistencia, medida en ohmios (Ω).

t es el tiempo, medido en segundos (s).

Efecto joule: quizás nos hayamos preguntado alguna vez ¿por qué se calientan los equipos eléctricos?

Este fenómeno lo explica el efecto Joule, que determina que, al circular una corriente eléctrica a través de una resistencia, esta libera energía en forma de calor. Es fácil comprenderlo, ya que el paso de una cierta intensidad a través de una resistencia, determina una potencia eléctrica que podemos calcular a través de las expresiones anteriores.

Es por ello que, incluyendo esos valores de intensidad y resistencia, y multiplicado por el tiempo de operación, se determina la energía que libera dicha resistencia en forma de calor.

Esto unido a que todos los conductores presentan una resistencia eléctrica, determina que estos se calienten al conectar equipos eléctricos, y en extensión, que todo equipo eléctrico, que incluye cableado o pistas por las que circula corriente eléctrica, liberan energía en forma de calor.

Otro punto importante asociado a este efecto es que, dado que los conductores ofrecen una resistencia al paso de la electricidad, hay parte de la diferencia de potencial con que se fuerzan a los electrones a circular que se pierde en su tránsito por el conductor. Esto es lo que se conoce como caída de tensión en el conductor, y como se verá más adelante, está limitada por la normativa vigente.