



Smart grid: fundamentos técnicos

Contribución de energía solar en la red inteligente

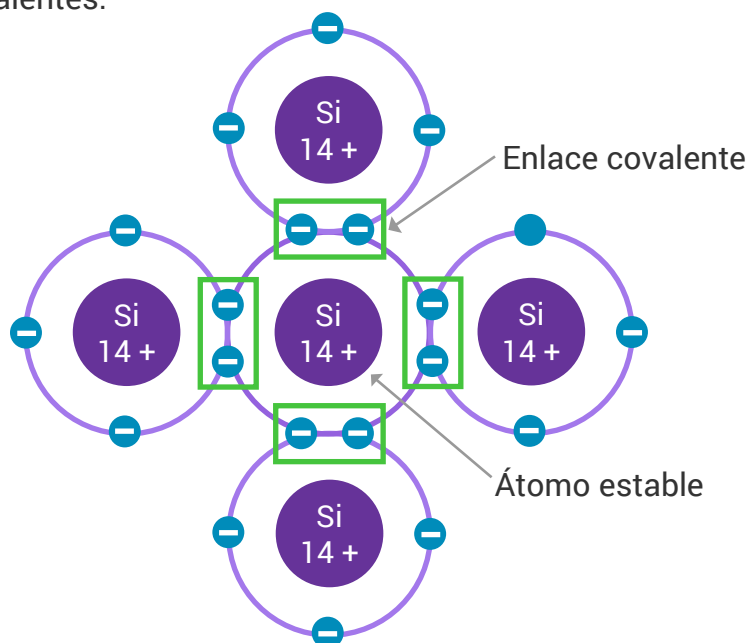
Generación de energía solar

La electricidad a partir de la energía solar

¿Te has preguntado alguna vez cómo se genera la energía eléctrica a partir de la energía solar?

Considerando la estructura atómica de los elementos, aquellos considerados como buenos conductores ofrecen **escasa resistencia** al paso de los electrones, mientras que los aislantes ofrecen una más alta. Aquellos elementos que presentan niveles intermedios se denominan **semiconductores**.

Los materiales comúnmente empleados en la fabricación de celdas solares son el Silicio cristalino y el arseniuro de galio. La característica fundamental de los cuerpos semiconductores es que poseen **4 electrones de valencia** (en su última órbita), agrupándolos en una estructura reticular en la cual cada átomo del elemento queda rodeado por otros 4. En esta agrupación, cada átomo ocupa el centro de una estructura cúbica que posee otros 4 átomos similares en sus vértices, propiciando la formación de enlaces covalentes.

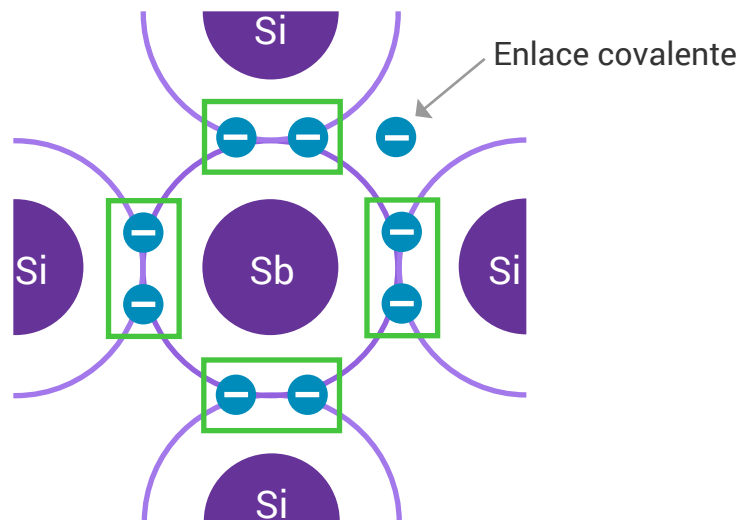


Ejemplo de enlaces covalentes de átomos de Silicio.

Éstos se pueden dividir en dos grupos: **semiconductores extrínsecos e intrínsecos**.

Los enlaces covalentes de los semiconductores se debilitan y pueden perder electrones en función de la temperatura que reine en la estructura cristalina. Es necesario agregar impurezas a las mezclas debido a que las corrientes que se producen en el seno de un semiconductor intrínseco son insignificantes a la temperatura ambiente, esto gracias al bajo valor de portadores libres.

Las impurezas utilizadas para los semiconductores extrínsecos son pentavalentes (tienen cinco electrones de valencia), de manera que cada átomo se asienta en la estructura cristalina ocupando un puesto similar al que ocuparía un elemento semiconductor como el Germanio (Ge) o el Silicio (Si).

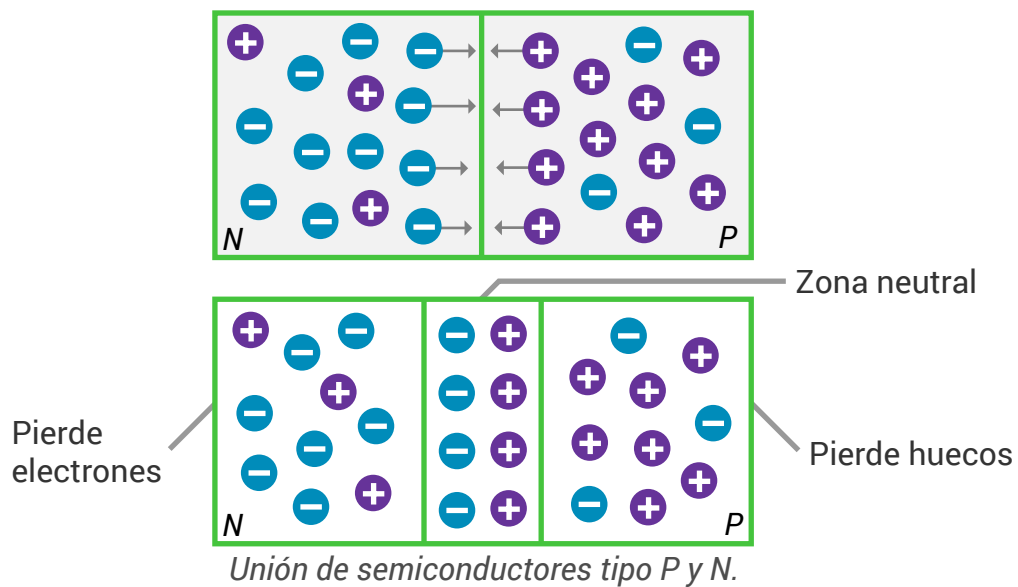


Adición de impurezas.

Estas impurezas se añaden en relación 1 a 1,000,000, de manera que el número de portadores eléctricos negativos sea mucho mayor que el de los positivos, denominándose de **tipo N**.

Al agregar impurezas trivalentes (3 electrones de valencia), aparece en la estructura un hueco, o una falta de electrón, de manera que hay mayor número de cargas positivas que negativas, por lo que se denominan como de **tipo P**.

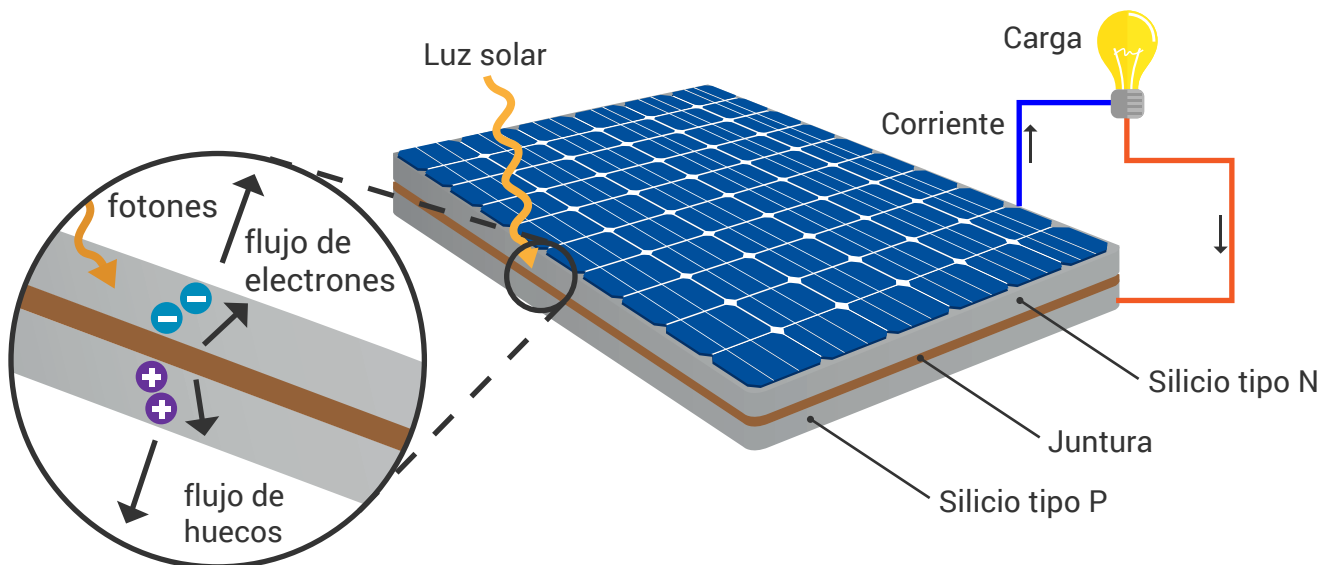
En las celdas FV, al colocar una parte del semiconductor de tipo P junto con otro de tipo N, los electrones de la zona N tienden a dirigirse a la zona P, sucediendo lo contrario con los huecos, formando así una zona estable y neutra entre ambas estructuras.



Dentro de esta zona, se genera una barrera de potencial que **impide la continuación de la difusión**.

Efecto fotovoltaico

Este fenómeno es muy sencillo de explicar. Si se incide luz sobre un material semiconductor, este absorbe los fotones (energía)- y emite electrones, algunos electrones pueden atravesar la barrera de potencial, produciendo una corriente eléctrica. Dichos electrones, al recorrer el circuito externo, vuelven a entrar en el semiconductor por la cara opuesta como se muestra en la siguiente figura.



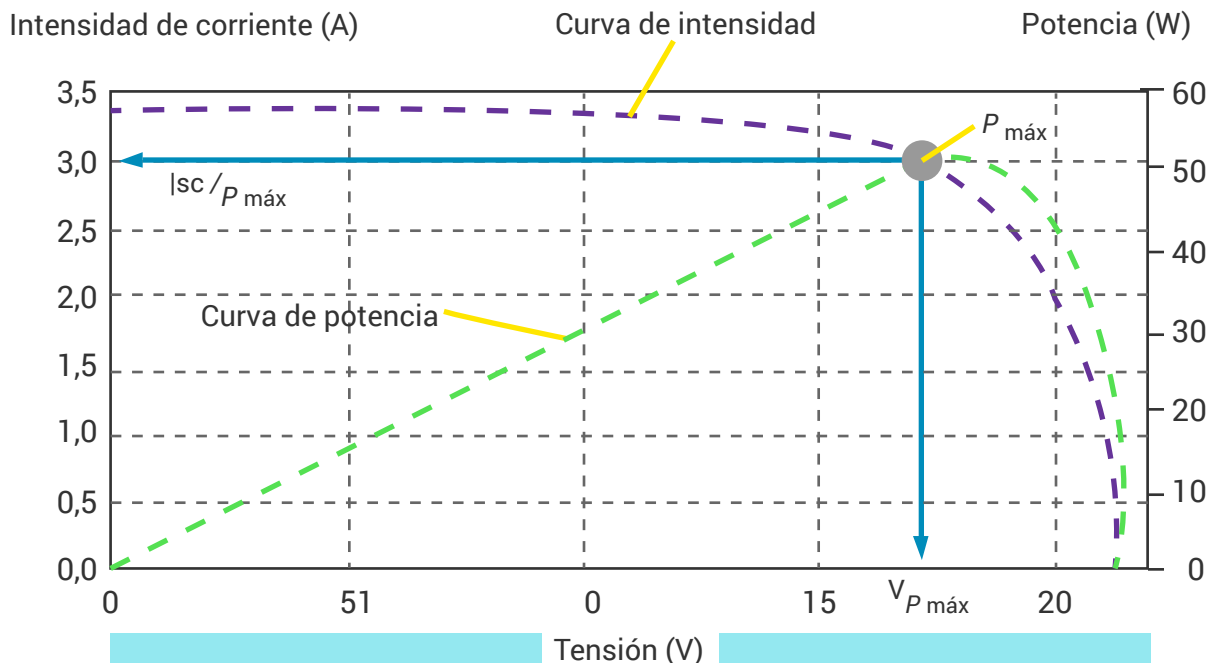
Modelos de celdas solares

Diferentes modelos de celdas solares

Parámetros de funcionamiento de una celda solar

¿Sabías que la transformación de la energía solar en energía eléctrica ocurre a través de celdas solares?

En la siguiente imagen, puedes observar la relación de la corriente generada en función de la tensión que aparece en la célula fotoeléctrica, así como la curva de potencia que se genera:



Los parámetros principales de operación de una célula fotoeléctrica son los siguientes:

- **Corriente de corto circuito (I_{sc})**. Es la máxima corriente que se puede obtener de la célula fotoeléctrica.
- **Tensión de circuito abierto (V_{oc})**. Constituye la máxima tensión que se puede extraer de una célula fotoeléctrica.
- **Potencia máxima (P_{max})**. El producto entre V_{max} e I_{max} .
- **Factor de forma (F_f)**. Se relaciona con la potencia máxima. Cuanto más cercano esté a la unidad, mejor será la célula. Su fórmula se muestra a continuación:

$$P_{max} = I_{sc} \cdot V_{oc} \cdot F_f$$

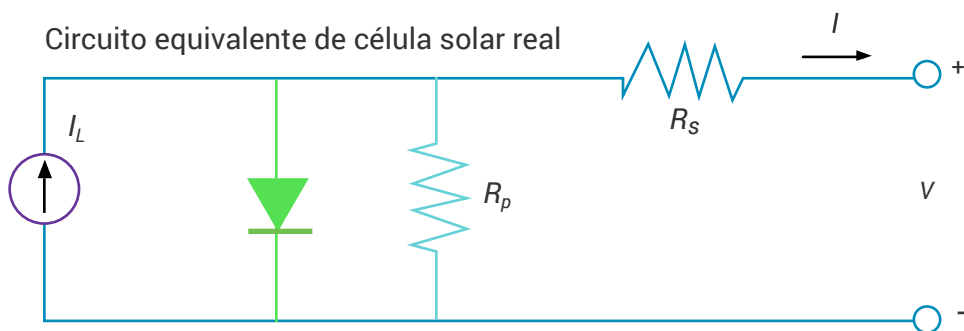
- **Eficiencia (η)**. Define el funcionamiento de la célula fotoeléctrica. En su fórmula P_{sol} representa la potencia luminosa por unidad de área que se recibe del sol en forma de fotones, y A el área de la célula, como lo podemos ver a continuación:

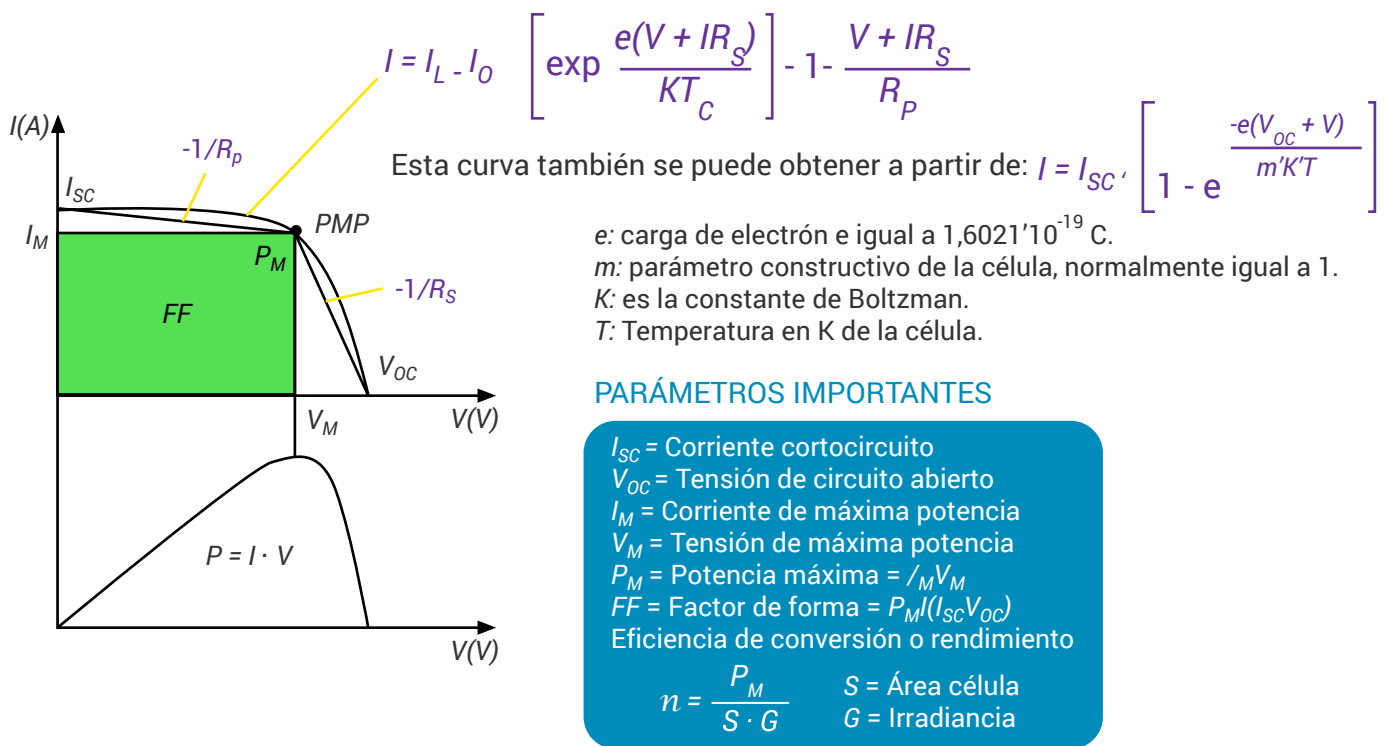
$$\eta = \frac{I_{sc} \cdot V_{oc} \cdot F_f}{A \cdot P_{sol}} \cdot 100$$

El modelo matemático del circuito equivalente, puede ser calculado mediante su descripción a través de la **ley de corrientes de Kirchhoff** del circuito que se muestra a continuación:

$$I = I_L - I_0 \left[\exp \left(\frac{V + IR_s}{KT_c} \right) \right] - \frac{V + IR_s}{R_p}$$

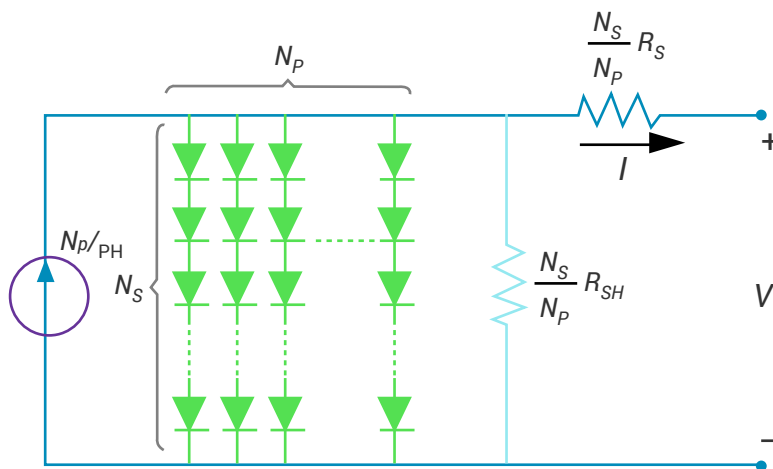
A continuación, podrás observar un ejemplo del **circuito equivalente de una célula fotoeléctrica**:





En el ejemplo anterior, se muestra el circuito equivalente de una célula fotoeléctrica, así como sus gráficas de relación entre la corriente y la tensión ejercida. En este diagrama, la resistencia en serie R_S representa la resistencia interna debido a la malla de metalización, a la resistencia de los contactos y la resistencia del propio semiconductor. La resistencia en paralelo R_P se origina de las imperfecciones en la calidad de la unión pn , y representa la existencia de fugas de corriente.

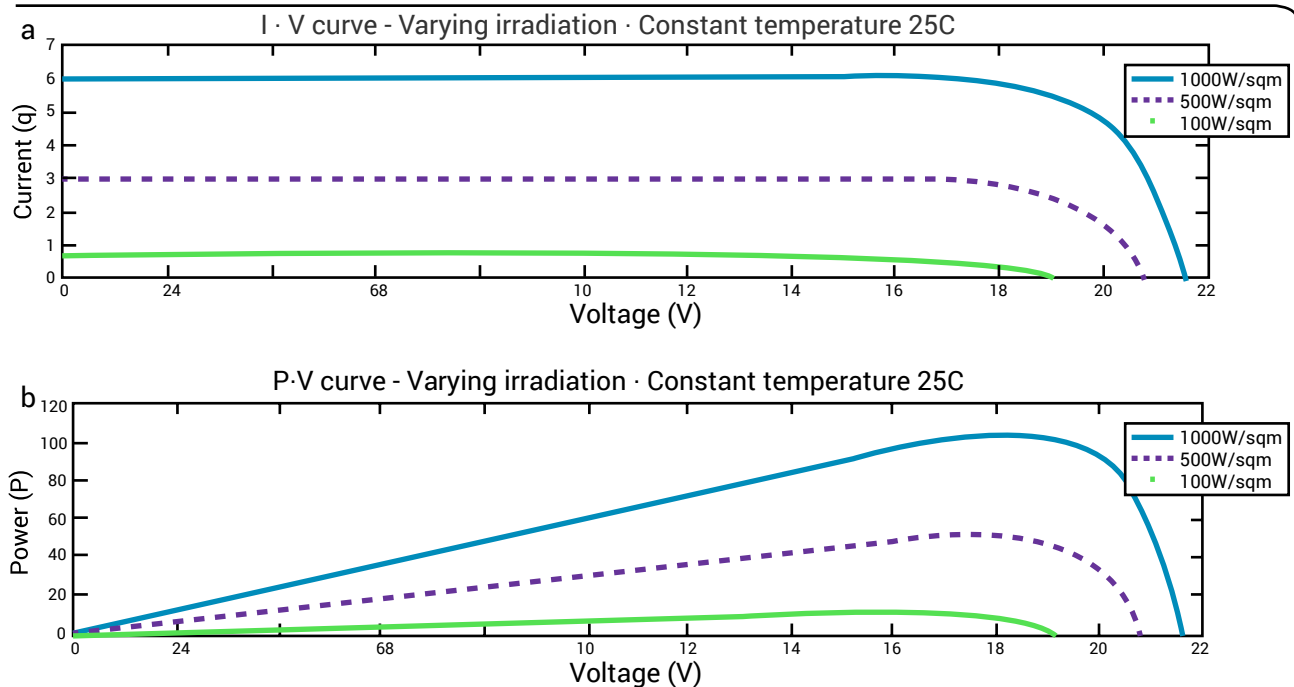
Por otra parte, un **panel fotovoltaico** está formado por un arreglo de celdas solares conectadas en serie y en paralelo. A continuación, se muestra el modelo equivalente de un panel fotovoltaico:



Finalmente, del modelo equivalente que proporciona el voltaje y la corriente total de un panel fotovoltaico, se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

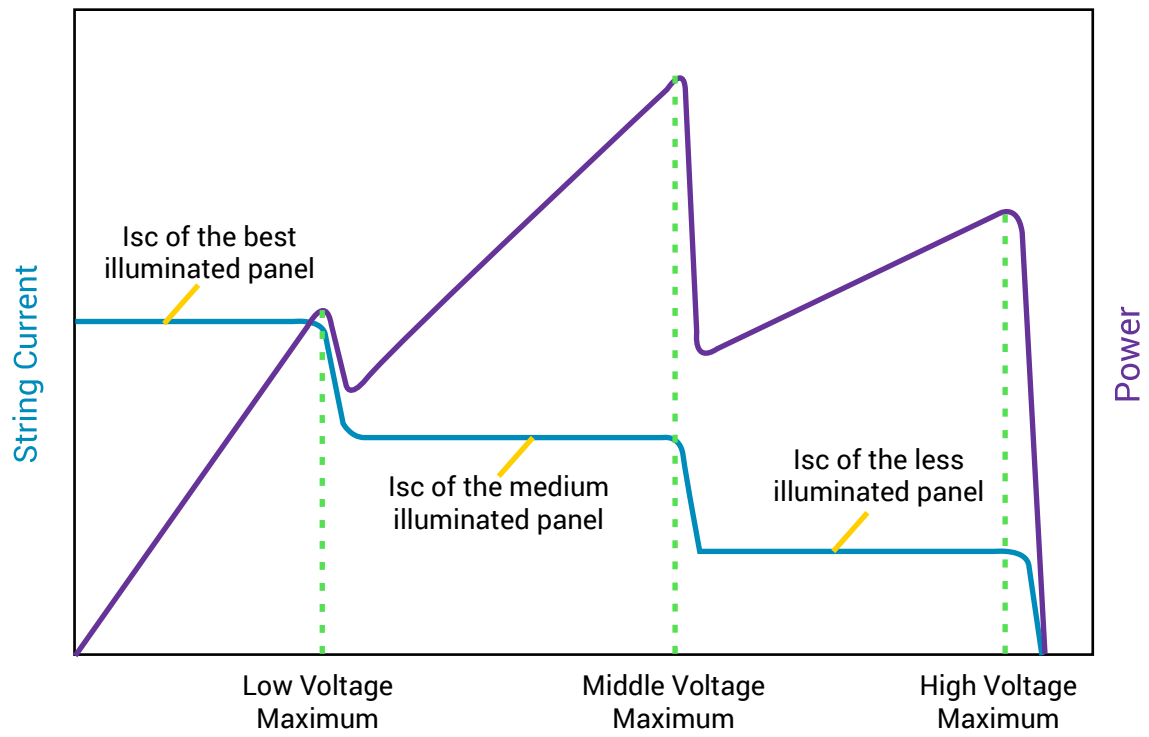
$$I = I_L - I_0 \left[\exp \left(\frac{V + IR_S \frac{N_S}{N_P}}{KT_C N_S} \right) - \frac{V + IR_S \frac{N_S}{N_P}}{R_P \frac{N_S}{N_P}} \right]$$

La representación, a través de un modelo equivalente, ayuda al estudio de los parámetros que afectan la generación de energía eléctrica. Estos parámetros son principalmente las condiciones ambientales, tales como la **irradiación** y la **temperatura**. Estas características son analizadas en dos curvas características del panel fotovoltaico, las cuales se conocen como **curva corriente-voltaje (I-V)** y **potencia-voltaje (P-V)**. A continuación, se muestra un ejemplo de cada una:



Otra característica importante, es el seguimiento del **máximo punto de potencia**, también conocido como **MPPT**, por sus siglas en inglés (Maximum Power Point Tracking), el cual es afectado por las condiciones ambientales como el sombreado parcial,

además de la irradiación y temperatura, en donde los arreglos en serie afectan la cantidad de voltaje generado y los arreglos en paralelo la corriente generada por el panel. A continuación se presenta las curvas **I-V** y **P-V** ante sombreado parcial:





Smart grid: fundamentos técnicos

Energía eólica en una red inteligente

2.2. Generación de energía eólica

La energía eólica y los parques eólicos *offshore*



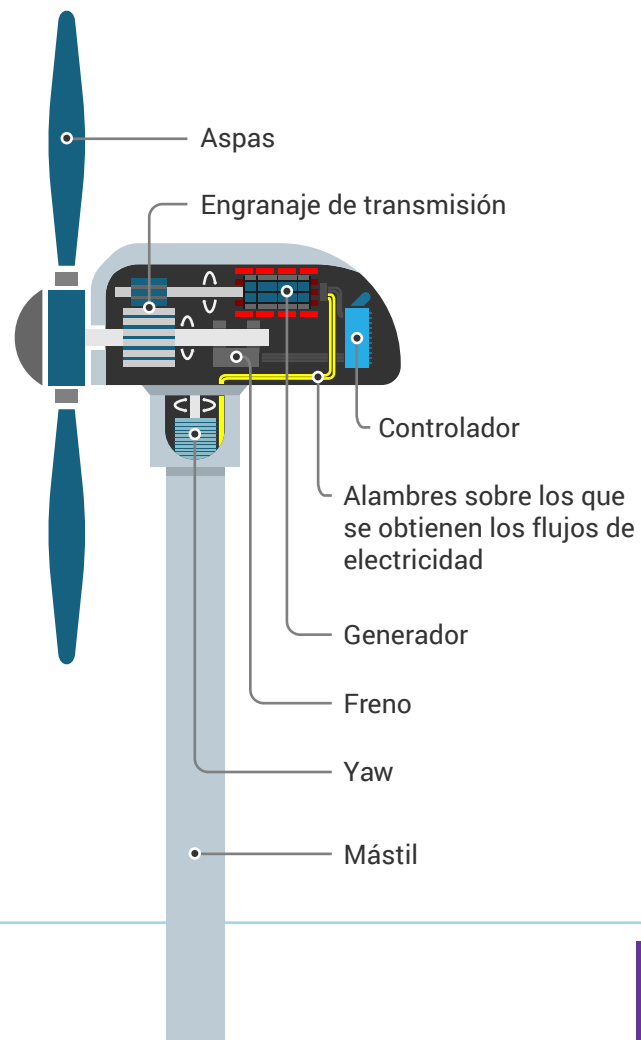
[648595906]. laremenko/istock

¿Sabías que la energía eólica es la energía cinética del viento, y que esta energía sirve para que los aerogeneradores produzcan electricidad?

Componentes de los aerogeneradores

El principal objetivo de los aerogeneradores es convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica con la ayuda de los diferentes subsistemas que conforman estas máquinas, buscando la mayor eficiencia posible en la transición de energía mecánica a eléctrica.

Las principales partes de las que se compone un aerogenerador se muestran a continuación:

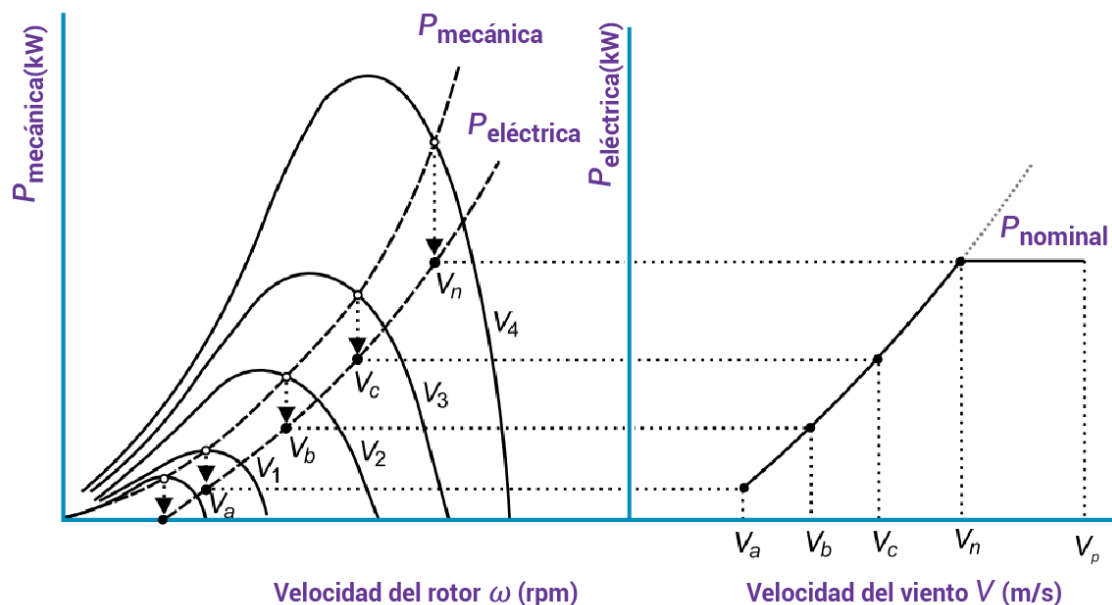


Curva de potencia de un aerogenerador

La curva de potencia de un aerogenerador es una herramienta de análisis que ayuda a visualizar gráficamente lo que sucede con respecto a la potencia entregada por las turbinas y el incremento de la velocidad del viento cuando las aspas son golpeadas. Para la obtención de esta gráfica se deben considerar factores físico-mecánicos, como lo son los rodamientos internos del sistema, el multiplicador o caja de

engranajes y el sistema eléctrico.

En la siguiente gráfica se pueden apreciar las curvaturas de velocidad de viento y rotor contra la potencia mecánica y eléctrica. Del lado izquierdo se tiene la gráfica de la potencia entregada en función de la velocidad con la que gira el rotor ω [rpm], mientras del lado derecho tenemos la potencia eléctrica en función de la velocidad del viento V [m/s].



Donde la velocidad de arranque (V_a) es la velocidad mínima para que el aerogenerador comience a generar potencia eléctrica, esencialmente es el primer punto dentro de la curvatura de potencia. V_n representa la velocidad nominal, cuando el sistema alcanza esta velocidad se tiene una potencia constante así sigan aumentando las velocidades; y por último se tiene la V_p la velocidad de

paro, esta variable existe para frenar el sistema y no provocar daños mecánicos o eléctricos al aerogenerador debido a las altas velocidades.

Diariamente se utilizan objetos que requieren y producen energía; sin embargo, poco sabemos sobre ello. Si quieres poner en marcha buenas prácticas sobre el uso de energía y su ahorro, es necesario profundizar en este tema.

Parques eólicos en el mar (offshore)

Las ventajas que rodean a los parques eólicos en el mar son muy grandes, ya que las condiciones del viento son mejores en este tipo de lugares que en tierra. Los primeros generadores eólicos fueron colocados en Dinamarca en los años 90 y desde ahí varios países, al ver sus ventajas, optaron por su instalación. Debido a que las condiciones del viento son diferentes en zonas cercanas a las costas y teniendo velocidades más altas a menor altura, las torres que sostienen a los aerogeneradores pueden disminuir en tamaño, teniendo un impacto positivo directo en lo que son los costos de producción; sin embargo, los costos de instalación en este tipo de turbinas aumentan considerablemente.



[638146832]. MR1805/iStock

Tipos de cimentaciones para aerogeneradores offshore

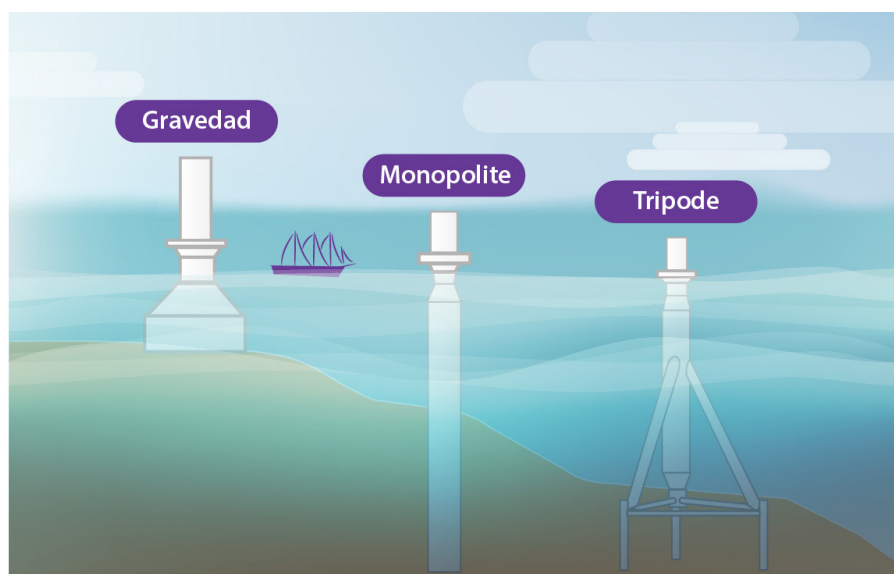
Cuando se habla de los cimientos para la instalación de las torres, se debe tener en consideración la profundidad del mar de la zona en la que se desea instalar la torre, ya que dependiendo de esta es el sistema de anclaje se utiliza. Para sistemas en aguas con profundidades bajas se utiliza un **sistema por gravedad**. Este consiste en una base de hormigón de gran diámetro que proporcione una estabilidad a la turbina; se entiende que, por el peso de la base la torre, es inamovible por las corrientes marinas.



[873331950]. Kruwt/iStock

A mayor profundidad se requieren de sistemas con un anclaje directo al suelo del mar, este es el caso de profundidades **mayores a los 10m de profundidad**. EL monopilote, trípode y múltipilote, son sistemas de anclaje directo al suelo marino; siendo los últimos dos utilizados para profundidades mayores a los 30 m.

El monopilote es instalado perforando el suelo marino en un diámetro de 3.5 a 4.5m a profundidades de hasta 25 m, mientras que los otros dos requieren de perforaciones de 0.9 a 1 m aproximadamente, anclándose entre 10 y 20 m de profundidad. Estos tipos de anclaje se pueden apreciar de mejor en la siguiente imagen:



Los últimos dos sistemas proporcionan una mejor estabilidad sobre el primero, ya que sus múltiples anclajes limitan los movimientos producidos por el golpe de las olas o mareas de la zona. Actualmente se está trabajando en un tipo de anclaje por boyas. Este nuevo sistema tiene la intención de instalar aerogeneradores en aguas con mayor profundidad.

Transporte de la energía eléctrica

Uno de los mayores retos es cómo transportar la energía generada en el offshore de forma segura, constante y sin un gran número de pérdidas.

Para esto, se ha propuesto la instalación de subestaciones transformadoras offshore para una mejor transportación de la energía a las subestaciones en tierra.

Para el transporte, se debe tener en mente los voltajes de transmisión, los precios y las características del cable a utilizar y, sobre todo, la forma en que se va a proteger, ya que este puede ser dañado por los barcos de pesca o por anclas de otros barcos.



[5127021 24]. MR1805 / iStock

Modelos básicos de generadores eólicos

El viento: factor importante de energía renovable

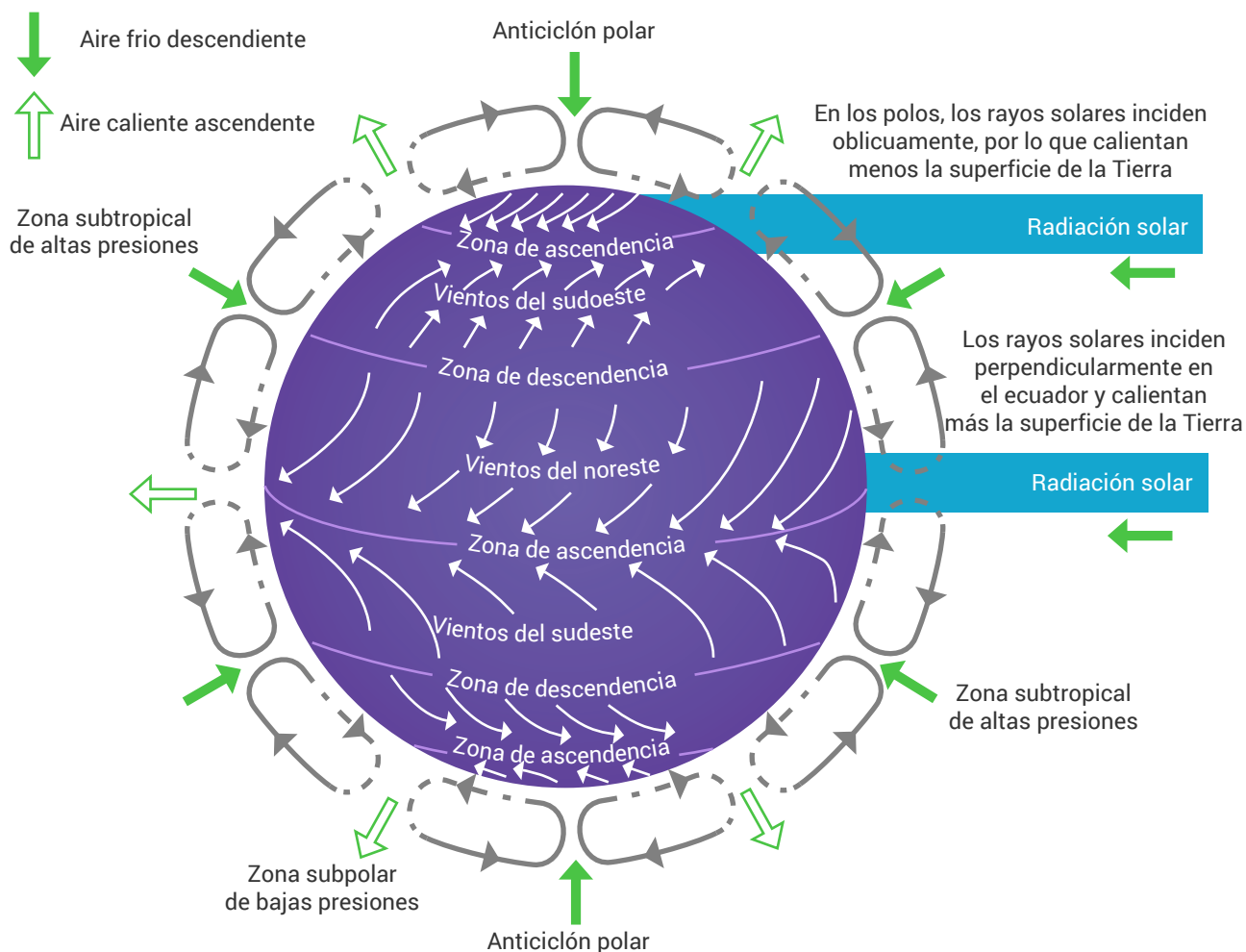
¿Te has cuestionado alguna vez cómo se produce el viento?

El viento es el **aire en movimiento** que se produce por las **diferencias de presión atmosférica** en distintas zonas.



[1014175351]. tickcharoen04 / Shutterstock

Este fenómeno se produce mediante el efecto de la radiación solar que calienta las masas de aire y las hace más ligeras, provocando que asciendan, dejando una zona de baja presión y haciendo que el aire frío y denso descienda; esto aunado a las fuerzas de Coriolis producidas por la rotación de la Tierra y que actúan sobre la masa de aire en movimiento desviándose hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur, además de otros factores como la composición de la Tierra en océanos y continentes, el movimiento de traslación de la Tierra, la topografía de los continentes y perturbaciones atmosféricas. A continuación se muestra un ejemplo de las fuerzas de Coriolis:



El potencial del viento

En la siguiente imagen se muestra la distribución estimada del potencial eólico en el mundo. Los vientos se distribuyen anualmente entre $2,5 \times 10^5$ y 5×10^5 kWh.



La medida del viento

La velocidad del viento es un **vector**, por tanto, viene definida por **el módulo, la dirección y el sentido**. El módulo indica la intensidad del viento y se suele expresar en m/s, km/h o en nudos (1 nudo=1,852 m/s). La dirección y el sentido se expresan en **grados sexagesimales**.



Los anemómetros miden **el flujo del aire, su velocidad y dirección**; suelen ser de rotación, pero hay de presión, así como de otros tipos. Los sensores de los anemómetros, habitualmente situados en torres a una altura de 10 metros, generan una señal que se transmite a un equipo de registro para su interpretación y/o almacenamiento.

La frecuencia de muestreo y los intervalos promedio dependen del tipo de análisis. Es recomendable hacerlo con una frecuencia de **5 a 10 segundos**, y promedios en intervalos de 10 minutos a 1 hora. Para análisis más detallados, se requieren frecuencias iguales o superiores a 1 Hz e intervalos de 1 minuto.

Tratamiento de los datos del viento

Para medir el aprovechamiento energético eólico, se analizan las **distribuciones temporales**, que pueden ser la media diaria, mensual o anual; y las **distribuciones de frecuencia**, que brindan el número de horas por mes o por año durante las cuales ocurre una determinada velocidad del viento. Para fines estadísticos, se usa la función de **densidad de probabilidad continua** $f(v)$ que representa una aproximación de las probabilidades partiendo del histograma con los valores de la distribución de frecuencias, reflejando la estructura de distribución de los valores de la variable a largo plazo, permitiendo obtener probabilidades de cualquier suceso.

La función de densidad de Weibull es:

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c} \right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

Donde k es el parámetro de forma (adimensional) y c es el parámetro de escala (m/s). La velocidad media del viento y la desviación típica están dadas por:

$$\underline{V} = c \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

$$\sigma = c \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right]^{1/2}$$

Donde Γ es la función **gamma de Euler**.

La probabilidad de que la velocidad del viento sea menor o igual a cierto valor v , sea superior a cierto valor v , o esté comprendida entre dos valores v_x y v_y es:

$$P(V \leq v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

$$P(V > v) = \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

$$P(v_x \leq V \leq v_y) = \exp\left[-\left(\frac{v_x}{c}\right)^k\right] - \exp\left[-\left(\frac{v_y}{c}\right)^k\right]$$

Para estimar los parámetros k y c , se iguala la media y la desviación muestral con los correspondientes valores de la distribución de Weibull:

$$k = \left(\frac{s}{\underline{V}}\right)^{-1,086}; \quad c = \frac{\underline{V}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)}$$

Donde:

$$\underline{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i; \quad S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (V_i - \underline{V})^2 \right]^{1/2}$$

Variación del viento con la altura

La altura para instalar turbinas eólicas es de aproximadamente **100 m hacia abajo**. Para cuantificar el perfil vertical de la velocidad del viento en regiones de terreno plano, se usan **dos modelos matemáticos**:

$$V = V_o \left[\ln \frac{(H_o)}{Z_o} / \ln (H/Z_o) \right]$$

Donde V y V_o son las velocidades del viento a las alturas de H y H_o y z_0 es la rugosidad del terreno. Por otro lado:

$$V = V_o \left(H/H_o \right)^\beta$$

Donde β es un exponente que representa el rozamiento superficial encontrado por el viento.

En la siguiente tabla se indican valores de β y z_0 en función de diversas rugosidades:

Tipo de terreno	β	z_0 (m)
Liso (mar, arena, nieve)	0.10 - 0.13	0.001 - 0.02
Moderadamente rugoso (hierba, campos, regiones rurales)	0.13 - 0.20	0.02 - 0.3
Rugoso (bosques, barrios)	0.20 - 0.27	0.3 - 2
Muy rugoso (ciudades, altos edificios)	0.27 - 0.40	2 - 10

La intensidad del viento depende del relieve del terreno. Los relieves redondeados con pendientes suaves aceleran la velocidad del viento, mientras que los relieves bruscos con pendientes mayores a 30° propician turbulencias que dañan a los aerogeneradores y reducen la energía capturada por los mismos.

Cuantificación de la energía existente en el viento

La potencia eólica disponible a través de una superficie de sección A perpendicular al flujo del viento v , se da a través del flujo de la energía cinética por unidad de tiempo, como se representa a continuación:

$$P_d = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} (p A v) v^2 = \frac{1}{2} p A v^3$$

Donde m es el caudal másico del aire y p es la densidad del aire, que varía con la altitud y las condiciones atmosféricas (normalmente $1,225 \text{ kg/m}^3$ a temperatura de 15°C y presión atmosférica normal de 1.013 mbar).

Un método para comparar la potencia eólica de distintos lugares, es la densidad de potencia media, es decir, la potencia eólica media disponible por unidad de superficie barrida como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{P_d}{A} = \frac{1}{2} \rho \underline{v}^3 \text{ (Wm}^{-2}\text{)}; \quad \underline{v}^3 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n v_i^3 \text{ (m}^3 \text{ s}^{-3}\text{)}$$

En función de parámetros de Weibull, nos quedaría expresado de la siguiente forma:

$$\frac{P_d}{A} = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \text{ (Wm}^{-2}\text{)}$$



Smart grid: fundamentos técnicos

Sistemas de monitoreo para redes inteligentes

Control supervisor y adquisición de datos

Evolución de las redes de transmisión

¿Sabías que el boom del desarrollo de las redes de transmisión a través del mundo fue durante los años de 1960 y 1970?

Desde los años 70's comenzó el intercambio de datos entre las subestaciones y los centros de control, así por primera vez las subestaciones fueron operadas remotamente y sus interconexiones cruzaron las fronteras.

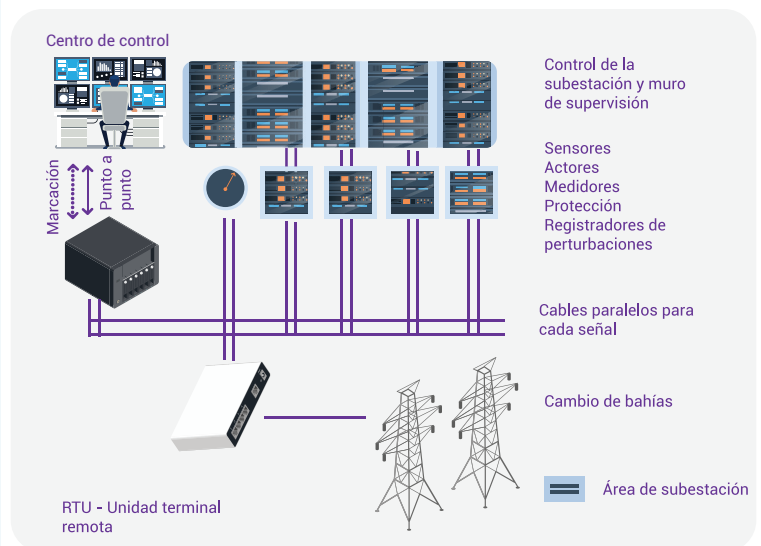
A continuación, te presentamos la evolución de las diferentes generaciones del sistema SCADA:

Generación de los sistemas SCADA

En la **primera generación** de los sistemas SCADA operados remotamente, se utilizaba un cable para cada señal. Los cables se incluían en canales los cuales iniciaban en los equipos instalados en el área de subestación y corrían hasta el cuarto de control. Los dispositivos de control, automatización y protección estaban incluidos en el panel de control que se localizaba en el centro de control.

Al inicio de los años 80's surgió un importante cambio gracias a la aparición de la tecnología de computadoras y microelectrónica, además de que su costo era accesible.

Representación

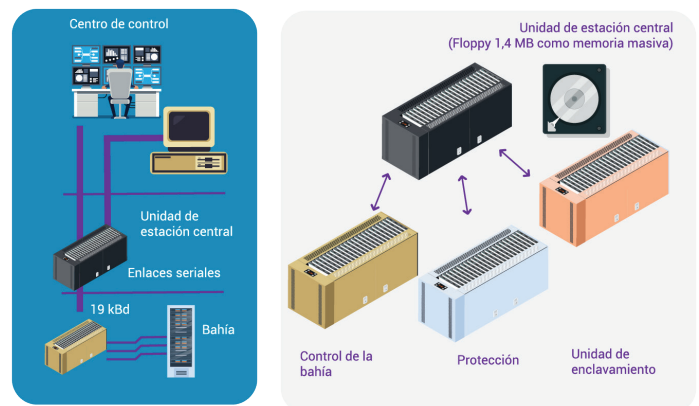


Esquema del principio de la conexión del sistema SCADA de primera y segunda generación.

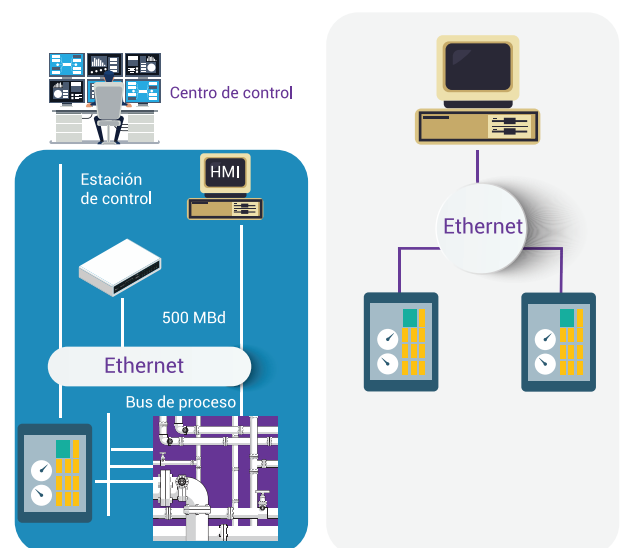
El uso de cables de telecomunicaciones y líneas de potencia de los edificios se utilizaron para intercambiar información con el centro de control. Es por ello que, la **segunda generación** de los sistemas SCADA, estuvo basada en las **unidades de terminales remotas digitales (RTU)** y protocolos de comunicación serial, los cuales estaban limitados en el alcance de la comunicación debido al cableado, como pudiste observar en la imagen anterior.

La **tercera generación** SCADA fue implementada en 1986. Esta tecnología se basaba en un sistema de automatización de la subestación con una unidad de coordinación central y unidades de bahías digitales de distribución.

La **cuarta generación** de los sistemas SCADA está basada en los sistemas de automatizaciones de subestaciones en red y ha sido aplicada desde 2004, de acuerdo con la implementación del estándar Ethernet y las capas de enlace.



Tercera generación de los sistemas SCADA basados en sistemas de automatización de subestación digital.



Cuarta generación de los sistemas SCADA, sistemas de automatizaciones de subestaciones en red.

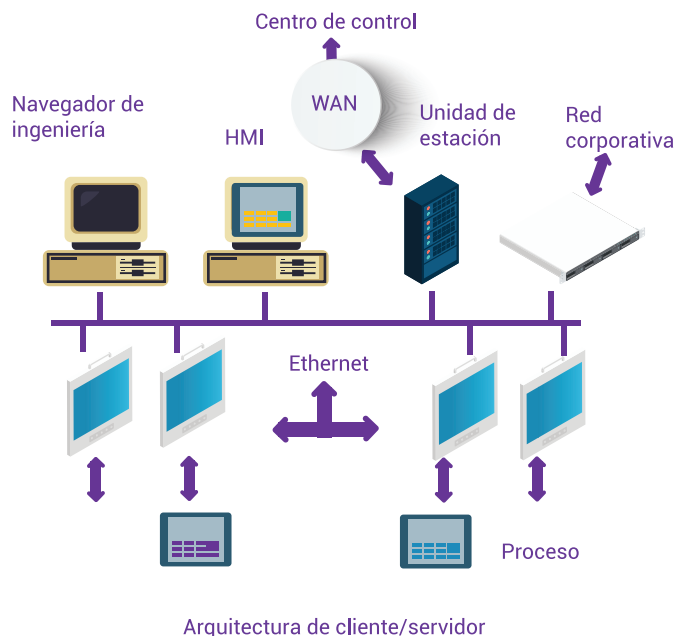
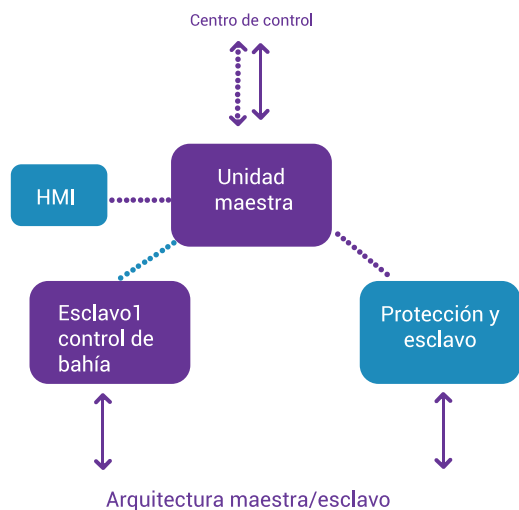
Ahora una PC industrial gestiona las funciones de la unidad central de estación, la cual provee las interfaces necesarias entre el bus de datos de la estación, el control remoto WAN y la entrega de datos a los clientes remotos.



La comunicación Ethernet representó una revolución en la tecnología de comunicación debido a su principio de administración de datos y su alto nivel de diseño, en donde se abrió la oportunidad de aplicar sensores y actores digitales para el nivel de proceso, los cuales unidos a través de Ethernet proveen la adquisición de datos de manera digital y el control mediante comunicación serial.

En el caso del **principio maestro-esclavo**, el maestro requiere de unos pocos segundos para interrogar a todos los esclavos en una secuencia de sondeo para la adquisición de datos y se le conoce como **modo balanceado**. Por otra parte, en el **modo desbalanceado**, se les da alta prioridad a las señales como mensajes o comando que pueden ser interrumpidos o alterados en la secuencia de sondeo.

En la siguiente imagen se muestra la comparación del **principio maestro-esclavo** y el modelo de comunicación **cliente servidor**.



El uso de Ethernet reemplazó a la arquitectura tradicional maestro-esclavo por el cliente-servidor.



El modelo cliente servidor mantiene el acceso a cada servidor a través de Ethernet al mismo tiempo que un mensaje puede transmitir una respuesta. Si existe más de un mensaje de acceso al mismo tiempo, este modelo puede asignar prioridades y los atiende de la más alta a la más baja.

Actualmente el protocolo Ethernet es el estándar para la comunicación LAN/WAN, el cual puede soportar varias capas y servicios. Las tareas de comunicación de la industria, la red eléctrica y los ambientes de oficina están comúnmente basados en este protocolo de red.

Seguridad cibernética

Vulnerabilidad en la seguridad de las redes eléctricas.

Las redes eléctricas se pueden considerar como sistemas con infraestructuras críticas, por lo que el control remoto y la supervisión de las redes eléctricas pueden ser vulnerables ante amenazas como:

- Ataques externos
- Ataques internos
- Desastres naturales
- Fallas de equipo
- Descuidos
- Manipulación de información
- Pérdida de información



Algunas de las consecuencias o reacciones de las vulnerabilidades antes mencionadas pueden ser de tipo: **legal, social, financiero** y, en otros casos, se pueden presentar **daños físicos** al equipo.

Además, para conocer los requerimientos en términos de confiabilidad, disponibilidad, integridad y no rechazo de información, como parte de la seguridad de la información, se presenta el estándar **IEC/TS 62351**, donde se pueden observar los métodos y objetivos para asegurar la seguridad en el control de la red eléctrica a través de las redes de comunicación.

El alcance de la serie del estándar **IEC/TS 62351**, está enfocada en la seguridad de la información especialmente para las operaciones del control de la red eléctrica. Sus dos principales objetivos se pueden agrupar como:

Los principales estándares definidos por la **IEC TC 57** y están formulados especialmente para:

- La serie **IEC 60870-5**, en los siguientes apartados:

- 101 y 104 para el centro de control de la subestación.
- 102 para medición.
- 103 para la protección de comunicación.

- La serie **IEC 60870-6** para el control interno del centro de comunicaciones.

- La serie **IEC 61850** para la comunicación multinivel en los sistemas eléctricos.

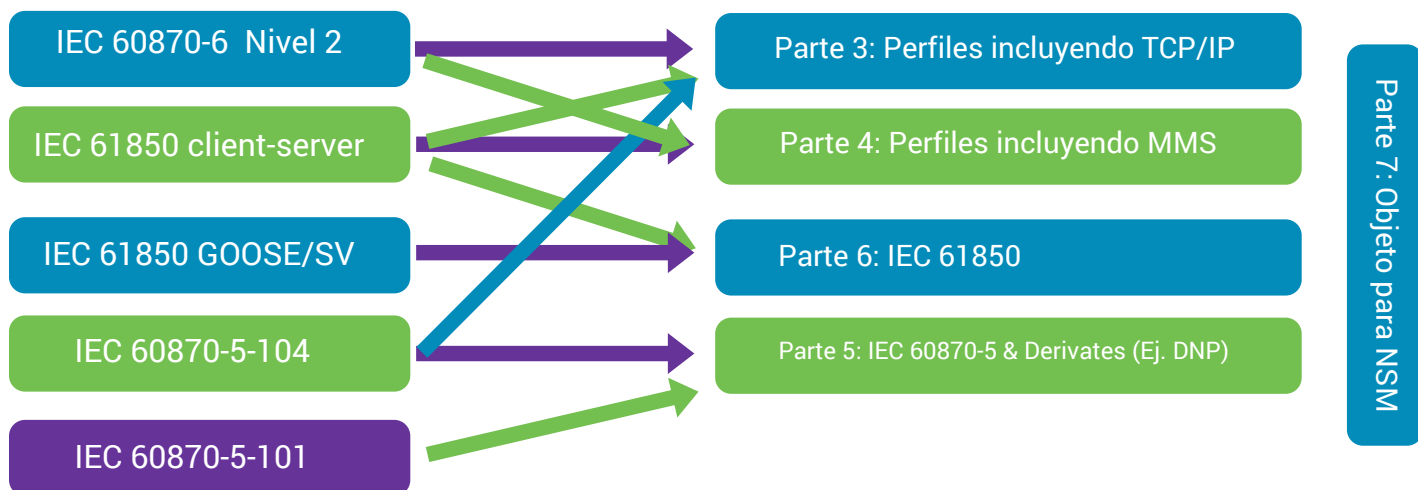
- La serie **IEC 61970** para la administración de datos a nivel transmisión.

- La serie **IEC 61968** para la administración de datos a nivel distribución.

El desarrollo de estándares o reportes técnicos de soluciones finales de seguridad.

La estructura de la serie del estándar **IEC/TS 62351**, consiste en diferentes partes las cuales consideran objetivos específicos de seguridad de información. En la siguiente imagen, se muestra la estructura en relación con los estándares de comunicación:

Parte 1 Introducción, 2 Glosario



Parte 8 – 10 aspectos de seguridad específicos: control de acceso, gestión de claves, arquitectura

En la **parte 1** da una introducción de las partes subsecuentes del estándar, introduce varios aspectos de seguridad de información de acuerdo a la operación de la red eléctrica. Así, en la **parte 2** se presenta un glosario de términos.

De la **parte 3 a la 6**, se especifican los estándares de seguridad para los protocolos de comunicación **IEC TC 57** y los perfiles de las capas especiales **TCP/IP and MMS** (Manufacturing Message Specification), los cuales proveen varios niveles de seguridad en la comunicación, dependiendo sobre el protocolo y los parámetros que se definen en determinada implementación.

La **parte 7** es un área específica de la seguridad extremo a extremo. También conocida como **administración del sistema de red o NSM (Network System Management)**, esta provee la administración de la infraestructura de la comunicación de la red, y de forma análoga, la **SNMP** (simple network management protocol) la cual es aplicada al control de la red local para la comunicación de las PC.

De las **partes 8 a la 10**, se define la administración de aspectos de seguridad específicos, los cuales también son validados por el administrador de base de datos aplicando el CIM (Common information model).

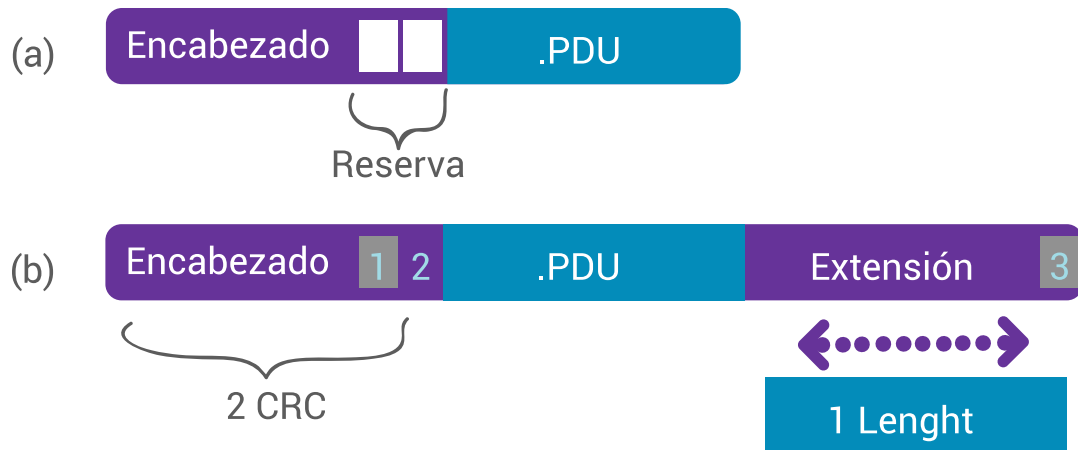
Las diferentes partes del estándar definen una gran variedad de mediciones y protecciones contra:

- Acceso a información sin autorización.
- Modificación o robo de información sin autorización.
- Pérdida de información.
- Denegar el servicio o prevención de acceso sin autorización.
- Responsabilidad para la pérdida de información, la cual incluye:
 - Denegar los eventos que tomaron lugar.
 - Hacer peticiones de eventos que no tomaron lugar.

Adicionalmente (para las características como la encriptación, firewalls, antivirus/spyware, passwords, etc.), un elemento clave en las medidas de seguridad de la información consiste en la introducción de la autorización mediante el **control de acceso basado en rol o RBAC (Role-Based Access Control)** a través de una firma digital agregada al protocolo de cada paquete enviada desde el cliente al servidor o fabricante.



Por otra parte, la **HMAC (Keyed-Hash Message Authentication Code)**, es un método para la construcción y el cálculo del código de autenticación del mensaje, el cual incluye datos de una función criptográfica en combinación con una llave. La diferencia entre estos dos métodos se puede observar en la siguiente imagen, donde el ejemplo (a) no cuenta con autenticación y el (b) si:



Por último, el trabajo acerca del desarrollo de la estandarización de la seguridad de datos y comunicación para la administración y operación de la red eléctrica, aún está en crecimiento debido al desarrollo e implementación de la actualización de la red eléctrica, con el objetivo de detectar problemas y amenazas en las áreas de la seguridad de la información.