

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ARAGÓN



**FUNDAMENTOS DEL GENERADOR EÓLICO
APLICADO EN CASA-HABITACIÓN**

TESIS

Que para obtener el título de **Ingeniero Mecánico Eléctrico**

PRESENTA

José Antonio Perez Guerrero

ASESOR

Ing. Dámaso Velázquez Velázquez

México 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se lo dedico, en agradecimiento, a las personas que estuvieron presentes,
impulsando y apoyando para la realización de esta Tesis.
Vianey que ha estado siempre presente, dedicando tiempo y esfuerzo directamente.
Jose Emilio, que es mi principal fuente motivacional.
A mi padre y madre, que formaron en mí el carácter para llegar a mis metas.
Al Ing. Damaso que guio mis inquietudes y esfuerzos,
y a los profesores dedicados en la Facultad.
A mis amigos en la escuela y de trabajo que vieron en mi algo diferente.
Y Sobre todo Gracias a Dios, que me ha permitido llegar en donde estoy, justo con
las personas indicadas y que me han ofrecido su amor y su cariño.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	04
I. ENERGÍA EÓLICA	
1.1 ¿Qué es la energía eólica?	08
1.1.1 La Velocidad del viento	
1.1.2 La Dirección del viento	
II. HISTORIA Y ANTECEDENTES	
2.1 Molinos y aerogeneradores	12
III. ROTORES Y HELICES	
3.1 Tipos de hélices	16
3.2 Principios de aerodinámica	19
3.3 Parámetros Característicos de los Rotores	22
3.3.1 Solidez	
3.3.2 Velocidad Típica	
3.3.3 Rendimiento Aerodinámico	
3.4 Rendimiento Aerodinámico en Turbinas y Rotores	25
3.5 Número de Palas del Rotor	27
3.6 Dimensiones del Rotor	29
IV. GENERADOR ELÉCTRICO	
4.1 Historia del Magnetismo	31
4.2 Campo Magnético	34
4.3 Ley de Faraday Lenz	37

4.4	Generador eléctrico de corriente directa	39
4.4.1	La Armadura	
4.4.2	Los Polos	
4.4.3	Construcción del Generador	
4.4.4	Conexiones en Shunt y en Serie	
4.5	Generador de Corriente Alterna (Alternador)	54
4.5.1	Rotor Inductor	
4.5.2	Estator Inducido	
4.5.3	Regulación y Rectificación del Voltaje en el Alternador	
4.6	Generador de Imanes Permanentes (GIP)	66
4.6.1	Imanes Permanentes de Neodimio	

V. TRANSMISIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

5.1	Instalaciones Eléctricas	70
5.1.1	Normatividad de las Instalaciones	
5.1.2	Elementos de una Instalación Eléctrica	
5.1.2.1	<i>Acometida</i>	
5.1.2.2	<i>Servicio de entrada y Medición</i>	
5.1.2.3	<i>Interruptores y fusibles</i>	
5.1.2.4	<i>Conductores eléctricos</i>	
5.1.2.5	<i>cubiertas y aislamientos de Los conductores</i>	
5.1.2.6	<i>Contactos y apagadores</i>	
5.1.2.7	<i>Lámparas</i>	

5.1.2.8 *Canalizaciones*

5.1.2.9 *Condulets y cajas de salida*

5.1.2.10 *Simbología*

5.2 Consumo Energético de Equipos y Aparatos 96
Electrodomésticos

5.2.1 Cálculo de corriente de equipos eléctricos

5.2.2 Sobrecarga y sobrecorriente

5.2.3 Corto circuito

5.2.4 Fallas a tierra

5.2.5 Ahorro de energía eléctrica

5.3 Acumuladores y Baterías 103

5.3.1 Pila Zinc-Carbón

5.3.2 Pila Plomo y Ácido (Acumulador)

5.3.3 Pila Níquel-Cadmio

5.3.4 Batería de Ciclo Profundo

5.3.5 Las Baterías y el Medio Ambiente

CONCLUSIONES 115

BIBLIOGRAFÍA 119

INTRODUCCIÓN

El consumo de energía alternativa que existe en el mundo y sobre todo en el país está en crecimiento. Actualmente se está presentando en un concepto de tipo ecológico, y los beneficios en el medio ambiente, aunque en menor proporción, también se basan en la manera en que se obtendrá energía en el futuro. Es un hecho que en este siglo habrá una carestía significativa de energía que se obtiene mediante el consumo de combustibles fósiles, lo que incrementará el precio y la dificultad para obtenerla. A su vez, también tendremos la necesidad de conseguir y desarrollar fuentes de energía más económicas.

Es probable que si la carestía de combustibles rebase al desarrollo de nuevas tecnologías, tendremos un colapso en cuestión de energía, se tendrá servicios ineficientes y carencias de ésta. Una manera apropiada para evitar un colapso así, es realizar la transición a esta nueva energía de forma suave y gradual. El camino para ello es dar a conocer el uso y los beneficios de la energía alternativa, buscar que la mayoría de los habitantes de una región o país se familiaricen con ésta, haciéndola accesible y económica.

En México existen ya algunas casas inteligentes o ecológicas, así llamadas por los medios de comunicación. Estas casas son un claro ejemplo de cómo esta tecnología puede ser aplicada a una casa habitación, creando casi por completo todas las comodidades de una casa actual con consumo de energía convencional. De esta manera se obtiene paulatinamente un conocimiento, mejoramiento y aceptación de esta energía. Los primeros conceptos y diseños de este tipo de casas están pensados para obtener primeramente energía alternativa, pero como sistema secundario o de emergencia están conectados a los servicios convencionales de agua, luz y electricidad. De este modo, si llegaran a tener un bajo o nulo suministro de su fuente primaria de energía, puedan seguir funcionando de forma normal. Con este tipo de diseño, se obtiene un ahorro en el consumo de energía convencional, y al mismo tiempo un menor impacto ambiental y una mejor adaptación para el cambio inevitable que se dará en el transcurso de este siglo.

Una revista virtual^[d] muestra un comercial en el cual describe la importancia que tiene este tema en las naciones unidas:

La pantalla del televisor muestra una breve secuencia. Un hombre ingresa a un loft de características poco corrientes. Sus paredes están prácticamente vidriadas. El techo, casi transparente, lo protege de los rayos ultravioletas con una capa filtrante. Posee la magia de un invernadero, con temperatura y humedad agradable. Los muebles se entremezclan con la vegetación. Nuestro personaje se inclina sobre un bancal metálico y arranca un fruto tropical. El murmullo de las cintas de riego es imperceptible. El control automático prescinde de su atención. Afuera, solo la silueta del generador eólico da cuenta de los rigores del clima. Gracias a él la iluminación de la casa está asegurada.



Enciende el mechero de su cocina. El gas proviene de un biodigestor. Llena la cafetera. El agua desciende por una cañería azulada desde un tanque repleto por la última lluvia. Un ingenioso sistema de filtro garantiza la pureza. Por un instante busca el cubo de residuos.

Pero de inmediato sonrío, porque olvidó que tiene un procesador de lumbricompost al que arroja, despreocupado, el resto de la sabrosa guayaba. Sobreimpreso y con una voz en off se publicita una marca con un slogan ecológico.

Hacer una casa ecológica hoy en día es muy costoso y complicado, ya que la tecnología actual no está comercializada ni adaptada para este uso. Para lo cual, se propone como una manera más viable de lograr esta transición de energía, es dar a

conocer de una forma sencilla y práctica la tecnología ya existente, la manera de cómo adaptarla y que sea más accesible al concepto de casa-habitación.

En este trabajo se resumen de manera sencilla los conceptos y fundamentos básicos para la transformación de la energía eólica a energía eléctrica. Desde definiciones de energía eólica hasta los componentes principales de un generador eólico. De manera breve veremos los temas tratados en este trabajo a continuación.

CAPÍTULO I

Energía Eólica

En este capítulo se verá definiciones de energía eólica. Cómo se crea, se mide y se predice. Esto nos ayuda a comprender mejor de donde se obtiene la energía que transformaremos para nuestro uso y beneficio. Los demás conceptos nos ayudan a un mejor entendimiento de los temas que en los siguientes capítulos trataremos.

CAPÍTULO II

Historia y Antecedentes

En este capítulo se verán los modelos que se han construidos a lo largo de la historia, los usos y aplicaciones que se dieron a éstos. Se verá también como se han ido mejorando estos modelos, haciéndolos más económicos, de fácil acceso, de mayor capacidad disminuyendo su tamaño, en general, haciéndolos más eficientes.

Se verá un poco de historia del desarrollo en nuestro país de estos generadores. Veremos también los colegios y empresas que adoptaron y desarrollaron esta tecnología aquí en nuestro país.

CAPÍTULO III

Rotores y Hélices

En este capítulo se estudiará cómo es que se construyen y clasifican los rotores y/o hélices. Estos rotores son la parte encargada de transformar la energía contenida en el viento (energía eólica) a energía mecánica, que es la que utilizamos para mover ya sea un generador de corriente, o bombas hidráulicas, o varias cosas en las cuales podamos aprovechar este movimiento.

Se verán las fuerzas del viento que actúan en la pala del rotor. Algunas clasificaciones de rotores. Rendimientos y construcciones para obtener un desempeño óptimo del rotor.

CAPÍTULO IV

Generador Eléctrico

En este capítulo veremos algunos conceptos elementales de electricidad y magnetismo. Estudiaremos más de cerca a los generadores y alternadores, cómo están diseñados, sus construcciones y conexiones de cada uno de ellos. También conoceremos el generador “GIP”, que por su construcción y materiales de fabricación mejoran el rendimiento, así como la facilidad de instalación y montaje en este tipo de generadores eólicos.

CAPÍTULO V

Transmisión y almacenamiento de energía

En este capítulo se verán algunos ejemplos de instalaciones eléctricas, así como sus partes y elementos principales. Se conocerán las normatividades, así también como las autoridades correspondientes de verificar y validar que se hayan cumplido con éstas. Se presentará también un ejemplo de una instalación que comúnmente encontramos en una casa-habitación. Veremos además algunas clasificaciones y tipo de baterías que se utilizan para acumular energía, las ventajas y desventajas que ofrecen cada una de ellas.

I. ENERGIA EÓLICA

1.1 ¿QUE ES LA ENERGIA EÓLICA?

La energía eólica es la energía obtenida del viento, esta energía cinética es generada por efecto de las corrientes de aire, y puede ser transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. El término eólico viene del latín “Aeolicus” perteneciente o relativo a “Eolo”, dios de los vientos en la mitología griega^[a]. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o al hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas.

El viento está siempre presente en la superficie de la tierra. El viento es aire que se mueve de un lugar a otro, ya sea una ligera brisa o un fuerte huracán. Tiene una procedencia directa de la energía solar. El calentamiento desigual de la superficie de la tierra produce zonas de altas y bajas presiones, este desequilibrio provoca desplazamientos del aire que rodea la tierra dando lugar al viento.

Además, en verano y durante el día, el sol calienta el aire sobre la tierra firme más que el que está sobre el mar. El aire continental se expande y eleva, disminuyendo así la presión sobre el terreno, provocando que el viento sople desde el mar hacia las costas. Lo contrario ocurre durante la noche, especialmente en invierno, donde la tierra se enfría más rápidamente que el mar.

1.1.1 La Velocidad del Viento

El contenido energético del viento depende de su velocidad. El viento produce energía porque está siempre en movimiento. Se estima que la energía contenida en los vientos es aproximadamente el 2%^[b] del total de la energía solar que alcanza la tierra.

Cerca del suelo la velocidad es baja, aumentando rápidamente con la altura. Cuanto más accidentada sea la superficie del terreno, más frenará ésta al viento. Es por ello que sopla con menos velocidad en las depresiones terrestres y más sobre las colinas. No obstante, el viento sopla con más fuerza sobre el mar que en la tierra.



Anemómetro del tipo cazoleta, es el diseño más común debido a que no necesita mecanismo de orientación

El instrumento que mide la velocidad del viento, es el *anemómetro*, que generalmente está formado por un molinete de tres brazos, separado por ángulos de 120° que se mueve alrededor de un eje vertical. Los brazos giran con el viento y accionan un contador que en base al número de revoluciones indica la velocidad del viento incidente.

La velocidad del viento se mide preferentemente en nudos y mediante la escala Beaufort: Ésta es una escala numérica utilizada en meteorología que describe la velocidad del viento, asignándole números que van del 0 (calma) al 12 (huracán). Fue ideada por el Almirante Beaufort en el siglo XIX^[b].

Tabla de Velocidades del Viento según Beaufort

Escala de Beaufort	Denominación	Efectos observados	Nudos	Km/hora
0	Calma	El humo se eleva en vertical.	menos de 1	0 a 1,9
1	Ventolina ó brisa muy ligera	El viento inclina el humo, no mueve banderas.	1 a 3	1,9 a 7,3
2	Flojito ó brisa ligera	Se nota el viento en la cara.	4 a 6	7,4 a 12
3	Flojo ó pequeña brisa	El viento agita las hojas y extiende las banderas.	7 a 10	13 a 19
4	Bonancible ó brisa moderada	El viento levanta polvo y papeles.	11 a 16	20 a 30
5	Fresquito ó buena brisa	El viento forma olas en los lagos.	17 a 21	31 a 40
6	Fresco	El viento agita las ramas de los árboles, silban los cables, brama el viento.	22 a 27	41 a 51
7	Frescachón	El viento estorba la marcha de un peatón.	28 a 33	52 a 62
8	Duro	El viento arranca ramas pequeñas.	34 a 40	63 a 75
9	Muy duro	El viento arranca chimeneas y tejas.	41 a 47	76 a 88
10	Temporal ó tempestad	Grandes estragos.	48 a 55	89 a 103
11	Tempestad violenta	Devastaciones extensas.	56 a 63	104 a 118
12	Huracán	Huracán catastrófico.	64 y más	119 y más

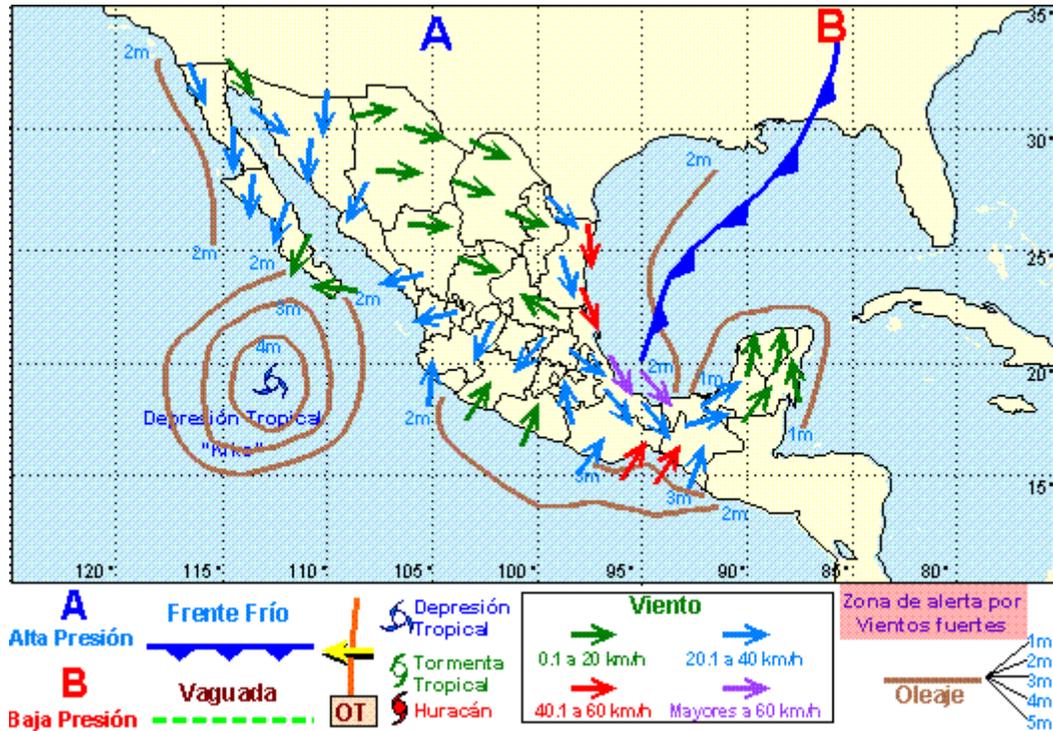
1.1.2 La dirección del viento

Los vientos son nombrados en relación con las direcciones en las que soplan. Así se habla de vientos del Oeste, vientos del Este, vientos del Nordeste, etc.

La dirección del viento depende de la distribución y evolución de las zonas de alta y baja presión; éste se desplaza de los centros de alta presión (anticiclones) a los centros de baja presión (borrascas), y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es el gradiente de presiones. Su velocidad se calcula en función de lo juntas o separadas

que estén las zonas en el mapa. Cuanto más juntas estén éstas, más fuerza tendrá el viento y cuanto más separadas, menos.

La determinación de la dirección y velocidad del viento se realiza a partir del estudio de la distribución de la presión atmosférica en la geografía terrestre, es decir, a partir de los mapas meteorológicos, donde existen estos principios generales.



II. HISTORIA Y ANTECEDENTES

2.1 MOLINOS Y AEROGENERADORES

No existe una certeza total en cuanto al lugar donde aparecieron los primeros molinos o quien fue su inventor. Algunos estudios dicen que fue una idea del célebre inventor griego Herón de Alejandría, alrededor del siglo I antes de la era cristiana. Otros opinan que aparecieron en Persia, en el siglo VII de nuestra era^[b].

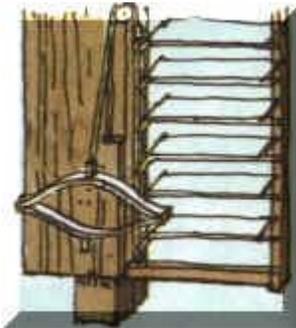
Los árabes adoptaron este ingenioso dispositivo, el que fue llevado a Europa por los cruzados. Ya en Europa los primeros molinos aparecieron en el siglo XII en Francia e Inglaterra^[a] y se distribuyeron por el continente. Eran estructuras de madera, conocidas como torres de molinos, éstas se desarrollaron en Francia a lo largo del siglo XIV. Consistían en una torre de piedra coronada por una estructura rotativa de madera que soportaba el eje del molino y su maquinaria. Estos primeros ejemplares tenían una serie de características comunes. En la parte superior del molino sobresalía el eje horizontal y de éste partían de cuatro a ocho aspas, con una longitud entre 3 y 9 metros. Las vigas de madera se cubrían con telas o planchas de madera. La energía generada por el giro del eje se transmitía, a través de un sistema



Primeros molinos, utilizados para moler grano, bombeo de agua, prensas y aserradores entre otros usos

de engranajes, a la maquinaria del molino emplazada en la base de la estructura. Todavía existen molinos de esa clase, por ejemplo, en Holanda.

Este tipo de molinos construidos se empleaban para el riego y moler el grano. También tenían otras aplicaciones, como el bombeo de agua en tierras bajo el nivel del mar, aserradores de madera, fábricas de papel, prensado de semillas para producir aceite, así como para triturar todo tipo de materiales.



Aspas con resortes, controlan la velocidad, para evitar daños

Un avance importante fue la introducción del abanico de aspas con resortes, inventado alrededor del siglo XVII. Este tipo de aspas tienen un control de forma manual o automática, a fin de mantener una velocidad de giro constante en caso de vientos variables. Otros avances importantes han sido los frenos hidráulicos para detener el movimiento de las aspas y la utilización de aspas aerodinámicas en forma de hélice, que incrementan el rendimiento de los molinos con vientos débiles. Los aeromotores para el bombeo de agua progresan con la invención de las multipalas en 1870 por los americanos.

Fue en el año 1802 cuando Lord Kelvin trató de asociar un generador eléctrico a un aeromotor para la producción de energía eléctrica^[c]. Hacia el año 1920 la energía eólica obtiene cierto éxito, pues había trescientos constructores de estos aparatos. El estudio en los campos de la aerodinámica permitió alcanzar enormes progresos en

los aeromotores, hasta el año 1961, a causa de que en ese año el precio del petróleo bajó, poniendo al kilowatt "eólico" a precios inaccesibles.

La industria de la energía eólica en tiempos modernos comenzó en 1979 con la producción en serie de turbinas de viento por los fabricantes Kuriant, Vestas, Nordtank, y Bonus^[a]. Aquellas turbinas eran pequeñas para los estándares actuales, con capacidades de 20 a 30 KW cada una.

En México, el desarrollo de la tecnología de conversión de energía eólica a electricidad, se inicia con un programa de aprovechamiento de la energía eólica en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en febrero de 1977, cuando la Gerencia General de Operación de Comisión Federal de Electricidad, cedió al IIE la Estación Experimental Eolo-eléctrica de El Gavillero, en las cercanías de Huichapan, Hidalgo, donde se pretendía energetizar el ejido ya electrificado y con servicio, a partir de una microcentral eólica, integrada por dos aerogeneradores australianos: Dunlite de 2 KW cada uno, un banco de baterías, y un inversor de 6 KW para alimentar la red de distribución del poblado. En esta Estación de El Gavillero se probaban y desarrollaban aerogeneradores como El Fénix de 2 KW y el Colibrí de 5 KW, siendo éste el único aerogenerador fabricado y comercializado en México desde principios de los 80's^[c] (lo impactó un gran remolino, estando parado y frenado).

Los recortes presupuéstales, obligaron a concentrarse nuevamente en pequeños aerogeneradores, desarrollándose el Avispa^[c] de 300 Watts, utilizando un alternador de automóvil, el que producido industrialmente con un generador de imanes permanentes sería nominalmente de 500 Watts. El Avispa resume la experiencia de más de una década diseñando, construyendo y probando aerogeneradores. Desde su diseño se consideraron tres criterios básicos: su confiabilidad y su reproducibilidad industrial, a bajo costo. Este aerogenerador es objeto de patentes en trámite, por soluciones novedosas en los mecanismos de control y ensamble. El Avispa, equivalente ahora a seis paneles fotovoltaicos de 50 Watts pico, permitiría en una vivienda rural, energizar el alumbrado con lámparas fluorescentes compactas, el radio durante el día y una televisión en la noche, así como un pequeño refrigerador,

ya que proporcionaría del orden de 50 Kwh. al mes, en condiciones adecuadas de viento (5 m/s de promedio anual).



El avispa, desarrollado por la IIE, diseñado para satisfacer las necesidades eléctricas de bajo consumo, en lugares aislados donde el recurso eólico es bueno.

Otras instituciones han incursionado en el desarrollo de sistemas conversores de energía eólica, como la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México, que desarrolló el Ehecatl de 1 KW^[c]. El Instituto de Ingeniería de la UNAM junto con el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, desarrollaron otro prototipo de 1 KW.

A mediados de 1994 entró en operación en la Venta, Oaxaca, una central Eolo-eléctrica de 1,575 KW, constituida por 7 aerogeneradores Vestas (Daneses) de 225 KW cada uno, como resultado de una licitación pública convocada por Comisión Federal de Electricidad (CFE). Esta central, construida en un lugar donde el IIE realizó mediciones desde 1984 y ubicó el sitio como uno de los más ventosos en el Sur del Istmo de Tehuantepec.

III. ROTORES Y HÉLICES

3.1 TIPOS DE HÉLICE

El elemento esencial de una máquina eólica es el rotor, porque la misión de éste es convertir la energía cinética del viento en energía mecánica. Con el paso del tiempo han ido evolucionando los rotores desde los rudimentarios sistemas de madera hasta las modernas palas aerodinámicas de las turbinas actuales.

Un problema técnico que presentan los rotores y palas está ligado estrechamente a su tamaño. Cuanto mayor sea la potencia generada por una misma máquina, menor serán los costos para generarla. Esto ha marcado una gran tendencia al desarrollo de las turbinas de gran potencia. Sin embargo, para poder obtener grandes potencias, se requieren de rotores de gran tamaño, y al incrementar estos diseños, se incrementan también los problemas técnicos.

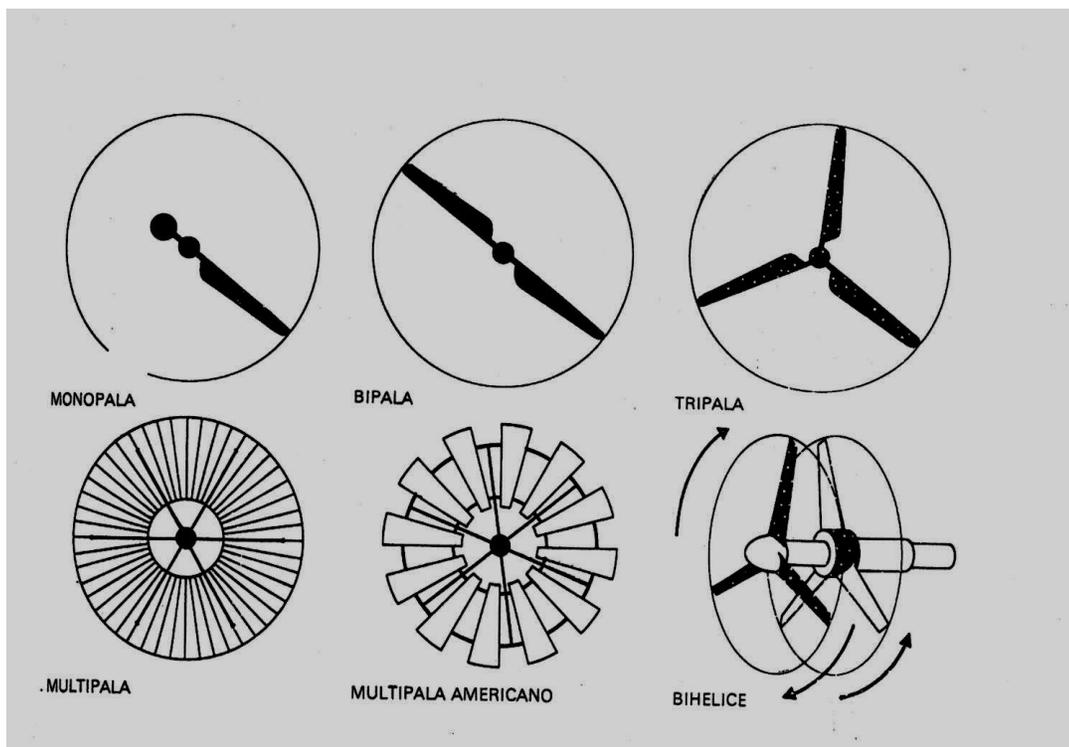
Hacia la historia de los rotores y palas nos encontramos que uno de los problemas que presentaban estos grandes rotores era la dificultad para orientarlos. Actualmente la dificultad es de tipo estructural, los elevados esfuerzos que se someten a las palas de un rotor crecen con la longitud de ésta, imponiéndole serias limitantes constructivas.



Pala de 32 m. de un Aerogenerador de 1.5 MW

Los Mayores rotores que se han construido alcanzan diámetros de ^[1]150 m, estando muy próximos al límite Tecnológico. Esta necesidad de reducir costos para poder competir con las plantas generadoras del tipo convencional, ha sido una de las causas del desarrollo en los generadores Eólicos de Gran Potencia.

Los Rotores en los aerogeneradores de baja Potencia, no es un factor importante el tamaño, ya que las aplicaciones que tienen son del tipo doméstico, y se localizan en lugares aislados, donde resulta muy difícil y costoso el suministro habitual de energía. Por lo cual, el problema significativo en la construcción de estos generadores es alcanzar la sencillez, la capacidad para adaptarse y que sean de fácil mantenimiento.



Tipos de Rotores Eólicos de Eje Horizontal

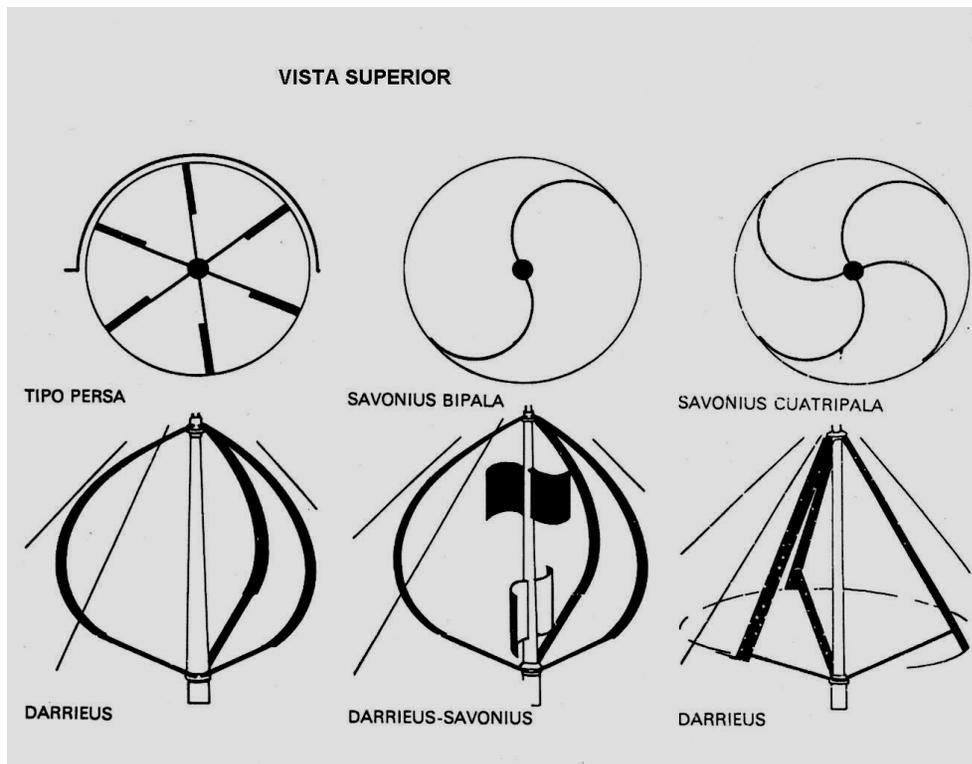
Se pueden clasificar los aerogeneradores en función a su potencia:

- Pequeña Potencia 50 KW
- Mediana Potencia De 50 a 250 KW
- Gran Potencia Superior a 250KW

En función a la disposición del eje:

- De eje Horizontal
- De eje Vertical

Generalmente existen rotores de buena eficiencia, tanto en ejes verticales como en horizontales. En ambos casos, el rendimiento depende de la velocidad del rotor. Los rotores rápidos tienen mejor rendimiento y eficiencia que los rotores de velocidades lentas.



Tipos de Rotores Eólicos de Eje Vertical

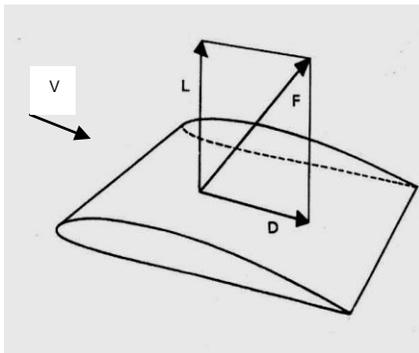
3.2 PRINCIPIOS DE AERODINÁMICA

Hasta el pasado siglo las palas de los molinos de viento se diseñaron con conocimiento empírico, del tipo artesanal. La experiencia que existía era de los conocimientos que se habían acumulado a lo largo del tiempo. Ya en las primeras décadas de este siglo, empezaron las teorías aerodinámicas que permiten comprender el comportamiento de los perfiles alares, en este caso, de las palas de un rotor, sometidas a las fuerzas generadas al atravesar un fluido.

La aerodinámica es una rama de la mecánica de fluidos que estudia estas fuerzas y acciones que aparecen sobre cuerpos sólidos cuando existe un movimiento relativo entre éstos cuerpos y el fluido que los baña, siendo éste último un gas y no un líquido, en este caso, el aire sobre una pala de un rotor.

Hoy en día existen los conocimientos suficientes para determinar con precisión este comportamiento, cómo se distribuyen las presiones sobre toda la superficie del perfil y cuáles son las fuerzas dinámicas resultantes.

Poniendo como ejemplo el ala de un avión moviéndose a través de la atmósfera estable, la velocidad incidente es la misma velocidad del avión, las fuerzas aerodinámicas que se producen en un segmento del ala se pueden descomponer en una fuerza vertical de Sustentación, que es la que mantiene el avión en el aire, y en otra fuerza de resistencia al avance, que es la que tiene que vencer el empuje de los motores.



Representación grafica de las fuerzas producidas sobre el ala:

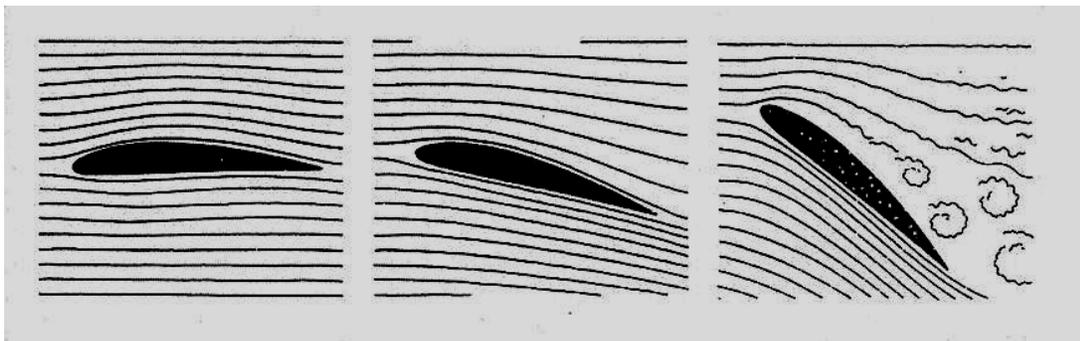
F = Fuerza Resultante
L = Sustentación o Levantamiento
D = Resistencia al avance
V = Viento Incidente

Para el cálculo de la fuerza de sustentación, intervienen diversos factores, como las propiedades del aire, velocidad de incidencia, diseño y forma del ala, ángulo de ataque. El diseño del ala y el ángulo de ataque están estrechamente ligados, estas cualidades forman el coeficiente de sustentación.

$$L = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_s$$

Donde: L = Sustentación
 ρ = densidad del Aire
V = Velocidad incidente del aire
S = superficie Alar
 C_s = Coeficiente de Sustentación

Para un determinado tipo de perfil, el coeficiente de Sustentación crece linealmente a medida que aumenta el ángulo de ataque, hasta que alcanzan un valor en el que sufren una brusca caída. A este fenómeno y en este punto se le denomina entrar en pérdida, y se manifiesta por una repentina “pérdida” de la sustentación y un rápido crecimiento de la resistencia.



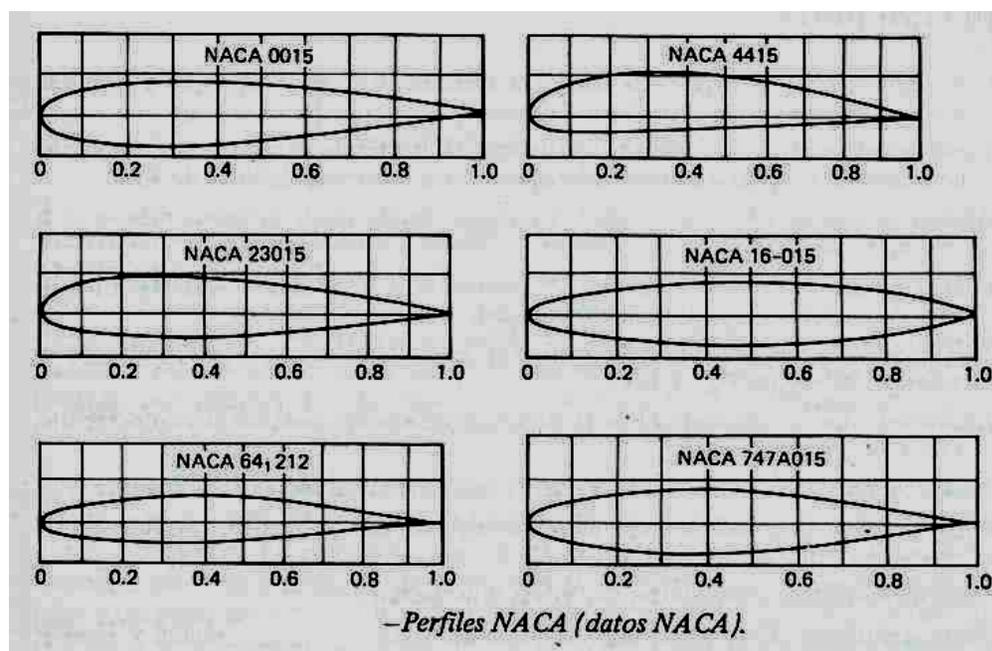
Comportamiento de las Líneas de Corriente al atravesar un perfil aerodinámico, en diferentes ángulos de ataque.

Esto se produce debido al desprendimiento del flujo laminar en la superficie del ala, lo que crea turbulencias, con lo cual, aumenta en forma considerable la resistencia al avance.

En el caso de un avión, el ángulo de ataque más adecuado es cuando alcanza el punto máximo de mayor sustentación en relación al empuje de sus motores, pero es muy importante también que esté alejado de la zona de pérdida para evitar una caída brusca de la sustentación.

En el caso de un rotor eólico, la entrada en pérdida no supone un riesgo mayor, e incluso puede ser benéfico, para evitar una aceleración excesiva cuando la velocidad del viento es muy alta. El diseño de una pala debe llevar consigo una adecuada selección del perfil, teniendo en cuenta sus características constructivas y características aerodinámicas.

Hoy en día existe una gran variedad de diseños, ya ensayados en túneles de viento, cuyas características vienen definidas en lo catálogos NACA (National Advisory Comitee for Aeronautics).



Ejemplos de Diferentes tipos de Perfiles Aerodinámicos

Una vez elegidos la forma del perfil, la velocidad de la corriente y el ángulo de ataque óptimo, podemos calcular la fuerza de sustentación y de resistencia mediante los coeficientes característicos del perfil.

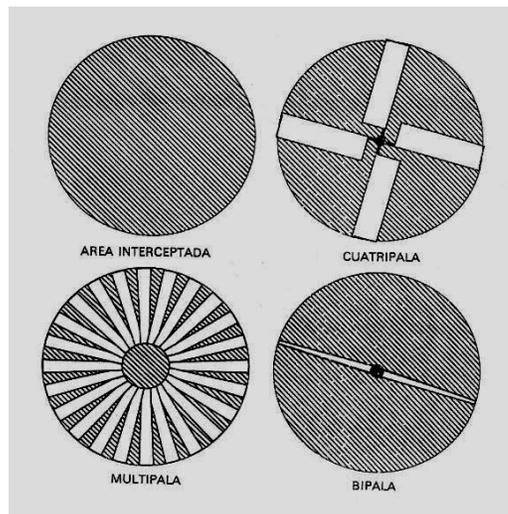
3.3 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LOS ROTORES

Existe una gran variedad de rotores, todos de diferentes tipos. Muchos de ellos diseñados en el pasado, donde la ciencia y la tecnología no ofrecían muchas posibilidades, y otros más, solo quedaron en carácter experimental. En ambos casos, todos ellos presentan ventajas y desventajas que no son fáciles de evaluar.

Las características generales de un rotor se pueden definir con los siguientes parámetros: Solidez, Velocidad típica y Rendimiento.

3.3.1 Solidez

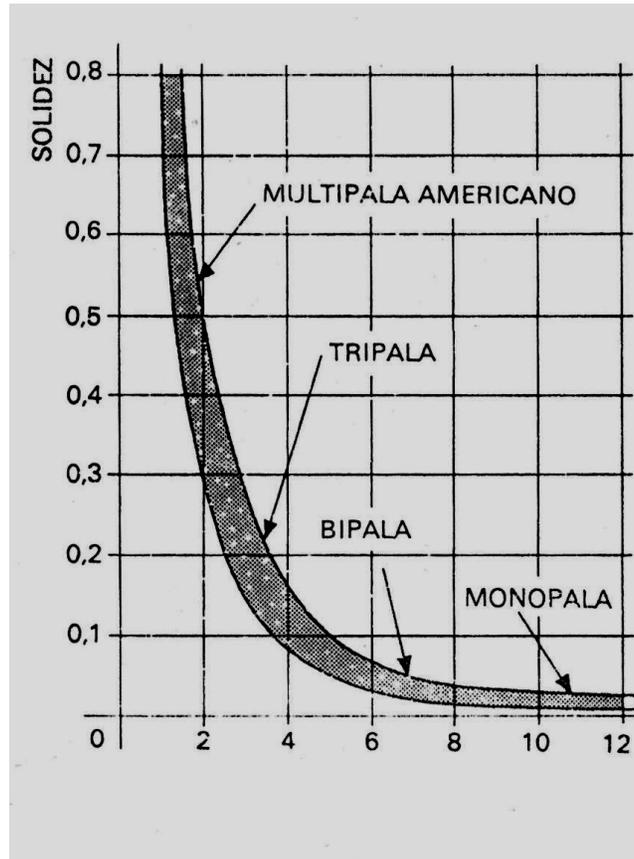
Ésta se define como la relación entre la superficie proyectada por las palas y la superficie descrita por estas mismas, en su giro. Este parámetro permite comparar diferentes tipos de rotores desde el punto de vista de eficiencia y su sencillez constructiva. Los molinos de viento que antiguamente utilizaban fuerzas de resistencia para generar su par motor, utilizaban solideces altas, muy cercanas a 1, mientras que los rotores modernos de alta velocidad tienen solideces de 0.1 hasta 0.01.



Representación gráfica de la Solidez de diferentes rotores eólicos de eje horizontal.

3.3.2 Velocidad Típica

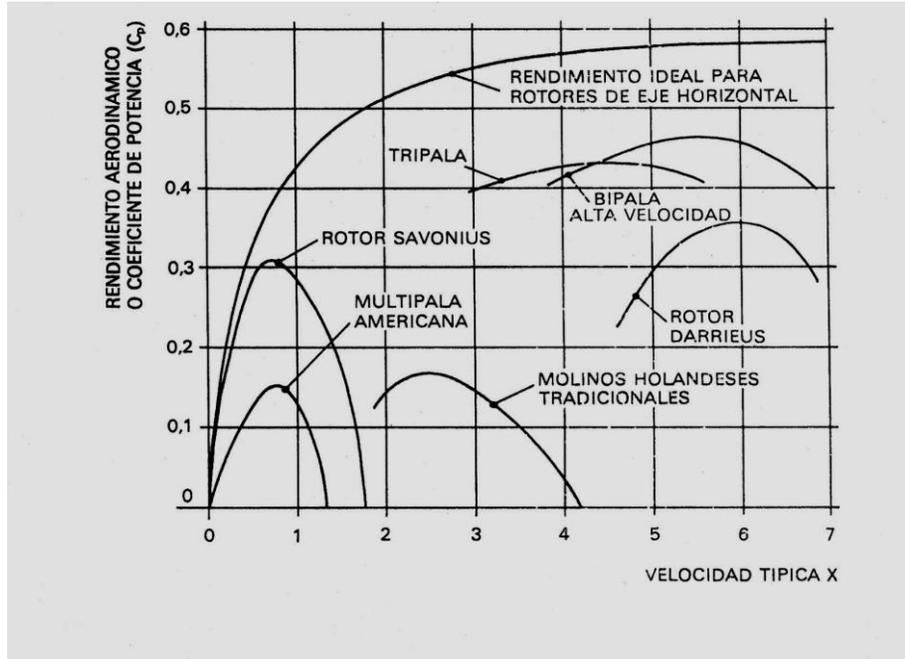
Esta velocidad es también un número adimensional, y es la relación entre la velocidad debida a la rotación de la pala y la velocidad del viento incidente. Esto permite definir si un rotor es lento o rápido. Un rotor de grandes dimensiones a revoluciones bajas puede tener la misma velocidad típica que un rotor pequeño a altas revoluciones.



Relación entre Solidez y Velocidad Típica

3.3.3 Rendimiento Aerodinámico

Este rendimiento o Coeficiente de Potencia expresa la energía del viento que se convierte en energía mecánica. Este rendimiento depende principalmente de la velocidad Típica, que es la velocidad real que incide en la pala, esto es, la velocidad del viento y la generada por el giro de la propia pala.



Comparación del rendimiento Aerodinámico para diferentes Rotores en función de velocidad Típica

El “teorema de Betz” expresa que en condiciones ideales el rendimiento aerodinámico de los rotores no puede superar en ningún caso el 60%, y en condiciones normales de trabajo oscila entre el ^[1]20% y 40%.

3.4 RENDIMIENTO AERODINÁMICO EN ROTORES Y TURBINAS

Los mayores rendimientos aerodinámicos los alcanzan este tipo de Turbinas y Rotores, que funcionan con velocidades Típicas elevadas. El Problema que presenta este tipo de rotores es que tienen muy poca capacidad de arranque por si solos, esto es por el rendimiento tan bajo que no genera potencia suficiente para vencer la inercia y entrará en funcionamiento, en situación de parada. Cualquier condición diferente a la del diseño, el rendimiento disminuye significativamente.

El problema del arranque se soluciona con motores auxiliares. También se pueden utilizar sistemas de paso variable. Este sistema adapta el ángulo de incidencia de las palas en cada momento durante la operación para obtener siempre las mayores potencias a diferentes condiciones del viento. Este sistema sirve también para evitar que se acelere excesivamente en condiciones de viento fuerte.

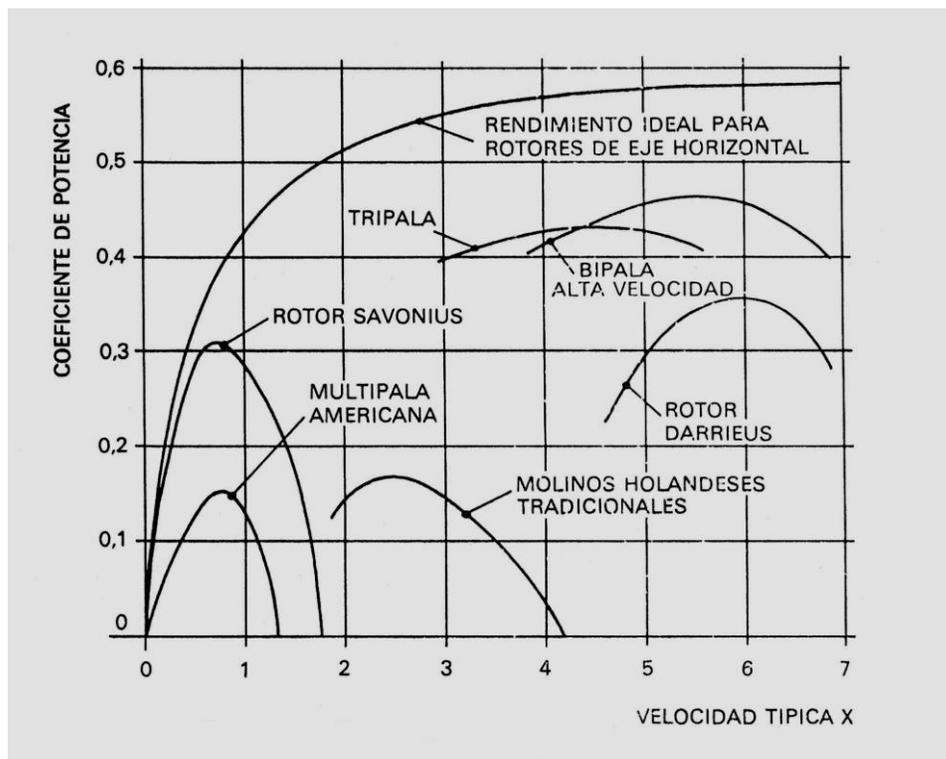
Existen turbinas con régimen de vueltas fijo y vueltas variables. En el régimen de vueltas fijo, el sistema de paso variable se adapta a las condiciones del viento para generar una misma potencia, de esta manera, cuando la potencia del viento excede la potencia de diseño, se desperdicia esta potencia, disminuyendo la ganancia total de energía. Pero esto es en beneficio de obtener una potencia de salida más regular.

En el régimen Variable, una vez sobrepasada la velocidad de diseño, el ángulo de calaje varía intentando optimizar el rendimiento a esas condiciones de velocidad y de potencia, de esta manera se obtiene un incremento de potencia que intenta seguir a la potencia teórica. Este régimen se utiliza en aplicaciones de bombeo o de calefacción, o en aquellos casos donde las variaciones de potencia no tengan mucha importancia.

Los Rotores del Tipo Darrieus son del tipo de eje vertical, y tienen buenas características de rendimiento, solo un poco inferior al de hélice. Su Potencia es muy dependiente de la velocidad típica, lo que significa que su rendimiento baja mucho en condiciones distintas a la del diseño. Esto es favorable, ya que al disminuir el

rendimiento a velocidades elevadas de viento, la potencia no crece demasiado y el esfuerzo para frenarla es menor. También tiene el inconveniente de que el par de arranque es muy bajo, por lo que requiere de motores auxiliares de arranque, y para este caso, no es posible el sistema de paso variable.

Los Rotores o Turbinas lentas tienen rendimiento inferior en comparación a las hélices y Darrieus. Pero la ventaja es que pueden arrancar por sí solos y pueden trabajar con vientos de baja velocidad. Su construcción es más sencilla. Estos rotores se emplearon en los molinos antiguos, y aun se siguen construyendo. Son idóneos para molienda y riego en zonas aisladas.



Comparación del rendimiento de Diferentes tipos de rotores en función de la velocidad típica de cada uno de ellos.

3.5 NÚMERO DE PALAS DEL ROTOR

La mejor elección del número de palas que debe tener un rotor, ha sido un problema en la historia de los molinos de viento, por esto mismo se crearon diversos diseños intentando conseguir el más óptimo. A partir del siglo XVIII ya se tenía cierta idea de que un número de palas elevado no mejoraba la eficiencia. En este tiempo se empiezan a desarrollar las teorías aerodinámicas, con las cuales se puede evaluar el rendimiento de un rotor dependiendo de su número de palas.

A partir de Tres palas, el rendimiento varía muy poco, especialmente en rotores rápidos. En los generadores de gran tamaño, el rotor puede suponer el 40% del costo, por lo tanto, es común que se construyan de dos palas, puesto que el incremento de potencia que se obtiene al tener una tercera pala no compensa el costo adicional de fabricación y mantenimiento. En turbinas pequeñas lo mas común es de tres palas, ya que el costo no se incrementa significativamente y mejora el rendimiento. También facilita al equilibrio de las palas, reduciendo las vibraciones y evitando daños estructurales.

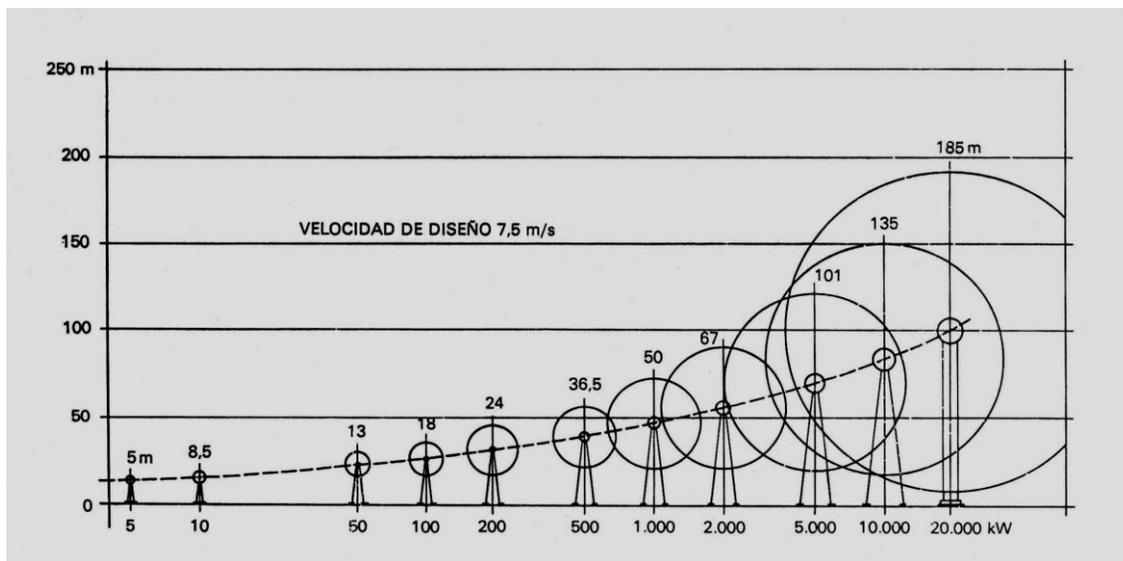


Ejemplo de generador Eólico para casa-habitación de 3 palas

Estas conclusiones son validas para rotores de eje horizontal y rotores de eje vertical. Aunque para estos últimos los problemas de equilibrio no son mayores en comparación de las hélices.

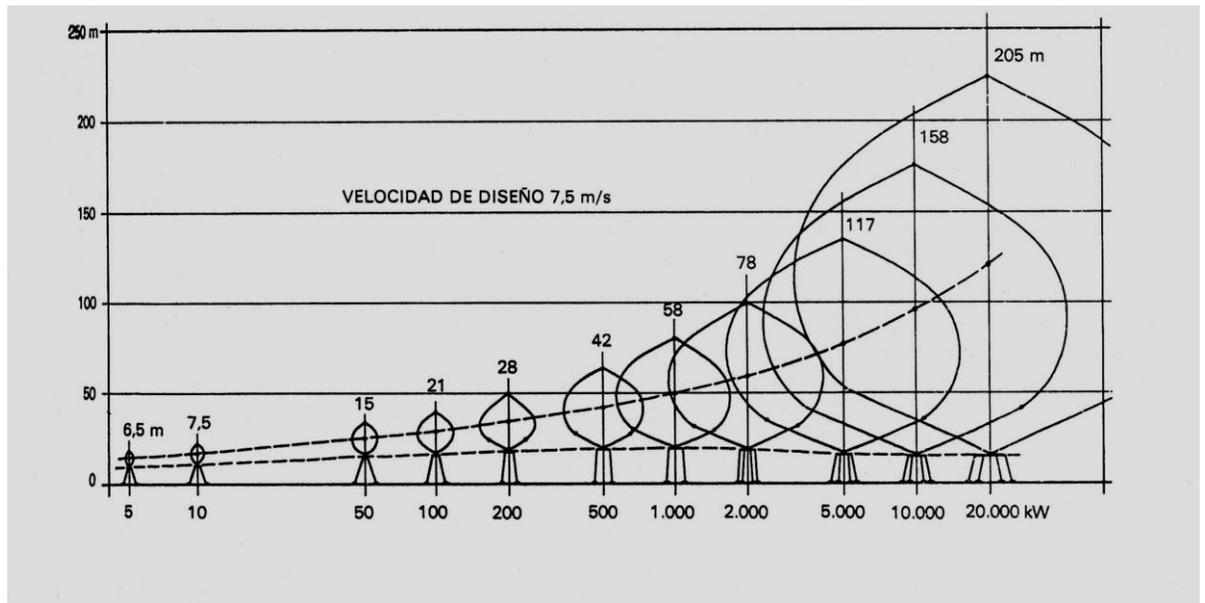
3.6 DIMENSIONES DEL ROTOR

El tamaño del Rotor depende directamente de la potencia requerida de la máquina. Para obtener esta potencia de diseño se requieren dos factores importantes: El contenido medio de energía o la velocidad promedio del viento, y para esto se puede estimar en función de la información meteorológica. Se necesita también el rendimiento aerodinámico del rotor, rendimiento mecánico de engranajes, multiplicadores y partes mecánicas, también el rendimiento eléctrico del sistema de almacenamiento y transmisión.



Dimensiones de Rotores de Hélice en función de la Potencia obtenida

Hay que tener en cuenta que la velocidad incidente en el rotor es mayor en la parte más alejada del eje, por lo tanto, las fuerzas aerodinámicas son mayores en esa zona. A medida que crece la longitud de la pala, va creciendo también la potencia obtenida. Esto aplica para rotores tanto de eje horizontal como en ejes verticales. En cualquier caso los problemas técnicos también crecen a medida que crece la longitud de las palas.



Dimensiones de Rotores Darrieus de eje Vertical en función de la Potencia obtenida

IV. GENERADORES ELÉCTRICOS

4.1 HISTORIA DEL MAGNETISMO

El magnetismo es una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Las fuerzas magnéticas son producidas por el movimiento de partículas cargadas eléctricamente, por ejemplo, los electrones. Esto indica una estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo. La manifestación más conocida del magnetismo es la fuerza de atracción y repulsión entre los materiales magnéticos, sin embargo, en toda la materia se puede observar efectos sutiles de esta fuerza magnética.

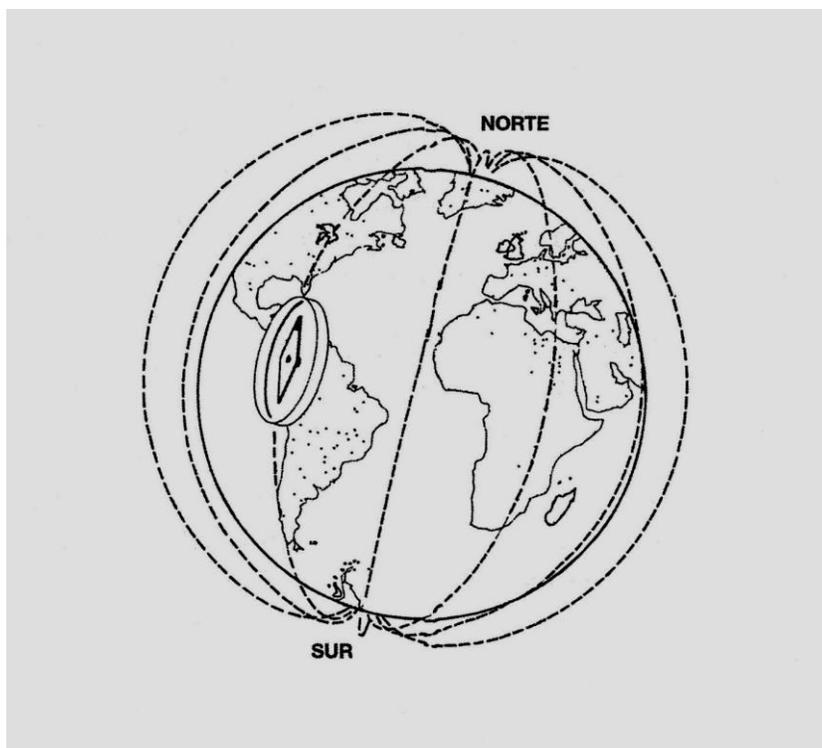
El fenómeno del magnetismo se conoce desde tiempos muy antiguos. La piedra imán o magnetita es un óxido de hierro que tiene la propiedad de atraer los objetos metálicos, y ésta era ya conocida por los Griegos, los Romanos y los Chinos. Cuando se pasa o frota un imán por un pedazo de hierro, éste adquiere a su vez la capacidad de atraer a otros pedazos de hierro. Estos imanes están polarizados, es decir, tienen dos extremos llamados Polos, norte y sur, respectivamente. Los polos iguales se repelen, los polo opuestos se atraen.



Brújula utilizada Inicialmente para la navegación

La brújula se empezó a utilizar en el Occidente como instrumento de navegación alrededor de 1300 D.C. A principios del siglo XVII, el Físico y Medico Británico WILLIAM GILBERT publicó su libro “Magnete” en el cual aplicó el método científico al estudio de la electricidad y el magnetismo. Una de las ideas principales que

presentaba era que la orientación natural de una aguja metálica imantada (brújula) se debe al hecho de que la tierra se comporta como un enorme imán, de modo que el polo norte geográfico de la tierra también debiera ser el polo norte magnético que atrae un extremo de la brújula. De modo similar, para el otro extremo hacia el polo sur geográfico y magnético de la tierra. Debido a estas fuerzas de atracción, la aguja o cualquier otro imán en forma de barra tienden a orientarse en la dirección norte-sur. A mediados del siglo XIX se investigaron simultáneamente las teorías de electricidad y magnetismo. [c]

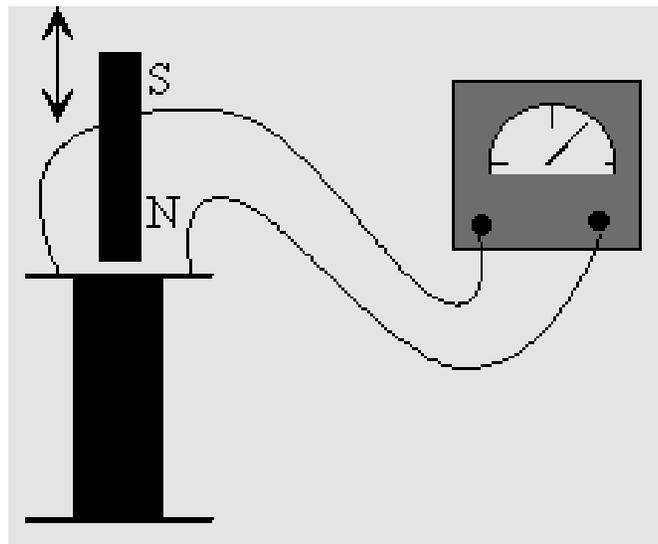


Líneas de fuerza Magnética en la tierra

El francés André Marie Ampere, seguido por el físico Dominique François, comienzan a describir profundamente la relación entre electricidad y magnetismo.

El Científico británico Michael Faraday descubrió que el Movimiento de un imán en las proximidades de un cable, induce en éste una corriente eléctrica. La unificación de estas teorías de electricidad y magnetismo la dio el físico Británico James Clerk

Maxwell, quien predijo la existencia de ondas electromagnéticas e identificó la luz como un fenómeno electromagnético. Después el físico Francés Pierre Ernest Weiss postula la existencia de un campo magnético interno en los materiales como el hierro. Las propiedades magnéticas se habían ido estudiando de forma más detallada, lo que permitió el desarrollo a otros científicos que predijeran muchas estructuras atómicas más complejas y con diferentes propiedades magnéticas. [c]

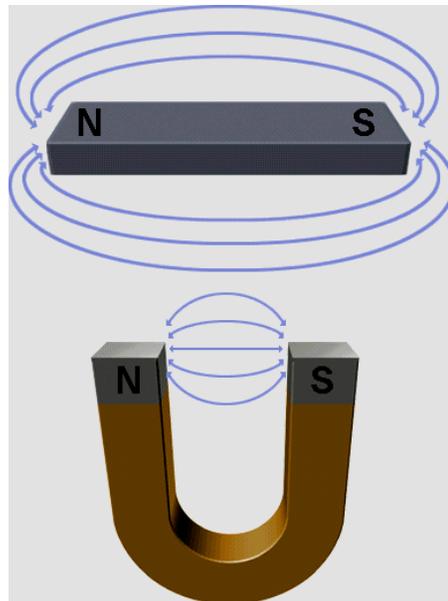


Descubrimiento de Michael Faraday. Al pasar un imán cerca de un conductor se da cuenta que se genera un voltaje en éste. Principio de la Inducción eléctrica.

4.2 CAMPO MAGNÉTICO

Un campo magnético se localiza alrededor de un imán, o barra imantada. Con los primeros instrumentos de medición del campo magnético se estableció la dirección de este campo, este instrumento era esencialmente un compás. Los campos magnéticos suelen representarse mediante “*líneas de campo magnético*”. En cualquier punto la dirección del campo magnético es igual a la dirección de las líneas de fuerza. La intensidad del campo es inversamente proporcional al espacio entre las líneas.

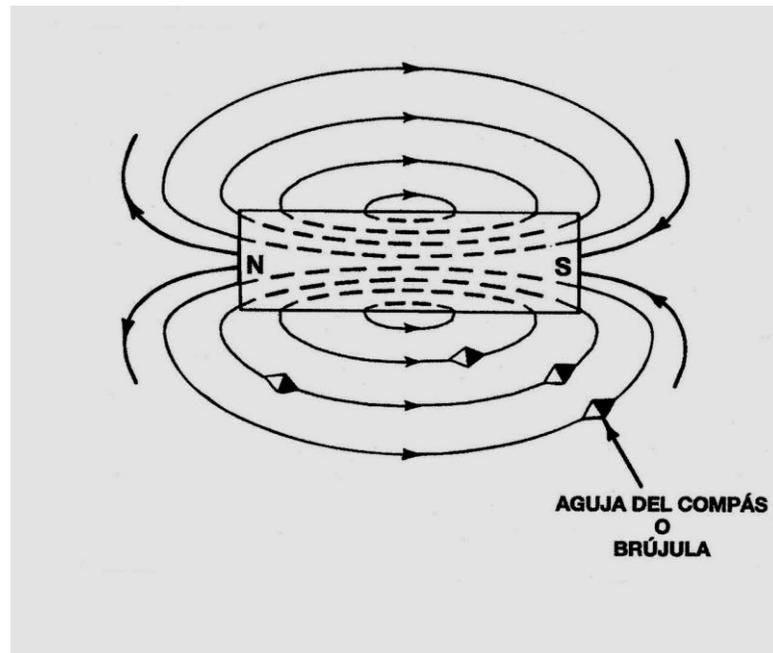
Si se va graficando la dirección de la aguja del compás y moviendo lentamente del polo norte hacia el polo sur alrededor de un imán de barra, se puede trazar un mapa del campo magnético, demostrando así que este campo tiene una dirección definida en todos sus puntos.



Imanes que generan campos magnéticos

En el caso de una barra imantada, las líneas de fuerza salen de un extremo y se curvan para llegar al otro extremo. Estas líneas pueden considerarse como elipse, una parte dentro del imán y otra fuera. En los extremos del imán donde las líneas de fuerza están más cercas unas con otras el campo magnético es más intenso. Lo

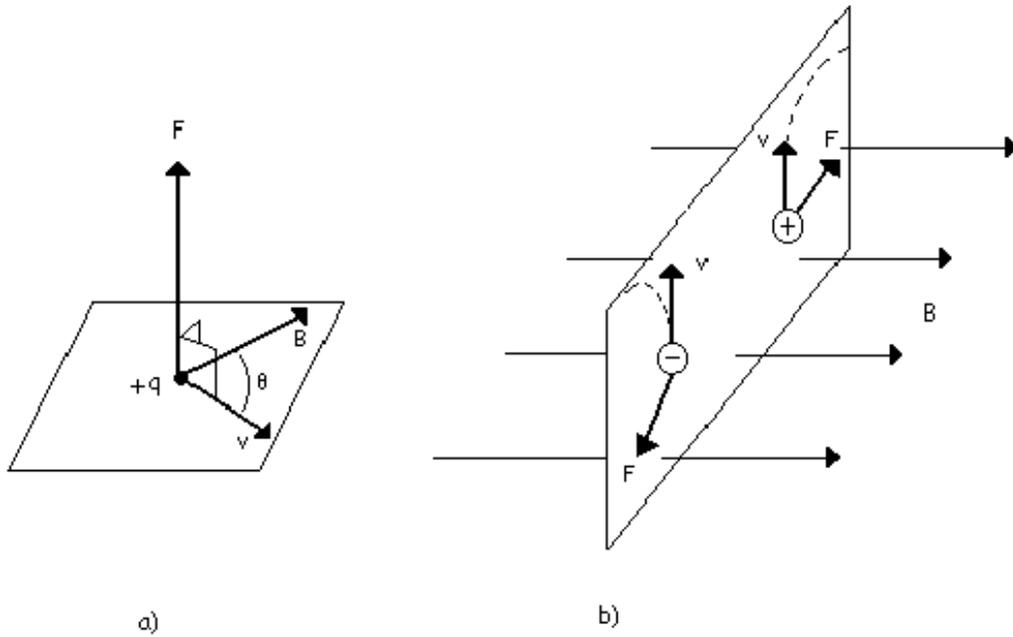
contrario sucede en los costados del imán, donde las líneas de fuerza están más separadas y el campo magnético es más débil. Según la forma y fuerza magnética los imanes producen distintos tipos de esquemas de líneas de fuerza.



Campo Magnético alrededor de un Imán, la brújula marca detalladamente las direcciones de las líneas de Fuerza.

Los campos magnéticos influyen sobre los materiales magnéticos y sobre las partículas cargadas en movimiento^[c]. Cuando una partícula cargada se desplaza a través de un campo magnético, experimenta una fuerza que forma ángulos rectos con la velocidad de la partícula y, por consiguiente, con la dirección del campo, como la fuerza es siempre perpendicular a la velocidad, las partículas se mueven en trayectorias curvas.

Los campos magnéticos se emplean también para controlar las trayectorias de partículas cargadas en dispositivos como los aceleradores de partículas o espectrógrafos de masa (éstos sirven para determinar masas atómicas).



Esquema representativo de las fuerzas que actúan sobre una partícula cargada electrónicamente cuando atraviesa un campo magnético

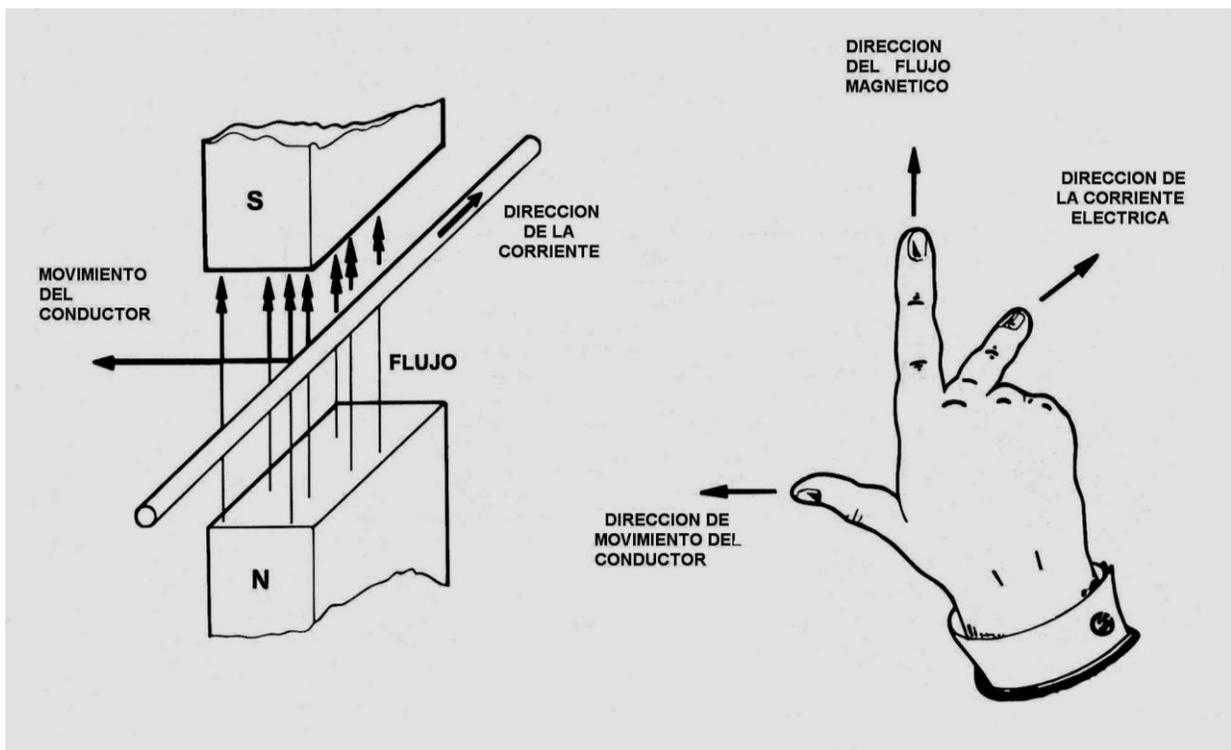
La cantidad total de líneas alrededor de un imán se le denomina el flujo Magnético y la unidad representativa es el Weber “**Wb**”. El flujo magnético que sale de un imán no es uniforme, por lo que, una mejor medida del efecto magnético es la densidad del flujo Magnético, esto es, el flujo magnético (Wb) por unidad de superficie (m^2). Y se le denomina a esta densidad de flujo “Tesla” (**T**). Matemáticamente se describe así^[2]:

$$1 \quad \text{Tesla} = \frac{1\text{Weber}}{m^2}$$

El campo magnético encontrado en las máquinas prácticas, tales como motores, generadores y transformadores, tienen densidades de flujos magnéticos alrededor de 1 T. Un buen imán permanente de Ferrita es de unos 0.4 T. El campo magnético de la tierra es del orden de 10^{-5} T.^[2]

4.3 LEY DE FARADAY LENZ

Esta Ley de Faraday establece las bases para la operación de generadores de corriente directa como alterna, también para transformadores y Motores de inducción. Los estudios que realizó Faraday nos indican que un conductor que se mueva cortando las líneas de un campo Magnético producirá un voltaje inducido, y si se trata de un circuito cerrado, se producirá una corriente inducida. El mismo efecto sucederá si el campo magnético que atraviesa el conductor varía, es decir, que el flujo sea variable y el conductor permanezca estático.^[a]



Regla de la mano derecha.

Faraday expresó este fenómeno de la siguiente manera:

$$e = B \ l \ v$$

Donde:

e = Voltaje de salida.

B = Densidad de Flujo del Campo.

l = Longitud del conductor.

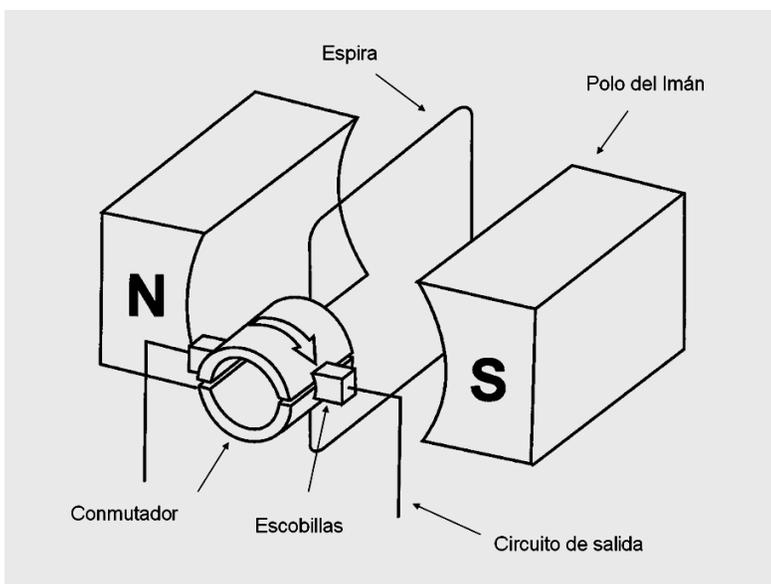
v = Velocidad de corte de líneas de flujo (m/s)

Esta expresión se utiliza cuando el conductor corta el flujo en forma perpendicular. Pero si la manera en que el conductor corta el flujo es del tipo eslabonado, que es el caso de un generador eléctrico, varía la forma y el tiempo de cómo se cortan estas líneas de flujo. El conductor gira haciendo una trayectoria circular dentro de este flujo.

4.4 GENERADOR ELÉCTRICO DE CORRIENTE DIRECTA

En la actualidad este tipo de generadores no son tan utilizados como lo fueron anteriormente. Como una máquina que fue diseñada con el propósito de producir corriente directa, su uso está limitado hacia algunas aplicaciones específicas. Estas pueden ser: equipos de prueba, locomotoras, en la aviación y algunos vehículos de transporte. Un uso común que tienen es el de freno eléctrico, esto es porque este tipo de máquinas se puede convertir fácilmente de generador a motor eléctrico, y de un motor a un generador en consecuencia, lo cual puede proporcionar una acción de frenado muy flexible.

En un generador para tener un Voltaje inducido o FEM (fuerza electro-motriz) es necesario hacer girar un grupo de espiras dentro de un campo magnético. Una espira es una vuelta completa de un conductor aislado con resina, del tamaño suficiente para abarcar por completo el flujo magnético. Las espiras deben estar comunicadas al circuito estático de salida para transmitirle el voltaje que se induce en ellas. Para lo anterior, se utiliza un “conmutador”. Este conmutador está construido de un anillo de cobre seccionado, cada segmento delimitado con material aislante entre éstos. Cada punta o terminal de las bobinas se encuentra conectada a uno de estos segmentos. El conmutador está en constante rozamiento con las escobillas que se encuentran fijas en la carcasa.



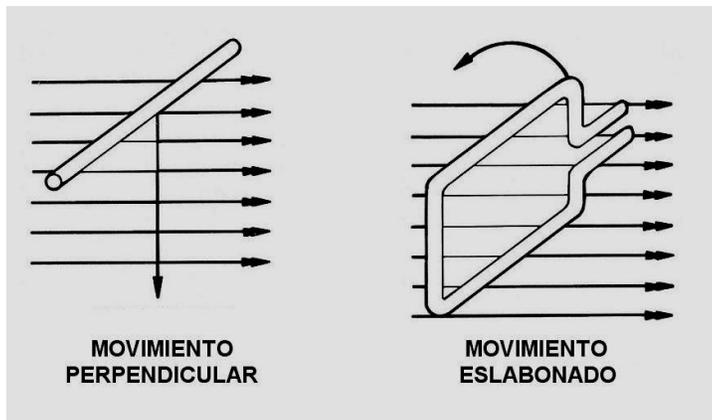
Componentes centrales de un generador de corriente directa. Las escobillas hacen la conexión entre el circuito estático y el conmutador que gira.

Gracias a este conjunto de conmutador y escobillas se puede tener el voltaje en el circuito estático de salida que se genera en las bobinas que se encuentran en movimiento. Como lo vimos anteriormente en la Ley de Faraday, el voltaje de salida depende de tres factores importantes, la densidad del flujo magnético, la longitud del conductor y la velocidad en la que el conductor corta las líneas del flujo.

$$e = B \ l \ v$$

La FEM o el voltaje de salida se puede mejorar aumentando uno, dos o tres de estos factores, tomado en cuenta sus limitantes de cada uno de ellos. La velocidad se puede aumentar dentro de ciertas restricciones como de nivel de ruido, vibraciones, fricciones, etc. La densidad del Flujo depende mucho del entrehierro, que es la distancia entre los Polos Magnéticos y la armadura, entre más corta sea esta distancia mejor será la densidad del flujo, pero esto requiere de una manufactura para una armadura y polos de gran precisión. La longitud del conductor, que es una limitante dada por la longitud y dimensiones del generador.

Cuando la espira está dentro del flujo magnético, tiene dos secciones o conductores importantes que son los que cortan perpendicularmente las líneas de flujo. Estos conductores tienen un movimiento circular, como se verá en gráficas más adelante. Hay cuatro momentos importantes en el giro de los conductores. En dos de ellos el corte es cero, ya que se mueve en la misma trayectoria de como viajan las líneas del flujo magnético y, por lo tanto, no existe corte de líneas. En los otros dos momentos el corte es muy favorable y la velocidad a la que se cortan las líneas de flujo es la misma velocidad a la que está girando el conductor.



Tipos de Movimiento del conductor dentro del Campo Magnético. Flujo Perpendicular y Flujo eslabonado.

Estos cuatro momentos se van intercalando en todo el ciclo del conductor, pasando éste por un momento de un corte máximo a uno de corte nulo, de uno de corte nulo a uno de corte máximo, así hasta completar cada ciclo.

Faraday nos dice que el movimiento del conductor debe ser perpendicular a las líneas de flujo para obtener el valor correcto del voltaje inducido. Pero el corte realmente de las líneas varía de cero hasta un corte máximo, lo cual nos dará un voltaje que va desde cero hasta máximo. Para conocer el voltaje en todos y cada uno de los momentos del giro, no solo en estos cuatro puntos, necesitamos conocer la velocidad real de corte en cada momento del giro, la cual es la velocidad perpendicular del conductor.

Si tomamos la velocidad angular, que es la rapidez con la que está girando el conductor y la relacionamos con el seno del ángulo en el que se encuentra el conductor en cada momento que deseamos calcular, obtenemos la velocidad real de corte en cada momento.

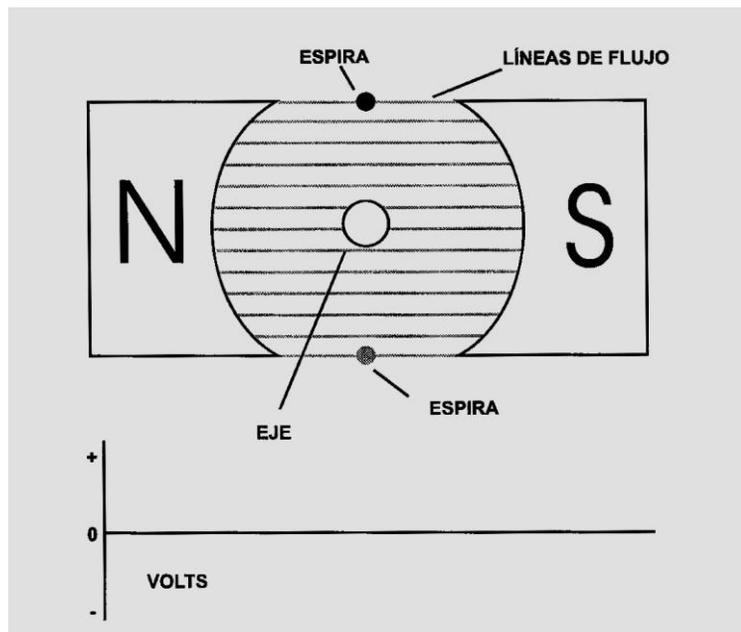
$$e = B \ l \ v \ \text{sen}\theta$$

Donde:

$v \ \text{sen} \ \Theta$ determina la velocidad perpendicular respecto al flujo magnético, a cualquier ángulo en el giro del conductor.

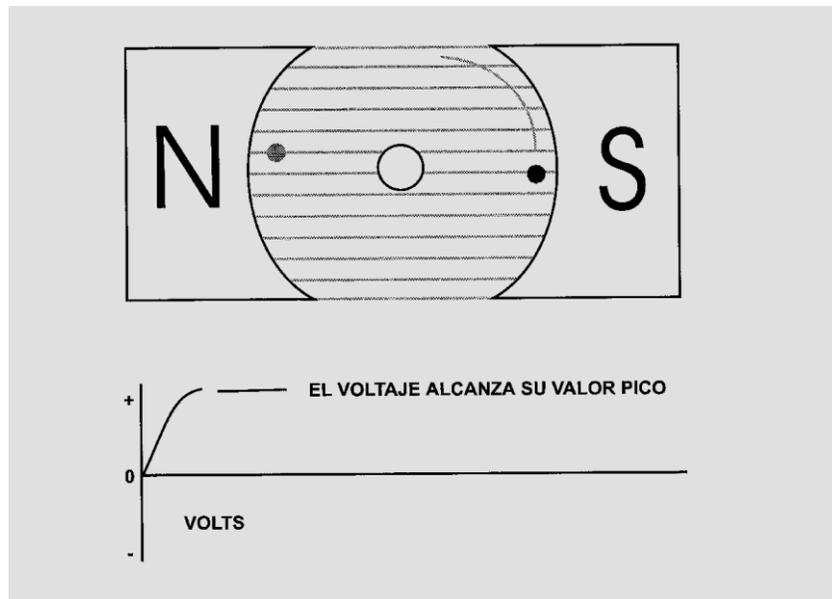
Si graficamos el voltaje de salida respecto a la posición en cada momento del giro del conductor obtendremos los valores correctos del Voltaje. Por lo que, se verán las gráficas de los cuatro momentos importantes en el giro del conductor.

A “0” grados de giro, cuando los conductores de las espiras están en paralelo con las líneas de flujo del campo magnético, se tiene que la velocidad perpendicular de corte es proporcional al seno del ángulo, $\text{sen } 0^\circ = 0$, por lo cual, no existe voltaje inducido.



Momento a cero Grados de Giro

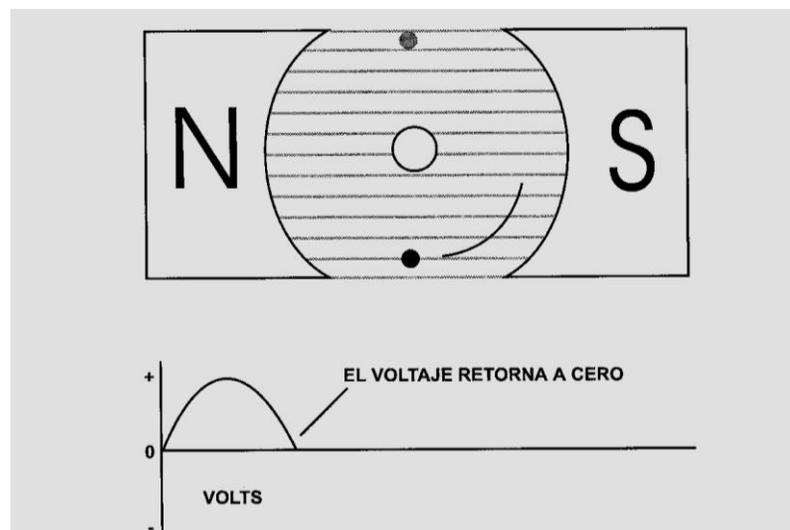
A “90” grados de giro, el movimiento del conductor es perpendicular a las líneas de flujo del campo magnético, el corte de líneas es favorable, por lo cual, tenemos que la velocidad perpendicular es proporcional a $\text{sen } 90^\circ = 1$, igualamos la velocidad perpendicular a la velocidad de giro y alcanzamos el voltaje máximo. La polaridad del voltaje la podemos conocer con la regla de la mano derecha que se vio anteriormente. Aplicando esta regla se tiene que la espira que se está estudiando, que es la marcada toda de negro en la gráfica siguiente, tiene una polaridad positiva.



Momento a 90 grados de Giro

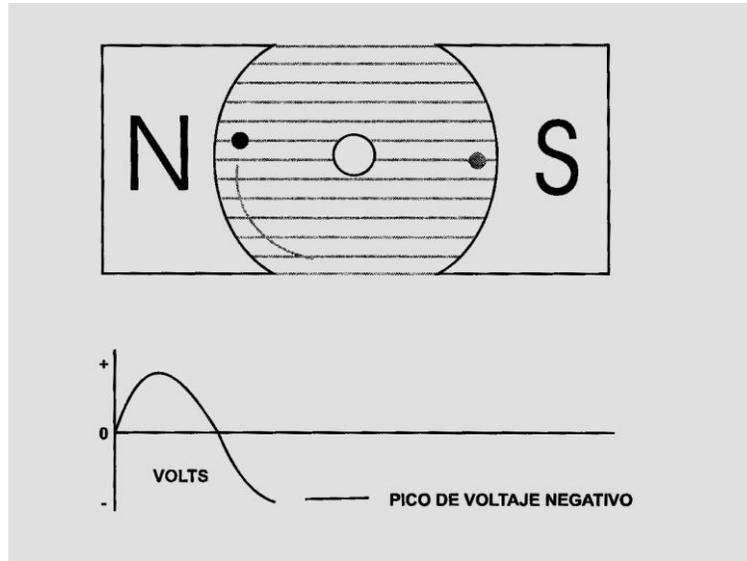
Esto es porque el sentido del flujo Magnético No cambia y en este ejemplo el movimiento del conductor es de arriba hacia abajo, por lo que, le da un sentido a la corriente inducida hacia fuera de la página, lo cual tomaremos como voltaje Positivo.

A "180" grados de giro, cuando el movimiento del conductor regresa a ser perpendicular a las líneas de flujo, no hay corte de líneas como en un principio, además que la velocidad perpendicular es cero, por lo tanto, no hay voltaje.



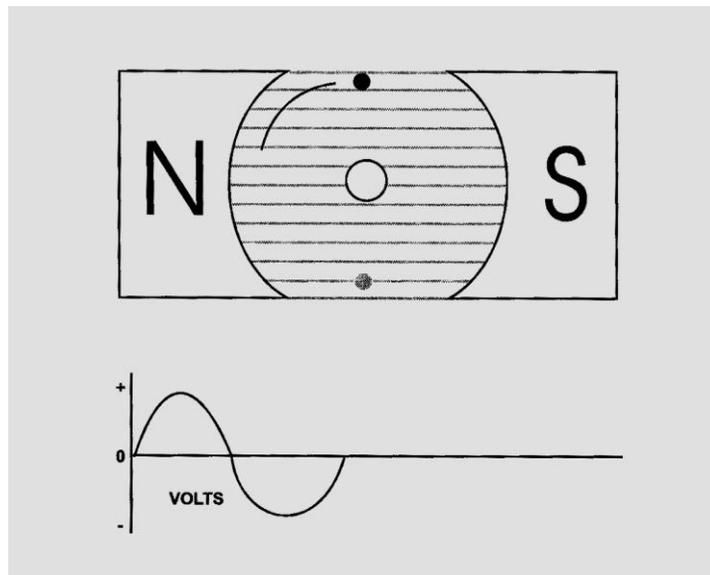
Momento a 180 grados de Giro

A "270" grados de giro, el conductor alcanza la velocidad perpendicular máxima y el corte de líneas vuelve a ser favorable. La polaridad cambia de sentido, esto se ve aplicando la regla de la mano derecha, la dirección del flujo magnético no cambia, pero si cambia la dirección de cómo se mueve el conductor, se mueve de abajo hacia arriba, por lo tanto, la dirección de la corriente en la gráfica siguiente es hacia dentro de la página, por lo que, nos da un Voltaje máximo Negativo.



Momento a 270 grados de Giro

A "360" grados de giro.- el conductor regresa al punto de partida, con lo cual vuelve a iniciar el ciclo partiendo de cero.

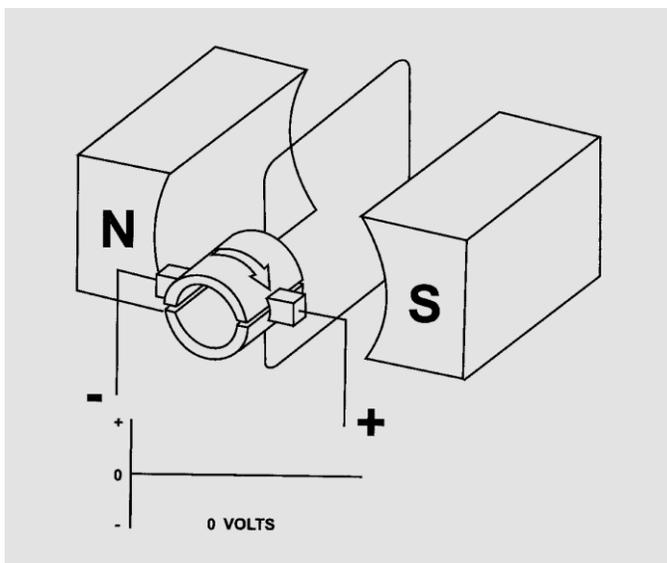


Momento a 360 grados de Giro

Las gráficas anteriores nos muestran el movimiento de un conductor de la espira dentro del flujo magnético, el voltaje generado y la polaridad. La espira tiene dos segmentos que hacen los mismos cortes en las líneas del flujo magnético. Que fueron las que se mostraron en las gráficas en color negro y en color gris.

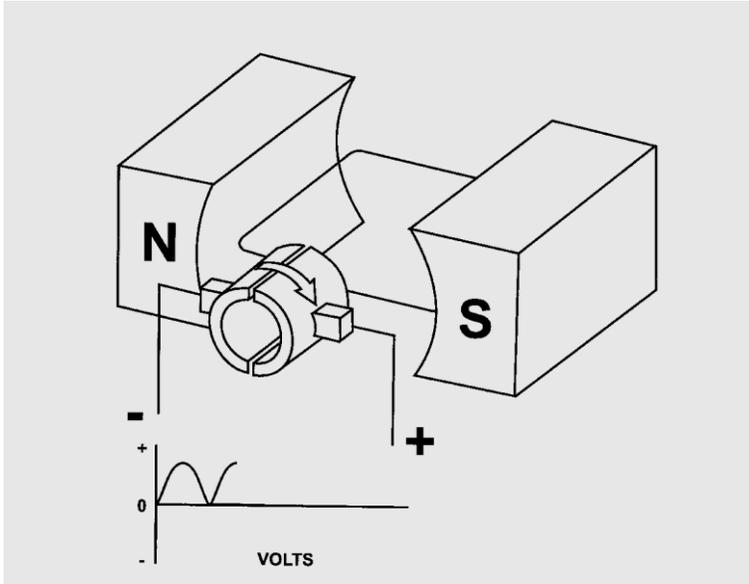
El segmento de la espira en color gris, tenía el mismo voltaje pero en polaridad invertida, ya que gira 180 grados adelantada del segmento en color negro. Cuando uno gira de abajo hacia arriba, el otro gira de arriba hacia abajo. El sentido de la corriente en Toda la espira es el mismo, ya que los dos segmentos o conductores están unidos en serie, siendo cada espira un circuito completo.

Cuando el segmento de las gráficas en color negro está a 90 grados de giro, la corriente tiene una dirección hacia adentro de la página, y el conductor en gris hacia fuera de la página, por lo que, se tenía una polaridad positiva en el conductor en negro y en el otro segmento de la espira una polaridad negativa. Al girar a la posición de 180 grados las polaridades se invierten y el conductor en negro ahora tiene una polaridad negativa, y viceversa. En la espira se obtiene realmente un voltaje alterno, por lo que, en cada giro completo que da la espira cambia dos veces la polaridad. Aquí es donde hace su función el conmutador, que es la de tener una misma polaridad a la salida del generador.



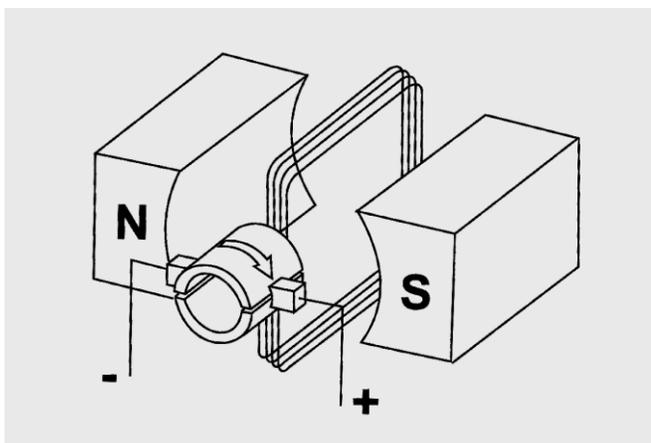
Se muestra el esquema del generador de corriente directa., en esta posición no hay voltaje, es cuando se conecta de una sección del conmutador y se conecta con la otra.

Este conmutador está seccionado, y cada sección está conectada a una Terminal del circuito estático por medio de las escobillas. Cuando llega a cero el voltaje, se desconecta de una sección del conmutador y se conecta con la otra sección. De manera que cuando esté girando la espira y esté cambiando de polaridad, la escobilla estará siempre conectada a la sección que tenga la polaridad positiva, y a su vez, la otra a la negativa.



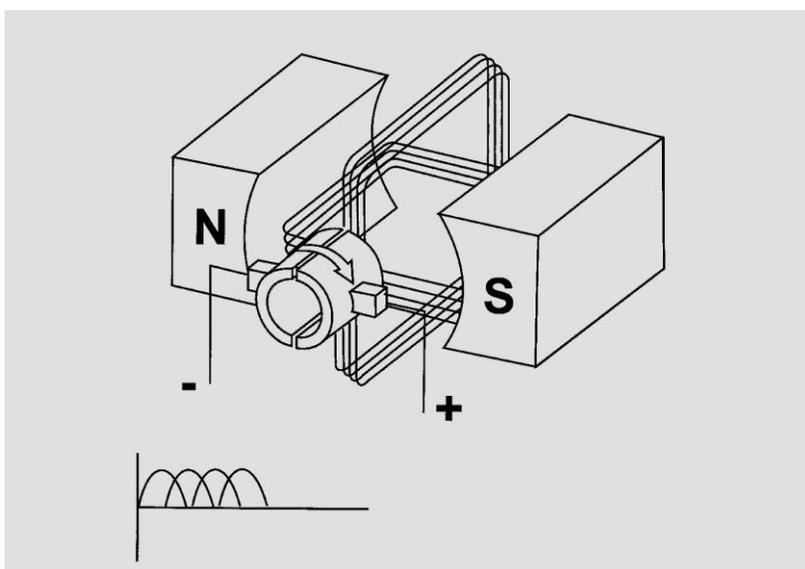
La escobilla de la derecha siempre estará conectada al lado positivo de la espira gracias al conmutador.

Para incrementar el Voltaje de salida se puede aumentar el número de espiras. El número de vueltas es directamente proporcional al Voltaje de salida. Una bobina de 20 vueltas de alambre (20 espiras) tiene un voltaje inducido 20 veces mayor que si tuviera una sola vuelta. Esto se logra conectando en serie las espiras, o sea, que es un solo cable continuo, sin cortes, enrollado para formar una bobina.



Por cada espira que se incrementa, se aumenta en esa proporción el voltaje de Salida. Al conjunto de espiras se le denomina bobina. Este es un esquema de una bobina de 4 espiras.

Al observar las gráficas anteriores donde se muestra el voltaje generado según el giro de los conductores, podemos ver que se tiene una variación de cero hasta un voltaje máximo en cada medio giro. Para Suavizar la variación de este voltaje en la salida del generador se colocan más bobinas a diferentes ángulos en el giro.



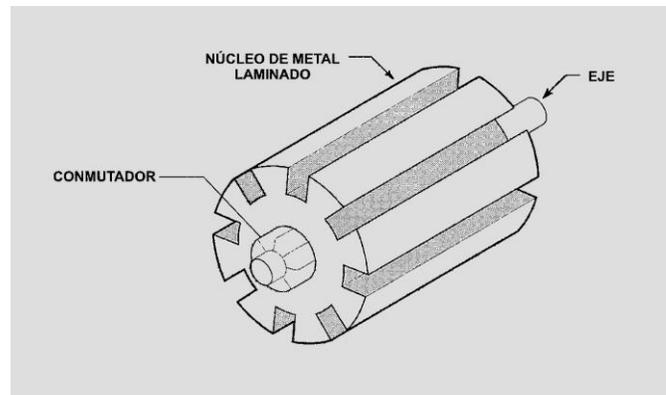
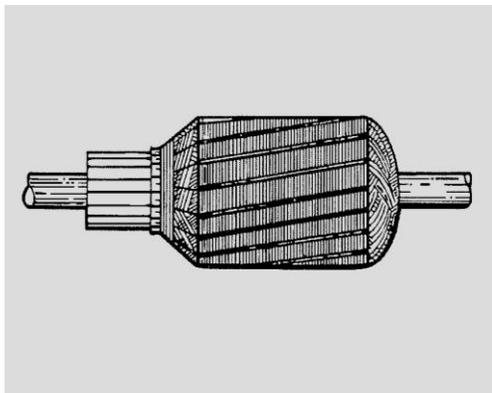
Este esquema nos muestra dos bobinas de cuatro espiras cada una, colocada a 90 grados. Si se aumenta el número de bobinas se obtiene un voltaje de salida más uniforme, sin mucha variación.

Esto es una práctica común con la cual se tienen pulsaciones de menor variación en el voltaje de salida, ya que cuando el voltaje empieza a decrecer no tiene que llegar hasta cero para que la siguiente espira comience a generar, lo que evita que el voltaje llegue hasta el cero. Gracias a esto se tiene un voltaje promedio de salida mayor, y pulsaciones de menor intensidad.

4.4.1 La Armadura

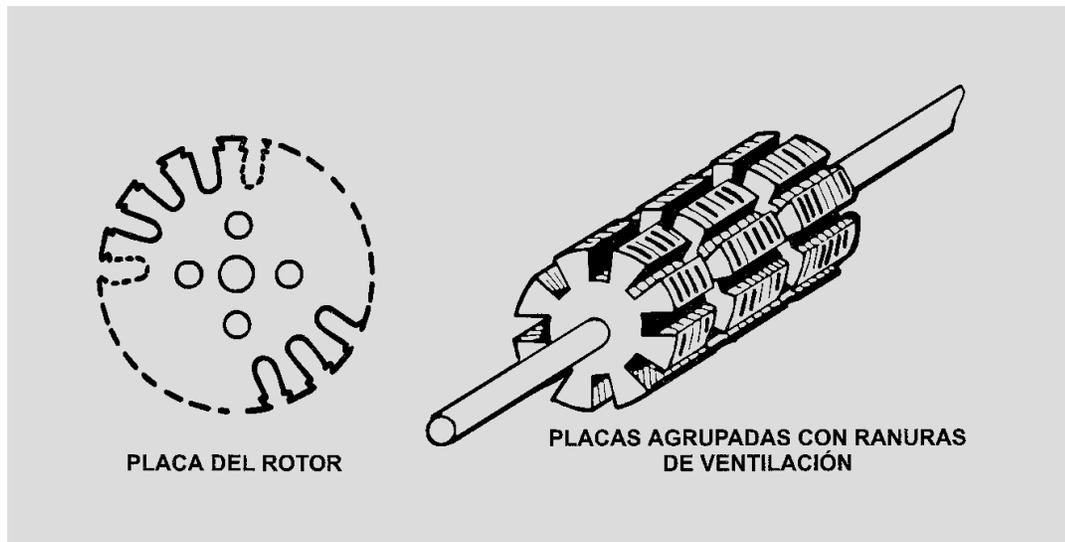
Se le conoce como Armadura al conjunto del núcleo de hierro, que es donde se monta el conjunto de espiras, y al conmutador. Las espiras se colocan en las ranuras del núcleo, el cual actúa como un conductor magnético. Debe tener propiedades con las cuales proporcionar un alto voltaje inducido.

El núcleo de hierro, es comúnmente usado para nombrar éste. En realidad está hecho de acero al silicio, con aproximadamente 2% de silicio. Esta aleación permite densidades de flujo de 1.3T aproximadamente. Las aleaciones de 50% hierro y 50% cobalto permiten densidades de flujo alrededor de 2.3T, lo que permite construir armaduras más pequeñas y, por consiguiente, máquinas más pequeñas.



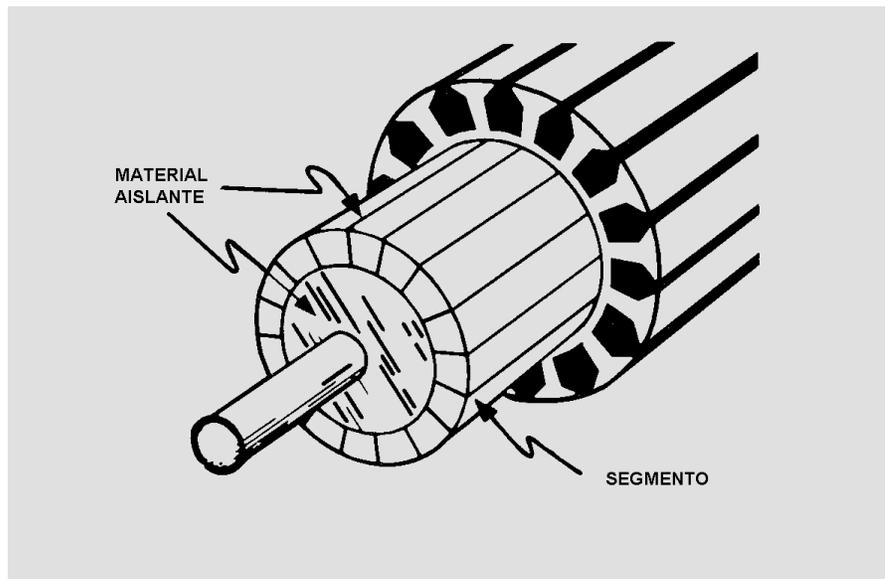
Arreglo de la Armadura junto con las bobinas y Principales componentes.

El rotor está formado por laminaciones, con el objeto de reducir las pérdidas por corrientes circulantes. Estas laminaciones o placas se empalman formando un cilindro. Cada placa tiene ranuras para permitir el flujo de aire para enfriamiento. Estas ranuras pueden ser de diferentes formas y profundidades, de acuerdo al diseño particular de cada generador.



El Núcleo laminado se conforma de un conjunto de placas agrupadas.

Las conexiones eléctricas del rotor se hacen sobre los “Segmentos del Conmutador. Éstos actúan como Switches rotatorios que rectifican la corriente alterna generada en las bobinas y proporciona corriente directa al circuito de salida.

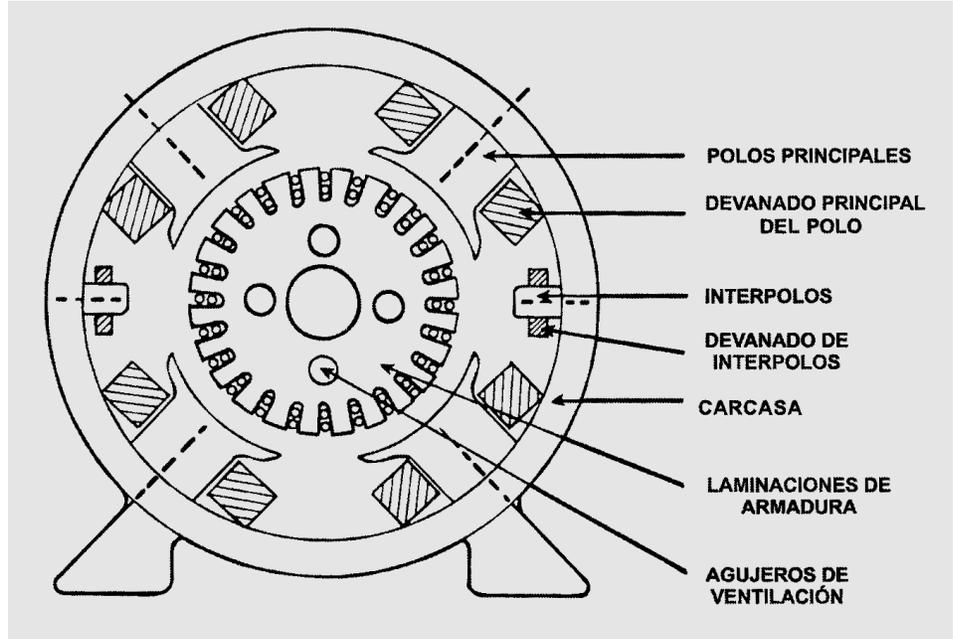


Componentes del Conmutador

4.4.2 Los Polos

La mayoría de los generadores de mediana y gran potencia utilizan electro-iman y los de menor potencia, generalmente tienen imanes permanentes.

Diagrama de corte del generador de corriente directa con polos electro-magnéticos. Componentes principales del generador de 4 polos con Interpolos.



Los polos Electro-Magnéticos pueden tener algunas variantes de diseño que normalmente están relacionadas con el tamaño del generador. En generadores muy pequeños los polos son una sola pieza sólida junto con la carcasa. Así como para máquinas medianas y grandes, la carcasa y los polos son piezas separadas.

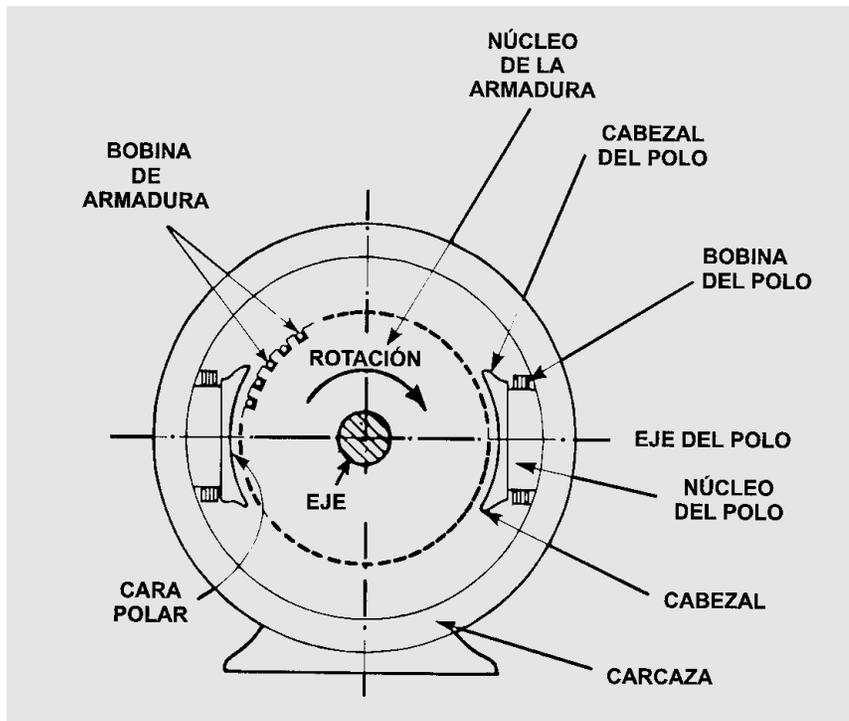


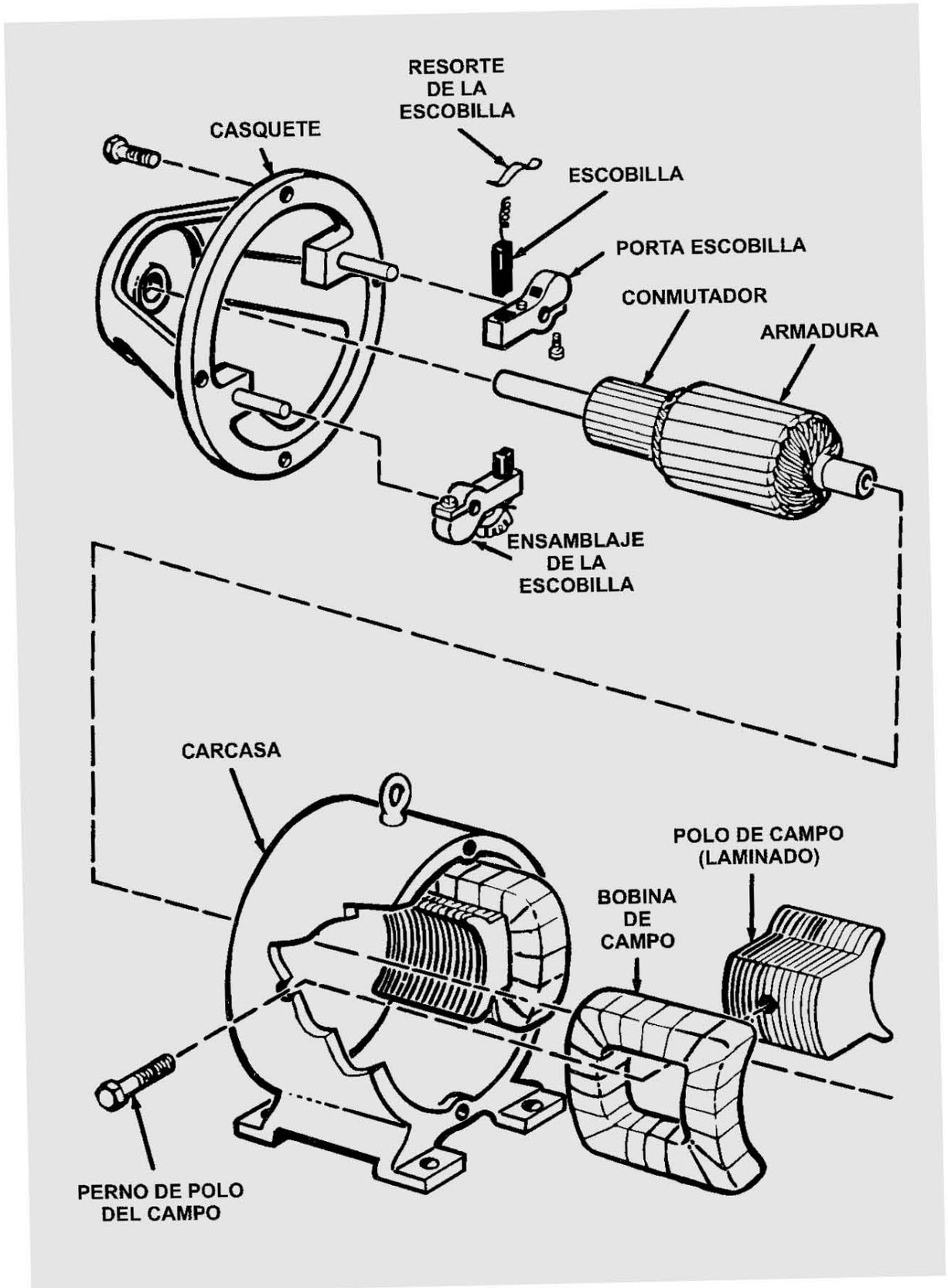
Diagrama de corte.
Componentes Principales del
generador de 2 Polos.

Los polos se encuentran en el interior de la carcasa y son los que proporcionan el campo magnético. Están construidas de material magnético conductivo como hierro suave o acero al silicio.

4.4.3 Construcción del Generador

Para la construcción del generador completo, se habla de unir los dos circuitos o componentes principales que hasta ahora se ha visto, que son la armadura y los polos electromagnéticos.

Cuando el generador está construido con imanes permanentes se habla de solo un circuito, el de la armadura, ya que los polos no cuentan con circuitos eléctricos.

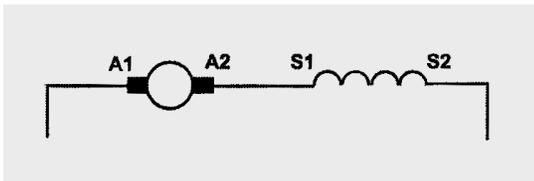


Despiece de un generador

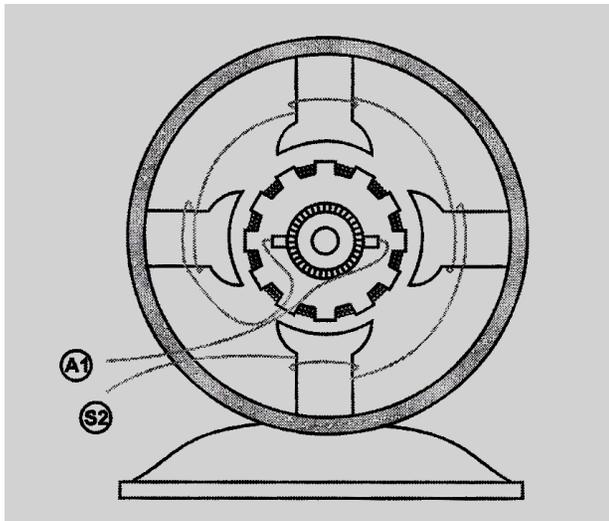
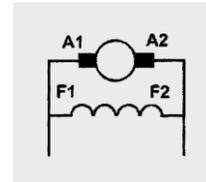
4.4.4 Conexiones Shunt y en Serie del Generador

Por el tipo de conexión entre las bobinas y la armadura, existen tres tipos básicos de generadores de corriente directa: el generador en “Serie”, el generador “derivado o Shunt” y el “compuesto”, que es una combinación de los dos primeros.

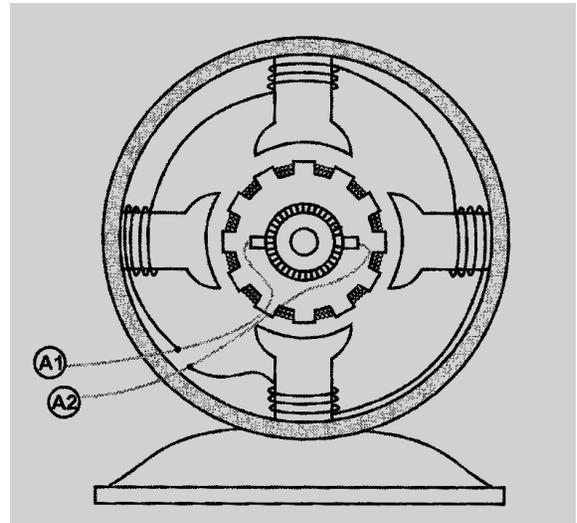
CONEXIÓN EN SERIE



CONEXIÓN EN PARALELO (SHUNT)



Las Bobinas en serie tienen un número reducido de espiras de gran longitud enrolladas. Tiene un valor de resistencia bajo. El nombre proviene de que está conectado en serie con la armadura



Las Bobinas en paralelo o SHUNT está hecho de muchas espiras de pequeñas longitudes. Tiene una resistencia más alta. Este diseño es para conectarse en paralelo con la armadura.

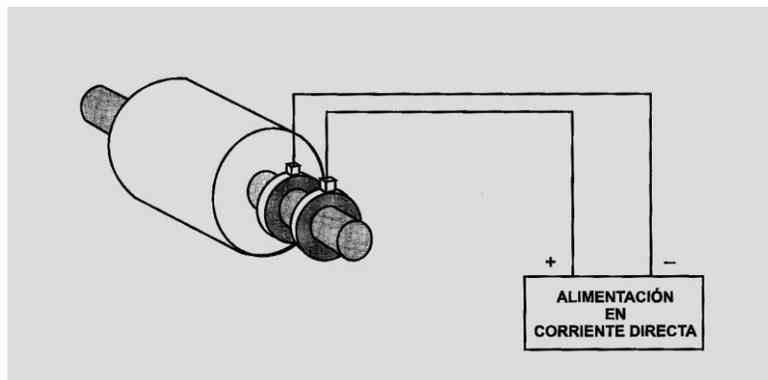
4.5 GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA (ALTERNADOR)

Los generadores de corriente Alterna son utilizados para generar importantes cantidades de Energía. Estos también son conocidos como generadores Síncronos o Alternadores. Nuestra ciudad es alimentada con este tipo de generadores. Esto se debe a que este tipo de energía su transmisión a distancias muy grandes es más fácil. Entre más alto sea el voltaje, menores son las pérdidas y, por lo tanto, mejor es la conducción. Un generador alternador de una planta termoeléctrica proporciona un nivel de voltaje de 13.8 kv en promedio, para alimentar una parte de la ciudad^[h].



Fotografía de una Subestación Eléctrica, es aquí donde se incrementa el voltaje para su transmisión a grandes distancia.

El voltaje de salida de un generador está limitado por consideraciones de aislamiento, y por el número de espiras que se pueden colocar dentro de las ranuras del estator, ya que estos conductores deben tener una adecuada sección transversal. El voltaje generado es aumentado en las Subestaciones hasta un rango de 115 Kv hasta 400 kv^[h]. De esta manera puede viajar cientos de kilómetros hasta llegar a otra subestación donde el voltaje es reducido para su transmisión final a industrias y Casas-habitación.



Construcción básica del rotor del Alternador, en vez de conmutador tiene anillos rozantes

La construcción del alternador es muy similar a la del generador de corriente continua, que es el que rectifica la corriente. Como vimos anteriormente, en la espira se obtiene una corriente alterna, y al quitar el conmutador podemos obtener esta corriente alterna. Esto se logra colocando unos anillos rozantes en vez del conmutador, y así obtenemos la corriente alterna directamente como se induce.



Fotografía de un rotor inductor de un alternador de automóvil

Otra de las diferencias es que la parte inducida en el generador de corriente directa es la armadura, y el inductor es el campo, que es la parte fija. En un alternador es a la inversa, las bobinas que inducen el campo magnético están en la parte giratoria, que en este caso es llamado Rotor-inductor.

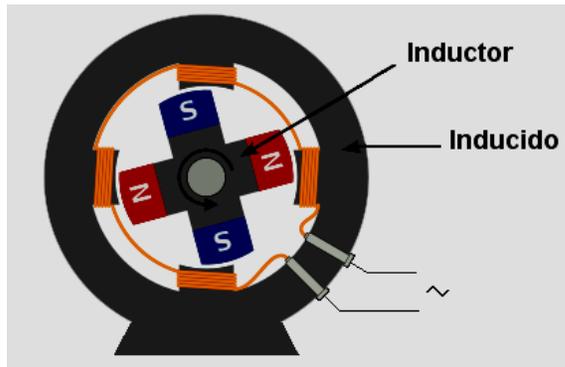


Diagrama de corte del alternador. A diferencia del generador de corriente directa el rotor es el que crea el flujo magnético para la inducción de la corriente de Salida.

Debido a que se manejan grandes potencias en la mayoría de estos generadores, y para poder transmitir al exterior del generador la potencia obtenida en el rotor a través del rozamiento de las escobillas con los anillos, lo que conduce a que se generen chispas, y en caso de fallas mecánicas, cortos circuitos y daños a la red de salida, por lo que, se toma esta energía directamente del estator, donde se mantiene todo el circuito de salida aislado.

Pongamos como ejemplo el generador de un automóvil, que la mayoría de las personas no saben que es una máquina de generación de corriente alterna trifásica de baja tensión, que inmediatamente es rectificadas mediante un puente de Diodos para obtener corriente directa.

4.5.1 Rotor Inductor

El rotor, que es la parte móvil del alternador, y es el encargado de crear el campo magnético para inducir la corriente alterna en el estator. Está formado por un eje sobre el cual va montado el núcleo magnético formado por dos piezas sólidas de hierro o acero al silicio, que tiene una saliente entrelazadas sin llegar a tocarse, lo que cada diente o saliente constituye un polo del campo magnético inductor. Cada segmento tiene por lo general 6 dientes, por lo que, el núcleo completo es de 12 polos, con la típica secuencia Norte-Sur-N-S-N-etc. En el interior de los polos va montada una bobina con muchas espiras de hilo de cobre aislado.

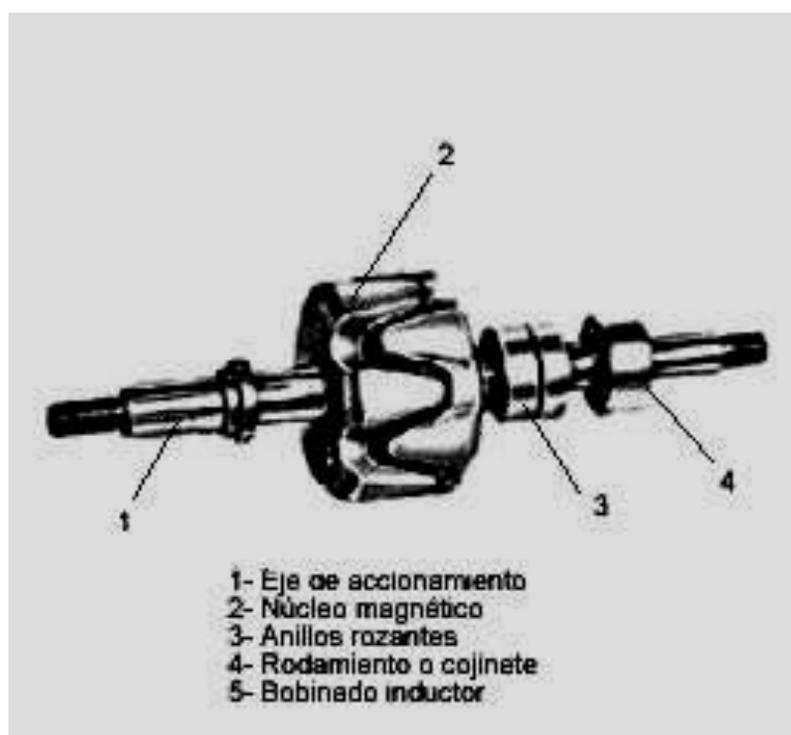
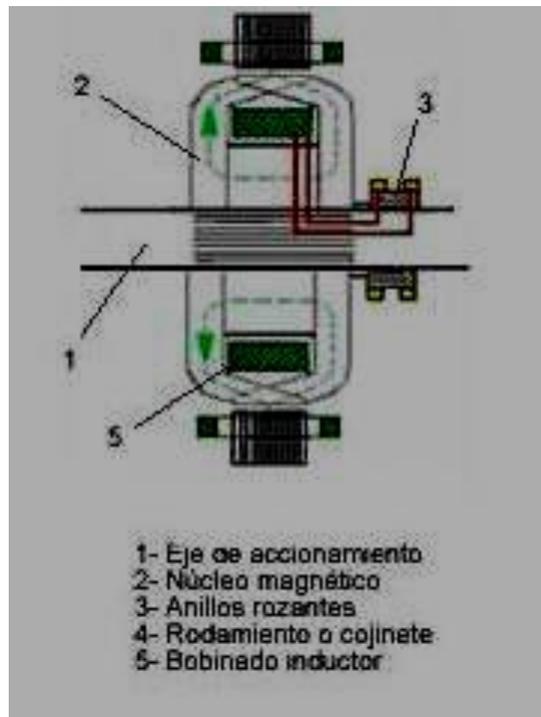


Diagrama de los componentes principales del Rotor Inductor

En uno de los extremos del eje van montados dos anillos rozantes, en los cuales se hace la conexión eléctrica de la bobina del rotor. A través de estos anillos y por medio de las escobillas de carbón, la bobina recibe la corriente de excitación necesaria para generar el campo magnético inductor. Esta alimentación al principio es externa, la recibe de una batería, y en cuanto empieza a girar, comienza a generar corriente, con la cual se autoalimenta.



Conexión eléctrica entre las bobinas y los anillos rozantes de alimentación en el rotor.

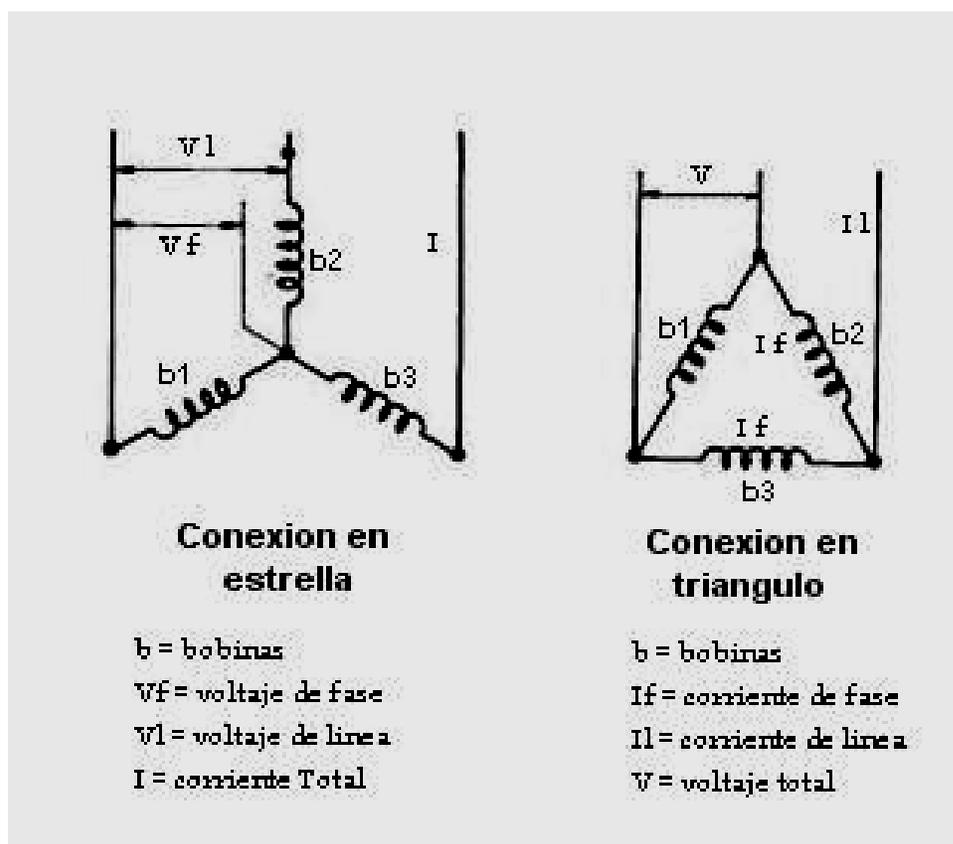
4.5.2 Estator Inducido

El estator es la Parte fija del alternador y es donde se alojan las bobinas que serán inducidas, y que generaran la corriente de salida. Está formado por un armazón ensamblado por placas laminadas, que también son para disminuir las pérdidas por corrientes circulantes, como en los rotores del generador de corriente continua. Estas placas están troqueladas en su interior para formar las ranuras en donde se alojaran las bobinas.



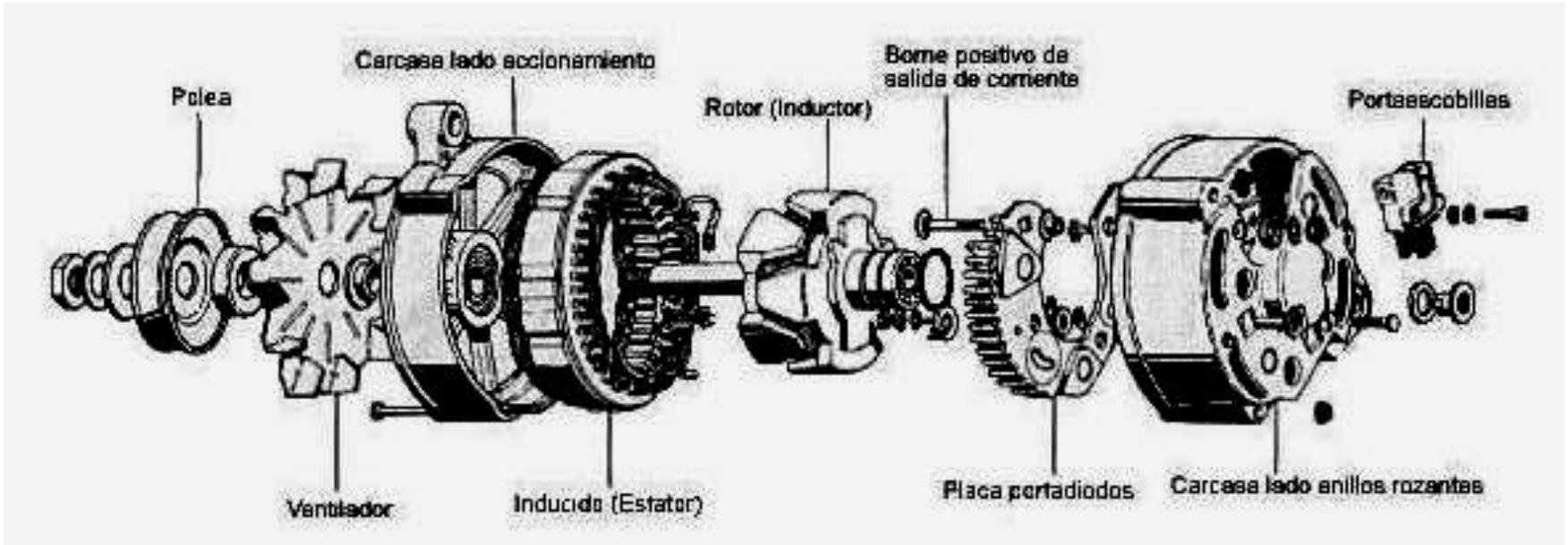
Fotografías de un estator inducido de un alternador de automóvil

Por lo general, son tres bobinas las que contiene el estator, que están separadas y debidamente aisladas para formar la corriente trifásica. Estas tres bobinas pueden estar conectadas de dos maneras diferentes, en estrella o en triángulo. La conexión en estrella tiene más eficiencia a revoluciones bajas y la conexión en triángulo es mejor a revoluciones altas^[k]. Para poder diferenciar entre conexión tipo estrella y tipo triángulo se puede identificar a simple vista por el número de hilos o puntas en las terminales, si se cuenta con tres hilos se trata de una conexión tipo triángulo, si tiene cuatro se trata de una tipo estrella.



Diagramas de los tipos de conexiones de las bobinas en el estator inducido

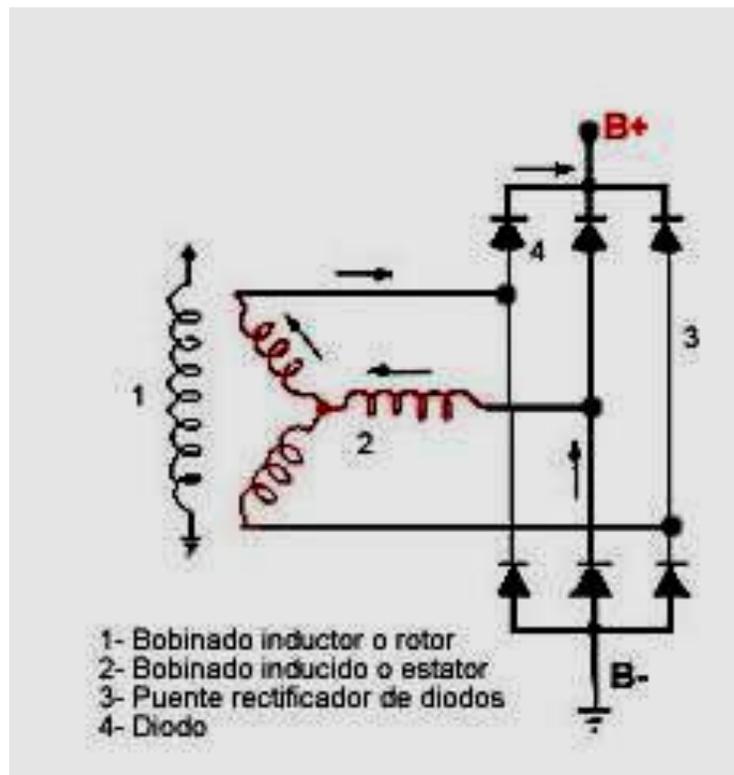
Las ventajas de utilizar corriente alterna trifásica son mayores, puesto que hay tres fases que generan corriente, y la sección del cobre en cada fase puede ser menor que en una máquina monofásica para la misma potencia, ya que la corriente se reparte en las tres fases, esto significa que una máquina de la misma capacidad puede ser más pequeña, además de que su construcción es más sencilla.



Despiece de un Alterador completo, muestra todos sus componentes y el arreglo de estos

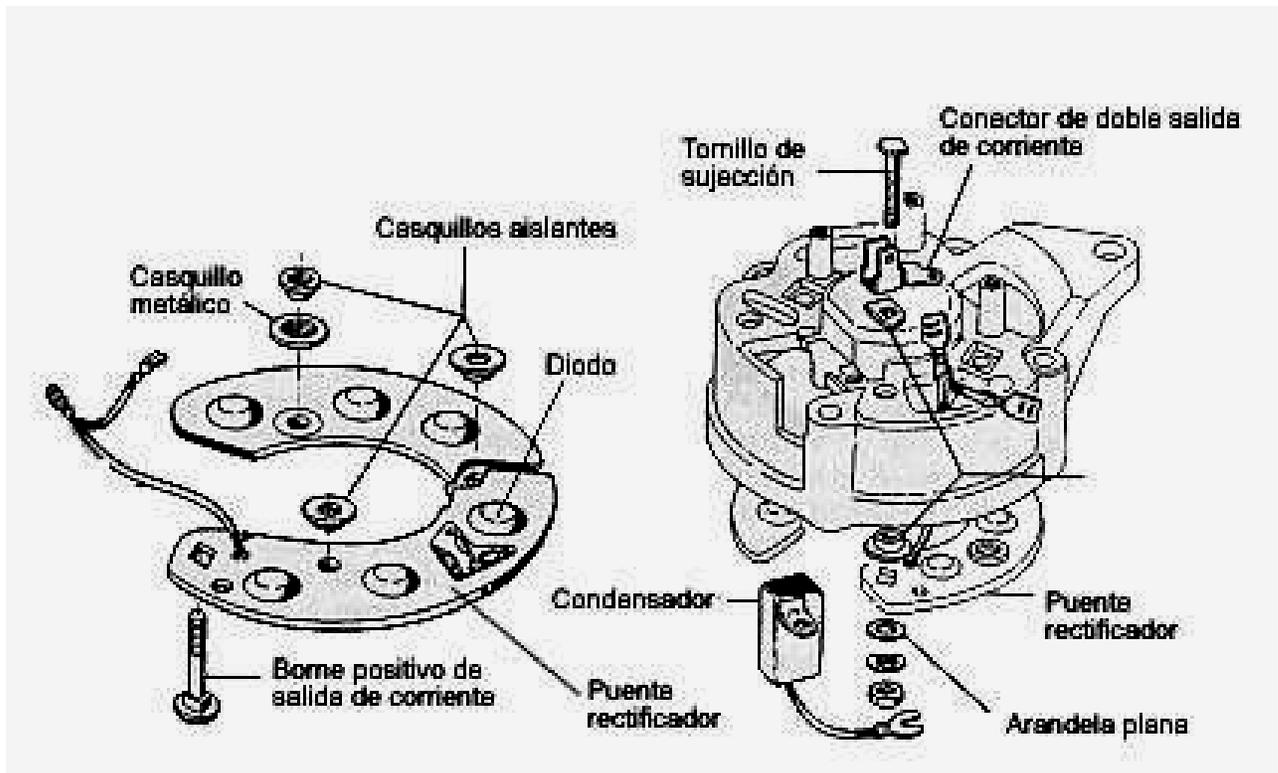
4.5.3 Regulación y Rectificación del Voltaje en el alternador

La corriente generada por el alternador no es benéfica para las baterías y, en el caso de un automóvil, todos los accesorios están diseñados para trabajar con corriente directa, por lo que, es necesario rectificar la corriente de alterna a directa. Para esto se utilizan diodos de Potencia, aptos para funcionar en intervalos altos de temperatura. Un diodo trabaja como una válvula antiretorno, permite el flujo de corriente hacia un lado del circuito, pero si cambia la dirección del flujo, esta “válvula” se cierra y no permite el paso a la inversa.



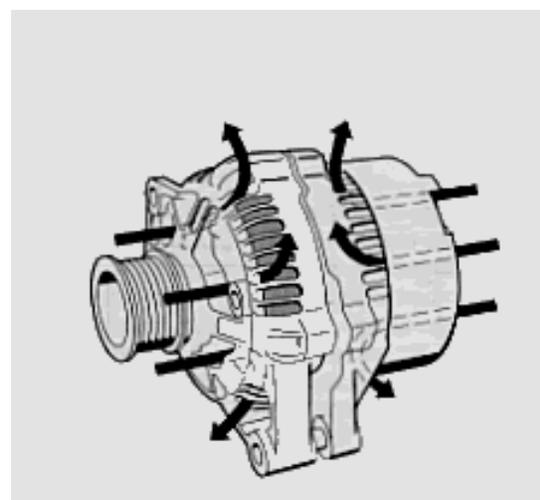
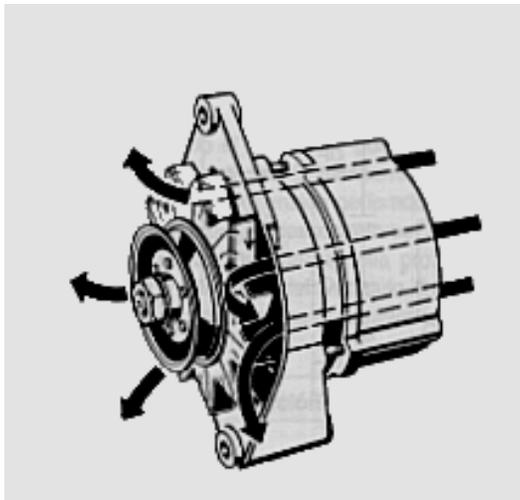
Arreglo del circuito de salida del voltaje del generador. En el diagrama se muestra como se disponen los Diodos de potencia en relación a las bobinas del estator

Estos diodos se incorporan al circuito en las salidas de las terminales de cada bobina del estator. A este arreglo de diodos se le conoce como puente rectificador, y puede estar formado por seis o nueve diodos^[1]. Los alternadores con puente rectificador de 9 Diodos, incorporan 3 nanodiodos más a las salidas de las bobinas, esta conexión auxiliar de menor potencia se utiliza para el control de la luz indicadora de carga y para la alimentación del circuito de excitación.



Despiece del cuerpo de diodos en el alternador. Diseño y construcción para un alternador de automóvil

El calentamiento de los diodos debe tener un límite para que no sufran daños, por ello se debe evacuar el calor en la zona donde se encuentran. Para esto se montan en una placa refrigerante, que es el cuerpo del puente rectificador. Esta placa debe ser de un material de buena conductividad térmica, para desprender el calor fácilmente hacia el aire de refrigeración.



Esquemas del flujo del aire de Refrigeración en el alternador, de flujo sencillo y flujo doble.

Esta corriente de aire forzada proviene de un ventilador, el cual está montado sobre el eje del rotor, así garantiza que siempre reciba aire de refrigeración cuando esté trabajando.

El alternador para generar electricidad, además del movimiento mecánico que recibe, necesita de una corriente eléctrica a través del rotor, que es la corriente de excitación. En este ejemplo del alternador del automóvil, esta corriente la toma de la batería a través de un circuito eléctrico llamado “circuito de preexcitación”.

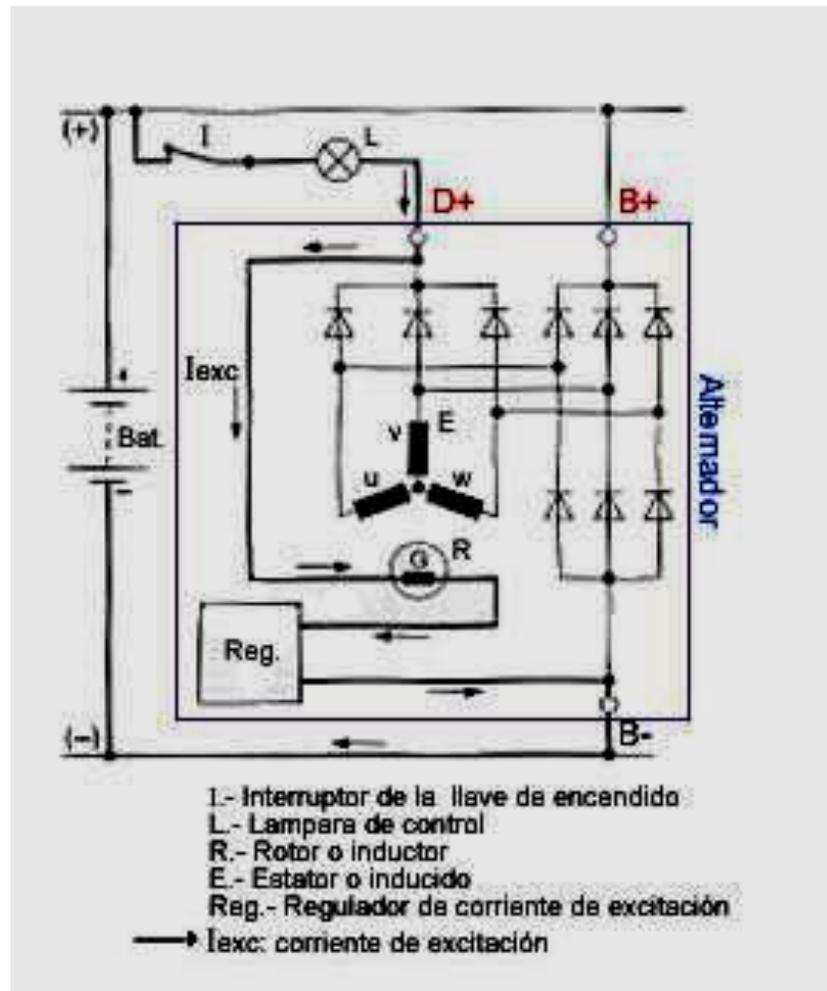
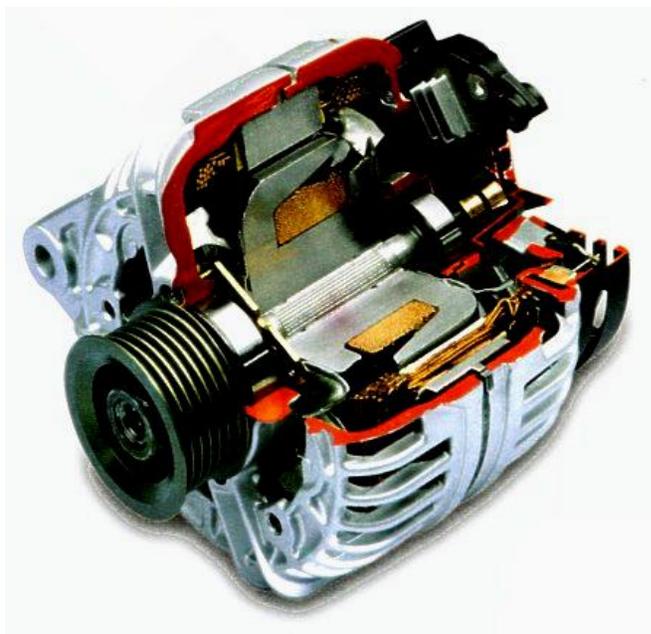


Diagrama completo del circuito eléctrico del alternador de un automóvil, se puede apreciar el circuito de excitación y de Salida.

Este circuito de preexcitación es externo al alternador y lo conforman la batería, el switch interruptor y la lámpara indicadora. Este circuito es imprescindible, ya que

durante el arranque y a bajas revoluciones, el alternador no puede iniciar por si solo el campo magnético necesario para inducir en el estator, y éste crear el voltaje necesario de salida del generador. Una vez que el motor del auto está en marcha y el alternador alcanza una tensión mayor o igual a la de la batería, la lámpara de control se apaga y no necesita más del circuito de preexcitación de la batería, ahora puede valerse por si mismo y utilizar su propio voltaje que genera.



fotografía de corte del alternador completo

Conforme gira el rotor induce un voltaje y corriente a las bobinas del estator, cuanto más rápido gire mayor será la corriente generada y a consecuencia, mayor será la corriente en el rotor también. Para incrementar el voltaje de salida existen dos factores importantes en el rotor. Como lo vimos anteriormente con la ley de Faraday, una de ellas es la velocidad de giro, con lo cual, el conductor corta más rápido las líneas de flujo magnético, y la otra manera de aumentar la salida es aumentando la corriente en él, incrementando así el flujo magnético en el inductor.

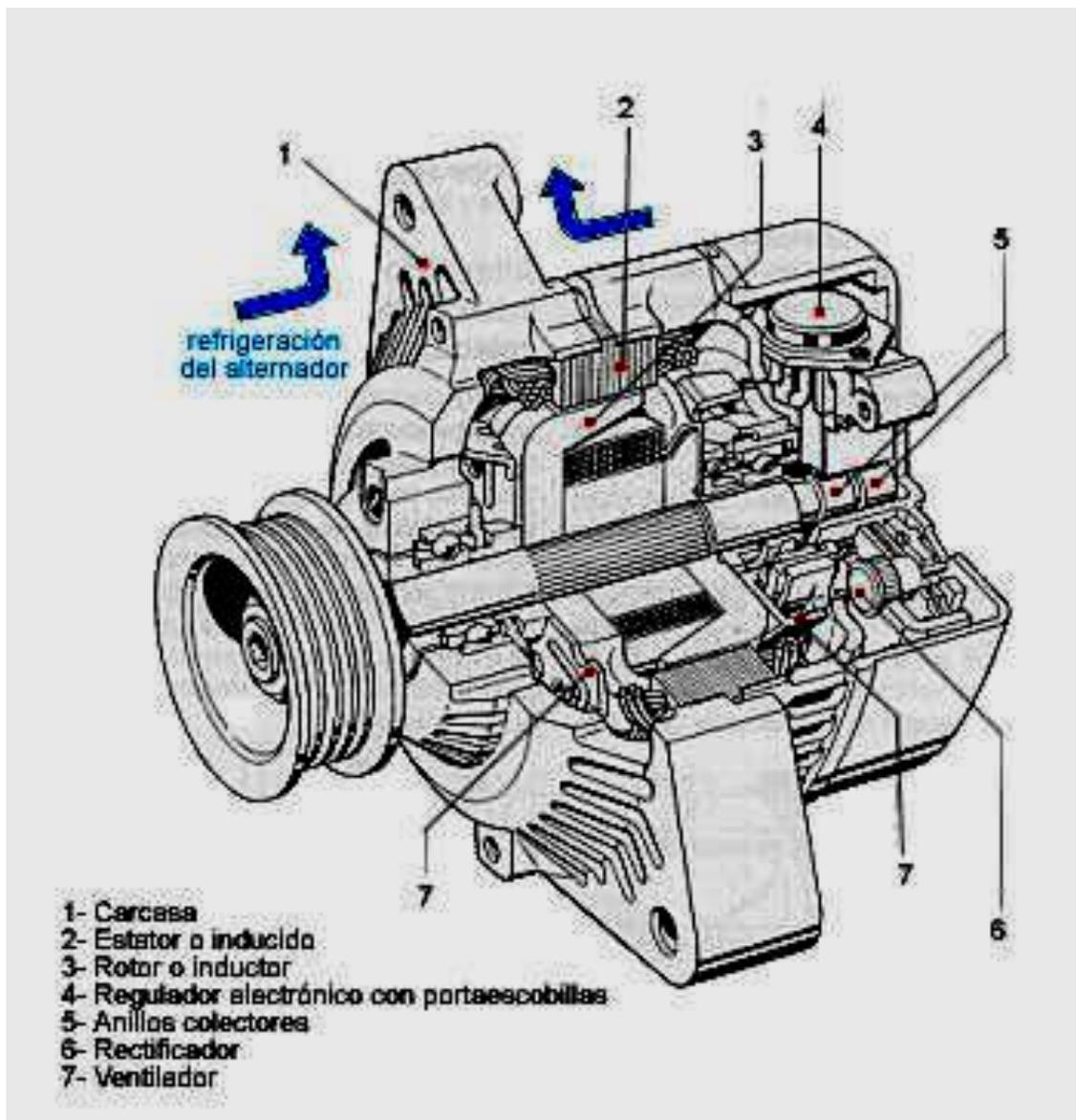


Diagrama del alternador completo y armado

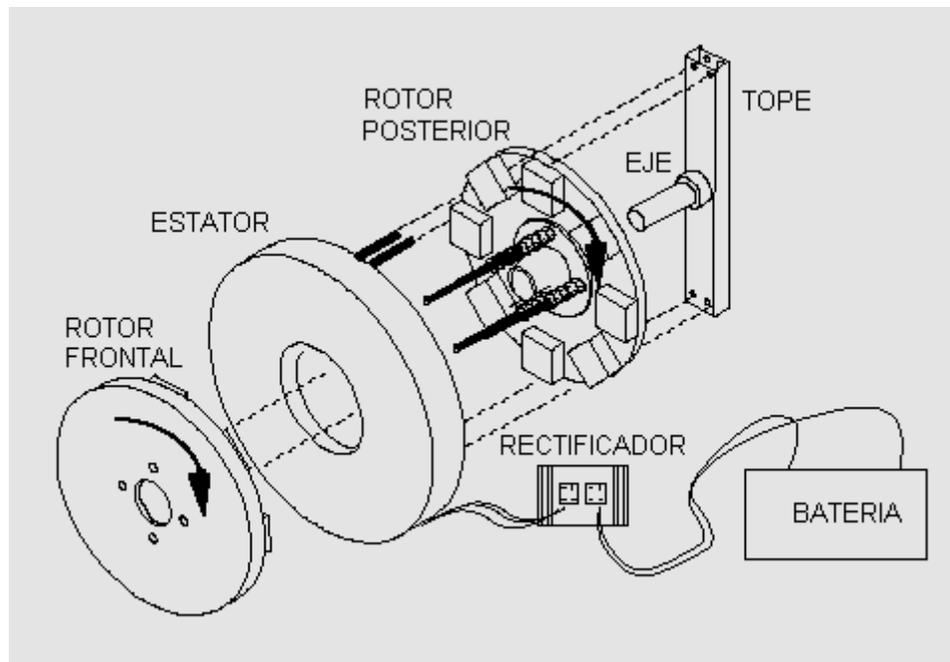
Llega un momento en que el núcleo se satura y ya no se puede generar más flujo de excitación por mucha corriente que se aplique. Se presentarán pérdidas en forma de calor^[k]. En ese momento, el regulador disminuye la corriente de excitación, haciendo que se genere menos corriente. Disminuyendo o aumentando la corriente de excitación en el rotor, el regulador incrementa o disminuye la corriente generada para mantener un voltaje constante a la salida del alternador, que en este ejemplo es de 13.8 V, que es lo necesario para los accesorios del automóvil.

4.6 GENERADOR DE IMANES PERMANENTES (GIP)

El generador de imanes Permanentes, comúnmente conocido como “GIP” lo podemos encontrar en generadores eólicos de mediana y baja Potencia. Este generador puede ser llamado asimismo alternador, ya que produce corriente alterna^[n], a diferencia del generador, que se explicó en el tema 4 de este capítulo, de corriente directa, que también contiene imanes permanentes en el estator.

En el mundo, el GIP es utilizado en casos donde la fuerza motriz que acciona el generador es variable, tales casos como el generador eólico que depende mucho de la magnitud del viento, así también como en ríogeneradores, plantas mareomotrices, plantas geotérmicas, entre otras^[m].

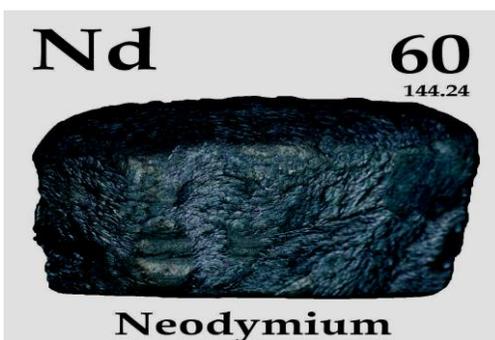
Este tipo de generadores tienen la ventaja de no necesitar ningún tipo de alimentación para su campo inductor, ya sea alimentación inicial ni de excitación. Lo que hace adaptarse muy bien a zonas apartadas de donde no hay alimentación de redes eléctricas. No puede generar electricidad a la magnitud de la red, pues su voltaje es más bajo a comparación de ésta.



Esquema de un Generador de Imanes Permanentes (GIP). El bobinado del estator está fijo al tope. Los rotores son los que contienen los Imanes.

4.6.1 Imanes Permanentes de Neodimio

El Neodimio es un elemento químico que se encuentra en la tabla periódica, el símbolo con el cual aparece es “Nd”, y su número atómico es “60”. A temperatura ambiente se puede encontrar en estado Sólido. Es parte del grupo de “Tierras Raras” en la tabla Periódica. El Neodimio fue descubierto en 1885 por Carl F. Auer Von, un químico austriaco, del Material “Didimio” separó el Neodimio y Praseodimio. Sin embargo, este metal no fue nombrado por si solo hasta 1925^[o]. El nombre neodimio proviene de las palabras griegas “Neos didymos”, que significa “nuevo gemelo”. Como el Praseodimio y el Neodimio se descubrieron juntos se le llamó Gemelos, al Neodimio se le llamó el Nuevo y al Otro el “gemelo verde”.



Nombre Científico, Símbolo, Numero atómico y su masa atómica (gr / mol)

El Neodimio nunca se encuentra en la naturaleza como elemento libre. Se encuentra en minerales como la arena de “monacita” y “basanita”, que presentan en su composición pequeñas cantidades de éste y de todos los metales de tierras raras. Este imán es aleación de Neodimio, hierro y boro (Nd-Fe-B), y alcanzan una potencia seis veces más que la de los imanes de Ferrita^[o]. Se pueden utilizar a temperaturas de hasta 220°C, y alcanzan una potencia máxima de 15000 gauss (1.5T).^{[o][q]}

Se recubren con níquel, zinc, plata, oro, entre otros, para protegerlos de la oxidación. En la naturaleza se encuentra en cantidades muy pequeñas, y solo se encuentra en dos tipos de minerales.

Está aumentando la cantidad de Neodimio en el ambiente, ya que es utilizado en catalizadores y para pulir cristales. El neodimio en ambientes con humedad y gas, puede ser inhalado y causar embolias pulmonares, sobre todo durante exposiciones a largo plazo. Puede ser una amenaza en el hígado cuando se acumula en el cuerpo humano^[p].



Imanes de Neodimio (Nd-Fe-B), sin recubrimiento

También son utilizados a beneficio de la salud, cuando son recubiertos y tratados cuidadosamente. Una aplicación es la Magnetoterapia, utilizada para el tratamiento de las enfermedades mediante el uso de los campos magnéticos, numerosas investigaciones nos dicen que el campo magnético afecta al metabolismo de los seres vivos^[r]. Cuando el cuerpo humano no es capaz de recuperar su equilibrio por si solo, los imanes ayudan estabilizando los campos magnéticos del cuerpo.

Se utiliza también para colorear cristales utilizados en gafas para soldadores, cristales para producir rubíes sintéticos y para utilizarlos en algunos tipos de láser. Se encuentran también en televisiones a colores y lámparas fluorescentes. Sales de Neodimio son utilizadas también como colorantes de esmaltes.

Los generadores fabricados con imanes de Neodimio tienen las mejores características magnéticas del mercado, y son diseñados principalmente para reducir dimensiones y aumentar potencia, pudiéndose utilizar a altas temperaturas. Tienen capacidad de salida de 10 Kw hasta 10 Mw. Pueden funcionar de 10 RPM hasta 5000 RPM^[5].



Los imanes de Neodimio pueden ser elaborados de diferentes formas y tamaños, con o sin recubrimiento.

V. TRANSMISIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

5.1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Para hacer llegar la energía desde el generador o desde un banco de baterías a los aparatos eléctricos, es necesario tener una instalación eléctrica. El concepto de Instalación eléctrica es muy amplio, ya que puede incluir una gran cantidad de aspectos considerando si es en comercios, casas habitación, edificios, etc.

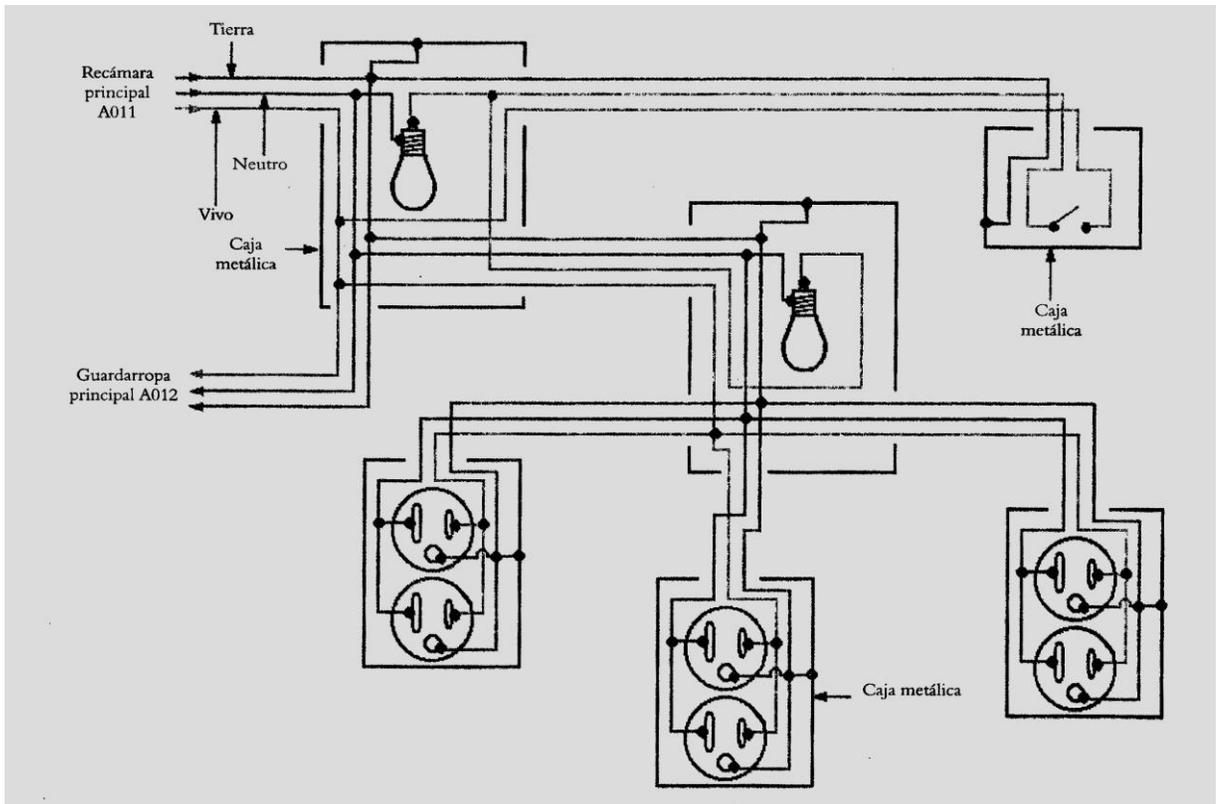
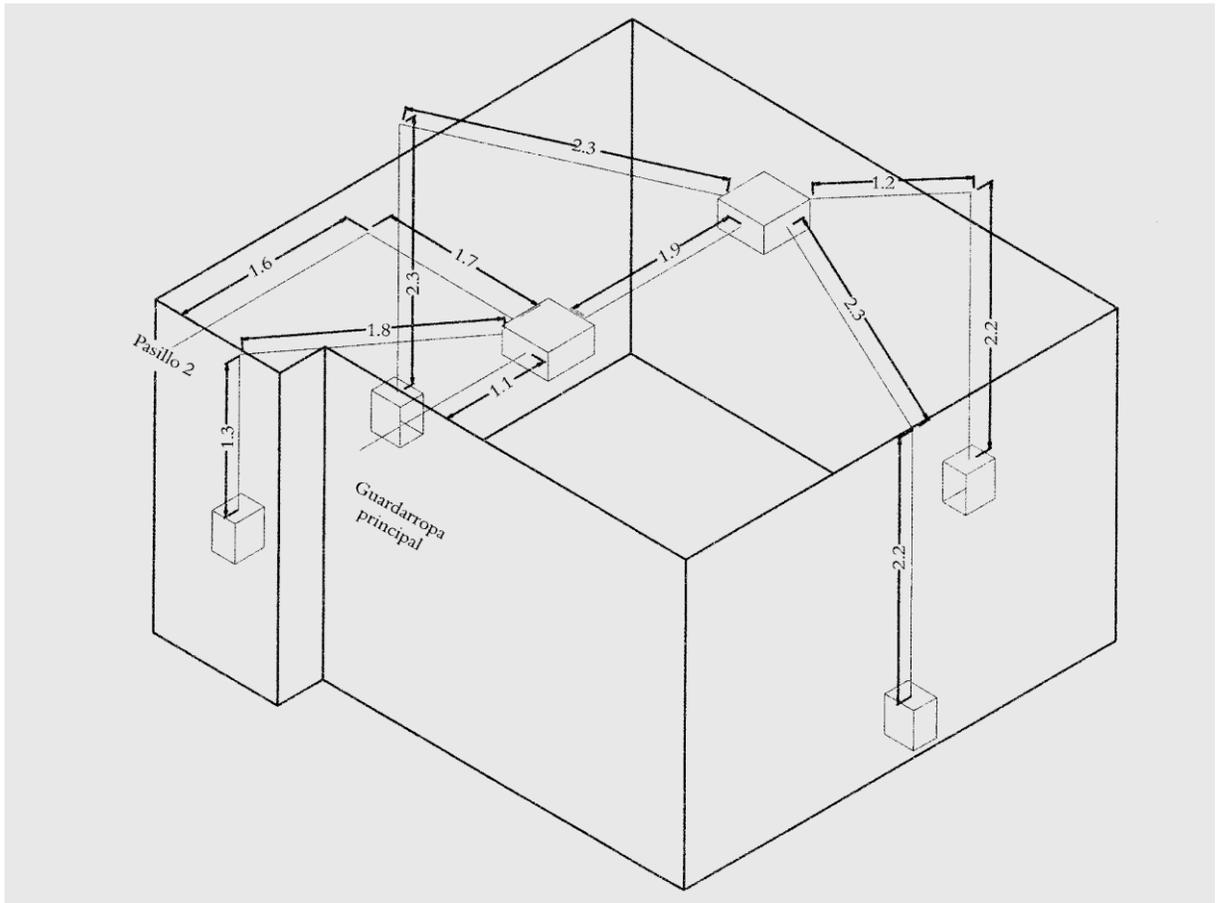


Diagrama de alambado eléctrico de una recámara de casa-habitación con tres contactos dobles, un apagador y dos lámparas.

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta cada uno de los equipos que la utilicen^[1]. Es de gran ayuda conocer como es una instalación eléctrica y como son cada uno de sus elementos, ya que es el medio para abastecer de energía a los aparatos eléctricos de los hogares e industrias. Conocer sus beneficios

y tecnologías actuales, ayuda a una buena instalación, así como conocer los riesgos que se pueden ocasionar por un mal uso o mala instalación.



Vista en Isométrico de la instalación de tuberías, cajas de conexión y de salidas, en una recámara de casa-habitación con tres contactos, un apagador y dos lámparas de techo del diagrama de alambrado anterior

Los conceptos generales de una instalación eléctrica de baja tensión, deberán cumplir con ciertos requerimientos y reglamentos para garantizar un buen y duradero funcionamiento. Algunos puntos a considerar en una instalación eléctrica de baja tensión ^[3]:

- Alumbrado interior y exterior, tanto funcional como decorativo.
- Servicios de comunicación, como teléfono, televisión, radio, computadoras, etc.
- Sistemas de alarmas y control.
- Transportes, como escalera y elevadores.
- Aire acondicionado y ventiladores.
- Sanitarios y manejo de desperdicios.

Estos conceptos son generales para una instalación de baja tensión, no todos son aplicables a casa-habitación. Entre los elementos que incluyen una instalación se encuentran: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables para conexiones, contactos, canalizaciones y soportes^[1]. Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (con conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas (dentro de paneles o plafones) o ahogadas (dentro de muros y techos). Deben de poseer ciertas características como:

- Confiables.- es decir, que cumplan con el objetivo para el cual fue diseñada, en cualquier momento por mucho tiempo.
- Eficientes.- que la energía se transmita con la mayor facilidad y eficiencia posible.
- Económicas.- que el costo final sea adecuado a las necesidades a satisfacer.
- Flexible.- que sea susceptible para ampliarse, disminuirse o modificarse con facilidad según las posibles necesidades futuras.
- Simples.- que faciliten la operación y el mantenimiento sin tener que recurrir a métodos costosos y complicados.
- Agradables a la vista.- una instalación bien hecha se ve bien.
- Seguras.- que garanticen la seguridad de las personas y propiedades durante su operación y mantenimiento.

5.1.1 Normatividad de las Instalaciones

La norma que contempla la forma en que se deben realizar las instalaciones eléctricas en México es la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005. Esta norma tiene carácter de obligatoriedad en todo el territorio nacional, a fin de ofrecer condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choques eléctricos, efectos térmicos, sobre corrientes, corrientes fallas, sobre tensiones, fenómenos atmosféricos, incendios entre otros.

La NOM-001-SEDE-2005 cubre a las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica en los siguientes ámbitos: Propiedades industriales, comerciales, residenciales y de vivienda, institucionales, casas móviles, vehículos de recreo, edificios flotantes, estaciones de servicio, lugares de reunión, teatros, salas y estudios.

Para asegurar que los materiales y equipos empleados en las instalaciones eléctricas son los adecuados, la NOM-001-SEDE-2005 establece, en la parte 110-2. “Aprobación”, del artículo 110-“REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS” los requisitos que se deben cumplir y los cuales se indican a continuación:

110-2 Aprobación: en las instalaciones eléctricas a que se refiere la presente NOM deben utilizarse materiales y equipos (productos) que cumplan con las normas oficiales mexicanas y, a falta de éstas, al cumplimiento señalado en el párrafo anterior, deben contar con un certificado expedido por un organismo de certificación de productos, acreditado y aprobado.

Los materiales y equipos (productos) que cumplan con las disposiciones establecidas en los párrafos anteriores se consideran aprobados para los efectos de esta NOM.

El organismo de certificación de productos del sector eléctrico acreditado y aprobado es la Asociación de Normalización y Certificación (ANCE), que cuenta con la acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y emite certificados con validez oficial en México.



La ANCE es una sociedad privada que brinda apoyo y servicios en materia de normalización, laboratorio de pruebas, certificación de sistemas de calidad, certificación de productos y verificación en el sector eléctrico.

A continuación se muestra una lista de algunas de las normas oficiales Mexicanas (NOM) y normas Mexicanas (NMX), que deben cumplir los productos eléctricos:

NORMA	TÍTULO
NOM-003-SCFI-2000	Productos eléctricos especificaciones de seguridad
NOM-058-SCFI-1999	Productos eléctricos-balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas-especificaciones de seguridad
NOM-063-SCFI-2001	Productos eléctricos, conductores, requisitos de seguridad
NOM-064-SCFI-2000	Productos eléctricos, luminarios para uso en interiores y exteriores, especificaciones de seguridad y métodos de prueba
NOM-021-ENER/SCFI/ECOL/SCFI-2000	Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluorocarbonos (CFC's) en acondicionadores de aire.
NOM-O11-ENER-2002	Eficiencia energética en acondicionadores de aire
NMX-J-002-ANCE-2001	Conductores y alambres de cobre duro para usos eléctricos-especificaciones.
NMX-J-008-ANCE-2001	Conductores y alambres de cobre estañado suave recocido para usos eléctricos-especificaciones
NMX-J-009/248/1-ANCE-2002	Productos eléctricos, fusibles para baja tensión-requisitos generales
NMX-J-009/248/7-ANCE-2000	Productos eléctricos, fusibles para baja tensión-fusibles renovables, especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-009/248/11-ANCE-2000	Productos eléctricos, fusibles para baja tensión-fusibles tipo tapón-especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-010-ANCE-2005	Conductores con aislamiento termoplástico para instalaciones hasta 600V. especificaciones
NMX-J-012-ANCE-2002	Conductores-cable de cobre con cableado concéntrico para usos eléctricos-especificaciones
NMX-J-024-ANCE-1995	Artefactos eléctricos-portalámparas roscados tipo Edison, especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-028-ANCE-2001	Conductores y cables concéntricos tipo espiral para acometidas aéreas de baja tensión, hasta 600V. especificaciones
NMX-J-036-ANCE-2001	Conductores-alambres de cobre suave para usos eléctricos, especificaciones
NMX-J-058-ANCE-2001	Conductores, cable de aluminio con cableado concéntrico y alma de acero (ACSR), especificaciones
NMX-J-059-ANCE-2004	Conductores-cable de cobre con cableado concéntrico compacto, para usos eléctricos, especificaciones
NMX-J-116-ANCE-2005	Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación, especificaciones
NMX-J-258-ANCE-1996	Transformadores de distribución tipo pedestal monofásico y trifásico para distribución subterránea

NORMA	TÍTULO
NMX-J-429-ANCE-2002	Conductores-alambres, cables y cordones con aislamiento de PVC, 80°C, 90°C, 105°C, para usos eléctricos, especificaciones
NMX-J-436-ANCE-2003	Conductores-cordones flexibles para uso rudo y extra rudo, hasta 600V. especificaciones
NMX-J-508-ANCE-2003	Artefactos eléctricos, requisitos
NMX-J-511-ANCE-1999	Productos eléctricos-sistemas de soportes metálicos tipo charola para cables, especificaciones y métodos de Prueba
NMX-J-544-ANCE-2004	Roscas para tubo (conduit) y sus accesorios, especificaciones y método de prueba
NMX-J-005-ANCE-2005	Productos eléctricos-interruptores de uso general para instalaciones eléctricas fijas domesticas
NMX-J-023-ANCE-2000	Productos eléctricos-cajas registro metálicas de salida, especificaciones y método de prueba.
NMX-J-266-ANCE-1999	Productos eléctricos-interruptores, interruptores automáticos en caja moldeada, especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-569-ANCE-2005	Accesorio eléctricos-interruptores automáticos para la protección contra sobre corriente en instalaciones domesticas y similares.
NMX-J-520-ANCE-2002	Interruptores de circuito por falla a tierra, especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-515-ANCE-2003	Equipos de control y distribución, requisitos generales de seguridad, especificaciones y métodos de prueba

En la sección 5.1.2 del Título 5 de la NOM-001-SEDE-2005, menciona los lineamientos importantes para la aplicación de estas especificaciones: *“Las disposiciones establecidas en las especificaciones de la NOM-001-SEDE-2005 no deben considerarse como guía de diseño de instalaciones ni como un manual de instrucciones para personas no-calificadas. Se considera que para hacer un uso apropiado de esta NOM, es necesario recibir entrenamiento y tener experiencia suficiente en el manejo de las instalaciones eléctricas”*.

La autoridad encargada de vigilar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, es la Secretaría de Energía, a través de la Dirección General de Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares.

El mecanismo de vigilancia lo conforman las unidades de verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE's), y son personas físicas o morales que realizan actos de verificación para evaluar la conformidad con la NOM-001-SEDE-2005. Éstas han sido acreditadas por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobadas por la

Secretaría de Energía (SENER), conforme a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Formalización (artículos 68 y 70).

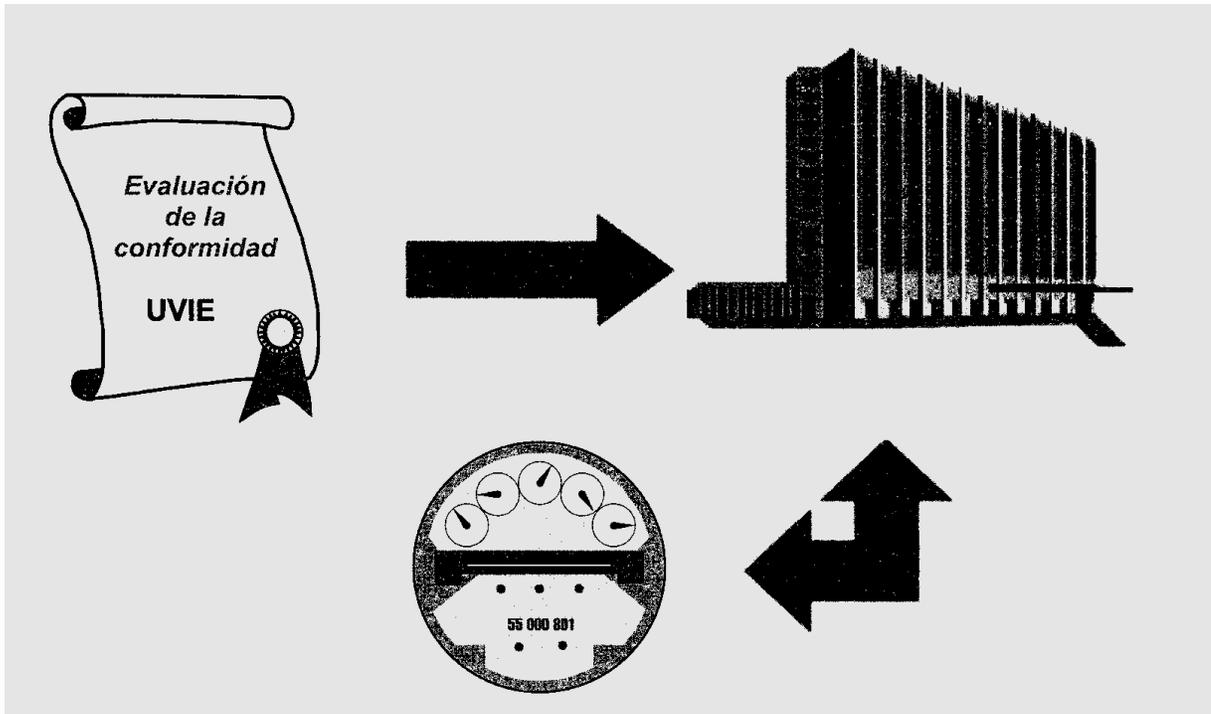


Diagrama del proceso de revisión y cumplimiento de las instalaciones eléctricas, entre las UVIE's, SENER y compañía suministradora

Cuando las instalaciones eléctricas cumplen cabalmente lo dispuesto por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), la unidad de Verificación entrega al usuario la evaluación de la conformidad con dichas Normas, mismas que el usuario debe mostrar a la compañía suministradora para poder hacer su contrato de suministro eléctrico.

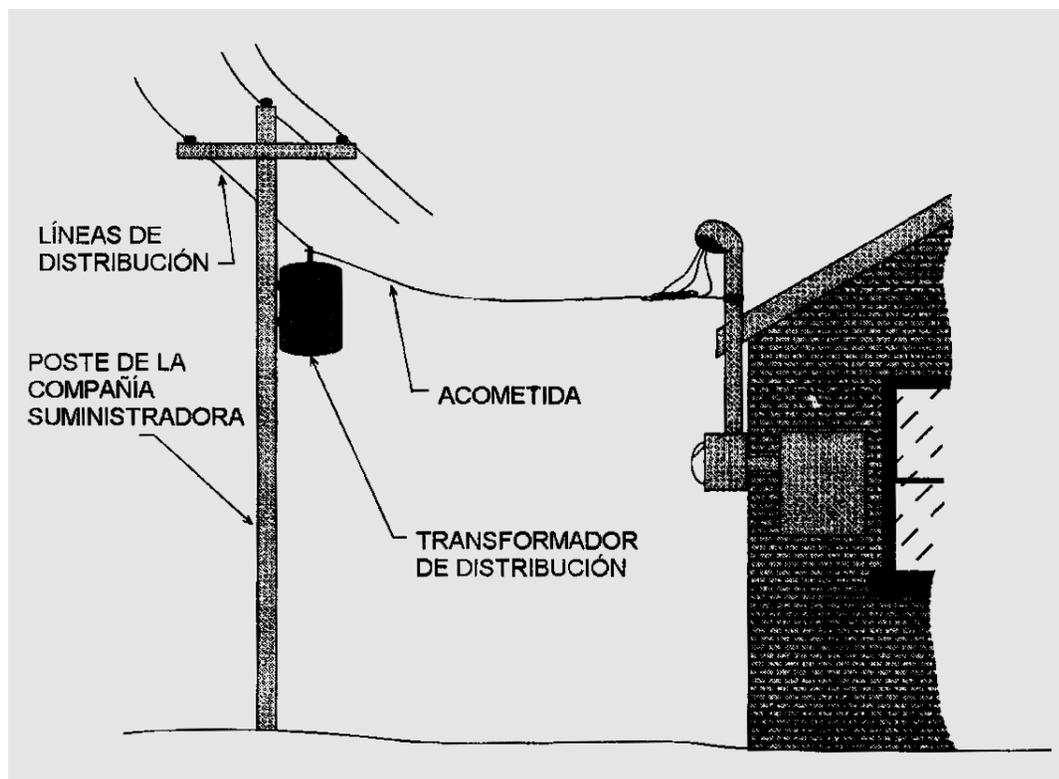
5.1.2 Elementos de una Instalación Eléctrica

Para la realización de una instalación eléctrica se emplea una gran cantidad de equipo y material eléctrico. El conjunto de elementos que intervienen desde el punto de alimentación o acometida de la compañía suministradora hasta el último punto de la casa habitación, en donde se requiere el servicio eléctrico, constituye lo que se conoce como los componentes de la instalación.

Un circuito eléctrico está constituido en su forma más elemental por una fuente de voltaje o de alimentación, los conductores que alimentan la carga y los dispositivos de control y apagadores. De estos elementos se pueden desglosar el resto de los componentes de una instalación práctica, ya que por ejemplo, los conductores eléctricos normalmente van dentro de tubos metálicos o de PVC, que se conocen como tubos "CONDUIT", los apagadores se encuentran montados sobre cajas, las lámparas y contactos también van montados a cajas similares, y asociados a estos elementos se tienen otros componentes menores, así como toda una técnica de selección y montaje.

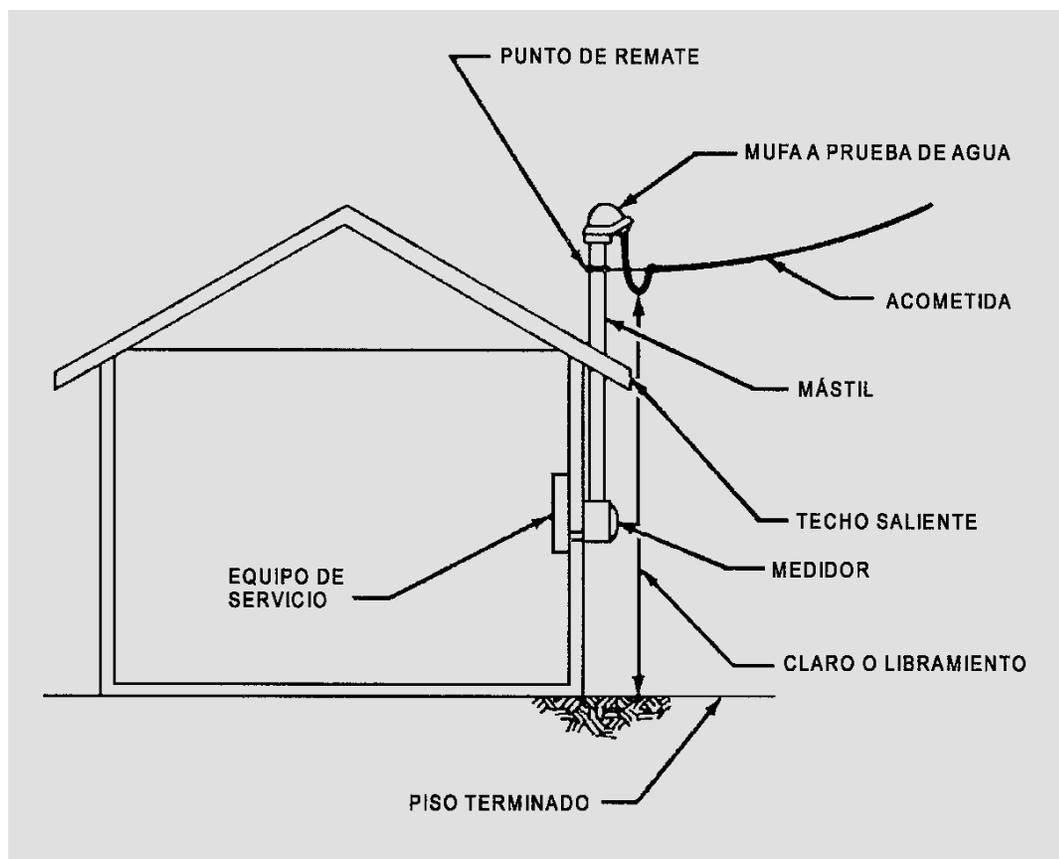
Por otra parte, todos los elementos usados en las instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requisitos, no solo técnicos, también de uso y presentación para los cuales deben acatar las disposiciones que establece la norma Oficial de las instalaciones eléctricas: NOM-001-SEDE.

5.1.2.1 Acometida.- se entiende como el punto donde se hace la conexión entre la red de la compañía suministradora y el alimentador de entrada que abastece a la instalación eléctrica. La acometida también se puede entender como la línea aérea o subterránea según sea el caso^[1]. En las terminales de entrada de la acometida normalmente se colocan pararrayos para protección de la instalación y equipos de altos voltaje.



Elementos de una Acometida

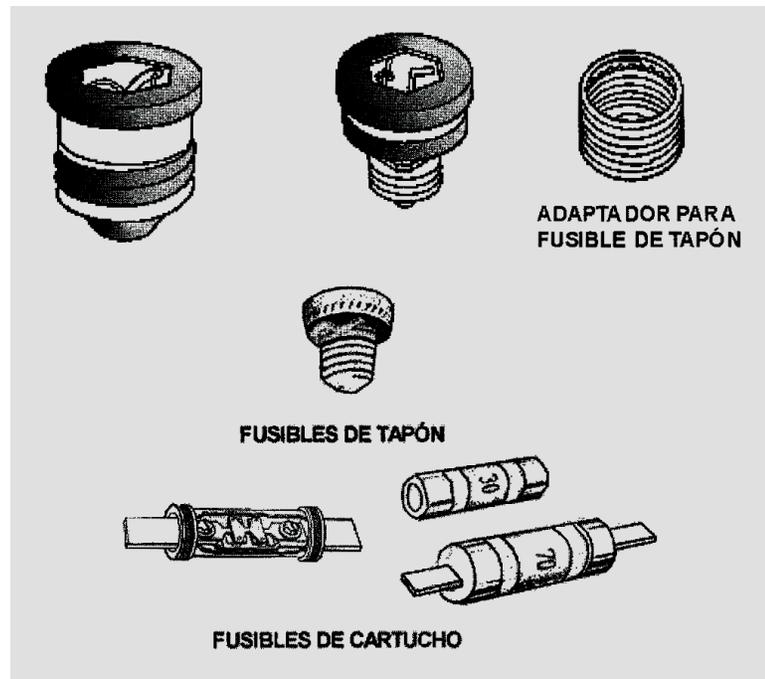
5.1.2.2 Servicio de entrada y Medición.- son los componentes entre el punto de acometida, y el alimentador, incluyendo el equipo de medición. Este equipo conocido como “el medidor” es propiedad de la compañía suministradora, que se coloca con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra-venta. Este equipo está sellado y debe ser protegido contra agentes externos y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.



Elementos del servicio de entrada de alimentación para casa-habitación

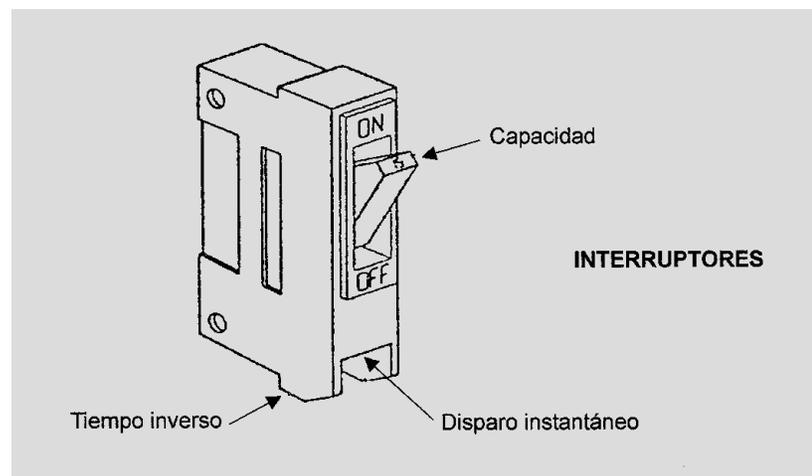
5.1.2.3 Interruptores y Fusibles.- cuando ocurre una sobre carga o un corto circuito, la corriente se incrementa y puede alcanzar temperaturas muy altas, alcanzando el punto de ignición el aislamiento y otros materiales cercanos, produciéndose un incendio. Los interruptores y fusibles son dispositivos de protección contra sobre corriente. Éstos aseguran que la corriente se interrumpirá antes de que una corriente excesiva pueda causar daño al conductor y a las cargas que se alimentan.

Los fusibles son dispositivos contra sobre corriente que se destruyen por si mismos para interrumpir la corriente eléctrica. Están contruidos de metal que se funde a temperaturas relativamente bajas. Calibrados a cierta temperatura y corriente, para que se fundan y abran el circuito.

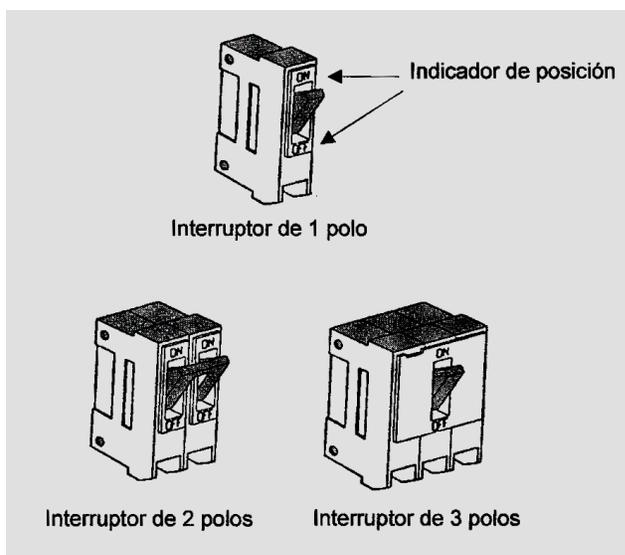


Existen varios Tipos de fusibles, éstos son los más comunes

Los Interruptores Termomagnéticos, también conocidos como “*Breaker*”, son dispositivos diseñados para desconectar automáticamente el circuito cuando llega a un valor determinado de corriente y temperatura. Para cerrar y abrir un circuito eléctrico de forma manual, se hace por medio de una palanca que indica la posición adentro “*on*” y fuera “*off*”.



Interruptor Termomagnético, dispositivo de corte automático.



Interruptores Termomagnéticos, disponibles de 1 polo, 2 polos y 3 polos, con capacidad de 15 hasta 50 Amperes para interruptores de 1 polo.

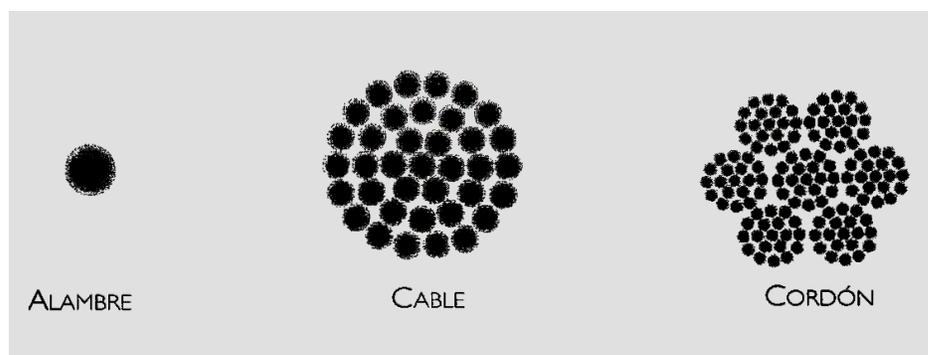
5.1.2.4 Conductores Eléctricos

Actualmente la mayoría de los conductores eléctricos para instalaciones en casa-habitación, industria, residencias, son de cobre o de aluminio. Una característica principal que debe tener un conductor es tener poca resistencia al paso de la corriente, por lo cual, se consideran principalmente estos materiales. Puede tener diferentes construcciones o flexibilidades^[4]:

Rígido: Conductor formado por un alambre

Semiflexible: Conductor formado por un cable (clase A-C)

Flexible: Conductor formado por un cordón (clase I en adelante)



Construcciones típicas de conductores para baja tensión, según el calibre y flexibilidad que se desee.

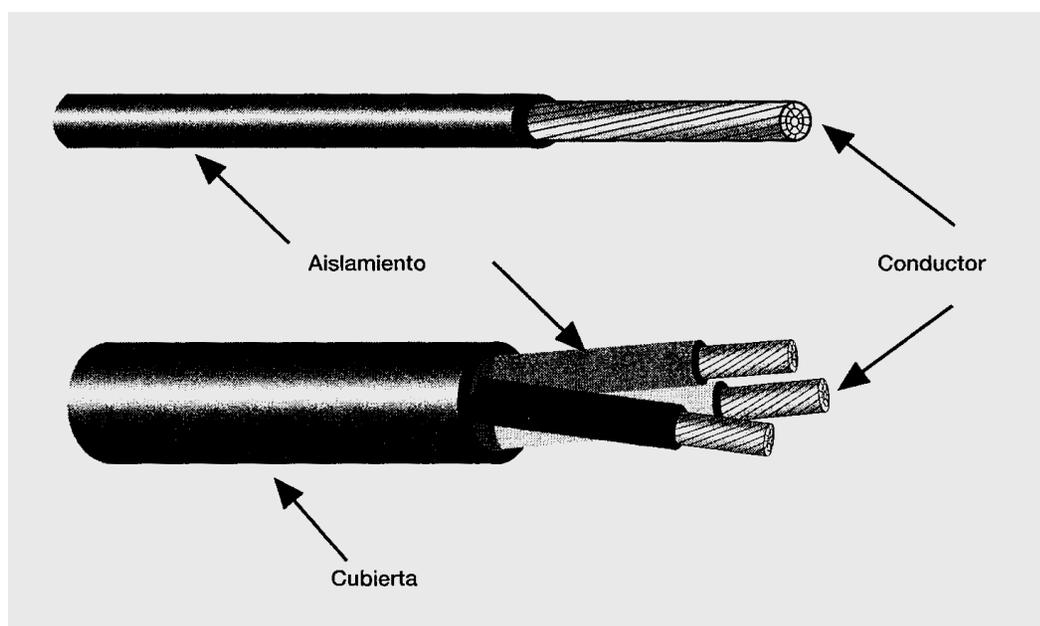
El tamaño de los conductores y alambres se designan por el tamaño del área de su sección transversal. Se denominan en milímetros cuadrados (mm^2), o bien, como en el caso de México, se usa la designación de la “*American Wire Gauge*” (AWG), en donde la unidad de referencia es el mil o Circular mil. Los conductores mayores a 4/0 AWG, se expresan en Kilo Circular Mil (KCM) ^[3].

La siguiente tabla nos muestra algunas conversiones para ver la relación entre estas unidades:

0.205 mm^2 =	24 AWG
2.08 mm^2 =	14 AWG
3.31 mm^2 =	12 AWG
5.26 mm^2 =	10 AWG
53.5 mm^2 =	1/0 AWG
107 mm^2 =	4/0 AWG
253 mm^2 =	500 KCM
507 mm^2 =	1000 KCM

5.1.2.5 Cubierta y aislamiento de los Conductores

El aislamiento tiene como función principal la de soportar la tensión y separar al conductor energizado de partes puestas a tierra, y así evitar un corto circuito. El calor excesivo causa deterioro provocando que se quemé el aislamiento. Los ambientes agresivos también producen estas fallas. También depende de las condiciones en el que el conductor se usará.



Descripción gráfica del aislamiento y cubiertas de Monoconductores y Multiconductores.

El aislamiento generalmente es de plástico a base de policloruro de vinilo (PVC). También puede ser de tipo termofijo a base de etileno-propileno (EP), o de polietileno de cadena cruzada (XLP), los cuales se utilizan más para conductores de media y alta tensión.

Tabla de Abreviaturas y Términos para diferentes tipos de Aislantes	
R	Para hule
T	Para termoplástico
N	Para el Nylon
H	Para resistente al calor
W	Para resistencia a los ambientes agresivos

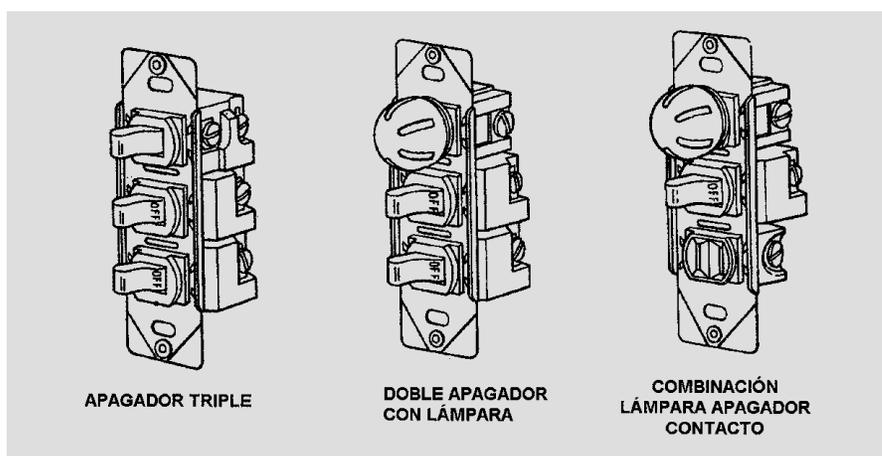
En caso de cables multiconductores, se adiciona una cubierta externa para protección de los cables de factores externos (golpes, abrasión, lluvia, rayos solares, etc.). Normalmente esta cubierta externa es de policloruro de Vinilo (PVC), independientemente del material de cada aislante.

Características de diferentes tipos de aislamientos:

Tipo	Material y Características	Aplicación	Temperatura Max. de Operación
R	Hule	Ambiente Seco	60
RH	Hule Resistente al Calor	Ambiente Seco	75
RHH	Hule resistente altas temperaturas	Ambiente Seco	90
RHW	Hule resistente al calor y al medio agresivo	Ambiente Seco y Húmedo	75
T	Termoplástico	Ambiente Seco	60
TH	Termoplástico resistente al calor	Ambiente Seco	75
THW	Termoplástico resistente al calor y al medio agresivo	Ambiente Seco y Húmedo	75
THWN	Termoplástico con cubierta de Nylon, resistente al ambiente agresivo	Ambiente Seco y Húmedo	75

5.1.2.6 Contactos y Apagadores

Un apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, de operación manual y baja capacidad, que se usa, por lo general, para el control de aparatos domésticos y comerciales pequeños, así como unidades de alumbrado pequeñas. Debido a que la operación de éstos es manual, los voltajes nominales no deben exceder los 600 V.



Existen diferentes tipos de apagadores con sus diferentes combinaciones,

Existen diferentes tipos de apagadores, el más sencillo es de una vía o monopolar, con dos terminales que se usan para prender y apagar un objeto desde un punto sencillo de localización. Todos los apagadores deben ser de fácil acceso, instalados de manera que se puedan operar manualmente. Cuando se trata de apagadores de casa-habitación la altura máxima desde el piso deber de 1.20 a 1.35 m.

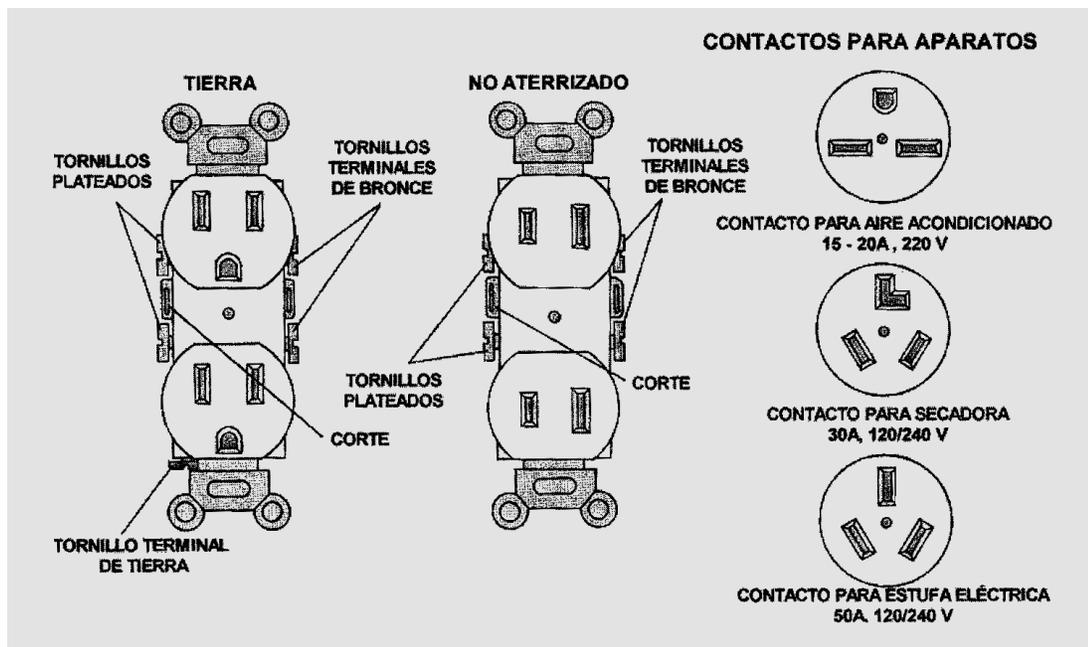


Apagadores Triples, Izquierda es sencillo, derecha apagador triple con lámparas



Apagador con lámpara y contacto con puesta a tierra.

Los contactos se usan para conectar por medio de clavijas dispositivos y aparatos eléctricos. Estos contactos deben tener una capacidad nominal no menor a 15 A. Para 125 V, los contactos pueden ser sencillos o dobles, del tipo polarizado (con conexión a tierra), y a prueba de agua. Se pueden instalar en cajas combinadas con apagadores.

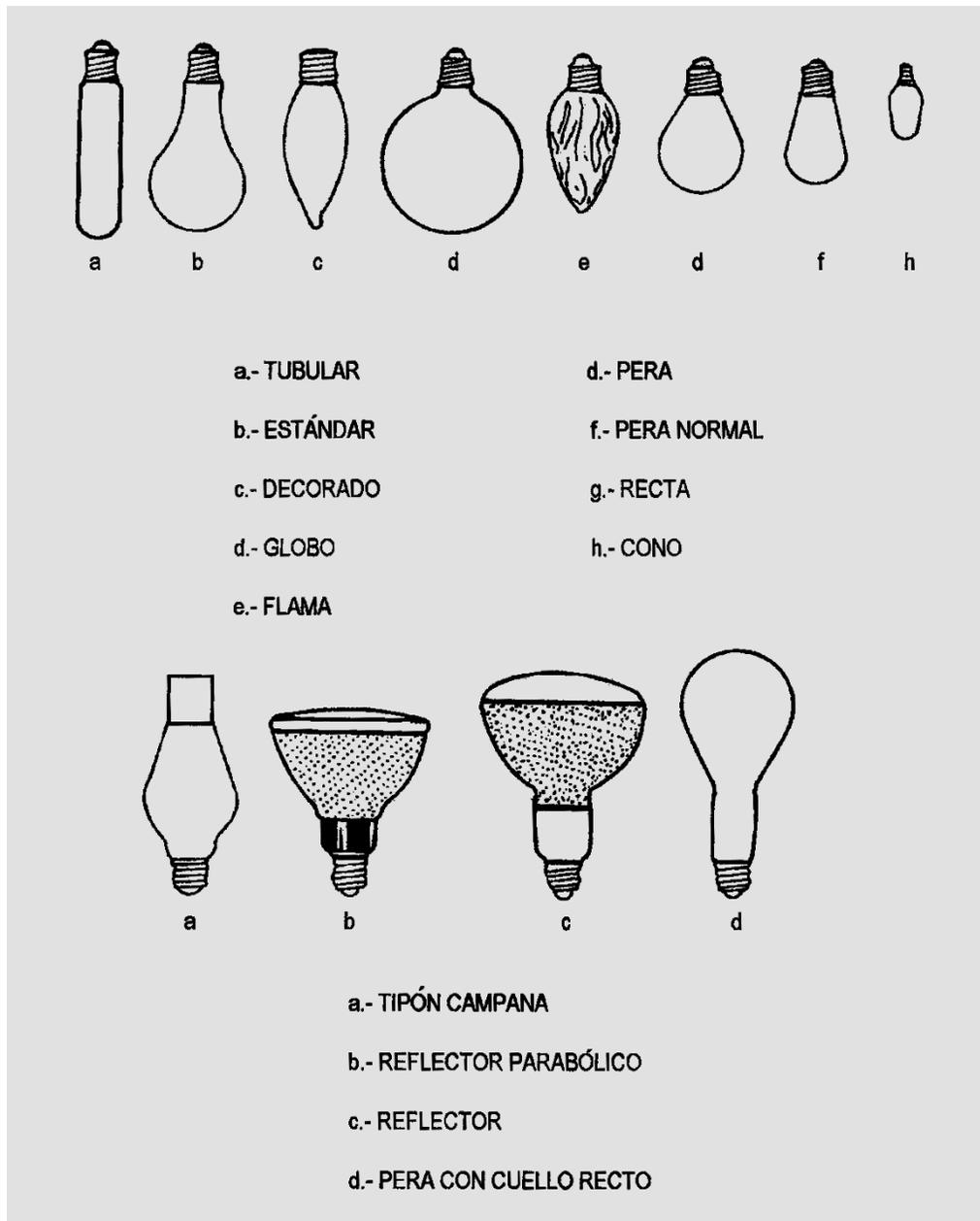


Tipos de Contactos

Los contactos se localizan aproximadamente de 35 a 40 cm., con respecto al piso. En el caso de Cocinas y Baños es común que se instalen junto con los apagadores, es decir, a una altura de 1.20 a 1.35 m. Los contactos que se instalen en pisos y/o en lugares húmedos, deben estar construidos especialmente para cumplir con el propósito, para evitar daños a los aparatos eléctricos y/o a la instalación misma.

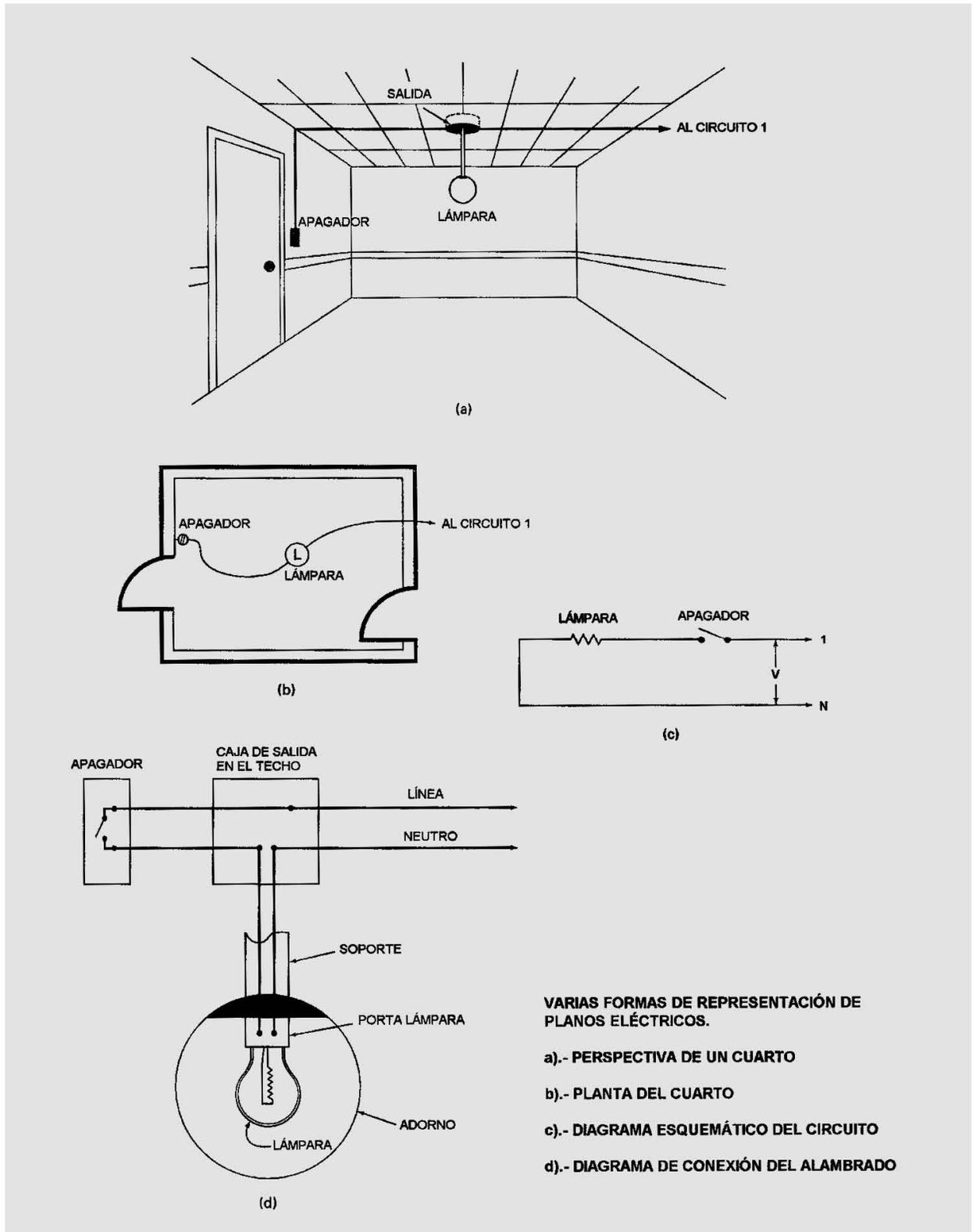
5.1.2.7 Lámparas

En la actualidad, se dispone de una enorme variedad de diferentes tipos de lámparas. Las más comunes en instalaciones de baja tensión, como en una casa-habitación, son las lámparas incandescentes y las fluorescentes.



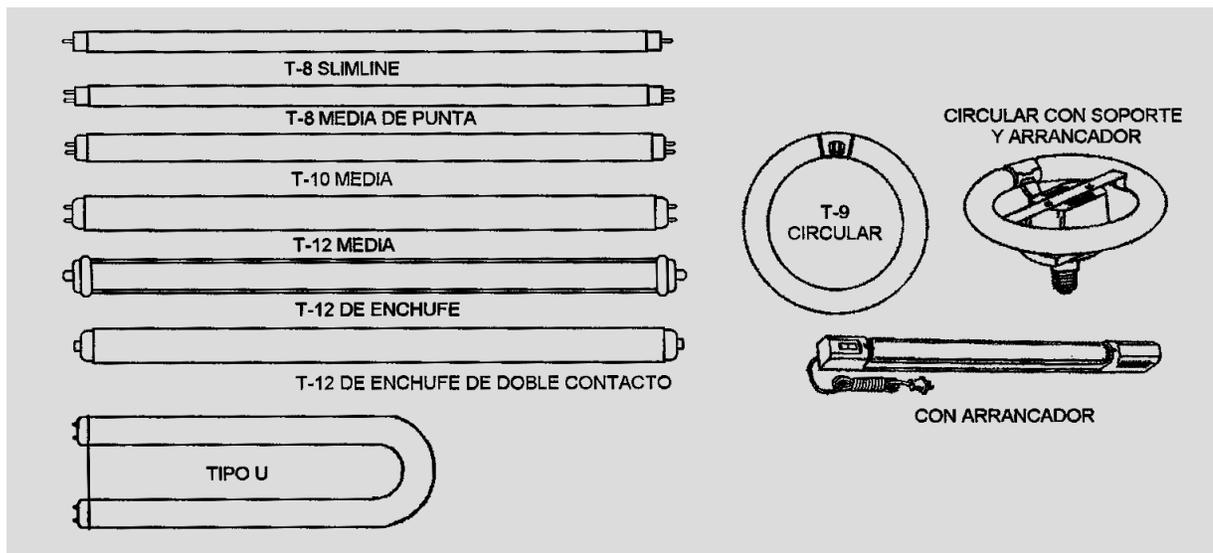
Diferentes tipos de lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes tienen como principio de funcionamiento un filamento metálico con una resistencia eléctrica, donde se hace circular una corriente eléctrica, haciendo que este filamento llegue a un punto de incandescencia, emitiendo así radiaciones luminosas y caloríficas. El 90% de la energía que consumen se transforma en calor, y solo el 10% restante se aprovecha para la iluminación.



Diferentes diagramas y esquemas de una instalación de habitación con un apagador y una lámpara incandescente (foco)

En las lámparas Fluorescentes, la luz se genera por el fenómeno de la “*fluorescencia*”, esto es debido a una descarga eléctrica dentro de un tubo que contiene gas de mercurio y un poco de argón. Este gas genera con la descarga eléctrica una radiación y se dirige hacia una sustancia (polvo) fluorescente dispuesta en las paredes internas del tubo, transformándose en energía luminosa visible. Este tubo generalmente es de longitud grande en comparación con su diámetro. Existen lámparas fluorescentes en forma de “U” y circulares también.



Diferentes formas de lámparas Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes se utilizan primordialmente en oficinas, despachos, bibliotecas, centros comerciales, etc., debido a que son lámparas que proporcionan una buena iluminación y emiten poco calor, haciendo que sea agradable a la vista y de gran confort.

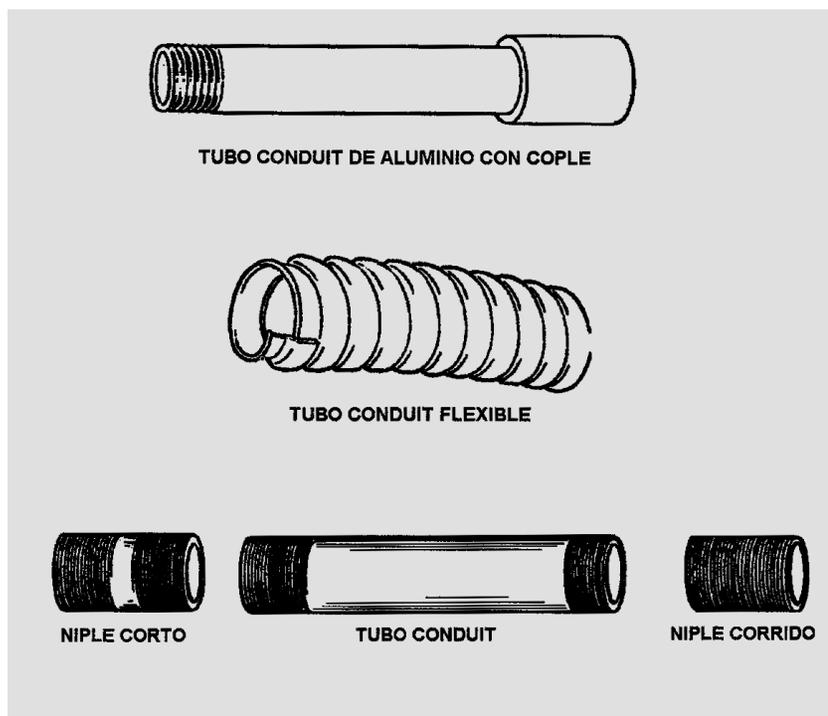
5.1.2.8 Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas sirven para protección mecánica a los conductores, ya que los aísla físicamente y confina cualquier problema de calor o chispa, en caso de falla del aislante. Existe una gran variedad de medios para contener a los conductores eléctricos, algunas son de uso común y otras en aplicaciones más específicas.

Los tubos Conduit son los tubos con los cuales se construyen estas canalizaciones. Existen tubos Conduit con muchas variantes, constructivas y de materiales (ductos, charolas y electroductos, etc.).

a) *Tubo Conduit Metálico.*- este tipo de tubo se puede instalar en interiores y exteriores, en áreas secas o húmedas. En ambientes corrosivos se deben proteger con pintura, ya que su presentación normal de este tubo es galvanizado. Existen tubos Conduit rígidos, de diferentes grosores de pared con diferentes diámetros.

Los tubos metálicos flexibles están hechos de cinta metálica engargolada en forma helicoidal. Hay tubos de este tipo, con recubrimiento no metálico para protección contra líquidos. Este tipo de tubería flexible es útil cuando se hacen instalaciones en áreas donde existan variaciones mecánicas que puedan afectar las uniones rígidas.



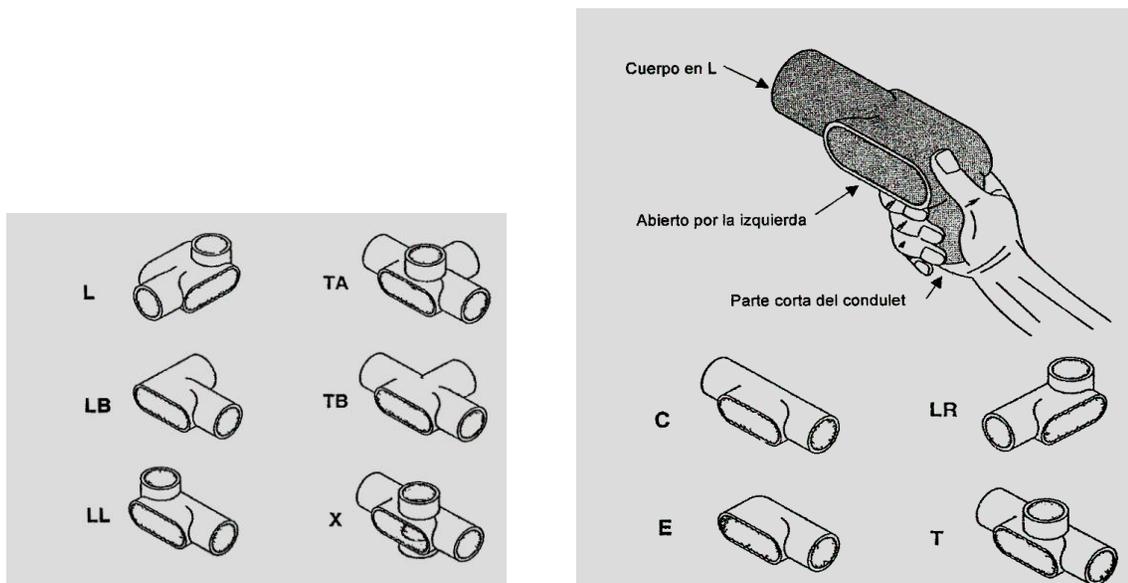
Tubos Conduit, para instalaciones eléctricas ocultas y visibles. Existen de diferentes tamaños y materiales, para diferentes instalaciones y ambientes.

b) *Tubo Conduit No Metálico.*- en el mercado podemos encontrar muchos tipos de tubos Conduit no metálicos que tienen una gran variedad de aplicaciones, están contruidos de distintos materiales como el policloruro de vinilo (PVC), fibra de vidrio, polietileno, entre otros. El tubo de PVC es usado para instalaciones residenciales de baja tensión, ya que es un material autoextinguible, resistente al colapso, a la humedad y a ciertos agentes químicos corrosivos. No debe usarse en áreas y locales clasificados como peligrosos, tampoco para soportar objetos pesados, ni en lugares donde la temperatura sea mayor a 70°C.

Los tubos de Polietileno también son resistentes a la humedad y para algunos agentes químicos corrosivos. Su resistencia mecánica es adecuada para proporcionar protección a los conductores y soportar el trato rudo a que se ve sometido durante la instalación. Generalmente se identifica por su color anaranjado, y este puede ser embebido en concreto o embutido en muros, pisos y techos.

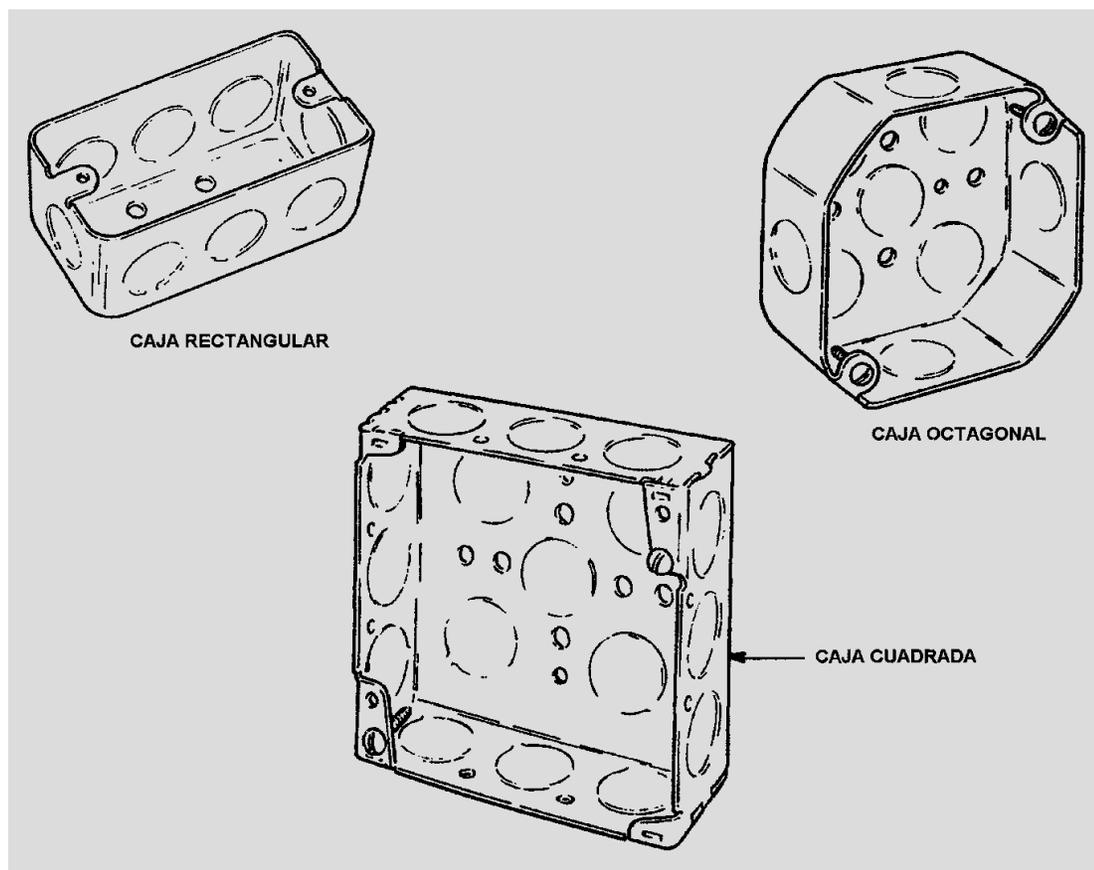
5.1.2.9 Condulets y Cajas de Salida

Los Condulets y accesorios son elementos de conexión de los tubos Conduit, están fabricados por lo general de metal rígido para trabajos rudo y permiten interconectar tramos de tubos, cambios de dirección en las canalizaciones, derivaciones, etc. De acuerdo con su función y forma, se les denomina como del tipo: *C, LB, LL, LR, T*, etc.



Diferentes formas de Condulet, para cambios de direcciones y derivaciones en las Instalaciones

Las cajas de salida se usan principalmente para conectar equipo y accesorios pequeños como contactos, apagadores, lámparas. Y los hay de diferentes tamaños. Una caja de salida puede servir también para seccionar tubería y para interconectarlos.



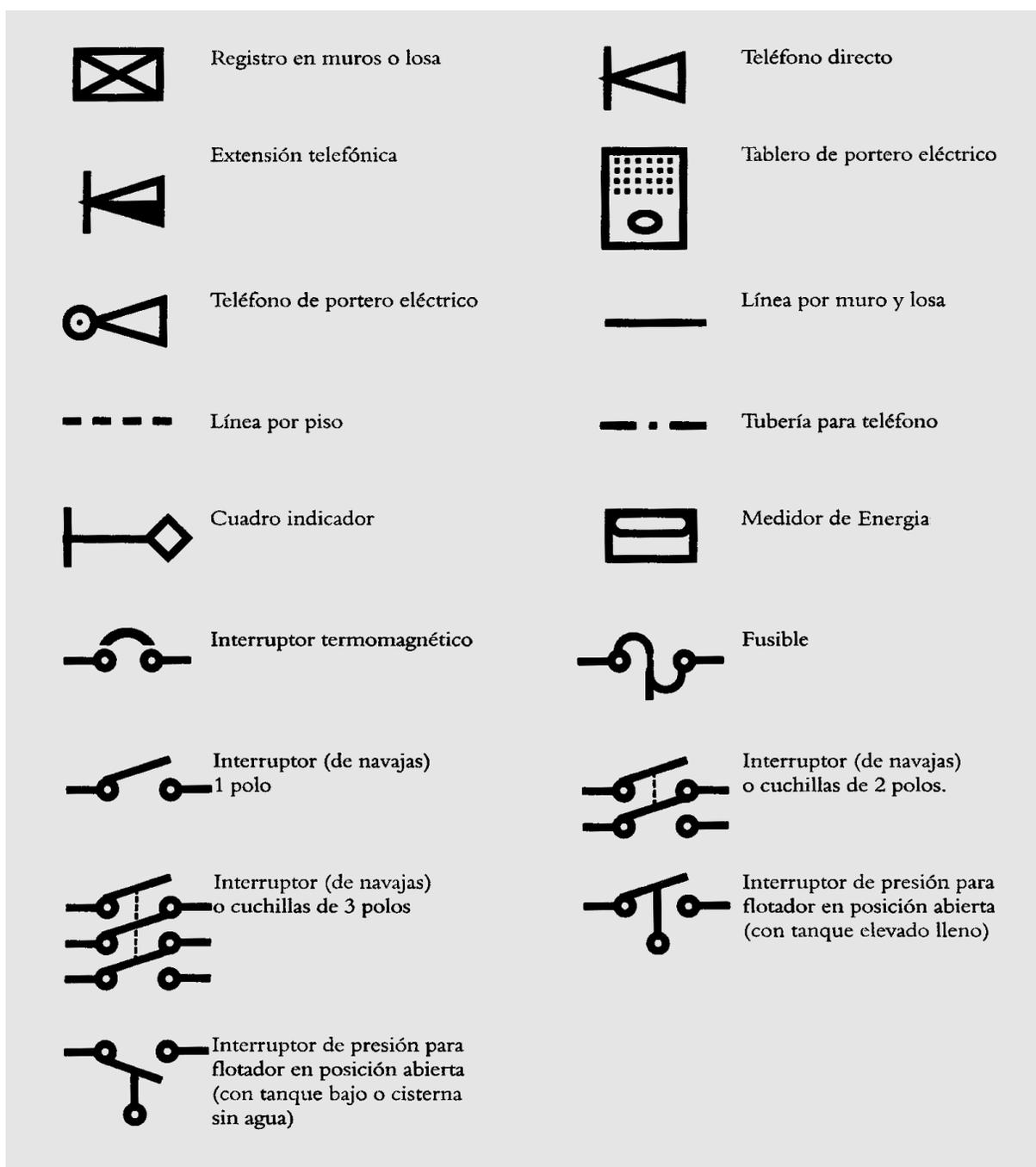
Diferentes tipos y formas de cajas de Salida

Todas las cajas de salida deben estar previstas de una tapa metálica, en el caso de las cajas metálicas y no metálicas, preferentemente del mismo material de la caja. En cualquiera de los casos se pueden usar tapas de porcelana o de cualquier otro material aislante, siempre y cuando ofrezcan la protección y solidez requerida.

5.1.2.10 Simbología

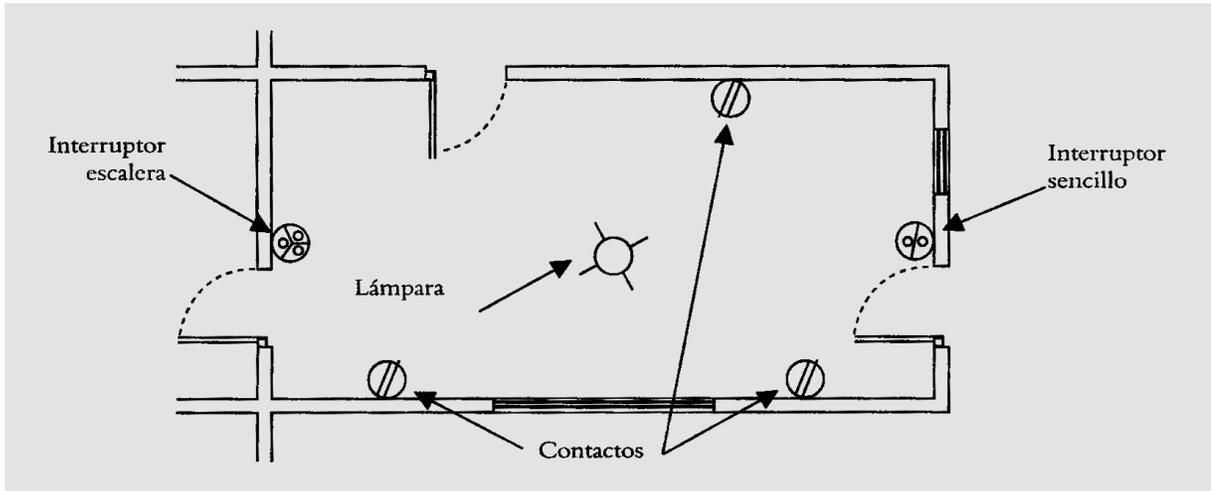
Para una fácil interpretación de los circuitos eléctricos y sus componentes, así como la elaboración e interpretación de planos, se usan los llamados símbolos convencionales. A continuación se muestran los símbolos más utilizados:

	Salida de centro incandescente		Arbotante incandescente interior
	Arbotante incandescente intemperie		Arbotante fluorescente interior
	Lámpara fluorescente		Contacto sencillo en muro
	Contacto sencillo en piso		Contacto sencillo controlado por apagador
	Contacto múltiple en muro		Contacto sencillo intemperie
	Salida especial		Apagador sencillo
	Apagador sencillo de puerta		Apagador sencillo de cadena
	Apagador de tres vías o de escalera		Apagador de cuatro vías, de escalera o paso
	Tablero general		Tablero de fuerza
	Campana		Zumbador
	Interruptor flotador		Botón de timbre
	Ventilador		Salida para televisión



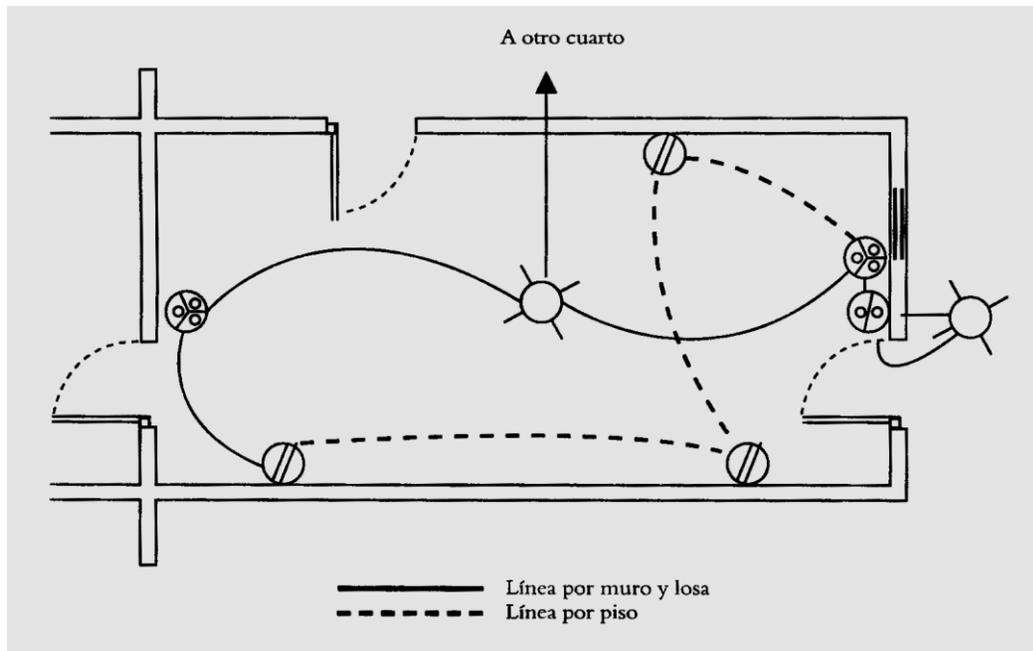
El primer paso para la realización de una instalación eléctrica en un trabajo específico es obtener un diagrama de alambrado y conexiones eléctricas. En casas-habitación se debe tener un conjunto de planos arquitectónicos, entre los cuales se encuentra el plano de instalación eléctrica. En este plano se debe mostrar los elementos de la instalación como son salidas, trayectorias de tubos conduit a

tableros, cajas y accesorios, así también elementos particulares y características principales de estos elementos.



Planta simplificada de un cuarto de casa-habitación

En trabajos relativamente pequeños, el electricista puede elaborar un plano preliminar y de común acuerdo con el propietario para determinar las particularidades de la instalación, indicándolas en el plano. Para efectuar la instalación eléctrica en si, es necesario que estos planos tengan cierta presentación e información para obtener la aprobación correspondiente de la dependencia oficial.



Planta simplificada. Nos muestra posibles trayectorias de tubo Conduit, ubicaciones de apagadores, contactos y lámparas

5.2 CONSUMO ENERGÉTICO DE EQUIPOS Y APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS

Uno de los aspectos importantes es conocer el consumo eléctrico que se tiene o se tendrá en nuestra casa-habitación. Es importante tener definido que es lo que vamos a alimentar con energía eléctrica, de cuantos aparatos eléctricos y electrodomésticos vamos a disponer. Esto es con el fin de tener una Instalación eléctrica adecuada y un Generador Eólico que se adapte mejor al consumo eléctrico que tenemos.

Un electrodoméstico es un aparato utilizado en el hogar y que funciona con energía eléctrica. La necesidad que tiene el hombre para mejorar su calidad de vida lo lleva a construir éstos, los cuales ayudan a efectuar actividades domésticas cotidianas en menos tiempo y con menos esfuerzo. Los electrodomésticos son clasificados usualmente por su color, aunque esto no es una regla. Los Negros o Grises son aparatos de sonido o imagen (televisiones, radios, grabadoras, DVD, etc.), y los Blancos, que efectúan labores antes hechas por el hombre con medios manuales (aspiradoras, planchas, lavadoras, etc.)^[3].

5.2.1 Cálculo de Corriente de Equipos Eléctricos

Para el cálculo promedio de una casa-habitación tomaremos como ejemplo el uso de los electrodomésticos más comunes, que se pueden encontrar en una casa-habitación. A continuación tenemos una tabla con los valores de Potencia que consumen estos aparatos electrodomésticos^[4].

Blancos o de Servicios	Potencia en Watts (W)	Consumo de Corriente (A)
Refrigerador	575	6.47
Licuada	350	3.94
Cafetera	700	5.51
Tostador de Pan	900	7.09
Microondas	1200	11.81
Lavadora	375	4.22
Plancha	1200	9.45
Secadora de Pelo	825	9.28
Aspiradora	1200	13.50

Negros o Grises	Potencia en Watts (W)	Consumo de Corriente (A)
Foco	100	0.79
Computadora	150	1.48
Televisión	150	1.48
Radio	15	0.15
DVD	25	0.25
Ventilador	100	1.12

El consumo de corriente se obtiene de dividir la potencia Real consumida por cada aparato entre el voltaje utilizado, en este caso es el que genera por fase la compañía suministradora, en el caso de México (CFE) 127 Volts.

La potencia real, es la que realmente está generando el aparato eléctrico, y de esto depende el tipo de carga que tiene. Para esto existe un factor de potencia con el cual se corrige esta potencia y se obtienen valores más cercanos a la realidad. Este factor depende del tipo de aparato eléctrico, por ejemplo: las lavadoras, refrigeradores, ventiladores y todo lo que tenga un motor eléctrico tiene una carga inductiva y la podemos generalizar a “0.7”, el factor de potencia para nuestro cálculo de corriente. Los televisores, radios y demás equipos de audio y video con un Factor de “0.8”. Los aparatos eléctricos del tipo de resistencia eléctrica, como los focos de filamento, planchas, tostador de pan, etc., tienen un factor^[y] = “1”.

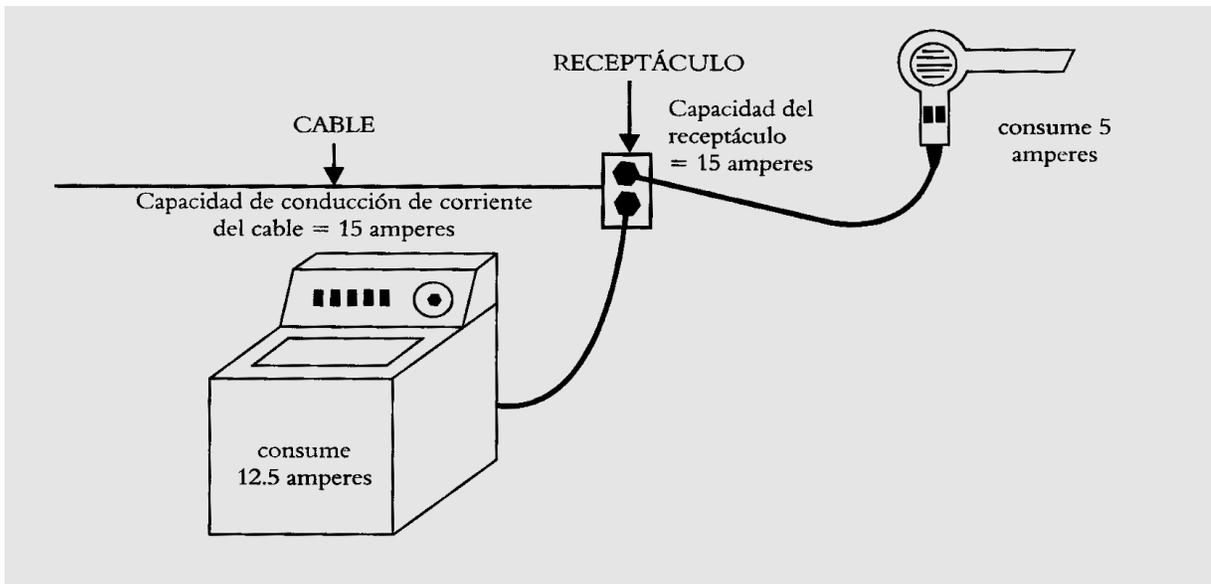
Tomemos como ejemplo el consumo del Refrigerador:

$$\frac{\text{Watts}}{\text{Voltaje} \cdot F(\text{potencia})} = \frac{575}{127 \cdot 0.7} = 6.468 \text{ Amperes}$$

Es importante para una buena instalación eléctrica conocer que tanta corriente pasará por cada línea hacia un equipo eléctrico, para no sobre cargar la línea y evitar daños irreparables al conductor y/o un incendio. También para calcular la capacidad óptima del generador y banco de baterías.

5.2.2 Sobrecarga y Sobrecorriente

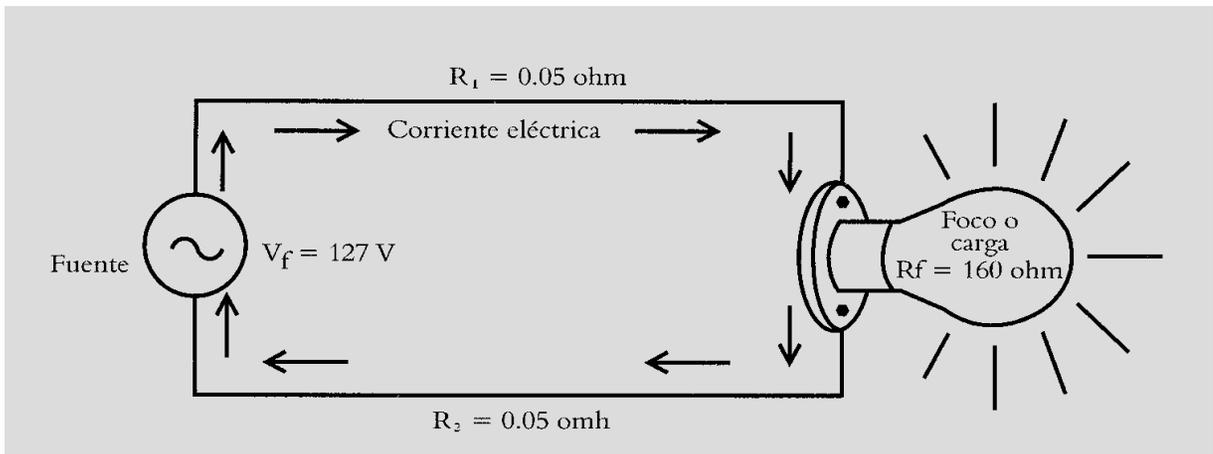
Una sobrecorriente es una corriente mayor a la que soportan los equipos y conductores, provocando esto un sobre calentamiento. Las sobrecargas son corrientes generalmente continuas, producidas por operar equipos o circuitos a valores más altos que su capacidad máxima de corriente. Un ejemplo de esto es conectar muchos equipos, como planchas, lámparas, televisiones, etc., a una misma toma de corriente o receptáculo extendiendo la capacidad de conducción de corriente del circuito.



Ejemplo de una sobrecarga en un contacto, la corriente para los 2 equipos es de 17.5 Amp, que es mayor a la capacidad del cable y receptáculo.

5.2.3 Corto Circuito

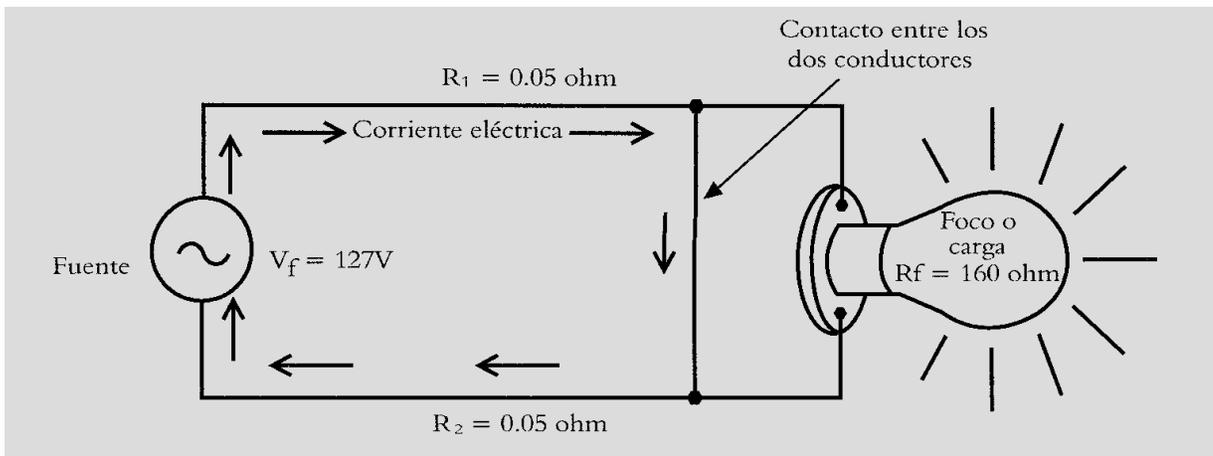
Un corto circuito es un contacto producido entre dos o más conductores de un circuito, provocado por fallas del aislamiento que existe entre ellos. Como su nombre lo indica, la corriente sigue un camino más corto, es decir, se crea un circuito de mucho menor resistencia, lo que produce que la corriente se eleve a valores muy altos. En la siguiente página se tienen diagramas de un circuito normal de trabajo y en corto circuito.



Circuito Normal, tiene una corriente en sus conductor de 0.79 Amperes. Ley de Ohm

$$I = \frac{\text{voltaje}}{\text{resistencia}} = \frac{127}{160.1} = 0.793 \text{ Amp}$$

Este ejemplo es del mismo circuito del anterior, cuando está en corto circuito:

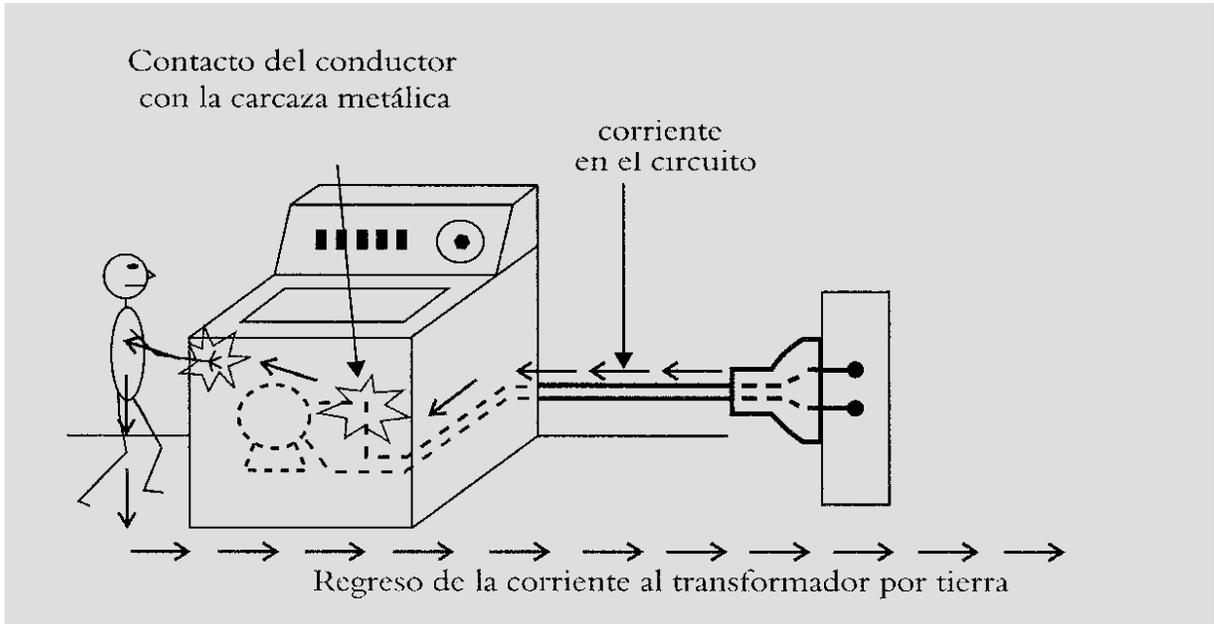


Mismo circuito que el anterior, pero en éste se muestra un contacto entre conductores provocando un corto circuito. Se observa como se incrementa de forma considerable la corriente en todo el conductor.

$$I = \frac{\text{voltaje}}{\text{resistencia}} = \frac{127}{0.1} = 1270 \text{ Amp}$$

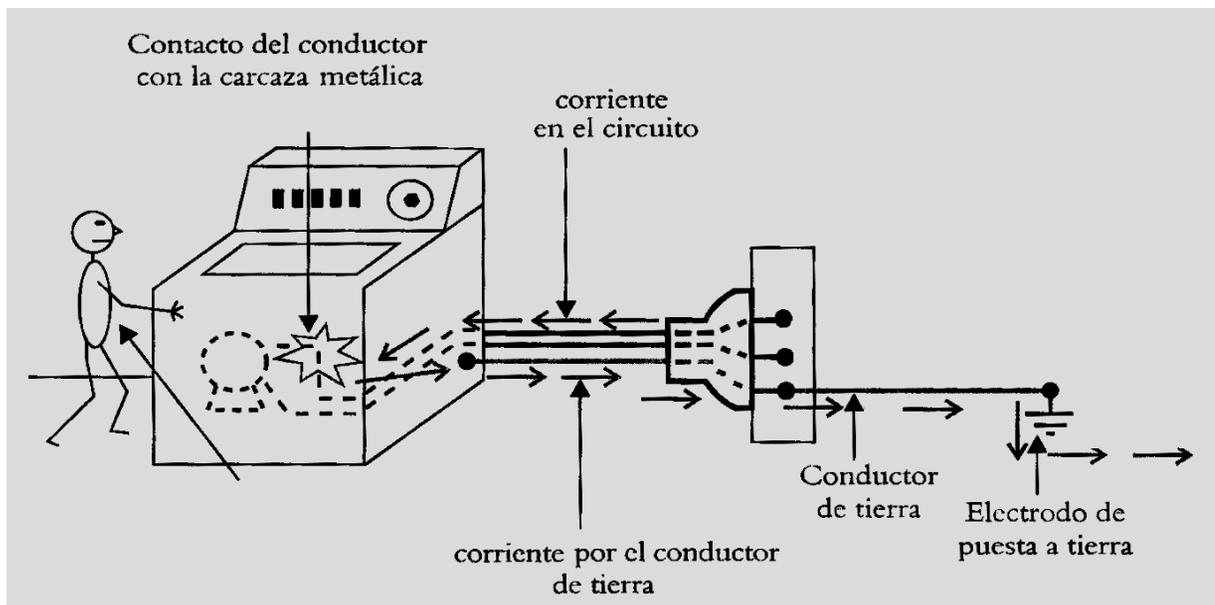
5.2.4 Fallas a Tierra

Son contactos que se producen entre un conductor vivo o fase, y una parte metálica del equipo eléctrico o de cualquier objeto, la cual no fue diseñada para conducir electricidad. El contacto es provocado por una falla del aislamiento que existe entre la parte metálica y el conductor con tensión.



Falla a Tierra de un sistema NO aterrizado, la corriente pasa a través del cuerpo de la persona cuando toca con la mano la carcasa del equipo o aparato, pudiendo ocasionar daños severos

Para evitar que la corriente pase a través del cuerpo de una persona, cuando se presenta una falla a tierra, se aterrizan las partes metálicas o conductoras de los equipos eléctricos. Aterrizarse significa conectar eléctricamente, por medio de un conductor, al equipo con una tierra física. Esta tierra física es un electrodo enterrado directamente en la tierra, el cual es llamado electrodo de puesta a tierra.



Falla a tierra de un sistema Aterrizado, evita que pase la corriente por el cuerpo, regresando ésta por el conductor de tierra hasta el electrodo de puesta a tierra.

5.2.5 Ahorro de Energía Eléctrica

Un principio esencial para el ahorro de energía consiste en conocer como funcionan los equipos y aparatos en el hogar. Los diferentes tipos de energía que consumen y el distinto aprovechamiento que podemos obtener de ellos. Mantener la instalación eléctrica en buen estado es indispensable para la seguridad, así como para proteger la economía. Una instalación en mal estado gasta más energía y daña a los aparatos eléctricos.

Muchos aparatos eléctricos consumen permanentemente energía cuando se encuentran apagados, pero no desenchufados, a la espera de que alguien accione el mando a distancia, en posición de "Stand By". Otros electrodomésticos funcionan interiormente con corriente continua y disponen de una fuente de alimentación en forma de transformador o enchufe que permanece siempre encendida. Éste el caso de radiocasetes, cargadores de pilas, etc. También hay otros equipos que están en constante funcionamiento, como el video o DVD, amplificadores de antena, teléfonos inalámbricos, etc. Una casa-habitación equipada con el promedio mínimo de aparatos y equipos eléctricos puede llegar a tener un consumo de electricidad superior a 1600 Watts por día^[w], aún en el caso de no estar habitada.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de energía consumida de diferentes aparatos electrónicos, cuando se encuentran en modo de espera, "Stand by".

Equipo	Watts
televisor	3 - 20
Video	6 - 20
Fax	3 - 30
Contestador telefónico	1 - 5
Decodificador de Canales	20
Antena parabólica	20
Teléfono inalámbrico	2 - 5
Radio-reloj-despertador	1 - 3
Impresora de tinta	3 - 25
Impresora láser	3 - 50
Reloj electrónico de Microondas	2 - 4
Cafeteras	2 - 4
Termómetros de Neveras	2 - 4
Cargador de pilas	1 - 3
Radio	1 - 3

Se anticipa que para el 2015, los electrodomésticos y aparatos eléctricos serán responsables de más de la mitad del consumo de electricidad en los hogares. El 65% de toda la energía utilizada en los hogares se consume cuando los productos no están funcionando. Los electrodomésticos identificados con la etiqueta "Energy-Star" utilizan hasta 50% menos de energía que el equipo convencional cuando están apagados, contribuyendo así a la protección ambiental^[3].

Energy Star fue lanzado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) en Estados Unidos de Norte América en 1992, como un consorcio voluntario con el fin de reducir la contaminación ambiental a través de la eficiencia energética^[3]. En la actualidad, la etiqueta *Energy-Star* está disponible en más de 40 categorías de productos para los hogares y oficinas.

5.3 ACUMULADORES Y BATERÍAS

Los acumuladores son necesarios para tener un suministro constante en la instalación eléctrica. La energía proporcionada por el generador eólico no es constante y depende mucho de la cantidad e intensidad del viento. De esta manera, el generador estará cargando un banco de baterías de donde se tomará para la alimentación de la instalación eléctrica.



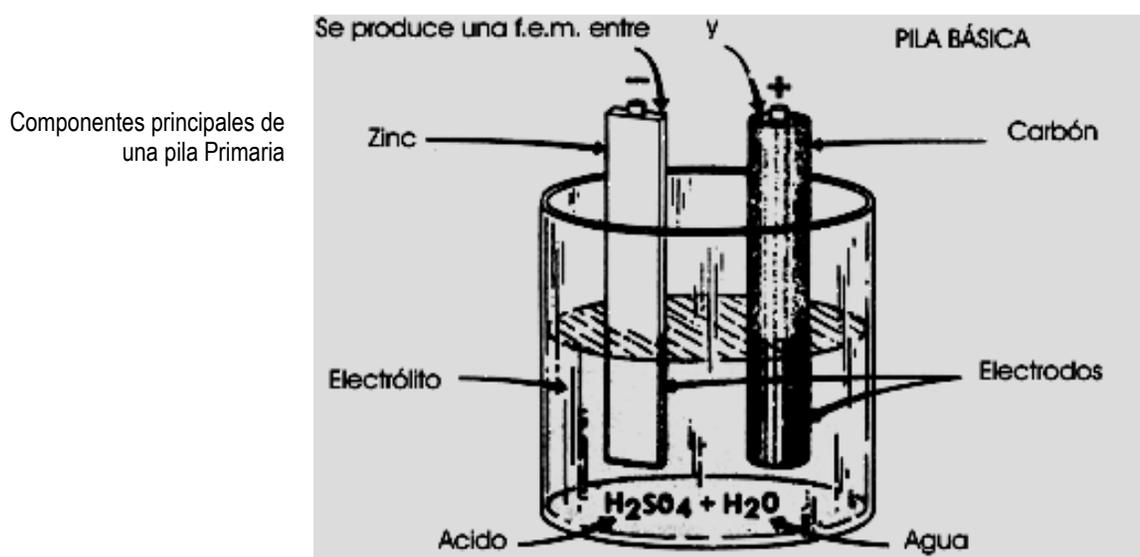
Fotografía de un banco de baterías, aquí se almacena la energía obtenida de un generador Eólico

La pila fue descubierta por experimentos realizados en el siglo XVIII^[1]. Se descubrió que dos materiales desiguales tales como Zinc y Carbono, al sumergirlos en ácido sulfúrico diluido en agua, producía una fuerza electromotriz, por efecto de la acción química. Los materiales sumergido en el ácido se llaman electrodos, a la solución del ácido se le llama electrolito, y a este conjunto se le denomina *Célula Electrolítica*.

Existen células electrolíticas primarias y secundarias. Las células primarias ordinariamente llamadas pilas, producen electricidad en un proceso químico irreversible, y es necesario eliminarlas o sustituirlas cuando se agotan. Las células

secundarias o acumuladoras son de efecto reversible, y es posible recargarlas conectándolas a otra fuente adecuada de corriente eléctrica.

Por definición tenemos que una batería es un conjunto de células electroquímicas (pilas), utilizadas para suministrar una provisión de corriente eléctrica continua o directa. Frecuentemente se confunden las pilas con las baterías. En realidad, la pila es la unidad básica, dos o más pilas constituyen una batería, dependiendo del tipo de células o pilas que estén formas. Se le denominan también como acumuladores a las baterías de efecto reversible, que se pueden volver a cargar^[f].



El Voltaje o Fuerza Electromotriz (FEM) generada por una pila depende del tipo de material utilizado en ella, no de sus dimensiones. Por ejemplo, una pila de Zinc-Carbono ya sea del tipo pequeño (AAA), o una grande (D), tiene el mismo Voltaje 1.6 Volts, cuando son nuevas.

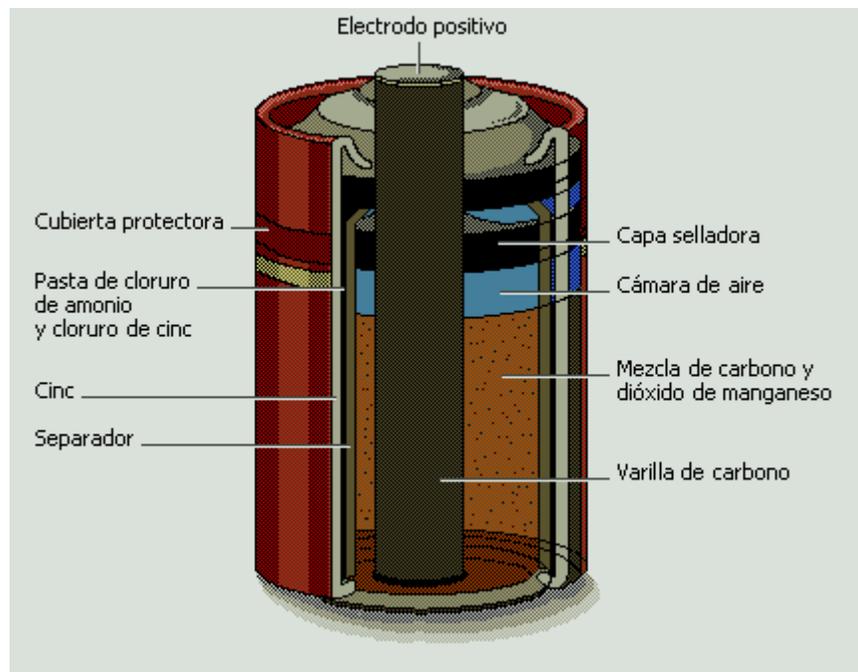


Existen Muchos tipos de Pilas, dependiendo de la cantidad de corriente necesaria es el tamaño de la pila.

Se puede considerar a la batería como una fuente de corriente, siempre y cuando sea continua la acción química, y se tendrá un suministro constante de electrones. Al poder de una pila para suministrar electrones en una cierta cantidad se llama capacidad de corriente. La cantidad de electrones suministrados depende del tamaño, de la cantidad de material activo en los electrodos, ocurriendo lo mismo con el electrolito. Esto explica por qué una pila grande suministrara más corriente que una pequeña.

5.3.1 Pila Zinc-Carbón

Este tipo de pila es la más utilizada. El electrodo positivo es de carbón y el negativo es de Zinc. El electrolito es un producto químico conocido como cloruro de amonio (NH_4Cl). El electrodo negativo es de la forma del recipiente y contiene a toda la pila. El positivo tiene la forma de una varilla de carbón y está colocado en el centro de la pila.



Componentes Principales de Una pila Zinc-Carbono

Cuando la pila trabaja correctamente, entre las terminales positiva y negativa aparece una diferencia de potencial de 1.6 Volts. Cuando la pila se agota, ya sea por que se ha secado el electrolito, o porque se ha comido la cubierta de Zinc, la tensión disminuye alrededor de los 1.1 V. (descargada), y debe ser reemplazada.

5.3.2 Pila Plomo y Ácido (Acumulador)

Las baterías o acumuladores consisten en un conjunto de células secundarias, esto significa que después de haber sido descargadas se pueden volver a cargar haciendo circular en ella una corriente con dirección contraria a la descarga. Este proceso puede repetirse centenares de veces antes de que las celdas de la batería se gasten.

Por ejemplo, el acumulador de un automóvil está constituido por un conjunto de celdas de plomo. Cada una contiene dos placas de plomo en forma de rejillas, esta forma es para aumentar el área superficial. La placa negativa se llena con plomo esponjoso y la placa positiva se llena con bióxido de plomo. Este conjunto de

baterías agrupadas se sumerge en una solución de ácido sulfúrico diluido en agua destilada.

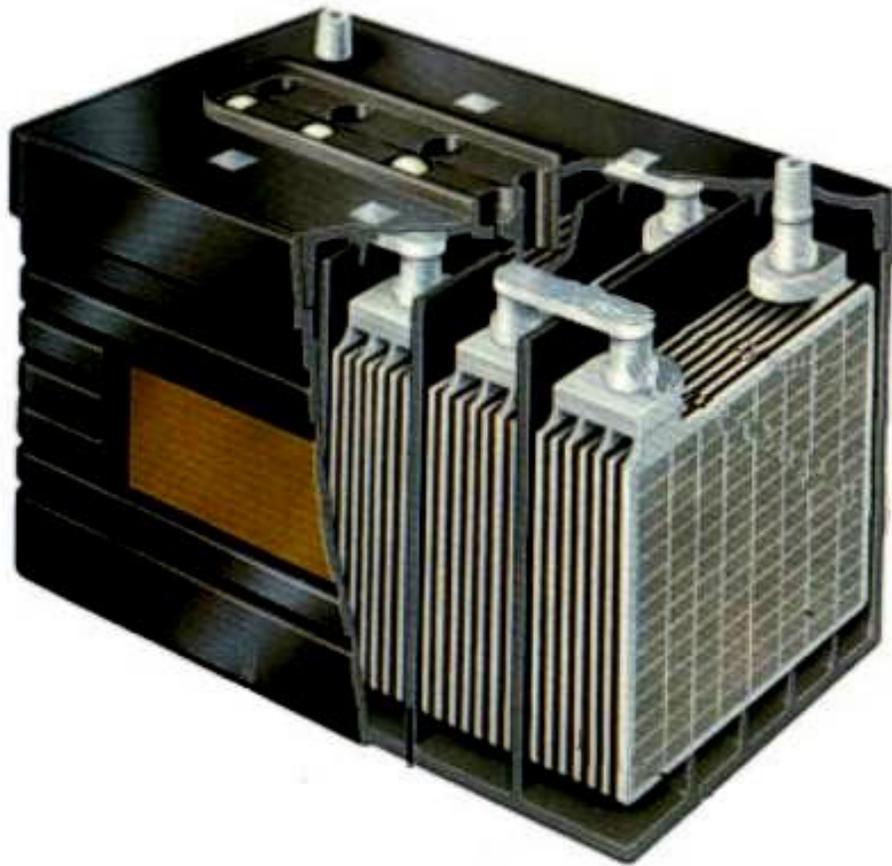


Figura corte de una batería, se puede ver el acomodo de las placas de Plomo

Tanto el plomo como el bióxido de plomo reaccionan con el ácido sulfúrico y forman sulfato de plomo y agua. El sulfato de plomo es prácticamente insoluble en el electrolito y forma un depósito blanco sobre las placas, lo que significa que la batería se ha agotado. Cuando una corriente continua externa se conecta con las placas para recargarlas, se vuelve a formar plomo esponjoso en las placas negativas y bióxido de plomo en las placas positivas del acumulador^[1].

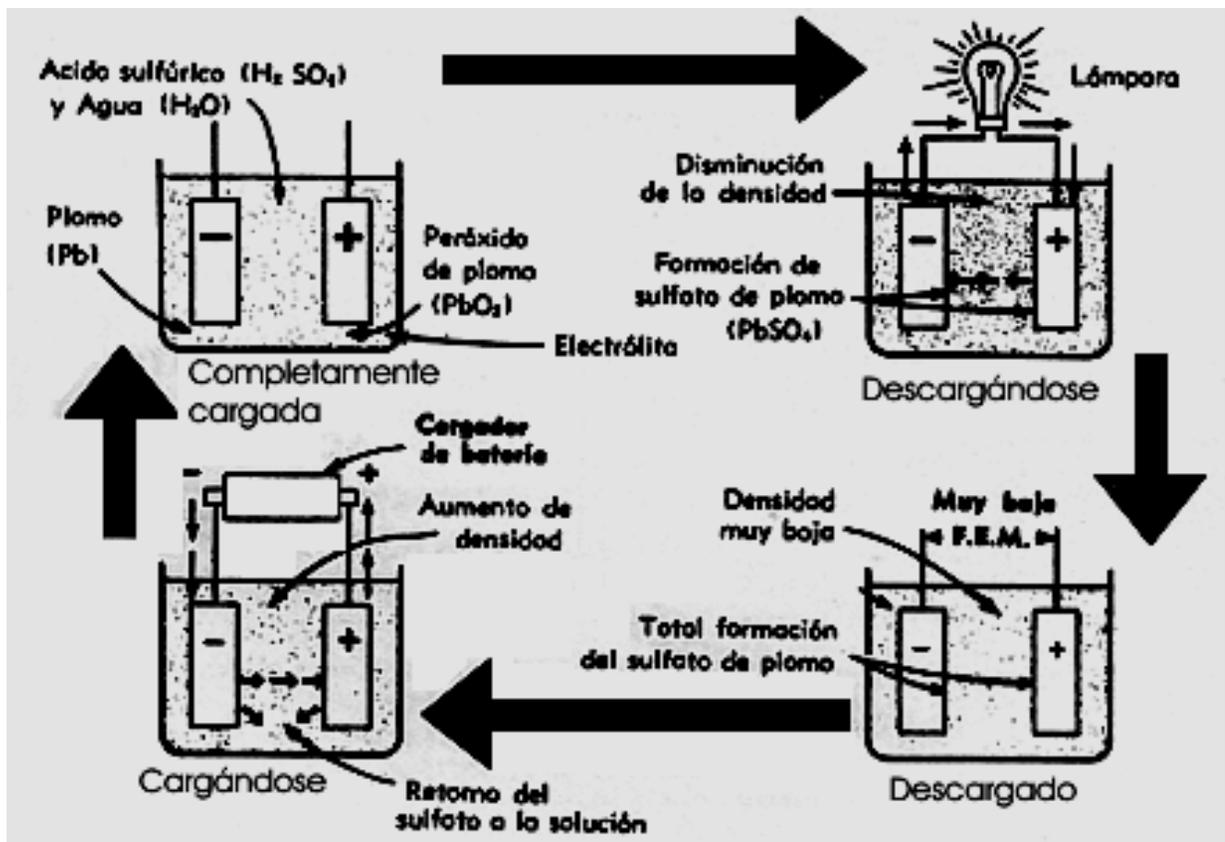
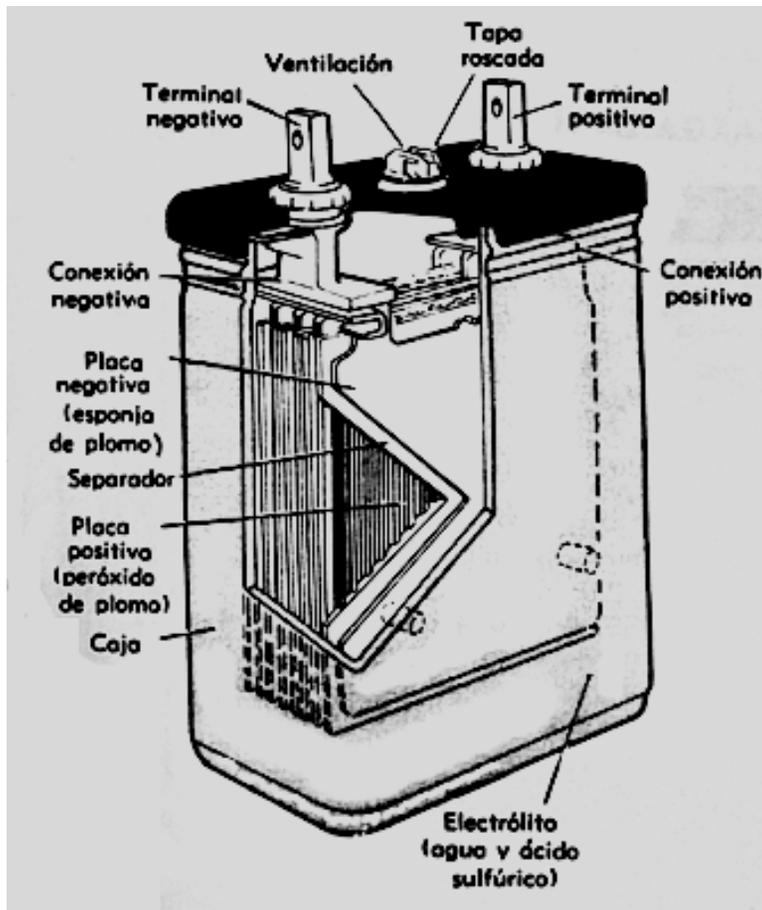


Diagrama del ciclo de Carga y Descarga de un acumulador de Plomo

El voltaje nominal de una célula secundaria de plomo es aproximadamente de 2 Volts, y el acumulador de un automóvil tiene seis celdas conectadas en serie, de modo que se pueden obtener 12 Volts en las terminales de la batería. El acumulador de este tipo puede proporcionar una gran cantidad de corriente de varios cientos de amperios.



Esquema de una batería Sencilla de Plomo

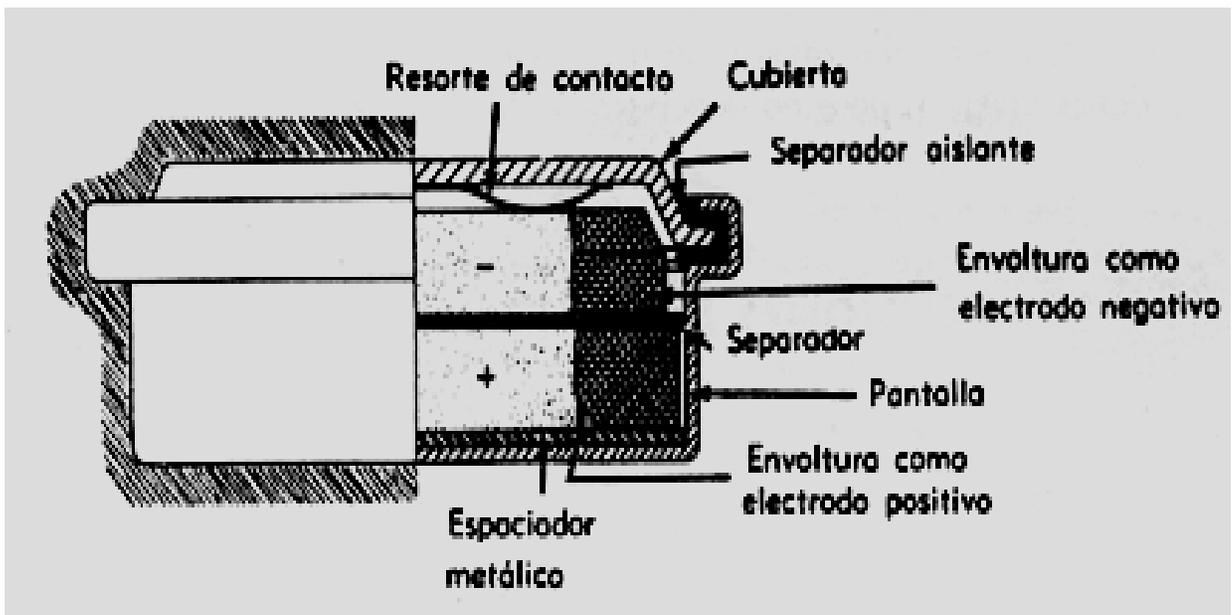
5.3.3 Pila Níquel - Cadmio

La pila Níquel-Cadmio es de desarrollo más reciente, y se han encontrado varios usos en equipos electrónicos portátiles. Es una pila que puede soportar sobrecargas y permanecer descargada en mucho tiempo. Cuando está completamente cargada, el electrodo positivo es de hidróxido de níquel y el negativo es de Cadmio Metálico. El electrolito es de hidróxido de potasio^[1]. Durante la descarga y carga de este acumulador prácticamente no hay cambio en la densidad del electrolito, éste actúa solamente como un conductor para transferir los iones de hidróxido de un electrodo al otro, dependiendo de las condiciones de carga de la pila.



Pila de "Botón"

El voltaje medio de trabajo es de 1.2 Volts. Los acumuladores de Níquel-Cadmio se fabrican en una amplia variedad y tamaños, siendo los mas populares los del tipo rectangular cerrados herméticamente, y los cilíndricos de "Botón".



Esquema del interior de una pila de Botón

5.3.4 Baterías de Ciclo Profundo

El término de “Ciclo Profundo” en general se refiere a las baterías que tienen la capacidad de descargarse completamente cientos de veces. La diferencia principal entre este tipo de baterías y la de un automóvil, es que ésta última está hecha para proveer una rápida cantidad de energía miles de veces en su tiempo de vida, y solamente es capaz de descargarse completamente menos de 50 veces en su vida^[9], y las baterías de Ciclo Profundo están hechas para descargarse completamente cientos de veces. Una batería de este tipo puede ser utilizada en varias aplicaciones como almacenamiento de energías alternativas, en lanchas, casas móviles, etc.



Las Baterías de ciclo profundo se pueden encontrar en diversas formas y tamaños, esto depende de su aplicación.

Un ciclo es una carga y descarga de una batería a cualquier porcentaje de descarga. La cantidad de descarga de la batería, comparándola con su capacidad, determina la cantidad de la carga: pequeña, moderada y profunda. A esto se le llama la profundidad de descarga de la batería, y es medida en porcentaje. Por ejemplo: si una batería ha sido descargada un 40% de su capacidad total, quiere decir también que tiene una carga remanente del 60%.

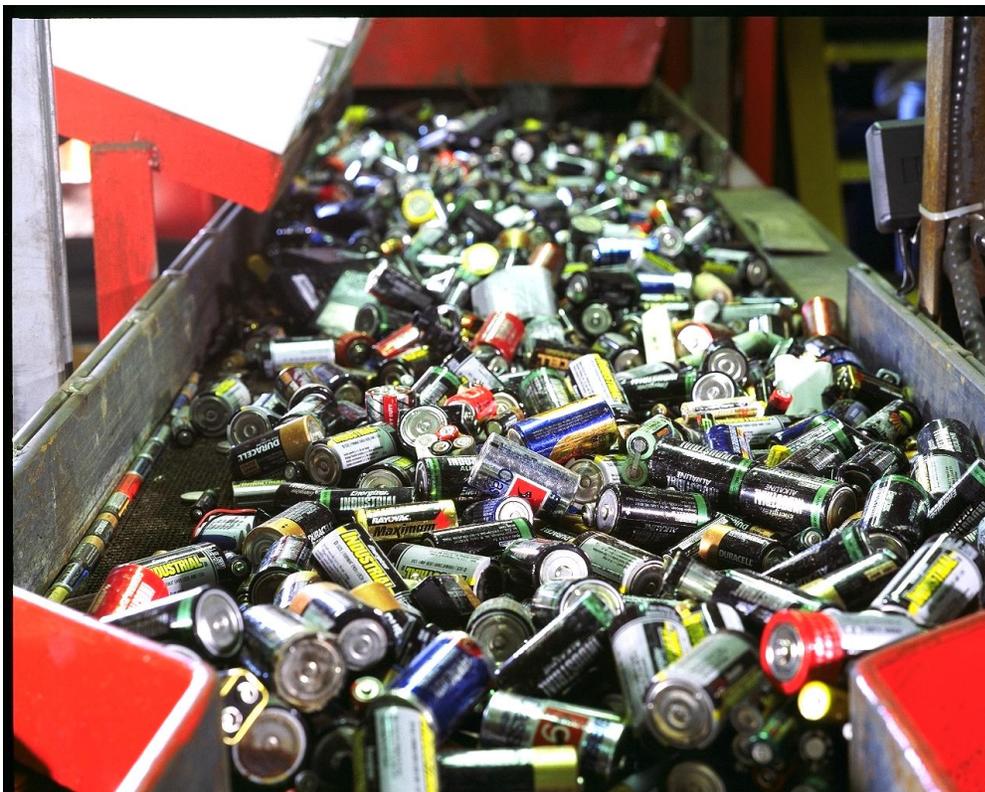
Es difícil calcular los ciclos de vida de las baterías, ya que dependen de muchos factores. Algunos de ellos son el mantenimiento, el porcentaje de descarga, temperatura de la batería, cantidad de veces que se descarga, vibraciones, etc. Entre estos factores el más importante es el porcentaje de descarga, cuando este porcentaje es significativo por ciclo, se reduce el total de ciclos en la vida de la batería.

CICLOS DE VIDA DE UNA BATERÍA APROXIMADOS^[9]	
% de Descarga	Ciclos
25	2200
50	1000
75	550
100	325

Por ejemplo, si una batería es descargada constantemente al 100%, considerando las demás variables constantes, los ciclos de vida de esta batería pueden ser menos de la mitad de ciclos que una que sea descargada al 50%.

5.3.5 Las Baterías y el Medio Ambiente

Las baterías contienen metales pesados y compuestos químicos, muchos de ellos perjudiciales para el medio ambiente. Es importante no tirarlas a la basura, en vez de eso, llevarlas a un centro de acopio y reciclado. Actualmente la mayoría de los proveedores y tiendas especializadas también se hacen cargo de las baterías gastadas.



Sistemas de recolección de Pilas ayudan a disminuir la contaminación ambiental

Existen varios tipos de pilas, las cuales han sido a lo largo del tiempo, las que liberan mercurio al medio ambiente. Las pilas de dióxido de mercurio contienen un 33% de este metal y se usaron principalmente en la presentación de “Botón”, a partir de 1955. Teóricamente se dejaron de producir desde 1995, aunque algunas fuentes de información indican que dicho proceso sigue en Asia, distribuyéndolas en el mercado Internacional. A otros tipos de pilas, antes de 1990, se les agregaba mercurio entre 0.5% y 1.2%, para optimizar el funcionamiento, siendo las alcalinas las de mayor contenido^[x].



Las pilas liberan al ambiente entre otros metales peligrosos el Metil Mercurio, por esto es importante el tratamiento de reciclaje

El mercurio es un contaminante local y global. Debido a sus propiedades, este metal se evapora a temperatura ambiente, haciendo posible que sus átomos viajen lejos. Al ser depositados en el agua, los organismos vivos, pescados y mariscos, lo transforman en Mercurio Orgánico^[x] (metil mercurio). El Metil mercurio puede atravesar la placenta, acumularse en el cerebro y provocar daño a un embrión, que son especialmente sensibles a esta sustancia. Otra forma de intoxicación por este metal es la inhalación de los vapores emitidos en ambientes cerrados. En adultos, la exposición constante a este metal o la ingesta de alimentos contaminados, puede provocar pérdida de la visión, memoria y/o coordinación, sordera y problemas en los riñones y pulmones.

CONCLUSIONES

¿Por qué hacer esta tesis? Porque el tema de la energía eólica me gusta. El conocer cómo se obtiene esta energía alterna, conocer las nuevas tecnologías que conllevan a crear ésta. A esto le unimos los beneficios de no impactar la ecología, economizar, hacer llegar la energía a lugares de difícil acceso, y muchas más ventajas que se obtienen al manejar este tipo de tecnología. Esto último le da forma a lo que se maneja en este trabajo. Para optar por una nueva tecnología es necesario conocerla, saber para qué sirve, los beneficios que representa, cómo es que funciona, y que tan difícil es acceder a ella. Para esto se requiere de información básica y necesaria para entenderla, conocerla y hacerla nuestra.

El mundo de energías alternativas es muy extenso, y se requiere de una tesis para cada una de sus ramas. Son temas muy amplios, de los cuales se puede profundizar en cada uno de ellos, según el interés de lo que se quiera conocer. Cada una de las tecnologías alternas es muy buena y, en conjunto, se crea un desarrollo óptimo y completo de energías alternativas.

Por lo anterior, decido hacer una tesis que nos presente de forma sencilla, que es la energía eólica y cómo se aprovecha. Que sea entendible por la mayoría de las personas, que se pueda entender sin necesariamente tener los conceptos y conocimiento de una ingeniería. De esta manera despertar el interés en cada persona, que tratará de conocer más de éste y otros temas relacionados. Que el lector sepa cómo y por donde buscar más información, ya que conoce los conceptos básicos.

En la primera parte estudiamos al viento. Nosotros al comprender qué es el viento, cómo se forma, tenemos una idea más clara de la energía contenida en él, y así entender mejor cómo es que la aprovechamos. De igual manera, esto mismo nos facilita el poder medirla y clasificarla. Los términos y definiciones son muy útiles para éste y otros estudios más avanzados.

Volviendo la cara al pasado, cuando se inician y desarrollan los molinos de viento, que fueron los primeros generadores eólicos, vemos el desarrollo de sus formas y conceptos a lo largo del tiempo, quién los diseñó y para qué fueron utilizados. De igual forma conocer las tecnologías que se utilizaron, vigentes según su tiempo. Experiencias propias en nuestro país, del desarrollo de generadores en el siglo pasado. Todo esto nos ayuda a tener un mejor concepto actualizado de los generadores eólicos, desde los primeros modelos hasta los más modernos y de grandes dimensiones. De esta manera teniendo mejor este concepto,

podemos comprender mejor esta tecnología, y nos será más fácil entender cualquier cosa referente a este tema, ya que tuvimos una introducción muy amplia.

Es una parte fundamental del generador la hélice o rotor. Al estudiar los conceptos básicos y sus clasificaciones, podemos conocer qué tipo de hélice es el más adecuado según las características, dimensiones y capacidad que requerimos que tenga nuestro aero-generador. Al estudiar los principios de aerodinámica, sabremos el por qué de las formas curvilíneas de las palas de las hélices, y entender la transformación de la energía contenida en el aire a energía mecánica. En las clasificaciones mostradas en este trabajo de tesis, se puede ver como se desempeña mejor según sea la aplicación.

En la parte de generadores eléctricos, se comienza con el magnetismo. Se manejan datos interesantes de cómo se descubrió éste y las aplicaciones que tenía. Cuenta con ejemplos interesantes, aplicados a cosas comúnmente conocidas, de dominio público. El descubrimiento de los efectos en un conductor cuando está en movimiento dentro de un campo magnético. Quién lo hizo, y cómo lo hizo. De igual modo es relevante saber esto para tener un mayor entendimiento del funcionamiento de motores y generadores, ya que son indispensables en la industria, así también necesarios en labores y mantenimiento del hogar.

Conocimos también las construcciones básicas de los generadores, en sus diferentes formas de generar o inducir corriente, así como nuevos materiales que mejoran la eficiencia y rendimiento del generador, incrementando la potencia y, a su vez, disminuyendo dimensiones. Esto nos da la pauta de seguir investigando nuevos materiales y nuevas formas, para hacer cada vez mejores diseños y tener un campo de aplicaciones más extenso.

El hecho de contar con una buena instalación eléctrica es importante, ya que las pérdidas de energía por una instalación no adecuada son altas. Esto mismo resulta como ineficiencia del sistema, y se podría culpar al generador por una supuesta falta de potencia. Para contar con una red eléctrica óptima, existen normatividades que nos especifican los procedimientos y materiales a usar, como tipos de material, grosores y dimensiones, cuantos conductores, hilos, etc. Al conocer los conceptos fundamentales de una normatividad, nos puede ser de gran utilidad al diseñar o remodelar la red de transmisión.

Al hacer un cálculo de la corriente eléctrica de lo que se consume en promedio en una casa-habitación, podemos ver de forma más clara que tipo de materiales y que tipo de instalación eléctrica se requiere. Esto también nos sirve para determinar la capacidad que tendrá nuestro generador eólico, además de tener bien balanceada la red de distribución junto con el generador y banco de baterías. Es útil también conocer datos de como tener una instalación más segura, así como los peligros que existen y como podemos minimizarlos. Además de algunos más datos interesantes de cuanta energía consumen los aparatos electrodomésticos cuando están apagados y en espera, pero se encuentran enchufados a los contacto. Es una cantidad considerable de energía la que se puede economizar al evitar esto.

Uno de los últimos temas tratados es el de baterías. Es necesario conocerlas, ya que por lo inestable que es el viento, la energía que se obtiene de esta manera es inestable también. Por lo cual, si queremos tener un suministro de energía constante y estable debemos tener, junto con la red, un buen banco de baterías. Por lo anterior, conocimos los tipos de baterías más comunes que existen en el mercado, para este tipo de aplicaciones. Los beneficios y desventajas que presentan. Así, de esta manera, poder determinar qué tipo de acumulador nos será útil para nuestra instalación.

Es importante conocer el impacto que se ocasiona en el medio ambiente al desechar inapropiadamente este tipo de acumuladores, baterías y demás artefactos eléctricos. Es primordial hacer conciencia en cada una de las personas que tengan a la mano ésta u otro tipo de tecnología. Que sepan cómo se perjudica el medio ambiente, y cómo esto repercute en cada uno de nosotros.

De la misma manera en que me interesó este tema, de igual forma este trabajo busca despertar el interés a las demás personas, que conozcan de los mismos y busquen como aprender más. Que lo principal de esto es hacer la vida más cómoda, cuando los recursos energéticos actuales escaseen, y concientizándonos en conservar este planeta por mucho tiempo más.

CIBERGRAFÍA

- [a] es.wikipedia.org
- [b] oni.escuelas.edu.ar
- [c] www.monografias.com
- [d] “Autosuficiencia” Revista digital -(tabloide/eurofull.com)
- [e] es.wikipedia.org/wiki/Aerodin
- [f] [www.sapiensman.com/ electrotecnia/pilas_y_baterias1.htm+acumuladores+y+baterias](http://www.sapiensman.com/electrotecnia/pilas_y_baterias1.htm+acumuladores+y+baterias)
- [g] www.enalmex.com/paginas/baterias.htm
- [h] www.cfe.gob.mx
- [i] www.mecanicavirtual.org/alternador-funcionam.htm
- [k] www.tecnofilos.org/Proyectos/. . . /Disecccion.html
- [m] www.cerpch.unifei.edu.br/
- [n] www.monografias.com/trabajos68/construccion-generador-eolico-pequeño/
- [o] www.imanesneodimio.es
- [p] www.lenntech.es/periodica/elementos/nd.htm
- [q] www.fisicanet.com.arg/fisica/unidades/
- [r] www.aimangz.com/la-terapia-con-iman
- [s] www.potenciaindustrial.com.mx/html/permanent-sp.html
- [t] www.mitecnologico.com/Main/InstalacionElectrica
- [u] www.mitecnologico.com/Main/produccionDeElectrodomesticos
- [v] www.import3000.es/GENERADORES-Y-MAQUINARIA/TABLA-CONSUMO-ELECTRODOMESTICOS-Cuanto-consumen-tus-electrodomesticos
- [w] www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=448
- [x] [es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_\(electricidad\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_(electricidad))
- [y] Mario S. F. Brugnoni, El factor de Potencia y el Ure en el Sector residencial, Universidad de Buenos Aires Argentina

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CADIZ Deleito, Juan Carlos.
La Energía Eólica, Tecnología e Historia
Editorial Hermann Blume, 1984

- [2] HARPER, Gilberto E.
Máquinas Eléctricas
Editorial LIMUSA

- [3] ENRÍQUEZ Harper
El ABC del Alumbrado y las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión
Editorial LIMUSA, 2008

- [4] Manual Técnico de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión
Grupo Condumex, 4ª Ed., 2007

- [5] CARRASCO Sánchez Emilio
Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión en Edificios de Vivienda
Editorial TEBAR S.L., 2004.